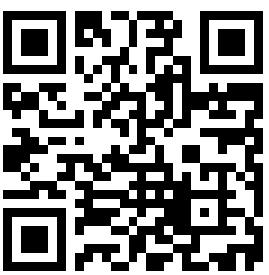
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Digitized by Google

Digitized by Google

E. u. M.

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

46. JAHRGANG 1928

Schriftleitung: Ing. A. GRÜNHUT

WIEN

Verlag des Elektrotechnischen Vereines in Wien, VI. Theobaldgasse 12

Digitized by Google

Reihenfolge

Verzeichnis der Originalarbeiten und -Beiträge III
Briefe an die Schriftleitung und Erwiderungen V
Literaturberichte V
Patentberichte IX
Vereinsnachrichten IX
Sachverzeichnis IX
Namensverzeichnis XXI

Beiblätter:

Die Lichttechnik, 5. Jahrgang
Offizielles Organ der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft

Die Radiotechnik, 5. Jahrgang

Druck von Alois Mally, Wien V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

INHALTS-VERZEICHNIS

Verzeichnis der Originalarbeiten und -Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Ardenne Manfred v. Hochfrequenzmessungen 1086

Baffrey, Dr. Ing. R. Der Doppelkäfigankermotor 749
Bardtke, Schweissung von Nichteisenmetallen 523
Baudisch, Prof. Dr. H. Über die Berechnung von Stauwerksturbinen 129
Beck, Dr. P. IV. Internationale Hochspannungskonferenz in Paris 305, 402, 450
Benischke, Prof. Dr. G. Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden? 585
Briefwechsel 1017
— Ölschalterfragen nach 30 jähriger Entwicklung 1217
Boltzmann, Ing. Dr. A. und Franke, Ing. Dr. O. Über die Benennung und die Maßeinheiten der Wechselstromleistungsgrößen 989
Breitfeld, Prof. Dr. C. Das Sinus- und Tangens-Relief im Dienste der Fernleitungsberechnung 1021
Brendler, Ing. R. Neuere Werkzeuge in der Gasschmelzschweissung 538
Bubert, Dr.-Ing. Ein Elektrodynamometer mit fast gleichmäßig geteilter Skala 370
Bung, Ing. K. Versuche mit dem Oszillographen zur Erforschung der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen 490

Chrustschoff, Prof. W. Beitrag zur Berechnung von Speiseleitungen elektrischer Stadtnetze 586
Conrad, Ing. H. Die Tätigkeit der Phys.-Techn. Reichsanstalt auf elektro-physikalischem Gebiet i. J. 1927. 1179
Czaplicki T. Die Elektrizitätsversorgung Polens 790

Deinlein A. Österreichischer Ausschuß für Metallschutz 1149
— Probleme der Korrosionsfrage und des Metallschutzes 1202
Deutscher Verband der Elektrizitätswerke. Elektrizitätswirtschaft in der tschechoslowakischen Republik 754
Döry, Dr. I. 25 Jahre Stubaitalbahn 1178
Draeger, Dr.-Ing. K. Lichtbogenüberschläge mit hoher Leistung an Freileitungs-Isolatoren . . . 953
Dreyfus, Dr. L. Zwei neue Systeme für elektrische Zugbeleuchtung. I. Teil 121
II. Teil 905
— Der Beitrag des Stirnstreufeldes zur Reaktanzspannung der Stromwendung 1113, 1139

Edler, Prof. Ing. R. Elektromagnete für Überstrom und Rückstrom 1101

Faye-Hansen, Prof. K. Spannungsabfälle bei Transformatoren in Lichtschaltung 1093
Flamm, Prof. Dr. L. Hendrik Antoon Lorentz . . 1201
Franke, Ing. Dr. O. Die dritte Oberschwingung im Felde des sterngeschalteten Drehstromtransformators 465
— siehe Boltzmann, Ing. Dr. A.
Fuchs, Ing. J. Richtlinien zur Beurteilung und Abnahmeversuche für blanke (nicht umhüllte) Schweißdrähte 527
Fürst, Ing. H. Die Talschnellzugslokomotive der Österreichischen Bundesbahnen, Reihe 1570, Achsfolge 1—D$_0$—1 mit Einzelachsantrieb . . 321

Gerstmann, Ing. B. Elektrische Lokomotive für gemischten Betrieb 257
Gramisch, Ing. Dr. O. Die Berechnung eisenfreier Drosselspulen. (Mit Nomogrammen). . . 105
— Bewertung von Ölmassern auf Grund des Ölinhaltes 213
Groß E. Betriebskontrolle von Erdschlußrelais . . 1213
Grünwald, Dr. E. Arbeitsdiagramm der Asynchronmaschine 1173

Hahn, Ziv.-Ing. W. und Hruschka, Dr. techn. Ing. A. 32. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Kiel, 1927 . . . 45
Hak, Ing. J. Die eisenlose Drosselspule vom kleinsten Kupfergewicht 249
— Die Elektrizitätsversorgung des Pariser Gebietes 441, 468
Hansen, Dr. J. Neuzeitlicher Schaumlöschschutz von Transformatorenkammern 457
Heider, Ing. Rudolf. Fernkabelverbindung Wien-London 198
— Die Ausnützung der Fernkabellinien 758
Heller, Baurat h. c. Ing. E. Die Schaltungen der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. 646
Herbatschek, Ing. O. Das Elektrofahrzeug . . 233
Hettich, August A. Die Fernsprechanlage der Großkraftwerke Mittlere Isar A. G., München . 145
Hilpert, Dr. Ing. A. Einfluß des Schweißens auf die Gestaltung 515
Höpp, Ing. A. Die Stromverteilung parallelgeschalteter Transformatoren 565
— Mehrwicklungs-Transformatoren 692
Honigmann E. Außenhandel Österreichs an elektrotechnischen Erzeugnissen i. J. 1926 . . . 75
— Elektrotechnik und Gewerbeinspektion 1189
Horschitz, Dr. Ing. Felix. Die Personenseilbahn auf die Bürgeralpe bei Mariazell 209
Horwatitsch, Ing. V. Die gemeinsame Tagung der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Berlin, und des Verbandes der Elektrizitätswerke, Wien 776

452580

NOV 13 '29 U OF M BINDERY

Digitized by Google

Hruschka, Dr. techn. Ing. A. siehe Hahn, Ziv.-Ing. W.

Imhof, Prof. A. Ein neuer Spannungswandler für Höchstspannungen 1074

Janicki, Dipl.-Ing. W. Tarifpolitik und Zählertechnik 1065
Jungbluth, Dr. Ing. H. Hochwertiges Gußeisen 939

Kantner, Dipl.-Ing. Neueste Versuche mit Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik 495
Karel, Ing. E. Die Elektrizitätsversorgung Wiens 625
Kastner, Ing. G. Die Schaltanlagen des Achenseekraftwerkes 647
Keinath, Prof. Dr.-Ing. G. Einiges über elektrische Fernmessung 1058
Keller, Dipl.-Ing. A. Universal-Stromwandler . 1072
Kiefer Rudolf. Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren 921
Konstantinowsky, Dr. K. Der internationale Physikerkongreß zu Ehren von Alexander Volta (Como 1927) 590
Korisko, Ing. H. Kraftwirkung von Kreisströmen 156
— Kurzschlußdruck einer dünnen Röhrenspule . . 865
Korn, Obering. H. Gemeinsame Regelung von Motoren und Generatoren 81
Kotschi, Dr. Ing. F. Die Entwicklung der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A. G. 721
Berichtigung 820
Kraft, Prof. Dr. Ing. E. A. Ein Beitrag zur Baustoffrage der Dampfturbinenbeschaufelung . . 301
Kraus, Ing. W. Neuere tragbare elektrische Betriebsmeßgeräte 1076
Kühnel, Ing. R. Prüfgerät für Klemmenbezeichnungen an Meßwandlern 218
— Präzisions-Kurbel-Widerstände für Meßbrücken 1079
Kvetensky, Ing. A. Die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung 277
— Wassermengenvorhersage im Kraftwerksbetrieb 375

Labus, Dr. J. siehe Siegel, Prof. Dr. E.
Löffler, Prof. Dr. Zentralenleiter und Hochdruckdampfbetrieb 699
Luithlen, Ing. H. Die neueren Leitungsanlagen der elektrischen Linien der österreichischen Bundesbahnen 805, 821
Lutz, Dipl. Ing. H. Die Vorgänge unter der Kohlenbürste 101

Mandich, Ing. L. Die Lokomotive der Bauart $B_0 + B_0$, Reihe 1170 der Ö. B. B 1153
Mandl A. Wirbelstromverluste in einer leitenden Ebene, erregt von parallel zu ihr fließendem Wechselstrom 37
— Das Verhalten der Synchronmaschine bei veränderlicher Spannung, Frequenz und Belastung 671
Briefwechsel 984
Mangoldt, Dipl.-Ing. W. v. und Wittich, Dipl.-Ing. P. 33. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin (17. bis 19. Juni 1928). 1030, 1038
Markt, Dr. Ing. G. Energieübertragung auf große Entfernungen 605
— Karte der Elektrizitätsversorgung in Österreich 715
Mittelmann E. Graphische Darstellung der Spannungsänderung von Transformatoren . . 264
Briefwechsel 967
Mörtzsch, Dipl. Ing. Fr. Die Elektrizitätsgruppe auf der Jahresschau Deutscher Arbeit, Dresden 1928, „Die Technische Stadt" 942

Nebesky, Ing. O. Diesellokomotive mit elektrischer Kraftübertragung, Reihe 2020 der Ö. B. B. 1193
Niethammer F. Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen 1
— — und Nitsche, Ing. R. Über Hängeisolatorketten 449
Nitsche, Ing. R. siehe Niethammer, Prof. Dr. F.

Nowotny, Ing. Robert. Über die Cobra-Nachimprägnierung von Holzmasten 399

Oberdorfer, Dr. Ing. G. Einige Erdschlußgrundprobleme in symmetrischer Darstellung . . . 969
Ornig, Ing. Dr. J. Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Schweizer Bahnelektrifizierung und ihre Anwendung auf Österreich 570
— Das Murkraftwerk Pernegg der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizität A. G. in Graz . . 664
— Österreichs Energieerzeugung auf der Grazer Energiewirtschaftsausstellung 889
Osswald, Ing. F. Unfälle und Unfallverhütung bei Elektro- und Gasschmelzschweissung . . 556

Palm A. Hochspannungs- und Fernmessungen . . 857
Pflieger - Haertel, Dr. H. Die Zwillings-Freistrahlturbinen der Drehstrom-Maschinensätze des Achenseewerkes 703
Planer, Dr. V. Stabilitätskurven von Höchstspannungskabeln 926
Pollok O. Neuzeitliche Steuerungen für Werkzeugmaschinen - Antriebe 215
Press S. Ein Beitrag zur Berechnung der Anlaß- und Bremswiderstände für Gleichstrommotoren 1133

Rajk N. Das Umspannwerk Wilten der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. 656
Ratkovszky, Obering. F. Schutzeinrichtungen für Transformatoren 729
Reiche, Dr. Ing. W. Die Anpassung des Querloch-Stromwandlers an schwere Kurzschlußbedingungen 1006
Reindl, Ing. Carl. Gedanken zur Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926 170
— 38. Hauptversammlung des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes in Dresden 960
— Deutsche Energiewirtschaft 1221
Reithinger, Dr. A. Die Elektrizitätsversorgung in Deutschland 358
Rimarski, Dr. W. Verwendung von gelöstem Azetylen oder Entwicklergas, Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der porösen Massen für Azetylenflaschen 541
Rosenberg, Dr. E. Selbstregelnde Dynamo für Gleichstrom-Lichtbogenschweissung 61
Diskussion 88
Briefwechsel 274
— Maschinelle Auftrags- und Nahtschweissung mit elektrischem Lichtbogen 517

Schau, Ing. A. Elektrowärme in der Metallindustrie 710
Scheminzky F. Die Verwendung der Elektronenröhren in Biologie und Medizin . . . 377
Schenfer, Prof. Cl. Einfluß der Wendepole auf die Stromverteilung zwischen den gleichnamigen Bürsten bei Gleichstrommaschinen 985
Schimpke, Prof. Dr. Ing. Wirtschaftlichkeitsfragen der gesamten Schweißtechnik 511
Schlögl, Ing. J. Erneuerung und Erweiterung der Betriebsanlagen der Wiener städt. Elektrizitätswerke, Ihre zukünftige Stellung in der Elektrizitätswirtschaft Österreichs 627
Schmitz, Dr. T. Zur Dimensionierung von Drehstrom-Kollektor-Wicklungen 1037
Schreiber, Dr. H. Das novellierte Elektrizitätsförderungsgesetz 849
— Der steuerfreie Handel mit elektrischem Strom . 1103
Schübbe C. H. Die Bestimmung der Wendepole bei Gleichstrommaschinen auf Grund praktischer Ergebnisse 976
Schwarz, Ing. E. Vorschläge über Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogenschweißgeneratoren und Lichtbogenschweißumformern 509
Seiz, Dr. W. Regelsätze und Netzkupplung 873, 895, 909

Digitized by Google

Semler, Ing. K. Schutzeinrichtungen der Krafterzeugungs- und Verteilungsanlagen der Vorarlberger Kraftwerke Gesellschaft m. b. H., Bregenz 165
Sequenz, Ing. Dr. H. Zur Messung des Widerstandes von Gleichstromankerwicklungen . . 260
Briefwechsel 464
Siedle, Ing. F. Hochdruckdampf-Anlage im Kraftwerk Simmering der Wiener städt. Elektrizitätswerke 638
Siegel, Prof Dr. E. und Labus, Dr. J. Die Entnahme der Leistung und des Drehmomentes aus dem Kreisdiagramm des Induktionsmotors 189
Steckler, Ing. F. Die horizontalen Kühlkanäle von Transformatoren mit Scheibenwicklung . . 285
Strauss, Ing. S. Das Röhren-Elektrometer „Mekapion" für selbsttätige Einzel- und Dauermessungen sowie Registrierungen 1083
Stern, Dr. phil. G. Bau von Großtransformatoren 685
Strelow, Dr. Ing. W. Ersparnis an Löhnen, Gewicht- und Profilsarten beim vollständigen Schweissen eines 200 t Ölleichters 521

Thien, Ing. K. Mittelgroße Generatoren zum Zusammenbau mit Dieselmotoren 681
Berichtigung 920
Thiry, Ing. A. Neue graphische Methode zur Berechnung von Spannung und Durchhang bei primär auftretender Zustandsänderung 421
Timascheff, Dipl. Ing. A. v. Zur Bestimmung des Stromdiagramms der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen bei konstanter Erregung und Leistung 937
Tippelt, Ing. H. Schaltuhren für elektrische Verbrauchsapparate 219
Titscher, Ing. J. Über blanke und ummantelte Stäbe, Einfluß der Ummantelung auf die Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung . . . 534
Tscherdanzev, Dozent Dipl. Ing. Z. Anwendung der Kathodenröhre für Wechselstrommessungen 65
Typke, Dr. Die Regeneration gebrauchter Transformatoren-, Schalter- und Turbinenöle . . . 86

Velisek, Dr. techn. A. Die Elektroschweißung auf der Sonderschau der Wiener städtischen Elektrizitätswerke 560
— Die neuen Anschlußbestimmungen der Städt. Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien . . . 736
Vidmar, Prof. Dr. techn. M. Das elektrotechnische Institut der jugoslavischen Universität Ljubljana 193
— Zur Entwurfstheorie des Transformators . . . 349
— Zur Theorie der Spannungskurve des Synchrongenerators 841
— Zur Theorie der V-Schaltung 1001
Vigener, Dipl. Ing. K. Die deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel und die Bewertung der Schweißdrähte 553

Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamt. Die Großwasserkraftverwertung in Österreich nach dem Stande Ende 1927 . . 716
Wilde, Obering. K. Eine neue Fernmeß-Methode für Überlagerung auf bestehenden Kraft- und Nachrichtenleitungen 1060
Wirz, Dr. Ing. E. Zur Frage des Parallelschaltproblemes von Transformatoren 393, 427
Briefwechsel 919
Wittich, Dipl. Ing. P. siehe Maugoldt, Dipl. Ing. W. v.
Wlach, Dipl. Ing. C. Zur Frage der Elektrisierung der Strecke Wien-Salzburg der Ö. B. B. . . 831
— XXI. Internationaler Kongreß des Internationalen Verbandes der Straßenbahnen, Lokalbahnen, öffentlichen Kraftfahrunternehmungen, Rom 1928 1120

Zickler, Prof. K. Das Problem der Photo-Telephonie 769, 793

Briefe an die Schriftleitung und Erwiderungen

Baffrey, Dr. Ing. R. Zur Frage des Parallelschaltproblems von Transformatoren. — Erwiderung von Dr. E. Wirz. 919.

Ellmann, Ing. F. u. Herrmann, Ing. I. Selbstregelnde Dynamo für Gleichstrom - Lichtbogenschweissung. 274. — Erwiderung von Dr. E. Rosenberg. 275.

Franke, Ing. Dr. O. Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden? 1017. — Erwiderung von Prof. Dr. G. Benischke. 1019.

Herrmann, Ing. I. siehe Ellmann, Ing. F.

Hiecke, Dr. R. Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden. 1017. — Erwiderung von Prof. Dr. G. Benischke. 1019.

Polgár, Ing. M. Graphische Darstellung der Spannungsänderung von Transformatoren. — Erwiderung von E. Mittelmann. 967.

Richter Rudolf. Zur Mesung des Widerstandes von Gleichstromankerwicklungen. — Erwiderung von Ing. Dr. H. Sequenz. 464.

Thoma, Prof. Dr. Ing. H. Das Verhalten der Synchronmaschine bei veränderlicher Spannung, Frequenz und Belastung. — Erwiderung von Dr. Ing. A. Mandl. 984.

Wallot J. Sie die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden? 1017. — Erwiderung von Prof. Dr. G. Benischke. 1019.

Literaturberichte

Adams E. D. Niagara Power, History of the Niagara Falls Power Company. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 991.

Apt, Dr. R. Isolierte Leitungen und Kabel. Von Dr. R. Hiecke. 839.

Arnold—la Cour. Die Gleichstrommaschine, II. Bd. 3. Aufl. Von Prof. Ing. O. Primavesi. 935.

Artl, Dr. F. Das österreichische Patentgesetz. Von Dr. L. Gallia. 871.

Auerbach, Prof. Dr. F. und Hort, Prof. Dr. W. Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Bd. V. 1. Lief. Von Dr. Ing. A. Basch. 602.

Aufhäuser, Prof. Dr. Brennstoff und Verbrennung. 803.

Barbillion, Prof. L. Modes spéciaux de traction électrique à courant continu. Von Ing. B. Gerstmann. 293.
— und Bergeon P. Les Alternateurs industriels. Von Ing. St. Schwarz. 623.
— s. a. Montagné E.
— s. a. Pagnon P.

Bardtke P. Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik. Von Ing. O. Weiss. 564.

Baudisch, Ing. K. Wechselstrom-Kommutatormaschinen. Von Ing. F. Fritz. 1170.

Becker E. u. Töppl O. Dauerversuche zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, Beziehungen zwischen Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeiten. 887.

Bergeon P. siehe Barbillion L.

Bergtold, Dr. Ing. F. Kurzgefaßtes Handbuch der Elektrizitätszähler-Technik. Von Ing. H. Conrad. 437.

Berliner Städt. Elektrizitätswerke A. G. Jahresbericht der Betriebsdirektion 1926. Von Ing. E. Groß. 855.
— Jahrbuch der Verkehrsdirektion 1927. 1148.

Digitized by Google

Berndt Dr. G. Die Gewinde. 36. — s. a. Preuß E.

Bernett, Dr. Ing. P. Die Bekämpfung des Erd- und Kurzschlusses in Höchstspannungsnetzen. Von Ing. E. Groß. 271.

Bode F. Lehrbuch der Vorbereitung für die Ablegung der Gehilfen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Gewerbe. Von Dr. techn. A. Velisek. 1132.

Bothe A. Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. Von Dr. Ing. H. Arndt. 1188.

Brandstätter, Dr. Ing. G. siehe Essich O. A.

Breitfeld, Prof. Dr. C. Analyse von Grundproblemen der theoretischen Wechselstromtechnik. Von Dr. L. Kusminsky. 231.

Brose, Obering. W. siehe Ludwig, Obering. E.

Brunnert A. siehe Mannweiler E.

Bureau of Standards. V. St. A. Sicherheitsvorschriften in V. St. A. Von Dr. R. Hiecke. 186.

Burger O. Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen. Von Ing. E. Groß. 786.

Buschkiel C. Elektrizität in der Landwirtschaft. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 391.

Cammerer, Dr. Ing. J. S. Wirtschaftlichste Isolierstärke bei Wärme- und Kälteschutzanlagen und Wärmeabgabe isolierter Rohre bei unterbrochener Betriebsweise. 347.

Castex, Prof. A. Accumulateurs électriques. Von Ing. B. Gerstmann. 367.

Courant, Prof. R. Vorlesungen über Differential- und Integralrechnungen. Von Ing. E. Groß. 919.

Danneel, Dr. H. Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Bd. IV: Elektrolyse. Von L. Tavs. 747.

Dantscher, Prof. K. und Reindl, Ing. C. Wasserkraftjahrbuch 1927/28. Von Ing. K. Krenner. 998.

Dehne, Dr. G. Deutschlands Großkraftversorgung. Von Ing. V. Horwatitsch. 1034.

Dettmar, Dr. Ing. E. h. G. Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen. Von Dr. R. Hiecke. 99.

Deutsch, Dipl.-Ing. W. Tafeln über die mechanische Prüfung der Metalle. Von Ing. St. Jellinek. 294.

Dörbecker W. Die Berechnung der Kurzschlußströme von Hochspannungsnetzen. 916.

Eichenwald, Prof. A. Vorlesungen über Elektrizität. 802.

Elektrotechnischer Verein E. V. Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 1130.

Ertel, Dr. A. Bau- und Instandhaltung der Fahrleitungen elektrischer Bahnen. Von Ing. B. Gerstmann. 1227.

Esper, Dipl.-Ing. G. Schaltungen für Hebezeuge. Von Ing. F. Ellmann. 1150.

Essich O. A., Schönian, Dipl.-Ing. H. u. Brandstätter, Dr. Ing. G. Die Ölfeuerungstechnik. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 392.

Exner W. Lebensbilder führender österreichischer Polytechniker. Von Ing. St. Jellinek. 59.

Feldhaus, Dr. Ing. e. h. Franz Maria. Kulturgeschichte der Technik. 1211.

Feldmann, Prof. Cl. Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. Von Ing. E. Groß. 317.

Fischer, Dr. Ing. R. Elektrizitätswirtschaft. Von Ing. V. Horwatitsch. 982.

Fleming J. A. The Propagation of Electric Currents in Telephone and Telegraph Conductors. Von Dr. R. Hiecke. 767.

Fochtmann, Dr. G. Was muß der Gewerbetreibende von der Steuer wissen? 141.

Föppl O. siehe Becker E.

Frei K. Zur Theorie des Fernsprechverkehres. Von Dr. F. Stecher-Sebenitz. 391.

Frey, Ing. H. Die Zylinder ortsfester Dampfmaschinen. 99.

Friedrich, Dipl. Ing. H. Evolventenverzahnung. 623.

Fuchslocher, Dipl.-Ing. E. siehe Matthießen, Dipl.-Ing. Prof. H.

Fürst A. Das Weltreich der Technik. Von Ing. St. Jellinek. 391.

Gaisberg, Freiherr v. S. Taschenbuch für Monteure elektrischer Starkstromanlagen. Von Ing. Töply. 58.

Geiger H., siehe „Handbuch der Physik".

Gelfert, Prof. Dr. J. Technisch-physikalische Rundblicke. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 318.

Gempe E. Elemente des Vorrichtungsbaues. Von Ing. St. Jellinek. 59.

Göpper, Dipl. Ing. H. Bau- und Einrichtung elektrischer Licht- und Kraftverteilungsanlagen. 966.

Gottwein K. Schlosserei- und Montage-Arbeitszeitermittlung und Zeitbedarf verwandter Handarbeiten. 871.

— Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. 886.

Graetz, Prof. Dr. L. Die Elektrizität und ihre Anwendungen. Von Dr. L. Kusminsky. 918.

— Starkstromtechnik. Von Dr. R. Hiecke. 1016.

Grünhagen F. Der Vorrichtungsbau. I. u. II. Teil. 346, 1210.

Güntherschulze, Prof. Dr. Ing. A. Galvanische Elemente. Von Ing. B. Gerstmann. 481.

Gutermuth, Prof. Dr.-Ing. E. h. M. E. und Watzinger, Prof. Dr.-Ing. A. Die Dampfmaschine. Von Ing. M. Gerbel. 950.

Haberland, Prof. G. Magnetismus und Wechselstromtechnik. 59.

— Elektrotechnische Lehrhefte, III. Gleichstrommaschinen. Von Ing. F. Fritz. 367.

— Transformatoren und Wechselstrommaschinen. 982.

Handbuch der Physik. Band XVI: Apparate und Meßmethoden für Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. R. Hiecke. 462.

Hanffstengel, Prof. Dipl.-Ing. G. v. Technisches Denken und Schaffen. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 438.

Hegner K. Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. 59.

Hellborn A. V., siehe Hymans F.

Herberg, Dr.-Ing. G. Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 982.

Herr, Dipl.-Ing. A. siehe Kantner, Dipl.-Ing. C.

Herrmann, Prof. J. Die elektrische Telegraphie mit Drahtleitung. Von Dr. F. Stecher-Sebenitz. 368.

— Die elektrischen Meßinstrumente. Von Ing. H. Conrad. 602.

— Elektrotechnik. Von Dr. R. Hiecke. 871.

Hertz, Dr. J. Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher. 602.

Hinz, Obering. A. Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 208.

Hinz, Dr. Ing. F. Über wärmetechnische Vorgänge der Kohlenstaubfeuerung unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung für Lokomotivkessel. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 936.

Hönnicke G. Die Teilung der Zahnräder. 75.

Hörig, Dr. H. u. Hörig E., siehe Schubert G.

Horn H. A., siehe Schimpke, Dr. Ing. P.

Hort, Prof. Dr. W., siehe Auerbach, Prof. Dr. F.

Hülle F. W. Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen in der Metallbearbeitung. 1112.

Huth F. H. Wirtschaftliches Arbeiten. II. und III. Bd. 141.

Hymans F. und Hellborn A. V. Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb. Von Ing. H. Hiecke. 58.

Ilkow, Ziv.-Ing. A. Technische Gesetze. 803.

Jaeger W. Elektrische Meßtechnik. Von Ing. H. Conrad. 1092.

Jaekel W. Dampfmesser und Dampfverbrauchsmessungen in der Zuckerindustrie. 141.

Jumau, Ing. L. Piles et Accumulateurs électriques. Von Ing. H. Conrad. 803.

Digitized by Google

Käch Th., siehe Kresta, Ing. F.
Kahn E. Die Wirtschaftskurve mit Indexzahlen der Frankfurter Zeitung. 481.
Kaiser L. I. Der technische Zeichner. 767.
Kantner, Dipl.-Ing. C. u. Herr, Dipl.-Ing. A. Die Verwendbarkeit der Röntgenverfahren in der Technik. Von Ing. I. Hermann. 1210.
Karraß, Dr. Ing. G. Die Bauteile der Dampfturbinen. Von Ing. St. Jellinek. 141.
Keinath, Dr. Ing. G. Die Technik elektrischer Meßgeräte. Von Ing. H. Conrad. 412.
Kelle Ph. Automaten. 232.
Kießkalt, Dr. Ing. S. Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik. 272.
Klauser - Rusch - Wallantschek. Das gewerbliche Rechnen. I. Teil. 99.
Knab H. J. Übersicht über Kinematik, Mechanismen u. Vorschaltgetriebe. Von Ing. St. Jellinek. 1035.
Kollert, Prof. Dr. J. Die synchronen Wechselstrommaschinen. Von Ing. St. Schwarz. 1210.
Kollmann Fr. Schönheit der Technik. 936.
Körner, Ing. K. Der Bau des Dieselmotors. 255.
Köttgen, Dr. Ing. e. h. C. Fließarbeit. 1228.
Krause H. Rezepte für die Maschinen- und Metallwaren-Industrie. 294.
Kresta, Ing. F. u. Käch Th. Lehrbuch der zeitgemäßen Vorkalkulation im Maschinenbau. 886.
Kretschmar, Ing. F. E. Die Krankheiten des Bleiakkumulators. Von Ing. M. Rabl. 1228.
Kromer, Dipl.-Ing. C. Th., siehe Windel, Prof. Dr. W.
Kühnert M. Der Stromverbrauch in Industrie und Landwirtschaft. Von Ing. V. Horwatitsch. 886.
Kurzel-Runtscheiner, Ing. E. Siegfried Marcus. 1210.

Lachmann, Dr. Ing. K., siehe Winkel, Dipl.-Ing. H.
Lagron L. Les Moteurs à courants alternatifs. Von Ing. B. Gerstmann. 601.
Laube R. Das Großkraftwerk Klingenberg. 318.
Laudien, Prof. Dr. Ing. K. Leitfaden der Mechanik für Maschinenbauer. I. Heft. Von Dr. Ing. A. Basch. 438.
— — II. Heft. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 919.
Lauke, Dr. Ing. H. L. Die Leistungsabstimmung bei Fließarbeit. 819.
Lerch L. Schaltungen für elektrische Beleuchtungs- und Verteilungsanlagen, Meßinstrumente und Motoren. Von Ing. F. Fritz. 602.
Lewis G. N. und Randall M. Thermodynamik und die freie Energie chemischer Substanzen. Von Dr. Ph. Groß. 1016.
Leybold, Dipl. Ing. P. Sechs Rechentafeln für elektrische Apparate. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 368.
Löwy, Dr. techn. Ing. R. Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 1131.
Luckey P. Nomographie, Praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln. Von Dipl. Ing. C. Wlach. 118.
Ludwig, Obering. E., Brose, Obering. W. u. Ziem, Ing. Taschenbuch für Schiffsingenieure und Seemaschinisten. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 1188.

Magyar Ad. und Walter, Dr. H. Der Kaufmann und Gewerbetreibende ohne Anwalt. 463.
Mahr C. Die Grenzlehre. 141.
— Die Gewindelehre. 141.
Mannweiler E., Brunnert A., Thormälen H. und Rode K. Berufskunde in Verbindung mit Fachzeichnen und Fachrechnen für Schwach- und Starkstromelektriker und Ankerwickler - Grundmappe. 804.
Martens F. F. Physikalisch-technische Elektrizitätslehre. Von Dr. Ing. L. Kneissler-Maixdorf. 98.
Matschoß C. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Von Ing. St. Jellinek. 413.
Matthaes K., siehe Schwinning W.
Matthießen, Dipl.-Ing. Prof. H. u. Fuchslocher, Dipl.-Ing. E. Die Pumpen. 1126.
Meller K. Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen. VII. Band: „Elektrizität in industriellen Betrieben". Von Philippi, Prof. Dr. Ing. E. h. W. Von Ing. St. Jellinek. 187.
Meyer, Ing. G. W. Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung wissen? 99.
Meyersberg, Dipl.-Ing. G. Perlitguß. Von Ing. St. Jellinek. 294.
Mollier, Dr. R. Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. 164.
Montagné E. u. Barbillion L. La mésure des Débits et l'Aménagement des Usines hydrauliques. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 164.
Monypenny I. H. G. u. Schäfer, Dr.-Ing. R. Rostfreie Stähle. Von Ing. Leitner. 1131.
Morelli, Prof. E. Costruzioni elettromeccaniche. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 58.
Müller, Dipl.-Ing. H. R. Hebetechnik. Von Ing. F. Ellmann. 294.
Müller, Dr. R. Die indirekten Bundesabgaben in Österreich. Von Dr. H. Schreiber. 747.
Munk, Dipl. Ing. Tarife für den Verkauf elektrischer Arbeit. Von Ing. V. Horwatitsch. 462.
Münzinger, Dr.-Ing. F. Kesselanlagen für Großkraftwerke. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 1150.
Nádai, Dr. Ing. A. Der bildsame Zustand der Werkstoffe. Von Ing. St. Jellinek. 482.
National Electric Light Association. Relay Handbook. Von Ing. E. Groß. 818.
Neumann, Dipl. Ing. A. J. Elektrische Widerstands - Schweißung und Erwärmung. Von Ing. F. Ellmann. 564.
Niethammer, Prof. Dr. F. Die Elektromotoren. Von Ing. F. Fritz. 462.

Pagnon P. und Barbillion L. Interrupteurs et disjoncteurs dans l'huile. Von Ing. V. Horwatitsch. 746.
Pauer, Dr. Ing. W. Energiespeicherung. Von Ing. St. Jellinek. 1111.
Pertz E. Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach dem Verdrehungsausschwingverfahren. 803.
Philippi, Prof. Dr. Ing E. h. W. siehe Meller K.
Plank, Prof. Dr. Ing. R. Haushalt-Kältemaschinen. Von Dr. Ing. F. Horschitz. 904.
Pohl, Obering. H. Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 1150.
Preuß E., Berndt, Dr. G. und Schwarz, Dr. Ing. M. v. Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von Ing. Leitner. 602.

Rahm W. Fabrikorganisation für den mittleren und kleinen Betrieb. Von Dipl. Ing. C. Wlach. 623.
Randall M., siehe Lewis G. N.
Reindl, Ing. C., siehe Dantscher, Prof. K.
Retterath V. Der Praktiker in der Werkstatt. 294.
Riebensahm, Prof. Dr. Ing. P. und Traeger, Dr. Ing. L. Werkstoffprüfung (Metalle). 855.
Ring H. Die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben. Von Prof. Dr. Ing. J. Ondracek. 871.
Ritter, Dipl. Ing. E. R. Das elektrische Haus. Von Dr. A. Velisek. 481.
Rode K. siehe Mannweiler E.
Rogowski, Prof. Dr. Ing. W. Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen. Von Ing. A. Friedländer. 1131.
Roth, Dr. Ing. A. Hochspannungstechnik. Von Ing. E. Groß. 1170.
Rötscher, Prof. Dr. Ing. F. Die Maschinenelemente. Von Ing. St. Jellinek. 318.

Sachs, Dr. K. Elektrische Vollbahnlokomotiven. Von Prof. Dr F. Niethammer. 581.
Sachsenberg, Prof. Dr. Ing. E. Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden. Von Ing. St. Jellinek. 463.
Sanden, Dr. H. v. Mathematisches Praktikum. Von Prof. Dr. Ing. H. Baudisch. 293.

Digitized by Google

Sauerwald O. Moderne Zeitkalkulation. 75.
Schaefer, Dipl.-Ing. H. Fließende Fertigung. Von Ing. F. Eflmann. 232.
Schäfer, Dr. Ing. R. siehe Monypenny I. H. G.
Schait, Dr. sc. techn. Prof. H. F. Der Drehstrom - Induktionsregler. Von Ing. B. Gerstmann. 346.
Scheel K., siehe „Handbuch der Physik".
Schimpke, Dr. Ing. P. und Horn H. A. Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von Ing. Herrmann. 855.
Schlesinger, Dr. Ing. G. Prüfbuch für Werkzeugmaschinen. 187.
Schlomann A. Illustrierte Technische Wörterbücher in sechs Sprachen. Bd. II. Elektrotechnik und Elektrochemie. Von Ing. A. Friedländer. 1111.
Schluck, Dr. techn. G. Chemisch-technisches Taschenlexikon. Von Ph. Groß. 839.
Schmidt, Dr. Ing. E. h. Dinbuch 3. Schrauben, Muttern und Zubehör. 187.
Schmidt J. Elektrizitätszähler, Zählerprüfung und Zählereicheinrichtungen. Von Dr. Ing. A. Boltzmann. 35.
Schönian, Dipl. Ing. H., siehe Essich O. A.
Schröter, Dr. Fritz. Die Glimmlampe, ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers. Von Dr. R. Hiecke. 118.
Schubert G. Elektrische Temperaturmessung. Anhang: Hörig, Dr. H. u. Hörig E. Über Strahlungspyrometrie. Von Dr. R. Hiecke. 35.
Schütze, Dipl. Ing. D. H. Die Handhabung des Rechenschiebers. 36.
Schütze, Dr. H. Elektrizität im Haushalt. 1035.
Schwarz, Dr. Ing. M. v., siehe Preuß E.
Schwarzböck J. Rationeller Dieselmaschinenbetrieb. Von Ing. L. Rußmann. 294.
Schwinning W. und Matthaes K. Die Bedeutung der Kerbschlagprobe. 99.
Seufert, Dipl. Ing. F. Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen. Von Ing. L. Rußmann. 207.
Siemens Jahrbuch 1927. Von Ing. F. Fritz. 35.
— 1928. Von Ing. A. Fritz. 1035.
Simon Eugen. Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Vor- und Facharbeiter. 59.
— siehe Grünhagen F.
Skirl, Obering. W. Elektrische Messungen. Von Ing. H. Conrad. 1092.
Sommerfeld, Dr. Ing. A. Gummifreie Isolierstoffe. Von Dr. K. Konstantinowsky. 996. Bericht. 1017.
Steinhauser, Dr. h. c. A., und Steinhauser, Dipl. Ing. L. Deutsches Elektrizitätsrecht. Von Dr. H. Schreiber. 463.
Steinhauser, Dipl. Ing. L., siehe Steinhauser, Dr. h. c. A.
Stender, Dr. Ing. W. Schaltbilder im Wärmekraftbetrieb. Von Ing. St. Jellinek. 481.
Stephan, Dipl. Ing. P., siehe Wiegner, Dr. G.
Stifter, Ing. A., siehe Wotruba, Prof. Dr. R.
Stiller A. Die Starkstromtechnik. Von Ing. A. Friedländer. 140.
Stumper, Dipl. Ing. R. Die Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkesselwesens. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 966.

Theimer, Ing. F. Werkzeugmaschinen und wirtschaftliche Betriebsführung. 1051.
Thormälen H., siehe Mannweiler E.
Traeger, Dr. Ing. L., siehe Riebensahm, Dr. Ing. P.
Trommsdorf, Dr. P. Die Bibliotheken der deutschen Technischen Hochschulen. 887.

Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V. Kesselbetrieb. Von Dr. Ing. F. Stipernitz. 919.
Vidmar, Prof. Dr. techn. M. Der Transformator im Betrieb. Von Ing. E. Groß. 346.
— Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. G. Oberdorfer. 1170.
— Wirkungsweise elektrischer Maschinen. Von Dr. G. Oberdorfer. 1227.
„Vierter Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß Kopenhagen (20 bis 23. Juni 1927)". Von Ing. St. Jellinek. 603.

Wagner G. A., siehe Klauser-Rusch-Wallantschek.
Walter, Dr. H., siehe Magyar Ad.
Watzinger, Prof. Dr. Ing. A., siehe Gutermuth, Prof. Dr. Ing. E. h. M. F.
Weber Max Maria v. Aus dem Reiche der Technik. Von Ing. St. Jellinek. 463.
Weickert F. Hochspannungsanlagen. Von Ing. V. Horwatitsch. 1188.
Wéra, Ing. E. Idées americaines comme Sources des Richesses. Von Ing. St. Jellinek. 272.
„Werkstattbücher" siehe Simon.
Werkstoffhandbuch. Nichteisenmetalle. Von Ing. St. Jellinek. 438.
Wernicke, Obering. K. Elektrotechniker Kalender 1928. Von Ing. F. Fritz. 295.
Wicke, Dr. F. Einführung in die höhere Mathematik für Ingenieure. Von Ing. A. Friedländer. 786.
Wiegner, Dr. G. und Stephan, Dipl. Ing. P. Wärme, Optik, Elektrizität. 272.
Windel, Prof. Dr. W. und Kromer, Dipl. Ing. C. Th. Aufbau und Entwicklungsmöglichkeiten der europäischen Elektrizitätswirtschaft. Von Dr. Ing. P. Beck. 1050.
Winkel, Dipl.-Ing. H. † und Lachmann, Dr. Ing. K. Festigkeitslehre für Ingenieure. Von Dr. Ing. A. Basch. 623.
Wotruba, Prof. Dr. R. und Stifter, Ing. A. Die Transformatoren. Von Ing. W. Petrzelka. 982.

Ziem, Ing., siehe Ludwig, Obering. E.
Zinzen, Dr. Ing. A. Der Einfluß der Dampftemperatur auf den Wirkungsgrad von Dampfturbinen. 624.

Eingelaufene Bücher:

A. E. G.-Technischer Jahresbericht 1927. 391.
Ausschuß für mechanische Energieleitung. — Berechnung offener Ledertreibriemen. 803.
— Treibriemen und Riementriebe. 803.
AWF-Ausschuß f. wirtschaftliche Fertigung:
— Anleitung für den Gebrauch der AWF-Maschinenkarten. 1171.
— Arbeitsvorbereitung. 999.
— Behelfsmäßige Fördermittel i. d. Fließarbeit. 999.
— Richtwerte für Dreherei. 141.
— Seemäßige Verpackung. 999.
— Verschlüsse und Sicherungen. 999.
AWF-Ausschuß f. wirtschaftliches Förderwesen, Akkumulatorenbatterien und Ladestationen für Elektrokleinfahrzeuge. 936.
A Bibliographie of electrical Literature. 1210.
Bücherverzeichnis der Handbibliothek des großen Lesesaals der preußischen Staatsbibliothek. 855.
„Deutsches Arbeitsmuseum". 141.
Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein. Jahrbuch der deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali- und Erzindustrie 1928. 804.
„Deutsche Elektrizitätsindustrie." 75.
Dresdner Bank. Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt. 272.
DIN 1917 — 1927. 272.
DIN-Taschenbuch. Werkzeuge und Lehren. 1051.
Europäischer Fernsprechdienst. Fernsprechverkehr in Deutschland. 1017.
„Fachausschuß f. Energiewirtschaft". Der energiewirtschaftliche Zusammenschluß Südostdeutschlands und Österreichs. 59.
Industrie-Compaß 1928/29. 1171.
Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie in Wien. — Bericht für 1926. 295.
„Mitteilungen vom Verband Deutscher Patentanwälte". 60.
Montan - Handbuch, Österreichisches 1927. 59.
— 1928. 1035.
Österreichische Alpine-Montan-Gesellschaft. Technisches Hilfsbuch. 887.
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. „Fachheft Österreich". 346.
Premag-Handbuch. 603.

Digitized by Google

„Reichsbund Deutscher Technik". Technik Voran! Kalender für die technische Jugend 1928. 187.
RKW-Veröffentlichungen, siehe AWF.
Schuchardt & Schütte A. G. Technisches Hilfsbuch. 1171.
V. D. E. Fachberichte der XXXII. Jahresversammlung in Kiel 1927. 318.
—, Schaltzeichen und Schaltbilder. 1035.
V. D. I. Großkraftwerk Klingenberg. 318.
—, Wärmedurchgang. 747.
Vernays Vier-Staaten Fach-, Jahr- und Adreßbücher 1928. 232.

Druckschriften, Preislisten, Prospekte.
36, 142, 256, 295, 319, 413, 439, 463, 482, 603, 787, 804, 820, 904, 966, 1015, 1035, 1112, 1150, 1152, 1228.

Patentberichte

Quecksilberdampf-Gleichrichter.
Bauliche Ausgestaltung 34
Elektroden 56
Dichtung 73
Entlüftung 98
Kühlung 136
Zündung 137
Allgem. Schaltungsanordnung 137
Parallelschalten 185
Rückzündungsschutz 206
Metalldampfapparate als Schaltröhren 254

Elektrische Bahnen.
Fahrleitung 295
Stromabnehmer 316
Fahrzeuge 411
Reguliereinrichtungen 436, 460, 479

Elektrisches Schweißen und Schneiden.
Lichtbogenschweißung .. 744, 766
Widerstandsschweißung 785
Schweißen von Aluminium 785
Schneiden von Metall 785

Röntgentechnik.
Röntgenröhren 965, 997
Apparate 1015

Quecksilberdampfpumpen.
Einrichtungen an Pumpen 1034

Elektrische Meßverfahren und -Instrumente für verschiedene Zwecke.
Elektrische Temperaturmesser u. -Regler 1091
Elektrische Wärmemengenmesser 1091
Elektrische Leistungs- und Kraftmesser 1092
Materialprüfung 1092
Verschiedene Meß- u. Untersuchungsgeräte 1110
Auswuchtvorrichtungen 1110
Elektrische Vakuummeter ... 1111

Elektrische Gasreinigungsanlagen.
Betriebsverfahren 1185
Isolatoren 1186
Abreinigung der Elektroden .. 1187
Elektroden 1187
Sicherheitseinrichtungen 1187

Vereins-Nachrichten

AEF-Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen. 1054.
Bilanz des Elektrotechnischen Vereines für 1927. 276.
Entwurf von Regeln für Elektrizitätszähler. 414.
Gebarungsausweis des Elektrotechnischen Vereines für 1927. 276.
Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.). Zusammenlegung der Internationalen Technischen Kongresse. 348.
— Internationale Regeln der I. E. C. für die Untersuchung von Dampfturbinen. 1036.
Normblattentwürfe. 483.
Protokoll der 46. ordentl. Generalversammlung vom 4. April 1928. 582.
Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen:
— Sondervorschriften für Röntgenanlagen. 1151.
— Theatervorschriften. 78.
— — Behördliche Genehmigung. 789.
—, Vorschriften für das Rundfunkwesen. Behördliche Genehmigung. 369.
— Vorschriften für Bergwerke. Behördliche Genehmigung. 789.
—, Beschluß des Regulativkomitees. 888.
Sitzungsberichte. 887.
Tätigkeitsbericht über das Vereinsjahr 1927/28. 298.
Voranschlag des Elektrotechnischen Vereines für 1928. 276.

Sachverzeichnis

A
Abdampfverwertung, Koenemanntransformator 899
Ableiter s. Überspannungsschutz.
Abschaltleistung 1145
Abwärmeverwertung .. 22, 70, 881
— v. Hochofengasen 881, 882
s. a. Wärmespeicher.
Adhaesium 13
Adreßbuch 232
Aeskulin 557
Aislometer 404
Akkumulator, Bleiakkum. 230
—, Ladeeinrichtung 246, 259
—, Lehrbuch ... 357, 803. 936 1228
—, Pufferbatterie i. Bahnbetrieb . 1108
— f. Traktion 246, 817
— f. Zugbeleuchtung 124
Aldrey (Almelec) 405, 617, 807
Aluminium, Korrosion 1204
—, Leitungsnormen 1181
—, Oberflächenschutz 1148
—, Schweißen 785
—, Umschmelzen 1203
s. a. Legierung, Leitung.
Anemometer 1092
Anlasser, autom. 597
— —, f. Einankerumformer ... 51
—, Berechnung 1133
—, Flüssigkeitsanlasser 1146
—, Ölanlasser, Bewertung 213
—, Stufungsfaktor 1134
Anlaufstromfaktor 1133
Antrieb, elektr. 947
—, v. Baggern 478
— i. Bergbau 458
— v. Drehbänken 218
—, i. Gaswerken 981
— v. Hobelmaschinen 215
— v. Holzfräsen 900
— v. Kalandern i. Gummifabr. .. 980
— v. Kompressoren 94
— i. d. Papierindustrie 229
—, Reguliermotor 215
— v. Rotationsdruckmaschinen . 900
— v. Schleusen 291
— v. Synchronm. dch. Gasmasch. 993
— v. Walzwerken 94, 885
— — f. Rohgummi 980
— v. Werkzeugmaschinen, Steuerung 215
Arbeitsmuseum i. Deutschland . 141
Arbeitsvorbereitung 999
Arca-Regler 20
Ardometer 817
Asbest, Vorkommen 885
Asynchronmaschine s. Induktionsgenerator.
Asynchronmaschine s. Induktionsmotor.
Ätherwind 134
Atom, Isotope 593
—, Theorie 593
Audiometer 378
Aufzug, elektr., Antrieb m. Treibscheibe 58
— f. Garagen 230
Auge 594
Außenhandel, elektrotechn.
— v. Argentinien 413
— v. Dänemark 188
— v. Frankreich 603
— n. Indien 320
— v. Italien 60

Digitized by Google

—, Nachrichtendienst 188
— d. Niederlande 603
— v. Österreich 75, 1052
— n. Rußland 951
— d. Tschechoslov. 1171
— d. V. St. A. 188
Ausschuß f. Einheiten u. Formelgrößen AEF 1054
Ausstellungen:
Elektrisches Messen . . 802, 1000
Elektrofahrzeuge 233
f. Energiewirtschaft i. Graz 270, 889
Straßenbahnausstell. i. Essen 623
Technische Stadt, Dresden . 942
Auswuchtvorrichtg. 1110
Automobil, Geschichte 1210
Automobilbetr. a. Bahnen . 1122, 1123
Azetylenflasche, Prüfung 549

B

Bagger, Schaufelbagger 477
Bahn, elektrische
Bahnkraftwerk:
f. Hochdruckdampf 1124
Steeg 724
Bahnmotor:
Bauarten, moderne . . . 868, 1047
Bauart Oerlikon 853
Bauart der SSW 337
— Sécheron 1158
d. Berliner Stadtbahn 763
Einphasen-Kollektormotor . . 4
—, Kommutierungsregelung . 479
— d. Stubaitalbahn 1178
Schaltung d. Motoren 460
Tatzenlagermotor 317
Vereinheitlichg. 1120
Elektrifizierung:
d. Berliner Stadtbahn . . 45, 1031
—, Signalanlage 1188
d. Deutschen Reichsbahn 45, 1031
i. Italien 739
d. Ö. B. B. 570
—, Stubaitalbahn 1178
—, Wien—Salzburg 831
i. Rußland 995
d. S. B. B. 570
Motorwagen:
Achsverbindung 1123
Bremse 1014
—, elektrisch 1121
d. Deutschen R.-B. 1147
Einmannwagen 1121
Reguliereinrichtung . . . 436, 460
Schützensteuerung 1012
f. Überland-Schnellverkehr 95, 995
Unterwerk:
Fernbetätigung 388
Umformerstat. i. Berlin 1031
Umformerwagen 632
i. Wien 632
—, Betriebserfahrung. i. d. V.St.A. 363
—, f. Hochspann. Gleichstrom, Spannungsregelg. 462
—, Pufferbatterie i. Wechselstrombetrieb 1108
—, Schienenstrom 389
—, Schwachstromstörungen . . . 435
—, Statistik i. Amerika 143
—, Straßenbahnbetrieb, Verkehrsfragen 1124
—, Streckenschalter 762
—, Strombezug d. D. Reichsb. 1031, 1032, 1033
—, Stromsystem 175
—, Umformer f. Lichtstrom . . . 799
—, Wirtschaftlichkeit 570
s. a. Fahrleitung, Lokom. elektr.
Baustoffdämpfung 803, 887
Beleuchtung, elektr. i. Wien . . 627
Bergbau, elektr. Betrieb 458
Beschleunigungsfaktor 1133
Beton, Betonschutz 1204
Betriebsführg. wirtsch. 1051
Bibliothek, gewerbl. 57
—, d. techn. Hochschulen 887
Bilanz d. EVW 276
Bildtelegraphie 139, 759
Bimetall f. Leitungen 761
Blindleistungsmaschine s. Phasenkompensierung, Phasenschieber, Toleranz.
Blitzschlag, Blitzgenerator . . . 452
—, Erfahrungen . . 452, 578, 579, 963
— i. Ölbehälter 578
—, Überspannungserscheing. . . 1182
s. a. Überspannungsschutz.
Bohner, elektr. angetr. 227
Boucherotmotor 749
Brandschutz, Schaumlöschung . 457
Bremse s. Bahn elektr. — Motorwagen.
Bremsung von Fördermaschinen 1208
—, v. Gleichstrommotoren . . . 1133
—, Kurzschlußbremsung 1136
s. a. Lokom. el.
Brennstoff, Lehrbuch 803
—, Trocknung 19, 20
—, Vergasung 20
—, Vorkommen, Übersichtskarten 173
s. a. Dampfkessel-Feuerung, Elektrizitätswerk.
Brennstofftagung i. London 1928 255
— f. d. Stadtwirtschaft 623
Briefe v. H. Hertz 602
Bügeleisen, elektr. 222, 227
Bürste, Einankerumformer . . . 8
—, Kohlenbürste 101
—, Stromübergang zum Kollektor 101, 290
s. a. Gleichstrommaschine.

D

Dampfkessel 919
—, Bauart 19, 305
— —, Steilrohrkessel 446, 470, 472, 640
—, Baustoffe 966
—, Bauvorschriften 553
—, Elektrokessel 72, 406
—, Feuerung 305, 432
— —, d. Abgase 20, 22
— —, Brunnentype 432
— —, Entaschung . . . 19, 447, 577
— —, Entwicklung 182
— — m. Erdgas 69
— —, Feuerraum 182, 306, 432, 641
— —, Großrostfeuerung . 182, 305
— — — f. Speicherwerke 1182
— —, Kohlenstaubfeuerung 19, 182 305, 386, 432, 472, 641 936
— — —, f. Lignit 1104
— — —, Betriebserfahrungen . 594
— — —, Kühlung d. Brenner . . . 432
— — —, Mahlanlage 306, 640
— — m. Öl 69, 392
— —, Rauchgasprüfer 252
— —, Regelung, autom. 251, 385, 455
— — —, Strahlrohrsteuerung . . 251
— —, Schornstein 20
— —, Treppenrostfeuerung . . . 182
— f. Hochdruckdampf 306, 401, 455 640, 700, 777, 837, 1124, 1182
— —, Erregerkessel 456
— —, Schlangenrohrkessel (Benson) 19
— —, Speisewasser-Reinigung . 20
— — i. d. Schweiz 407
— —, Umwälzverfahren (Löffler) 700
—, Isolierung m. Torkret 132
—, Kesselgröße 19, 20
—, Kesselspeisung 20, 447, 470, 641
—, Kesselstein 702
— — Beseitigung dch. elektr. Strom 578
—, Kontrollapparate 19
—, Lehrbuch 982, 1050
—, Material 700
—, Schweißung an Kesseln . . . 553
—, Sicherheitsvorrichtung 701
—, Überhitzer 701
— —, Zwischenüberhitzer . . . 361
—, Wirkungsgrad . . . 19, 305, 641
Dampfmaschine 950
—, Bauart 265
— f. Dampfentnahme 266
—, Gleichstrommaschine 266
—, Kondensat, Reinigung 20
—, Regelung 266
—, Wirtschaftlichkeit 265
—, Zylinder 99
Dampfspeicher s. Wärmespeicher.
Dampfturbine,
Anlagen:
Lyon 181
Paris 448, 470, 472
Wien—Simmering 643
Zschornewitz 915
Ausführungen:
d. BBC 456, 644
d. Ersten Brünner M. F. . . . 644
de Laval 21
Ljungströmturbine 21, 31, 1182
Metrop. Vickers 978
Röderturbine 21
—, Anlauf 27
—, Bauteile 141
—, Dampfverbrauch . . . 22, 31, 342
—, Düsendeckel 303
—, Gegendruckturbine 31
—, Getriebeturbine 21
— f. große Leistung 1, 21, 456, 632, 643
— f. hohen Druck . 21, 31, 407, 456, 632, 644
— i. Hüttenwerken 882
— f. Pumpenantrieb 289
—, Quecksilberdampfturbine . . . 22
—, Regeln d. I. E. C. 1036
—, Regler 20, 457
—, Schaufelkranz, Versteifung. 303
—, Schwingungen, mech. 22
—, spez. Drehzahl 837
—, Wirkungsgrad 22, 456, 624
—, Zweiflußturbine 473
s. a. Elektrizitätswerk-Dampfkraftwerk.
Dampfumwälzpumpe 701
Deutsches Museum 1016
Dielektrikum, Theorie 1168
s. a. Feld elektr., Isoliermaterial, Kabel, Öl.

Dieselmaschine m. Aufladung . . 780
— i. England 361
— f. große Leistung 23, 1182
—, Lehrbuch 255
— z. Spitzendeckung 278, 997
— m. Turbogebläse 457
—, wirtsch. Betrieb. 294
Differentialschutz s. Drehstrom-

Digitized by Google

generator, Relais, Selektivschutz.
Diffusionspotential 592
Drehstromerregermaschine . 5, 267, 1204

Drehstromgenerator, Antrieb 816, 681, 920
—, Bauart f. Rjukanfos 1105
—, Entregung 51, 170, 680
—, Erdung d. Nullpunkts 680
—, Erregung, Schnellerreg. . 308, 675
— —, Zeitkonstante 675
— f. große Leistung . 1, 21, 45, 208, 473, 666, 676
—, Remanenz 681
—, Resonanz bei einphas. Kurzschluß 679, 867
—, Schutzeinrichtg. 1048
— —, Differentialschutz 783
—, Schwungradanordnung . 682, 920
—, Stabilität 308
—, Streuungsmessung 307, 678
—, synchronisierendes Moment 407
—, Turbogenerator . 1, 45, 181, 208, 473, 914, 1104
— —, Bandagen antimagnet. . . 2
— —, Materialfragen 779
— —, Rotorwicklung 307
— —, Verlustmessung 91
s. a. Maschine elektr., Synchronmaschine.
Drehtransformator s. Transformator.
Drehungssinn i. Elektrophys., AEF-Vorschriften 1056
Drehzahländerungsfaktor . . . 1133

Drosselspule, Dimensionierung 71, 105, 249
— f. Erdschluß 17, 169
—, Reaktanzspule, Kurzschlußkräfte 17, 107
— —, Verluste 48
— f. Resonanzkreis b. Gleichrichtern 138
—, Schutzdrosselspule, Berechnung 105
— —, Wirtschaftlichkeit 1207
—, Stützdrossel 17
—, Synchronisierdrossel 1048
—, Wanderwellen 1046
s. a. Erdschluß-Löschspule.
Durchschlagfestigkeit s. Feld el., Isoliermaterial, Kabel.

E

Einfuhr, elektr. s. Außenhandel, Zölle.
Einphasengenerator s. Synchronmaschine.
Eisen, Eisenblech, Verlustwinkel 92
—, Einkristalle, Messung 1011
—, Erzeugungsstatistik i. Österr. 413
—, Gußeisen 939
— —, Grauguß, Duplexverfahren 712
— —, Kasseler Legierung 779
— —, Perlitguß 33, 294, 940
—, Prüfapparat, magn. . . 13, 31, 54, 620, 930
s. a. Messung, magn.
Eisenbahnschienen, Riffelbildung 1121
Eisenbahnsicherung, elektr. 964, 1123
Eisenbahnsignal, Lehrb. 1188
Eisenbahnwe en i. Österr. . . . 346
Eisenheizung 1204
Elektret 205
Elektrizität, Lehrbuch 918
—, atmosphär. 18
Elektrizität i. Haushalt 221, 279, 481, 627, 1035
—, Preisausschreiben in Berlin . 227
—, Werbung 366
s. a. Bohner, Bügeleisen, Heizung elektr., Kochen elektr., Waschmaschine.

Elektrizitätsgesetze, Benützungsrecht 293
— i. Deutschland 463
—, Elektrizitäts - Förderungsgesetz v. 1928 849
Elektrizitätsindustrie s. Industrie-elektrotechn.
Elektrizitätslehre, Lehrbuch . 98, 802
Elektrizitätssteuer 747, 765

Elektrizitätsversorgung v. Argentinien 413
— i. Bayern 767
— v. Berlin 1148
— i. Deutschland 358, 801, 1034, 1222
— —, d. Deutsch. R.-B. 1033
— —, d. Elektrowerke 1223
— —, d. Rhein. Westfäl. El.-W. . 1221
— v. England 30, 950
— v. Frankreich 475, 1015
— i. Irland 433
— v. Italien 410
— v. Kanada 181
— i. d. Landwirtschaft 177, 280, 391, 454, 1183
— —, Wahl d. Spannung 30
— i. Mexiko 919
— v. Österreich 179, 636, 715, 721, 820
— dch. die Pfalzwerke 1181
— —, Sammelleitung 277, 637
— v. Paris 441, 468
— v. Polen 790
— v. Rußland 180
— v. Schlesien 384
— v. Schottland 112
— i. d. Tschechoslowakei 200
—, Übersichtskarte 173
—, Verbundwirtschaft . . 28, 30, 173, 174, 277
— — i. Deutschland 1222
— — i. Österreich 179
— — i. V. St. A. 143, 367
— — v. Wien 626, 628, 636
s. a. Elektrizitätswirtschaft.

Elektrizitätswerk, Anlagekosten 28
—, Anschluß v. Installationen 736, 776
— —, v. Industrieanlagen . . 290, 736, 776
—, autom. 26, 29
—, Belastungsausgleich durch Pufferung 28
—, Belastungsfaktor 225
—, Belastungsgebirge 312
—, Blindlastverteilung 30
—, Brennstoffwirtschaft 305
—, Eigenbedarfsanlage 654
—, Einmaschinenwerk 174
—, Energiegewinnung aus nat. Wärmequellen 20
—, Energiereserve 27
—, Frequenzregelung 81
—, Grundbelastung 1014
—, Kommandostelle 168, 652
—, Lastverteiler . . . 29, 342, 410, 452, 634
—, Maschinengröße 741
—, Meldeeinrichtung 168
—, Parallelarbeiten d. Werke 25, 30, 81
—, Spitzendeckung . . 278, 997, 1014
— — durch Löfflerkessel 702
— — durch Wärmespeicher 288, 385
s. a. Speicheranlage, Wärmespeicher.
—, Stromlieferungsbedingungen 622
—, Stromversorgung 838
—, Telephonanlage 29, 170
— —, leitungsgerichtet 454
—, Werbung f. Stromabsatz . . . 366
s. a. Elektrizitätsversorgung, Statistik, Tarif.

Dampfkraftwerk.

Anlagen:
i. Amerika 21, 307
d. Bergbau A.-G. Lothringen 431
Berliner St. Elektr. Werke 855, 870, 1148
Billingham 978
Crawford-Werk (Chicago) . 361
East River - Werk (N.-York) 307
Edgar-Werk 1124
i. England 30
Freiwaldau (Schlesien) 22
Gennevilliers (Frankreich) . . 471
Gottland-Kraftwerk 1182
Gould Street 1181
Higashiyama (Japan) 180
i. Holland 306
Huntleywerk (Bufallo) 432
Klingenbergwerk 318
Langerbrugge (Belgien) . . . 31
Long Beach (Southern Cal. Edison Co.) 594
Neches-Kraftw. (Texas) . . . 69
Paris 442
Pfalzwerke 1181
i. Rußland 180
i. Salzkammergut 721
Timelkam 724
Venedig-Maghera 311
i. Waukegan (Chicago) 159, 342
Wien . . . 625, 632, 635, 736, 894
—, Dampfdruck, günstigst. Wert 701
—, Dampfleitungen 643
—, Enthitzer, System Bayer . . . 431
—, Heizkraftwerk 702, 779, 798, 816, 837
— — f. Fernheizung 23
—, Kohlenaufbereitung 639
—, Kohlenförderung . . 446, 468, 472, 639
—, Kosten, Anlagekosten . . 277, 407
— — d. Krafterzeugung . . 70, 407
— f. Kraft u. Heizdampf . . 431, 702
—, Kühlturm 21
—, Wärmeplan 470, 643
—, Wasserversorgung . 113, 447, 470, 645
—, Wirkungsgrad 22, 30, 174
—, Wirtschaftlichkeit 699
s. a. Dampfkessel, Dampfturbine, Kondensator, Wärmespeicher.

Dieselkraftwerk.

Vorteile 361
s. a. Dieselmaschine.

Wasserkraftwerk.

Anlagen:
Achenseewerk . 1, 208, 646, 676, 1228
Aflenzwerk (Vorarlberg) . . . 112
Bayernwerk 767
Bhira (Indien) 1010
Bucks Creek (Calif.) 1225

Digitized by Google

Dalekraftwerk (Norwegen) 1124
Donauprojekte 637
a. d. Enns 283, 637
i. Freistaat Sachsen 960
i. Fredrikshald 179
Galleto (Italien) 1, 24
Gosau 723
Großarl 723, 724
a. d. großen Mühl (Oberöst.) 284
Illerkraftwerke 1104
Itterkraftwerk (a. Neckar) . 131
Kaaden (Tschech.) 25
Kachletwerk 1009
Kardaun (Italien) 1, 2
Mese (Italien) 1
Mittl. Isar 768
a. Niagara 475, 989
i. Niederländisch-Indien . . . 113
Offensee 722
Ontario 1149
Pernegg 636, 664
a. Rannabach 724
Reutlingen 70
Rocky River 881
i. Rußland 288
Ryburg-Schwörstadt 780
i. Salzkammergut 721
i. Schreckenstein 961
Schwarzenbachwerk (Baden) 1
a. Shannon (Irland) 433
Steeg 722
i. Transkaukasien 287
Vernayaz (d. S. B. B.) . 200, 383
Villalba (Spanien) 131
i. Vorarlberg 165
i. V. St. A. 174, 287
Walchenseewerk 768
Wien 626
—, automat. . . . 26, 47, 83, 179, 180
—, Energiewirtschaft i. Österr. 890
—, Entsandung 132
—, Freiluftanlage 287
—, Gezeitenwerk 28, 130
—, Jahresarbeitsvermögen . . . 718
—, Parallelbetrieb 25
—, Rechen, Heizung el. . . 26, 179
—, Schleusenanlage 179
—, Schützen, Heizung el. . . 26, 179
—, Wasserschloß, Schwingungsdämpfung 30
—, Wehranlage 664
s. a. Rohrleitung, Speicheranlage, Turbine, Statistik.

Windkraftwerk 28

Elektrizitätswirtschaft i. Deutschland 1221
—, i. England 366
—, Entwicklung i. Europa 1050
— i. Frankreich 797
— d. Gemeinden 599
—, Handel m. el. Strom 1103
—, Lehrbuch 982
—, Stromverbrauch i. d. Industrie u. Landwirtschaft 886
— i. d. Tschechoslowakei 754
—, Zusammenschluß i. Frankreich 451
— —, v. Österr. u. Deutschland 59, 1225
— — i. Süddeutschland . 185, 1221
— —, i. V. St. A. 750
s. a. Elektrizitätsversorgung.
Elektrizitätszähler,
—, Blindverbrauchszähler . . 32, 1071, 1126, 1207
—, Eichung 35
— —, Stempelung 747
—, Entwurf v. Regeln d. EVW 414
— f. Grundgebührentarif 92
—, Induktionszähler f. Einphasenstrom 343, 760
—, Lehrbuch 35, 437
—, Maximalzeiger f. Kleinabnehmer 92, 1065
—, Prüfung 35, 1090
—, Relais z. Umsteuern 53
—, Scheinleistungszähler . . 33, 1072
—, Selbstverkäufer 1068
—, Subtraktionszähler 1067
—, Tarifzähler 1069
—, Überverbrauchszähler . . 1067
s. a. Tarif.
Elektrochemie, Grundlagen . . . 747
—, Stickstofferzeug. 178
Elektrofutterbereitung 1183
Elektrokarren 241
—, Wirtschaftlichkeit 241
Elektrokessel s. Dampfkessel.
Elektrokultur 1209
Elektrolyse, Druckelektrolyse . 280
Elektromagnet s. Magnet.
Elektrometer m. Schutzring . . 857
— f. Hochspannung 1090
—, Röhren-Elektrometer . . . 1083
Elektromobil 233, 293
—, Aktionsradius 234
— f. Kehrichtabfuhr 234
—, Lastwagen 234, 239
— f. Postverkehr 234
—, Vergleich m. Pferdefuhrwerk 239
—, Wirtschaftlichkeit 236
s. a. Akkumulator.
Elektromotor s. Elektr. Bahn-Bahnmotor, Gleichstrommaschine, Induktionsmotor, Maschine elektr., Synchronmaschine, Synchronmotor.
Elektronen, Theorie 592, 1201
Elektronenröhre, Einheitsgerät . 381
—, Schwingschaltung 378
— als Spannungskippvorr. . . . 1045
— z. Spannungsregelung 96
—, Ventilschaltung 381
—, Verwendung i. d. Biologie . . 377
— — z. Lichtmessung . . . 382, 1083
—, Widerstandsschaltung 380
—, Zählung von α- und β-Strahlen 382
Elektrotechnik, Geschichte . . . 1131
—, Kalender 295
—, Lehrbuch . 59, 140, 231, 391, 871, 918, 1016, 1170, 1188
Elektrot. Verein, Tschechosl. . . 966
Elektrowärme s. Elektrizität i. Haushalt: Heißwasserspeicher, Heizung el., Ofen el.
Element, galvan., Normalelement 111
Eltgas G. m. b. H. 776
Energiegewinnung a. d. Meere . 591
Energieübertragung s. Leitung el.
Energiewirtschaft s. Ausstellg., Elektrizitätsversorgung., Elektrizitätswirschaft.
Erdöl, elektr. Erforschung 270
s. a. Brennstoff, Öl.
Erdschluß, intermittierend 17
—, Berechnung m. symmetr. Komponent. 969
Erdschlußschutzeinrichtung 17, 169, 271, 680, 883
—, Entkopplungstransform. . . . 633
—, Generatorschutz 47
— f. parallele Leitg. 779
—, Löschspule . . 17, 169, 271, 657
—, Löschtransformator 17
—, Relais 17, 271, 837
— —, Betriebskontrolle 1213
s. a. Relais.
Erdstrom i. feuchten Wänden . 410
—, Messung 978
—, Oberwellen-Kompensat. . . 1041
Erdung 18
—, Berechnung 49
— i. Freiluftanlage 663
—, Körperstrom 390
— v. Leitungen b. Reparaturen 291
— i. Maschinen 680
—, Schrittspannung 390
—, Strömung aus langen Leitern 389
—, Untersuchung 930
—, Widerstand 389
Erdungsmesser 1078
Erduntersuchung, elektr. . . . 270

F

Fabriksorganisation 623
Fahrleitung 295
—, Instandhaltung 1227
—, Isolator 761, 806
—, Kettenfahrleitung 296
—, Kreuzung 830
—, Lehrbuch 1227
—, Material 761
—, der Ö. B. B., Einheits-Fahrleitg. 821
—, der S. B. B. 761
—, Schutzerdung 829
—, Streckentrenner 822
—, Tragwerk 762
—, i. Tunnel 827
Fassung v. Lampen 477
Feld, elektr. i. d. Atmosph. . . . 593
—, Durchbruchsfeldstärke . . . 934
—, Freileitung 606
— i. Kabel 1107
—, konforme Abbildung 266
—, v. Lebewesen 784
—, Messung 291
Feld, magnetisches 885
—, v. hoher Stärke 478, 590
—, Kraftlinien, Definition . 585, 1017
Ferngasversorgung 23
Fernheizung, s. El.-W.-Dampfkraftw.

Fernmessung 743, 800, 862
—, Doppelfallbügelgerät 863
— m. Hochfrequenz 1063
—, Kontaktwage 864
—, Simultanbetrieb 1063
—, Systeme 1059
— —, Impulssystem . . . 1045, 1060
Fernsteuerung, elektr. . . 433, 743
—, i. Unterwerken 1045
Feuerung s. Dampfkessel.
Film, Lehrfilm 1049

Fließarbeit 232, 787, 999, 1228
—, Leistungsabstimmung 819
Flurförderung, gleislos 438
s. a. Elektrokarren.
Förderanlage, El. Fördermaschine 1203
—, Fahrtregler 1208
—, Schnellschlußbremse 1208
—, Turmfördermaschinen 115
Funkenstrecke, Beeinflußung dch. Antenne 345
—, Funkenkonstante 344
—, Kugelfunkenstrecke 861
—, oszillograph. Aufnahme 53
—, Schutzfunkenstrecke 1043
—, Überschlagspannung b. Mehrfachelektroden 436
—, Verzögerg. d. Entladg. 1184
—, Zusammenhang m. Lichtbogen 364
Fynnmotor 5

Digitized by Google

G

Galvanisches Element . . 111, 481
Gasmotor s. Verbrennungskraftmaschine.
Gasreinigung, elektr. 639, 1185
Gaswerk, el. Antriebe 981
Generatorschutz s. Brandschutz, Erdschluß-Schutzeinrichtung, Erdung.

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse:
AEG-Union El.-Ges. 482
Allgemeine Elektrizitäts-Ges., Berlin 272
Badische-Landes-Elektr. A. G. 1035
Bank f. el. Unternehmungen 1172
Bergmann El.-Werke 871
Deutsch-Atlantische Telegraphenges., Berlin 440
Elektrowerke A.-G. 392
Elin, A.-G. f. el. Ind. 819
Emag. Elektriz.-A.-G. 748
Felten & Guilleaume, Wien . 604
Hamburgische Elektrizitätswerke A.-G. 1171
Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M. 604
Hydroelectric Power Com., Ontario 1149
Dr. Paul Meyer, A.-G., Berlin 624
Mix & Genest, A.-G. 788
Oberösterr. Wasserkraft- u. Elektrizitäts-A.-G. 440
Österr. Brown Boveri-Werke A.-G., Wien 624
Österr. Siemens-Schuckert-Werke 787
Rheinisch-Westphäl. E.-W. . 1191
Siemens & Halske A.-G. . . . 319
Siemens-Schuckertwerke . . . 296
Soc. anon. At. Sécheron . . . 1192
Städt. Straßenbahnen i. Wien 1054
Steiermärkische Elektrizitäts-Ges., Graz 624
Vereinigte Alumin.-Werke A.-G. 748
Vereinigte Telephon- u. Telegraphen-Fabriks A.-G. . . . 804
Geschichte d. Technik 413
Gesetz s. Elektrizitätsgesetze, Techn. Gesetze.
Gesellschaft f. Wärmewirtschaft 746
Getriebe 1050
—, Flüssigkeitsgetriebe 463, 799, 915
—, Garrardgetriebe 798
—, Kettengetriebe 12
—, Lehrbuch 1035
—, f. Lokomotiven 1193
—, Reibradgetriebe 12
—, Zahnradgetriebe 12, 75, 457, 623
s. a. Riementrieb.
Gewerbeinspektion i. d. elektr. Industrie 118, 1189
Gewindelehre 141
Gewitterforschung s. Blitzschlag.
Gleichrichter 10
—, Argongleichrichter 10
— —, Entgasung 268
— v. Corbino 10
—, Glühkathodengleichr. . . 10, 268
— —, f. Feldbestrahlung 1209
— f. autom. Ladestationen 247
—, Oxydgleichrichter 11
—, Protosgleichrichter 931
—, Wehneltgleichr. 247
—, Quecksilberdampfgleichrichter . . 10, 34, 137
— — Abschalten, selekt. 1108
— —, Anwärmen 135
— —, f. Bahnstrom 1168
— —, Bauweise 10, 34
— —, Betriebserfahrungen . . . 596
— —, d. Deutschen R. B. 1032
— —, Dichtung 11, 73
— —, Drossel 10, 185
— —, Elektroden 56
— —, Entlüftung 98
— —, Entwicklung 56
— —, innere Stromverteilung . 138
— —, Isolator 57
— —, Kühlung 136
— —, Leistungsfaktor 11
— —, Oberwellen 1040
— —, Parallelschaltung 136, 185, 206
— —, Regelung d. Gleichspannung 138
— —, Rückzündung 10, 57, 206, 218
— — als Schaltorgan . . . 56, 254
— —, Schutz gegen Überspannung 218
— —, Strommessung 11
— —, Transformator 138
— —, Vakuummeßvorrichtung . 344
— —, als Verstärkerröhre . 54, 459
— —, Welligkeit d. Stromes . . 11
— —, Zündung 137, 138, 1042
— — —, Rückzündg. 1108
— — —, Zündumformer 138
—, rotierender 10
—, Ventilschaltung 95. 853
Gleichspannungserzeugung . . . 854
Gleichstrommaschine, Ankerwicklung 261, 464
— f. Benzinmotorantrieb 258
—, Entwurf 1010
—, Kommutator, Stromübergang 101
— —, Überschlag 290
—, Lehrbuch 367, 935
— f. Lokomotivbeleuchtg. 852
— m. Querfeld 61, 88, 122, 274, 491
—, Spannungsregelung 96
—, Stromvertlg. zwisch. Bürsten 985
—, unipolar 590
—, Wendepole, Berechg. 976
— f. Zugbeleuchtung 121, 905
s. a. Bürste, Maschine elektr.
Gleichstrommotor, Kompoundmotor 1206
s. a. Anlasser, Antrieb, Gleichstrommaschine, Maschine el.

Glimmentladung z. Aufladung v. Kondensatoren 381
—, Glimmbrücke 381
—, Glimmlampe 118
— b. Hohlseilen 93
s. a. Feld elektr.
Glimmröhre als Spannungsnorm. 860
— f. stroboskop. Messg. 1180
— als Stromkippvorr. 1045
Glühlampe, Fassung 477
Grenzlehre 141
Gummifabrik, el. Antrieb 980

H

Hauptversammlung s. Jahresversammlung.
Hebetechnik, Lehrbuch . . . 294, 1150

Heißwasserspeicher, elektr. 222, 223, 764, 903
—, Schaltuhr 220

Heizung, elektr. v. Backöfen . . 364
— i. d. Industrie 118, 710
— i. d. Landwirtschaft 178
— v. Ölschaltern 15
—, Raumheizung . 222, 223, 227, 903
— v. Schützen 26, 179
—, Wirtschaftlichkeit 279, 710, 764, 945
s. a. Elektrowärme, Heißwasserspeicher, Ofen elektr., Wärmespeicher.
Heizung m. Öl 226
Heubachmotor 6
Heylandmotor 6
Hochfrequenzofen s. Ofen elektr.
Holzmast s. Mast.
Hörgrenze d. menschl. Ohres . . 378

I

Imprägnieren v. Holzmasten s. Mast — Holzmast.
Induktionsdynamometer . . . 1146
Induktionsgenerator, Gleichpoltype 253

Induktionsmotor, Anlassen, elektromechanisch 132
— —, Fliehkraftanlasser 133
— —, Ständeranlasser 132
—, Anlaufstrom 749
—, Arbeitsdiagramme 1173
—, Boucherotmotor 749
—, m. Doppelkäfiganker 749
— z. Frequenzumform. 7
— v. Fynn 5
—, Heubachmotor 6
—, Heylandmotor 6
—, kompensierter 5, 6, 203
— b. konst. Drehmoment 619
— Kreisdiagramm . . . 189, 619, 749
—, Kupplung 900
—, z. Pumpenantrieb 742
—, Regelung d. Geschwindigkeit 4
— m. Regelsatz 267, 462, 873, 1204
— —, Doppelzonenregelung . . . 4
— —, Erregermasch., mehrphasig 1204
— —, Kommutatorkaskade . 898, 912
— —, Scherbiusmaschine . . . 875
— —, Verlustverteilung 1206
—, Rotorwicklung 1106
—, synchronisierter 5
— m. Wirbelstromanker 91
s. a. Kollektormotor, Masch. elektr.
Induktionsregler s. Transform.-Drehtransformator.
Induktionszähler s. El.-Zähler.

Industrie i. V. St. A. 272
—, elektrochem. i. d. Schweiz . 60
—, Industrie-Compaß 1171
—, **elektrotechn.** i. Deutschland 45, 75
— — i. England . . . 347, 839, 1151
— —, Konzerne i. Europa 439
— — i. Österreich 142
— — i. V. St. A. 36, 458
Information, Einheit i. d. Nachrichtentechnik 140
Ingenieurkongreß in Tokio . . . 918
Installationsgewerbe, Hilfsbuch 1132, 1150

Installationsmaterial, Anschlußschnur „Flexo" 229
—, Glühlampenfassung 477
—, Sockeldose f. Wandarm . . . 229
—, Steckvorrichtung 597
Installationswerkzeug . . . 229, 888
Institut, elektrot. i. Laibach . . . 193
Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.), Zu-

Digitized by Google

sammenlegung d. int. techn. Kongresse 348
Internat. Regeln f. Unters. v. Dampfturbinen 1036
Internationale Hochspannungskonferenz, IV. Konf., Bericht 305, 402, 450
Internationaler Kongreß d. Int. Ver. der Straßenbahnen, XXI. Kongreß . . 231, 1120, 1172
Internationaler Kongreß f. Telegr. u. Teleph. i. Como 138
Internat. Physikerkongreß (Como) 590
Internationaler Straßenbahn- u. Kleinbahnkongreß (Kopenhagen) 603
Internat. Staubeckenkommission 1211
Internat. Weltkraftkonferenz s. Weltkraftkonferenz.
Ionisationskammer 382, 743
Ionisationsmanometer 884
Isolationsmesser 1077
Isolator, Abspannisolator 955
—, Durchführungsisolator f. Meßzwecke 859, 1006, 1043
— —, Schutzfunkenstrecke . . 1043
— f. Fahrleitungen . . 761, 806, 1207
—, Isolatorschäden 953
—, Kappe 956
—, Kegelkopfisolator 134, 959
—, Kettenisolator 405, 959
— —, Klöppel-Verläng. 449
— —, Lichtbogenschutz 405
—, Knüppelisolator 808
— f. Küstengebiet . . . 390, 404, 884
—, Lichtbogenbildung 953
—, ölgefüllt 404
— f. Quecksilberdampfgleichr. . 57
—, Spannungsverteilung 94, 291, 450
—, Stabisolator 957
—, Stützisolator 48, 957
—, Überschlagspannung 160, 449, 453
—, Überschlagswirkung 953
s. a. Leitung elektr., Prüfung el. u. mech.

Isoliermaterial, Durchschlagsfestigkeit 11, 12, 314, 390, 801, 933, 962
—, Feuersicherheit . . . 1109, 1168
—, Glas 933
—, gummifrei 966, 1017
—, Hartpapier 50, 1045
— b. hoh. Temperatur 365
—, Prüfung m. Hochspannung 11, 801, 947
—, Verlustmessung 917
Isolierzange 229, 888
Isotope Elemente 593

J

Jahrbuch, Siemens 1927 . . 35, 1035
—, d. Braunkohlen- u. Erzindustrie 804
—, Wasserkraftjahrbuch . . . 998
Jahresversammlung d. Brennkrafttechn. Ges. 186
—, C. C. I., IV. Tagung 73
—, Deutsche Ges. f. Metallkunde 622, 818
— d. deutschen Verb. d. El.-W. i. d. Tschechoslowakei 412
— d. deutschen Wasserwirtschaftsverbandes 960
—, Österr. Normenausschuß f. Ind. u. Gew. 623
—, Tagung für Schweißtechnik in Wien 489
—, 32. d. VDE 45, 318
—, 33. d. VDE (Berlin) 601, 1030, 1038
—, 67. d. VDI 412, 838
— d. VEI i. München 412
—, Verband d. El.-W., Wien 480, 776
— —, deutscher, i. d. Tschechoslovakei 1015
— d. Ver. d. El.-W. E. V. (Berlin) in Wien 480, 776

Jubiläum:
der AEG-Turbinenfabrik . . 1132
des E. V. Dortmund 802
der Leobersdorfer M.-F. . . 786
d. Maschinenfabrik Voith . . 1150

K

Kabel 839
—, Abschluß, Spreizkopf 854
—, Anschlußkabel 800
—, Bauart 388
—, Bleimantel, Zerstörung 868, 1012, 1107
—, dehnbares Kabel 312
—, Durchschlag, Fehlerstrom . . 389
—, el. Feld 1107
—, Energieverlust i. Dielektrikum 112
—, Herstellung 801, 1183
— f. Hochspannung, Bauart 388, 917, 947
— —, Herstellung 1183
— —, Hohlraumbildg. 995
— — m. Ölfüllung 947
— —, Tränkung 995
— —, Trocknung 388
— —, Wirtschaftlichkeit . . 363, 777
—, Kabelnetz i. Großstädten . 30, 1039
— — i. Paris 475
— — i. Wien 633
—, Lebensdauer 112
—, Mantel, mech. Festigkeit . . . 917
— —, Schutz geg. Stromstörung 1047
—, Muffe, Dehnungsmuffe 312
— — m. Ölbehälter 388
— d. Ö. B. B. 809
—, Prüfung 363, 917
—, Stabilität 926, 1012
—, **Schwachstromkabel** m. Permalloy 139
—, Telegraphenkabel, Messungen 269, 996
—, Telephonkabel
Anlagen:
Brüssel-Aachen 931
Dänemark-Deutschland . 160
Schweden - Deutschland . 1127
i. Europa 140
Wien-London 198
— —, Ausnützungsmöglichkeit . 758
— —, Frequenzbegrenzer 1208
— —, Gabelschaltung 1208
— —, Kennwert, Messung . . . 269
— —, Leitungskontrolle 140
— —, Nebensprechen 1046
— —, Pupinseekabel 54
— —, Unterseekabel 139
— i. Überlandzentralen 291
—, Verlegung i. Betonkanal . . . 474
— —, maschinell 291
—, Verlustmessung . . 917, 926, 1039
—, Wahl der Spannung 30
—, Widerstand el., Bestimmung . 112
—, Zusammenschluß m. Freileitung 74
Kalkulation, Lehrbuch 75, 141
Kältemaschine i. Haushalt 904
Kapazität s. Kondensator.
Kettenleiter, Theorie 139, 202, 459, 591
Kippschwingungen, erzwung. . . 1045
Klavier, elektr. 620
Klemme s. Leitung el.
Klirrfaktor 1047
Klydonograph 387
Kochen, elektr. . . 221, 222, 223, 764, 784, 945, 1108
—, Kochautomat 221, 223
—, Kochherd 223, 225, 903
— —, Speicherherd 221, 222, 224, 225
—, Kochplatte 221, 223, 784
s. a. Heizung, elektr.

Kohle, Bunkerbrand 182
—, Jahresverbrauch i. Österreich 717
—, Kohlenwirtsch. i. Österreich . 392
—, Trocknung 19, 20, 639
—, Veredlungsverfahren . 306, 1222
—, Wirtschaftl. Auswertung . . . 1222
s. a. Brennstoff, Dampfkessel-Feuerung. El.-Werk.-Dampfkraftwerk.
Kollektormaschine, Erregermaschine 5, 267, 1204
—, z. Frequenzumformung . . . 8
s. a. Induktionsmotor, -Regelsatz.
Kollektormotor 1170
— f. Drehstrom 2
— —, Nebenschlußmotor 3
— —, Reihenschlußmotor 3
— —, Ber. d. Wicklg. 1037
—, einphasig 3, 4
—, Kommutierung 2
— —, Einfluß d. Stirnstreuung . 1113
— —, Phasenkompens. 5
s. a. Bahn, elektr. — Bahnmotor, Induktionsmotor, Maschine elektr.

Kompressor, Antrieb 94
—, gleisfahrbar 94
—, thermodyn. Grundlagen 208
Kondensator (Dampf), Instandhaltung 266
—, Korrosion, Schutzeinrichtung 577
—, Überwachung 132
—, vertikale Bauart 21
s. a. El. Werk — Dampfkraftwerk.
Kondensator, elektr., Differentialkondensator 201
—, Durchführungskond. 13
—, z. Leitungskompensation . . 1226
— des Nat. Phys. Labor. 111
— z. Phasenkompens. 5
—, Preßgaskondensator 1180
Kongresse s. Internationale K., Jahresversammlung.
Korona, Theorie 161, 616
Korrosion, s. Kabel, Kondensator (Dampf), Metallschutz.
Kraftlinien s. Feld elektr., Feldmagnet.
Kraftübertragg. m. Drehstrom, Lehrbuch 786
Kraftwirkung v. Strömen 156
Kran, Schaltung f. Drehstrom . 56
s. a. Hebetechnik.
Kristall, Eisenkristall 1011
—, elektr. Festigkeit 314
—, mech. Festigkeit 314
—, Quarzresonator 139
—, Struktur 591
Küche el., s. Elektrowärme, Heizung el., Heißwasserspeicher el., Kochen elektr.
Küchenmaschine 227
Kühlschrank, elektr. 222, 225

Digitized by Google

Kühlung s. Maschine elektr., Transformator.
Kurzschlußregler 17
Kurzschlußstange 291

L

Laboratorium, Nat. Phys. Laboratory 111
—, d. niederländ. Ver. d. El.-Werke 409
— d. Phys. Techn. Reichsanst. . 1179
Lager 12
—, Gleitlager, Reibung 780
—, Turbinenlager . . 475, 704, 709
Landessammelschine i. Österr. 277, 637, 895
Landwirtschaft s. Elektrofutter, Elektrokultur, Elektrizitätsversorgung.
Lastverteiler s. El.-Werk.
Lebensbeschreibung von österr. Polytechnikern 59

Legierung, Al.-Legierg. 405, 617, 807
— —, Korrosion 1204
—, Heusler-Legierung 1181
—, Mangan-Eisen 111
—, Monelmetall 302
—, Spezialleg. japan. 1204
— f. Thermoelemente 435
s. a. Eisen, Leitung el.-Material.
Lehre, Grenzlehre 141
Leistungsfaktor, Toleranz 929
Leistungswage 1092
Leitfähigkeit, elektr. lebender Gewebe 380
—, Theorie 590
Leitfähigkeit, thermisch, Theorie 590
Leitung, elektr.
Anlagen:
i. Frankreich 406
der Ö. B. B. 808
b. Paris 475
Partenstein-Gresten 634
Puidoux-Rupperswil 406
d. Stern & Hafferl . . . 721, 726
i. Tirol 646
i. Vorarlberg 165
i. V. St. A. 406
Walchenseewerk, Pasing . . 580
i. Wien 628, 633
—, Abspannung d. Leiter 344
—, Berechnung 47, 421, 605
— —, m. Sinus u. Tang.-Relief . 1021
—, Betriebssicherheit . . . 404, 579
—, Blitzschlag 387, 452, 579
—, Durchhang, Berechnung . . 425
—, Enteisung 634
—, Erdseil 387, 452, 579
—, Feldverteilung 606
—, Festigkeit bei Kurzschluß . . 994
—, Flußkreuzung 403, 615
—, Gegenpotentialleitung 404
— f. gleichzeit. Übertragung v. Ein- u. Mehrphasenstrom . 177
—, Höchstspannungsleitung, Anfahren 614
— —, Berechnung 605
— —, Betriebserfahrungen 387, 452, 579
— —, Blindleistungsregelung . . 614
— —, Sicherheitsgrad 931
—, Hohlseil 183, 616
— —, Verluste 93, 183
—, Klemme, Auslöseklemme . . . 807
— —, Rutschklemme 476
—, Kompensation d. Reaktanz . 1226
—, Korona 161, 616
—, kritische Grenzspannung . . . 616
—, Leitungsnetz, Berechnung 317, 586
— — f. Gleichstrom, Unterteilung 50
— — —, Wiedereinschalten . . . 51
— —, i. Großstädten 1039
— —, Kupplung 409, 452, 910
— — —, mit Bahnnetzen . 1033, 1106
s. a. Unterwerk.
— —, Kurzschlußstrom . . . 290, 916
— — f. Landesversorgung . 165, 451
— —, Nachbildung 290
— — i. Österreich, Statistik . . . 719
— —, Schutzeinrichtung 165
— —, Verteilernetz 433
— —, Vierpoltheorie 97
—, Lichtbogenwirkung . . . 579, 953
—, Material, Aldrey (Almelec) 405, 617
— —, Aluminium 405
— —, Kupferpanzer-Stahl 389
— —, Monot-Metall 389
— —, Stahlaluminium 93, 362, 405, 616
s. a. Legierung.
—, Modell 617
—, Schwachstromleitung . 148, 767
— —, Beeinflußung dch. Bäume 55
— — — durch Starkstrom . 68, 455, 888, 1032
— —, Dämpfung 55, 74, 139
— —, Durchgriff 55
— —, Kopplung mit Starkstromleitung 1185
— —, lineare Systeme 138
— —, Nachbildung 138
— —, Zusammenschluß m. Kabel 74
—, Seil m. Rohrüberzug 1041
—, Spannungsregelung 1040
—, Spannungsverlauf, Messung . 618
—, Spannweite 344, 424
— —, günstigste 402
—, Speiseleitung, Berechnung . . 586
—, spezif. Leitungslänge 719
—, Stahl-Al-Seil, Festigkeit . . 93
— —, Normung 93
— —, Versuche 362
—, Störungsstatistik 451
—, Überspannungen . . 387, 452, 579
—, übertragbare Leistung . 450, 606
—, unsymm. System 453
—, Verankerung 344
—, Verluste 361
—, Windbelastung 402
—, Wirtschaftlichkeit . . . 406, 586
—, Zustandsgleichung 421
s. a. Erdschluß, Erdung, Elektrizitätswerk, Fahrleitung, Isolator, Kabel, Mast, Selektivschutz, Überspannungsschutz.
Lexikon, Chem.-techn. 839
Lichtbogen, Büschellichtbogen 364
— an Freileitungsseilen . . . 579, 953
—, f. Lichttelephonie 771
—, Metallichtbogen, Zündspannung 1209
—, Schweißlichtbogen, Aufbau . 528
— —, Untersuchung 490
s. a. Schweißen, elektr.
—, spektrale Lichtverteilg. 773
—, Zusammenhang m. Funken 364
s. a. Ölschalter.
Lichtgeschwindigkeit, Messung . 205
Lichttelephonie m. ultravioletten Licht 591, 769
Lokomotive (Dampf-), Vergl. m. dieselelektr. Lokom. 1147

Lokomotive, elektr.
Ausführungen:
Deutsche Reichsbahn 1031
Güterzugslokom. d. ÖSSW 322
d. italien. Staatsb. 740
d. Montafonerbahn 257
d. Ö. B. B. (1 — D — 1) . . . 321
— ($B_0 + B_0$) 1153
d. Paris—Lyon—Bahn ($2\,B_0 + B_0\,2$) 95
d. schwedischen Staatsbahn 134
d. S. B. B. (E 2/2) 204
—, ($A^{c\,4/7}$) 292
—, 1 CC 1 764
Umformerlokomotive (Ford) 116
Verschublokomotive . . . 204, 1013
—, Antrieb 411, 1154, 1193
— —, Anordnung 412
— —, Einmotorenantrieb 317
— —, Einzelachsantrieb 321
— — m. Kegelradvorgelege . 326
— —, Stangenantrieb 317
— — m. Zwillingsmotoren . . 331
—, Bremse, Vakuumbremse . 340
— —, elektrische . 260, 461, 479, 1158
—, dieselelektrische 1184
— —, d. Ö. B. B. 1193
— —, Steuerung 948
— —, Vergl. m. Dampflok. . . . 1147
— —, Zugkraft 1193
—, Entwicklung in Österreich 321
—, Gelenkkupplung 328
— f. gemischten Betrieb . 257, 479, 981, 1097
— —, Umschaltvorrichtung . . 258
—, Gestell, Drehgestell . . . 323, 326
— — v. Kraus-Helmholtz 326
—, Kompressor 339
—, Lehrbuch 293, 581
—, Massenverteilung 325
—, Meßeinrichtung 1163
—, Nebenbetriebe 1163
—, Normalisierung 176
—, Ölschalter 334
—, Rahmen 322
—, Regeleinrichtungen 176, 436, 460, 478, 1159
— —, Fahrschalter . . 259, 436, 460
— — —, automat. 1156
—, Schmierung 338
—, Steuerung m. Druckluft . . . 436
— — m. Schützen 336, 437
—, Stromabnehmer 204, 316
— —, Verriegelung 259
—, Transformator . . . 335, 478, 1156
—, Umformerlok. m. Frequenzumformer 480
— — m. Phasenumformer 479, 480
s. a. Bahn elektr.—Bahnmotor, Kollektormotor.
Löten 413
— v. Aluminium 526
— i. Wasserstoff 304

M

Magnet, permanenter 590
—, Elektromagnet, Berechng. . . 1101
Magnetische Messungen s. Messung magn.
Magnetischer Schwund (AEF) . . 1054
Magnetismus, Magneton 592
—, Theorie 592
Magnetostriktion 201, 1180
Maschine, elektr. 1, 208
—, Baustoffe 12
—, Brandschutz 343
—, Dämpferwicklung 51
—, Fundament, Anordnung . . . 666
— —, Eigenschwingung 1205

Digitized by Google

—, Glimmschutz 200
—, Kühlung 113
— —, Kreislaufkühl. 307, 474
— —, Luftkühler . . . 113, 200, 1225
— —, Wasserstoffkühlung 780
—, Kurzschlußdrehmom., Messung 783
—, Lager 12
—, Lehrbuch . . . 58, 462, 601, 1227
—, Normung 455
—, Nutenanker, Berechng. 1167
—, Streuung, Stirnstreuung . . . 1113
—, Verluste i. d. Preßplatten . . 44
— — durch Wirbelströme 37
—, Wicklung, Drehstromwicklg., einschichtig 799
— —, Isolationsprüfg. m. Hochfrequenz 1106
— —, Nutungsfaktor 1107
— —, Zweistabwicklung 158
s. a. Bürste, Drehstromgenerator, Gleichstrommaschine, Induktionsgenerator, Induktionsmotor, Kollektormotor, Phasenschieber, Spannungsregelung, Synchronmaschine, Umformer.
Maschinenelemente, Lehrbuch . . 318
Maschinenkarten 1171
Maßeinheiten i. Frankreich . . . 33
Mast, Abknickung 403
—, Ausleger, schwenkbar 476
—, Bauart 605, 615
— — i. Amerika 403
—, Betonmast 313
—, Einfluß auf Überspannungen 387
—, Eisenbetonmast i. Italien . . 403
—, Eisenmast m. hölzernen Querträgern 405
—, Fundament, Berechnung . . . 133
—, Gründung 823
—, Holzmast, Imprägnierung 184, 203, 309
— —, Isolation 404
— —, Lebensdauer 203
—, Leiteranordnung 476
— f. 220 kV-Leitung 403

Materialprüfung . 602, 803, 855, 887
— b. Dampfturbinenschaufeln . 301
—, Härteprüfung 292
—, Kerbschlagprobe 99
— d. Phys. Techn. Reichsanstalt 1179
— m. Röntgenstrahlen 496
— Tafeln 204
Mathematik, Lehrbuch 293, 786, 919
Mechanik, Lehrbuch . . 438, 602, 919
Mechanische Technologie 204
Mekapion 382, 1083
Mennige 1203
Meßinstrument, elektr., Differenzvoltmeter 578
—, Drehfeldrichtungsanzeiger . 210
—, Drehmoment 372
— dynamometr. 14, 370
—, Elektrometer 857
— — f. Hochspannung 1090
— f. Hochfrequenz 14, 139
— f. Hochspannung 13, 111, 857, 1090
—, Kontaktinstrument 32
—, Lehrbuch 112, 602
—, Leistungsmesser 1089
z. Leitungsprüfung 218
— z. Meßwandlerprüfung . . . 218
—, Pyrometer 314
—, Skalenteilung 370
—, Stromwage 111
— z. Temperaturbeobachtung 32, 313
—, Tourenzähler 13
—, Voltmeter 112, 857, 860
—, Wattmeter m. Spannungswandler 13
— —, Thermowattmeter 1089
—, Weicheiseninstr. 14
s. a. Fernmessung, Messung elektr., Oszillograph, Voltmeter, Widerstand.
Messing, Korrosion 1204
Messung v. Dampfmengen 141
— v. Wassermengen . . . 28, 164
Messung, elektr. 1057, 1092, 1110
—, v. Ankerwiderständen 260
— an Bahnfernleitungen 580
— d. Dämpfung i. Tel. Kabeln . 996
— d. Drehmomentes 1092
— —, m. Pendeldynamo 13
— v. Erdströmen 978
—, Erdungsmesser 1078
—, Hochfrequenz-Messg. . . 139, 1086, 1088
— — durch Frequenzänderung eines Schwingungskreises 160, 200, 379
— v. hohen Spannungen 13, 111, 857
—, v. Induktivitäten 1146
—, Isolationsmesser 1077
— an Kabeln 269
— —, Telegraphenkabel 996
—, v. Kapazitäten 1088, 1146
— m. Kathodenröhre 65
— m. Klydonographen 387
—, Kontaktgebung dch. Meßinstr. 32
—, Leistungsmessg. v. Windräd. 1092
— d. Magnetostriktion 201
—, Meßbrücke 1079
— —, Einspannvorr. 1081
— v. niedrigen Drucken 884
— bei niedr. Temperaturen . . . 1179
— m. Oszillograph . . 53, 65, 490
— d. inn. Phasenverschiebg. . . . 901
— d. Polarisationsspannung . . 382
—, Rauchgasmessung 1110
— v. Reizen 378
— i. d. Röntgentechnik . . 382, 997
—, Schallregistrierung 379
— v. Scheitelspannungen 860
—, Sekundenmesser 1079
— d. Spannungsverteilg. v. Isolatoren 94
— d. Streuung 307, 679
— v. Temperaturen 35
— — m. Thermoelement . 435, 1091
—, tragbar 1076
— d. Vakuums 344, 1111
—, Verlustmessung b. Hartpapier 50, 1045
— — b. Isolatoren 917
— — v. Kabeln . . . 917, 926, 1039
— — b. Öl 1209
— b. Turbogeneratoren . . 91
— d. Viscosität 1110
— a. Werkzeugmasch. 1092
— v. Widerständen . . . 112, 260, 464
s. a. Fernmessung, Meßinstrument, Prüfung el., Widerstand.
Messung magn., Eisenprüfung 13, 31, 54, 92, 620, 930, 1181
— d. Erdfeldes 111
—, Magnetometer 111, 1090
—, Permeameter . . . 31, 930, 1090
—, Spannungsmesser, magn. . . . 1011
Metalle, Bearbeitung 886
—, Einwirkung v. Säuren 1202
—, elektrolyt. Überzug 949
—, Elektronentheorie 1127
—, Gaseinschlüsse 818
—, Kobalt 1180
—, Korrosion, s. Metallschutz.
—, Leitfähigkeit, Theorie 590
—, Metallkristall 1180
—, Nichteisenmetalle 438
— —, Normung 581
—, Schneiden, elektr. 785
— f. Thermoelemente 435
—, Wärmeübertrag. b. Berührg. 1180
s. a. Aluminium, Eisen, Legierung.
Metallschutz, Depolarisation . . 1203
—, Eisenelektroden 1203
—, österr. Ges., ... 1149
— Reichsausschuß für M. 1202
—, Schutzanstrich 1204
s. a. Stahl.
Mikrophon, elektrokapillar 433
—, **Kohlemikrophon,** Untersuchg. 1047
Molekularstrahlen 592
Monotelephon 1148
Montanhandbuch, österr. 1035
Motorfahrzeug s. Bahn elektr.-Motorwagen, Elektromobil.
Motorregulator s. Zugbeleuchtung.
Multivibrator 111

N

National Physical Laboratory, Bericht 111

Nekrologe:
Arrhenius Sv. 162
Bondy Otto 1129
Bonomi Carlo 186
Bung Karl 935
Deutsch Felix 600
Groag Otto 767
Grünholz Hans 786
Lorentz Hendrik Antoon . 1201
Scheichl Eduard 999
Schmidt G. 57
Wien Wilhelm 983
Winkler-Forazest W. 983
Nipkow-Scheibe 743
Nomographie, Lehrbuch 118
Normung, DIN-Denkschrift 272
— i. d. Elektrotechnik 455
— v. Lokomotiven 176
—, Normblattentwürfe (ÖNORM) 483

O

Ofen, elektr., Glühofen 712
— —, Muldenglühofen 714
— —, Schachtglühofen 715
— — m. Schutzgasen 715
—, Härteofen 712
—, Hochfrequenzofen 33
— f. hohe Temperaturen 903
—, Induktionsofen 933
—, Lichtbogenofen 711
—, Muffelofen 713
—, Schmelzofen f. Nichteisenmetalle 712
—, Stahlofen 711
—, Temperaturkontrolle 313
—, Temperaturregelung 714
—, Widerstandsofen . . . 313, 713
Öl, Dampfturbinenöl, Alterung . 160
—, Filtern 918
—, Regenerierung 86
—, Reinigung, Einfluß auf elektr. Größen 435
—, Schalteröl-Behandlg. 655
—, Schmieröl, Reinigung 12
— —, Zähigkeit 272
—, Transformatoröl 435
— —, dielektr. Verluste 1209
—, Weltstatistik 186
Ölschalter, ... 746, 945, 1043

Digitized by Google

—, ausfahrbar 1044
—, Bauart 14, 159, 650
— m. Drehbewegung 15
— m. Drucksteigerung 1218
—, Durchführung 15, 159
—, Durchführungswandler 16
—, Explosion 46
—, Fernbetätigung 15, 167
—, Heizung el. 15
—, Installationsschalter 762
—, Kontaktform 15, 159
—, Kurzschlußleistung 15
—, Leistungsfaktor 1220
— f. Lokomotiven 334
— m. Löschkammer 159, 656, 660, 1219
—, Ölkolbentheorie 1217
—, Prüfung . . . 46, 779, 1043, 1145
—, Schaltarbeit 14, 15, 46, 159, 1043, 1145
—, Schaltzeit 15, 159, 1043
— f. Stufentransformator . . . 309
—, Topfschalter 15
— m. Trennwänden 15
—, Wellenform d. Stromes, Einfl. a. Löschvorg. 1220
— m. Widerstand . . . 15, 159, 1183
—, Wiedereinschalten autom. 17, 29
s. a. Schalter, Schaltanlage.
Osnosmotor 6
Oszillograph m. Kathodenröhre 53, 853, 1046
—, Wattmeteroszillograph 53
s. a. Messung el.

P

Patentamt, deutsches 60
Patentgesetz, Österr. 871
Patentwesen, Statistik 920
Pegelzeiger s. Telephonie-Dämpfung.
Pendeldynamo 13
Periodenumformer s. Umformer-Frequenzumformer.
Perlitguß 33, 294

Personalnachrichten:
Collmann A. 767
Hochenegg K. 767
Hofmann W. 1052
Jüllig M. 1130
Kainath G. 622
Kraft E. 767
Kremenezky J. 1130
Küpfmüller K. 1052
Miller O. 1130
Oberdorfer G. 1016
Petrisch E. F. . . . 622, 1130
Weicker W. 317
Phasenkompensierung 5, 99, 135, 620, 877, 1206
Phasenschieber . . 5, 135, 452, 475
—, Blindstrom 1206
—, i. Leitungsnetzen 1040
—, Synchronphasenschieber 614, 674
— —, Anwerfen 307, 672
Phasenumformer s. Umformer.
Photoelektr. Musikinstrumente . 817
Phototelephonie 769
Photozelle 771
Physik, Lehrbuch 272, 462
—, Quantenphysik 1201
—, Wellenphysik 1202
Physikalisch-Techn. Reichsanstalt, Bericht 1927 1179
Physikerkongreß, int. (Como) . 590
Pianocanto 620
Preßluftanlagen 603
Protokoll d. 46. ord. Generalversammlung d. E. V. W. 582
Prüfung v. Azetylenflaschen . . . 548
Prüfung, elektr., ... 947
—, Belastungsprobe v. Generatoren 656
— v. Elektrizit.-Zählern . . . 35, 1090
— v. Gummihandschuhen 72
— v. Hartpapier 1045
— v. Hochspannung, Prüffeld . . 1147
— m. hoher Gleichspannung . . . 204
— v. Isolatoren . 160, 204, 404, 954
— — auf Lichtbogenwirkung . . 956
— —, Überspannung i. Transf. . . 979
— v. Kabeln 363, 917
— v. Lagern 780
— v. Leitungen b. Kurzschluß . 168
— v. Meßwandlern 218, 578
— v. Ölschaltern 46, 778, 1043, 1145
— v. Schweißungen 498, 532
— v. Spannungswandlern 578
— m. Stoßspannungen 916, 934
—, Tätigkeit d. Phys. T. Reichsanstalt 1181
— v. Transformatoren . . . 310, 690
— —, Prüffeld 1146
—, Wasserwiderstand 656
— v. Wicklungen m. Hochfrequ. 1106
s. a. Messung, el.
Prüfung, mech. 12, 294
— v. Baustoffen 1092
— v. Isolatoren 884
s. a. Materialprüfung.
Pumpe, Antriebsmaschine, Wirtschaftlichkeit 289
—, Dampfumwälzpumpe 701
—, Kenngleichung 852
—, Kreiselpumpe, selbstansaugend 1125
— —, Versuche 929
—, Quecksilberdampfpumpe . . . 1035
—, Tauchpumpe (Electromersible) 742
— f. Wasserwerk 289
Pyroelektrizität 205

Q

Quarzresonator 139
Quecksilberdampfgleichrichter s. Gleichrichter.
Quecksilberdampfröhre
— z. Schalten 56, 254
—, Steuerung v. Elektronenströmen 54, 459
—, Verstärkerröhre 54, 459
Quecksilberdampfstrahlpumpe . . 1035
Quecksilberdampfturbine 22

Radiophot 743
Rauchdichteanzeiger 817
Raupenbagger f. Kabelverlegung 291
Reaktanzspule s. Drosselspule.
Rechentafeln f. Elektrot. 368
s. a. Nomographie.
Regler, Dampfregler 455
—, Feldregler f. Maschinen . . 83
—, Kurzschlußregler 17
—, Schnellregler . 85, 651, 675, 984
—, Selbstregelung 455
—, Temperaturregler 313, 1091
— f. Turbinen . . 25, 81, 706, 710
— f. Zugbeleuchtung 121
s. a. Spannungsregelung.
Reibungswage f. Lager 780
Relais, d. ASEA 16, 782
—, Differentialrelais 408, 730
—, Dissymetrierelais 454
—, Distanzrelais 17, 49, 169, 271, 653, 661, 1039
—, Energierichtungsrelais 883
—, Erdschlußrelais . . . 17, 454, 837
— —, Betriebskontrolle 1213
—, Frequenzrelais 672
—, Handbuch 818
—, Maximalstromrelais 91, 170, 454, 1049
—, Rückwattrelais 170
—, Schutzrelais 16, 169
—, Spannungsabfallrelais 17
—, Spannungsrelais f. Zugbel. . . 127
—, Staffelung 17
—, Telephonrelais 152
—, Wärmerelais 475
— f. Zähler z. Umsteuern 53
—, Zeitrelais 170
s. a. Erdschluß - Schutzeinrichtung, Selektivschutz, Überstromschutz.
Resonanz, mechanische 12
Riementrieb 799
—, Berechnung 803
—, Schlüpfen 13
Rohrleitung, Dampfrohr, Wärmeabgabe 547
—, Druckrohrleitung, aus Holz . 96
— —, Druckschwankg. 1131
— —, Keilschieber 708
—, Korrosion 1203
—, Messung d. Erdströme . . . 978
—, Schweißen 691
s. a. Elektrizitätswerk-Dampfkraftwerk u. Wasserkraftwerk.
Röntgenstrahlen, Aufnahmefilm . 501
—, Diaskopieverfahren . . . 497, 500
—, Dosiszähler 382
—, Einheit 1180
—, Intensitätsmessung 997
—, Röntgenanlage 498, 502, 869, 1015
— —, Erhöh. d. Lichtstärke 743
— —, f. Materialuntersuchung 495, 1210
— —, Sicherheitsvorschr. des EVW. 1151
— —, Stativ 1015
—, Röntgenröhre, Bauart . 500, 965, 997
— —, Glühkathode 966
— —, Herstellung 998
—, Spektralanalyse . . 496, 593, 594
—, Strahlenschutz 501, 507
—, Streustrahlung, Blende . 501, 1015
Rost f. Dampfkessel, s. Dampfkessel-Feuerung.
Rostschutz s. Metallschutz.
Rundfunk 55

S

Salzsäure, Herstellung 1168
Sartorimotor 6
Schall, Grenze d. Wahrnehmung 378, 593
—, Registrierung 379
—, Ultrawellen 593
—, Wahrnehmung einer Schwingung 380
Schaltanlage,
Ausführungen:
Achenseewerk 647, 651
i. Paris 449, 471
Pernegg 667
Rheinau 1207
Wilten 656
—, Bauart . . . 29, 167, 661, 667
— — i. England 29, 311
— —, Freiluftstation 29, 50, 311, 647, 656, 669
— —, Hallenbau 384, 667
— — i. V. St. A 29
— —, Zellensystem 649, 669
—, Beleuchtung 655
—, Fernbetätigung 595
—, f. Hochspannung 1043

Digitized by Google

—, Kommandoraum . 652, 663, 665, 670, 1207
— —, Kabelboden 670
—, Kontrolleinrichtung 654
—, Kreuzschaltung 649
—, Meldeeinrichtungen . . . 653, 671
— m. Panzerschaltkasten . . 159, 342, 1044
—, Sammelschienenanordnung . 662
—, Schaltbild 1035
— —, leuchtend 783
—, Schaltzelle 649
—, Schutzeinrichtung 165
s. a. Elektrizitätswerk, Ölschalter, Schalter, Umspannwerk, Unterwerk.

Schalter, Kuppelschalter f. Sammelschienen 167
—, Schnellschalter f. Gleichstrom 9, 14, 207, 619
—, Schutzschalter d. RWE . 18, 742
— —, Motorschutzschalter . 800, 899
— — v. Zederbohm 48
—, Selbstschalter 800
— f. Spannungsregelung . . . 659
s. a. Spannungsregelung.
—, Trennschalter 16
— —, Strahlungskörper 1043
— —, Stützkörper 1043
—, Zuführungsleitungen 888
s. a. Ölschalter, Schaltanlage.
Schaltstange 888
Schalttafel f. Eigenbedarfsanlage 655
—, Nachbildung von Leitungsnetzen 290
Schaltuhr f. Verbrauchsapparate 219
Schaltungsbuch 602
Schaltwalze 996
Schienenverbindung 762
Schleuse, el. Einrichtung 291
Schmierung, wirtschaftl. 982
Schlosserei, Lehrbuch 871
Schmelzen v. Met. i. Vakuum . . 818
—, Elektroschmelzg. 933
s. a. Ofen, Schmelzofen.
Schnellschalter s. Schalter.
Schraube, Din-Buch 187

Schweißen, Auftragsschweißg. . 533
—, Ausbesserungsschweißung . . 514
—, Azetylenschmelzschweißung . 512
— m. Apparategas 541
— — m. Flaschengas (Dissousgas) 541
— — —, poröse Masse, Prüfung 545
— v. Dampfkesseln 553
—, Flußmittel 525
—, Gasschmelzschweißung . . . 512
— —, v. Nichteisenmetallen . . . 523
— — — Zusatzdraht 525
— —, Schneidbrenner 539
— —, Schweißbrenner . . . 539, 548
—, Lehrbuch 564, 855
—, Schutzvorrichtungen 557
—, Schweißnaht, Biegeprobe 514, 532
—, Thermitschweißung 512
—, Unfälle b. Schweißen 556
—, Wirtschaftlichkeit 511

Schweißen, elektr.:
— v. Brücken 563
— v. Fahrradrahmen 902
— v. Fässern 518, 902
— v. Längsnähten 518
—, Lichtbogenschweißung, automatisch 517
— — —, Steuerung 519, 521
— — m. Drehstrom . . . 494, 563
— — v. elektr. Maschinen . . . 562
— —, Elektrode . . . 493, 495, 528
— — —, Materialprüfung . 530, 537
— — —, Polarität 534
— — —, Ummantelung 536
— — m. Gleichstrom . 61, 88, 274, 490, 562
— —, halbautomatisch 519
— —, i. Helium 744
— — v. Nichteisenmetallen . . 523
— — e. Ölleichters 521
— —, Oszillogramme 490
— —, Regulierung 766
— — v. Rohrleitungen 621
— —, Schweißdraht 494, 527
— — —, Abnahmebedingungen . 531
— —, Schweißraupe 494, 537
— —, Schweißkopf 518
— — i. Stickstoff 744
— —, Transformator 766
— —, Tropfenbildung 492
— —, i. Wasserstoff 744
— — m. Wechselstrom 493, 562, 766
— —, Wirtschaftlichkeit . . 512, 562
— —, Zündspannung 493, 744
— —, Zündvorrichtung 745
—, Prüfung 532
— —, m. Röntgenstrahlen . 497, 503
—, Schalteranordnung 745
— i. Schiffbau 521, 563
—, Schweißmaschine . . 61, 88, 274, 490
— —, Regeln z. Prüfung u. Bewertung 509
—, Schweißumformer 562
—, Sonderschau d. Wiener städt. El.-Werke 560
— v. Spurkränzen 520
—, Verfahren 515
—, Verwendungsbereich . . 516, 521, 563
—, Widerstandsschweißung 512, 564, 785
Schwingungen, mech. . . 12, 22, 30
— z. Wechselstromerzeugung . 111
Schwungrad f. el. Masch. . . 682, 920
Seilbahn a. d. Bürgeralpe 209
Sekundenmesser 1079

Selektivschutz 633, 917
—, Differentialschutz 17, 170
—, Distanzrelais 169
—, Polygonschutz 17
—, Relais 17, 169
—, Rückwattrelais 170
s. a. Relais, Überstromschutz.
Selenzelle 770

Sicherheitsvorschriften d. Bureau of Standards (V. St. A.) . . . 186
— d. EVW:
Bergwerksvorschr. 789
Regeln f. Elektrizitätszähler 414
f. Röntgenanlagen 1151
Rundfunk-Vorschrift., behördl. Anerkennung 369
Theatervorschriften . . . 78, 789

Sicherung, Hochspannungssicherung 16
—, Kleinautomat 19, 52
—, Schmelzsicherung 52, 888
Signalübertragung a. Eisenbahnzüge 54, 964
Sinusrelief z. Leitg. Berechn. . . 1021
Spannungsabfallfaktor 1133
Spannungsänderungsfaktor . . . 1137
Spannungsregelung . . . 29, 82, 671
— m. Elektronenröhre 96
— f. Gleichstrombahnen 462
— i. Netzen 1040
—, m. Regeltransformator 30, 659
—, Schnellregler 16, 168, 653
— m. Spaltpolumformer 9
—, Verluste 48
s. a. Regler.
Spannungsteiler 858

Spannungswandler 13
—, Eichung 578
— f. Höchstspannung 1074
—, Hornschalter 311
— f. Nullpunktsspannung 1214
Speicheranlage 1111
—, hydraulisch 27, 70, 131, 175, 284, 881, 961
—, Pumpspeicherung 27, 175, 178, 208, 279, 635, 656, 673, 961
— —, Steuerung d. Rohrleitungen 362
—, Turbinenberechg. 129
—, Vorschriften i. Österreich . . 745
s. a. Elektrizitätswerk, Wärmespeicher.
Spiegellampe f. Lichttelephonie . 773
Spitzendeckung s. El.-Werk, Speicheranlage.
Spritzguß 983

Spule, Magnetisierungsspule . . . 478
—, Röhrenspule, Kurzschlußdruck 865
—, Schraubenspule, Selbstind. . 267
—, Wanderwellen 1046
—, Wickelvorrichtung 929
s. a. Drosselspule.
Stabilivoltschaltung 10
Stahl, m. Kupferzusatz 434
—, nichtrostend 301, 779, 1131
—, Nickelstahl 301

Statistik d. elektr. Bahnen i. Amerika 143
— d. Eisenerzeugung 413
— d. El.-Werke i. Amerika . . 143
— —, i. d. Tschechoslowakei . . 750
— —, Jahreserzeugung . . . 19, 23
— — i. Österreich 777, 890
— d. elektrotechn. Erzeugung i. V. St. A. 36
— d. Öles 186
— d. Patente 920
—, Telegraphenstatistik 855
— Telephonstatistik 856, 967
— d. Wasserkräfte 717, 890
— d. Wirtschaft 481
Stauanlage, s. Speicheranlage.
Staubeckenkomm., internat. . . . 1211
Staubsauger, elektr. 222, 226
Sterne, Theorie 592
Steuergesetze i. Österr. 747
Stickstofferzeugung 178
Strahlung, durchdring. d. Atm. 593
Straßenbahn, elektr. s. Bahn el.-Motorwagen.
Straßenbeleuchtung, Fernschaltung m. Mittelfrequenzstrom 434
Streckenschalter f. el. Bahnen . 762
Stroboscop 901
Strombegrenzer 169
Stromeinheit, intern. 111
Stromexport . . . 28, 171, 173, 200, 638, 646
s. a. Elektrizitätsversorgung, Elektrizitätswirtschaft.
Stromnormal 185
Strompreis s. Tarif.
Stromresonanz 964
Strömungsfeld i. d. Erde 419
s. a. Erdung, Feld el., Feld magn.

Digitized by Google

Stromwandler f. Hochfrequenz 14
—, Kabelendverschluß . . 963, 1214
—, Leistungsfähigkeit 1006
— m. Ni-Fe Kern 112
— i. Ölschalter 16
—, Promillewandler 1077
—, Querloch-Stromwandler . . . 1006
—, tragbar 1072
Symmetrische Komponenten, Rechenmethode 969
Synchronisiereinrichtung 670
—, Synchronisierdrossel 1048
s. a. Synchronisiermaschine, Parallellauf.
Synchronmaschine, Anlauf . . . 672
—, Betriebsverhältnisse, veränd. 671, 984
—, Einphasengenerator 200, 383, 677
— — z. Erzeug. eines starken magnet. Feldes 478
— — f. große Leistung . . . 45, 677
—, Einschalten über Drossel . . 672
—, Eisenbrand 2
—, Entregung 51
—, Feldkurve, Berechnung 387
—, Leerlaufscharakteristik . . . 387
—, Lehrbuch 623, 982, 1210
—, z. Netzaufladung 673
—, Parallellauf 1048
— — b. Gasmasch.-Antrieb . . 993
—, Schutzeinrichtungen . . 783, 1048
—, Selbsterregung 673
—, Spannungsregelung 676
—, Spulenkopfabstützung 678
—, Stabilität 308, 387, 673
—, Stromdiagramm 937
—, Verhalten b. Laststoß . . 675, 677
—, Wicklung 1144
— —, Dämpferwicklung 678
—, Zweiphasenturbogenerator . 448
s. a. Drehstromgenerator. Maschine el., Phasenschieber.
Synchronmotor z. Phasenkomp. 5
—, Verhalten bei Frequenz- und Spannungsänderung 674
— f. Zeitmessung 14
s. a. Synchronmaschine.
Synchronphasenschieber s. Phasenschieber.

T

Talsperre, Modellversuche 181, 433
—, i. Sachsen 960
s. a. Speicheranlage.
Tangens-Relief z. Leitg. Ber. . . 1021
Tarif 462, 599
—, cos φ-Tarif 444
—, Grundgebührentarif . . 135, 225
— f. Heizstrom 279
—, i. Italien 1015
—, Normung 135
— i. Paris 443
—, Ratenzahlung 184
—, Verrechnung d. Blindstromes 1126, 1207
—, Verschiedenheitsfaktor . 226, 316
— i. Wien 627
s. a. Elektrizitätszähler.
Taschenbuch f. Monteure 58
— f. Schiffsingenieure 1188
Tätigkeitsbericht d. EVW 298
Technik, Geschichte . 463, 936, 1211, 1228
Technische Gesetze i. Österr. . 803
Technische Grundlehren 438
Technisches Hilfsbuch . . . 887, 1171
Technische Hochschule, Braunschweig 769
— Karlsruhe, El. Inst. 1131
— Wien 769
— —, Außeninstitut 1171
— —, Bibliothek 887
— —, Lehrkanzel f. Fernmeldetechnik 622
Technischer Jahresbericht der AEG 391
Technischer Kalender 187, 802
Technische Mechanik, Lehrbuch 746, 839
Technische Physik, Lehrbuch . . 318
Technisches Wörterbuch 1111
Technisches Zeichnen 767
Technologie, mech. 463
Telegraphie 591
—, Bildtelegraphie 139, 759
—, Einheit der Nachrichtenübertragung 140
—, Geschwindigkeitsregelung . 138
—, Lichttelegraphie 769
—, Statistik f. Österr. 855
—, Tonfrequenztelegraphie . 759, 932
—, Typendrucktelegraph 368
—, Unterlagerungstelegraphie 55, 254, 758
—, Untersee-Telegraphie 139
— —, Verstärkereinrichtg. . . . 269
s. a. Kabel-Schwachstromkabel, Leitung-Schwachstromleitung.
Telephonie, Abfrageapparat . . . 151
—, Anlage f. Kraftwerke 145
— —, Wien—London 198
—, Dämpfung, Einheit 74, 139
— —, Pegellinie 199
— —, Pegelzeiger 55, 269
—, Entwicklung 45
—, Geheimschaltung 151
—, Heulruf 150, 152
—, leitungsgerichtete Telephonie 454
—, Lichttelephonie 769
—, Linienwähler 145, 151
—, Monotelephon, Unters. 1148
—, Normaltelephon 139
—, Relais f. Schlußzeichen 148
—, Rückmeldung 151
—, Rufstrom 199
— —, Empfänger 151
— —, Sender 150, 151
—, Schlußzeichen, automat. 147, 149
—, Sicherung geg. Geräusche . . 901
—, Statistik f. Österr. 856
— —, Weltstatistik 856
—, Stöpselschaltung 149
—, Telephonnetz i. Europa 140
—, Theorie, Lehrbuch 391
—, Wahlanruf 270
—, Zentrale 154
— —, automat. i. Haus 33
s. a. Kabel-Telephonkabel, Leitung-Telephonleitung.
Televocal-System 433
Thermodynamik, Lehrbuch 1016
Thermoelement 435, 1091
Thermophon 378
Thermostat 475
Toleranz 929
Torda-Motor 5
Transformator, Bauart 962
—, Drehtransformator, Anlage d. Achenseewerkes 651
— —, Lehrbuch 346
— —, Schaltregeln 979
— —, Verluste 48
—, dritte Harmonische . . . 465, 594
—, Durchführungen 2
—, Eisenbrand 2
—, elektr. Feld 266
—, Entwurfstheorie 349
—, Ersatz alter Tran f. 343
—, Gleichspannungstransf. . . 10, 204
— f. große Leistung 689
— f. hohe Spannung 2
—, Kabelkopfeinführung 2
—, Kernaufbau 685
—, Kippschwingungen 921
—, Kreisdiagramm, allgem. . . . 189
—, Kühlung, Anlage 200
— —, Ölkühlung, Berechnung . 285
— — —, Überdruckanzeige . . . 731
—, Kupplungstransformator . . . 1225
—, Lehrbuch 346, 982
—, f. Lichtbogenschweißung . . . 766
—, Löschtransformator . . . 17, 633
—, Lufdfeld 466, 594
—, Mehrwicklungstransf. 383, 668, 697
— —, Spannungsabfall 692
—, Parallelbetrieb 393, 427, 565, 919
—, Phasentransformator 563
—, Prüftransf. f. Ölschalter . . . 690
— —, Beanspruchg. dch. elektr. Entladung 979
— f. Quecksilberdampfgleichr. . 138
—, Reguliertransform. 308, 658, 1225
—, Schaltung mit Kapazität . . . 759
— —, V-Schaltung, Theorie 1001, 1093
—, Schutzeinrichtung . 475, 671, 729
— —, Buchholzschutz 17, 691, 731, 1042
—, Spannungsabfall . . 612, 692, 1093
— —, graph. Darstellg. 264, 566, 967
—, Spartransformator . 309, 656, 657
—, Sprungwellenprüfung 310
—, Stufentransformator . . 308, 658, 1225
—, Transformatorenstation, Abstand der Stationen 30
— —, Schaumlöschschutz 457
—, Transporteinrichtung 664
—, Überspannungen i. d. Wicklg. 309, 310
—, Unstabilität 759
—, Verluste b. großer Streuung . 48
—, Verzerrung d. Spannungskurve 1041
—, Wärmesignal 731
—, Wicklung, Aufbau 687
— —, Dimensionierung 71
— —, Eigenfrequenz 309
— —, Wendelwicklung 689
— —, Windungsschluß, Schutzeinrichtung 732
—, Zusatztransformator 48
s. a. Elektrizitätswerk, Lokomotive elektr., Öl, Schaltanlage, Spannungswandler, Stromwandler, Unterwerk.
Transverter 10, 1225
Trennschalter s. Schalter.
Tunnelstraße, el. Betrieb 313
Turbine (Wasser)
Anlagen:
Achenseewerk 703
Big Creek Kftw. 1105
Bhira (Indien) 1010
Inashawiro (Japan) 1010
Ryburg-Schwörstadt 780
—, Anlauf 27
—, Bauart 914
—, Bremsung 26, 183, 707, 709
—, Düse 706, 709
—, Fernregelung 707
—, Fundament 709
—, Geschwindigkeitsgleichungen 71
— f. große Leistung . . . 24, 208, 703, 708
—, Lager, Bauart 704, 709
— —, Spurlager 475
— i. d. Niagarawerken 475
— Peltonturbine 24
— —, Schnelläufigkeit 1105
— —, Zwillingsbauart . . 703, 708

Digitized by Google

—, Propellerturbine 24, 1166
—, Regler 25, 81
— —, Doppelregler 706, 710
—, Sauggefälle 1166
—, Sicherheitseinrichtung 707
—, spezif. Drehzahl 114
—, Spiralgehäuse 432
— f. Stauwerke 129
—, Strahlablenker 705
—, Wirbelstrahlturbine 433
—, wirksames Gefälle 178
—, Wirkungsgrad 708
Turbogenerator, s. Drehstromgenerator, Synchronmaschine.

U

Überspannungsschutz 17, 18, 49, 72, 127, 168, 387, 453, 578, 653, 761
—, Bendmannableiter 169
—, Blitzschutz f. Ölbehälter ... 578
—, einphas. Ansprechen 47
—, Glimmschutz 72
— i. Höchstspannungsleitg. .. 18
—, Hornschalter f. Spannungswandler 311
— OF-Ableiter 72, 453
—, oszillograph. Aufnahme 53
—, SUK-Ableiter 228
—, Ventilableiter 72, 453
s. a. Drosselspule, Relais.
Überstromschutz 653, 671
—, Relais 91, 170, 917
—, Strombegrenzungsspule .. 633
—, Überstromregler 51, 169
— — i. Gleichstromnetz 51
—, Unsymmetrierelais 454
—, zeitabhängig 883
s. a. Drosselspule, Relais, Selektivschutz.
Ultramikrometer 379
Umformer, Anwertumformer ... 10
—, Betriebserfahrungen 596
—, Binary Converter 10
—, Einankerumformer 8
— —, Anlassen 10, 51
— —, f. große Leistung ... 2, 9
— —, Kommutierung 8
— —, Rundfeuer 8
— —, Verhalten b. Spannungsänderung 674
—, Fliehkraftauslöser 9
—, Frequenzumformer .. 7, 8, 452, 471, 480, 911
—, Gleichstrom-Gleichstrom-U. . 799
— v. Gleich- i. Wechselstrom . 11
—, Ilgnerumformer 909
—, Kaskadenumformer ... 10, 818
—, Motorgenerator 9
—, z. Netzkupplung 910
—, Phasenumformer 8, 480
—, Spaltpolumformer 9
—, Stabilität 52
—, Synchronumformer 409
—, Transverter 10, 1225
Unfall, elektr. 13, 53, 92, 119, 365, 598, 1190
— b. Schweißen 557
Ungleichförmigkeitsgrad b. Antriebsmaschinen 816
Unterwerk:
Anlagen:
i. Paris 470, 474
Töß 979
i. Vorarlberg 165
i. Wien 628, 630, 633
Wilten 656
—, autom. . 29, 30, 47, 93, 388, 631, 1042
— —, Fernsteuerung 1045
— —, Überwachung 596, 788
— m. Gleichrichter . 630, 1031, 1042
—, Hallenbau 979
— f. Industrieanlagen 290
—, Spannungsregelung 168
— m. Synchronkondensator .. 1106
—, Wiedereinschaltung 595
s. a. Bahn, elektr., Transformator, Umformer.

V

Vakuum, Meßvorrichtung . 344, 1111
Valenzladung (AEF) 1056
Ventil f. Dampfmasch. 266
—, Steuerung dch. Elektromotor 265
Verbrennungskraftmaschine, Andreau-Motor 227
—, Antrieb v. Synchronmasch. .. 993
— i. Hüttenwerken 882
—, Lehrbuch 207
— auf Lokomot. 258
s. a. Dieselmaschine.
Verchromung, elektrolytische . 949
Verkehrstechnik 391
Verpackung 999
Verstärker 1086
s. a. Quecksilberdampfgleichrichter, Telegraphie.
Voltaeffekt 591
Voltmeter, elektrostat. ... 112, 857
— —, Koronavoltm. 860
— —, Kugelvoltmeter 859
Vorkalkulation i. Maschinenbau . 886
Vorrichtungsbau ... 59, 346, 1210
Vorschriften des VDE, Erläuterungen 99
s. a. Sicherheitsvorschriften.

W

Walzwerk, Antrieb 94, 885
Wandarm aus Eisen, Befestigung 229
Wanderwelle, oszillogr. Aufnahme 53
—, Schutzeinrichtung . 18, 48, 1046
s. a. Oszillograph, Transformator, Überspannungsschutz.
Wärmekissen, elektr. 227
Wärmespeicher 406
—, Abdampfspeicher 431
—, Anlagen 385
—, Dampfspeicher 20, 288
—, Gleichdruckspeicher . 288, 1182
—, Ruthsspeicher 288, 385
—, Speiseraumspeicher 288
—, Warmwasserspeicher .. 20, 946
s. a. El.-Werk — Dampfkraftwerk.
Wärmeströmung 748
Wärmetechnik, Schaltbilder ... 481
Wärmewirtschaft, Ges. i. Wien . 746
Wärmflasche, elektr. 226
Waschmaschine, elektr. .. 222, 227
Wasserdampf, Tabellen 164
Wasserkräfte d. Donau ... 636, 891
—, Kavitation i. Grundablaß ... 131
— i. Österreich 636
— —, schematische Darstellung 281
— —, Statistik 716, 890
— d. Rheins 113
— i. d. Schweiz 914, 1035
—, Übersichtskarten 173
Wassermenge, Messung 28, 164, 708, 1166
—, Prognose 29, 174, 375
Wasserschloß, Schwingungsdämpfung 30
s. a. El. Werk - Wasserkraftwerk.
Wattmeter s. Meßinstr. elektr., Oszillograph.
Wechselstrom, Erzeugung mit Pendel 111
—, Leistungsgrößen, Benennung . 989
—, Probleme, symbol. Lösung . 871
—, Wellenform 841, 994
— —, harmonische Analyse .. 1227
— —, Verzerrung dch. Transf. . 1041
Wechselstrommaschine s. Drehstromgenerator, Induktionsmotor, Maschine elektr., Synchronmaschine, Synchronmot.
Wehranlage, i. Pernegg 664
s. a. El.-Werk - Wasserkraftwerk, Speicheranlage.
Weichenstellung, elektr. 1123
Weltkraftkonferenz, Österr. Nationalkomitee ... 255, 745, 1211
—, Tagung Barcelona 1929 ... 1129
—, Tagung Berlin 1930 255
—, Tagung London 1928 1211
—, Wirtschaftl. Fragen 170
Welle, elektr., kurze Wellen ... 139
s. a. Wanderwelle.
Werkstätte, Betriebsführung .. 294
Werkstoff, plastischer Zustand 482
—, Werkstoffprüfung s. Materialprüfung.
Werkzeuge, DIN-T. Buch ... 1051
Werkzeugmaschine 1051, 1111
—, Arbeitswiderstand, el. Messung 160
—, Antrieb 215
—, Automat 232
—, Lehrbuch 141, 187
—, Messung d. Schnittdruckes . 1091
Wicklung s. Drehstromgenerator, Gleichstrommasch., Maschine elektr., Synchronmotor, Transformator.
Widerstand, elektr.,
—, Anlaßwiderstand, Berechng. . 1133
—, Bremswiderstand, Berechng. . 1133
—, Flüssigkeitswiderstand . 408 656
—, hochohmig 408
—, int. Einheit 111
—, Kontaktwiderstand 101
—, Messung 112, 260, 464
— —, der Phys. Techn. Reichsanstalt 1179
—, Normung f. Feldregler 83
—, Präzisions-Widerstand ... 1079
— —, Kontaktanordnung 1091
—, Prüfwiderst. f. Kurzschlüsse 168
—, Theorie 590
s. a. Erdung, Messung elektr.
Windrad, Leistungsmessung .. 1092
Windkraftmaschine 28, 182
s. a. El.-W. — Windkraftwerk.
Wirbelstromverlust i. Platten .. 37
Wirtschaftsfragen, Statistik ... 481
— d. Welt 272
s. a. Elektrizitätswirtschaft.

Z

Zahnrad s. Getriebe.
Zeichnen, Fachzeichnen 804
Zeitschalter s. Schaltuhr.
Zeitmessung, Sekundenmessung . 1079
Zellulophon 817
Zölle f. elektr. Artikel 347
Zugbeeinflussung 964
Zugbeleuchtung, elektr. ... 121, 905
Zündung elektr. f. Sprengungen 117

Digitized by Google

Namensverzeichnis

A

Abason E. 1227.
Abraham. 857.
Ackeret J. 1166.
Ackerland. 870.
Ackermann W. 818.
Adam M. 817.
Adams E. P. 205.
Adams E. D. 991.
Adams R. C. 949.
Adler J. 558.
Adolph. 312, 776.
Akermane. 121, 905.
Alberti E. 35.
Alcobe. 591.
Alecander J. 136.
Alexander P. P. 744.
Allard. 1121.
Allen A. 1110.
Altbürger. 46.
Alterthum H. 1209.
Altmann F. G. 798.
Alvensleben. 365.
Amberg E. J. 881.
Angelo A. 173.
Apt R. 839.
Ardenne M. v. 1086.
Arlt F. 871.
Arndt H. 964.
Arnoux. 32.
Arrhenius, Sv. 162.
Aschoff. 366.
Asselbergs. 403.
Aßler L. 388.
Aston F. W. 593.
Atkinson. 1107.
Auerbach F. 603, 746, 839.
Aufhäuser D. 803.
Austin A. O. 404.
Auvert. 10.
Ayrton H. 290, 364.

B

Bach C. v. 554.
Backhaus O. 135.
Bacqueyrisse. 1121.
Baffrey R. 749, 919.
Baltzer E. K. 92.
Barbillion L. 164, 293, 623, 746.
Bardenheuer. 940.
Bardtke P. 523, 564.
Barquinde. 1124.
Barrat R. 917, 1012.
Barrère M. 406.
Barry M. 930.
Bartscherer F. 882.
Baerenfänger C. 1204.
Bauch R. 1049.
Bauder R. 1148.
Baudisch H. 71, 129, 432.
Baudisch K. 1170.
Bauer. 14, 46, 159, 779
Bauer B. 1043.
Bauer G. 1188.
Bauer O. 33, 940.
Bauer W. 1194.
Bauhan O. 290.
Baumann A. 131.
Baumgart K. 853.
Baur. 503.
Becholdt H. 884.
Beck. 773.
Beck E. 930.
Beck P. 305, 402, 450.
Becker E. 803, 887.
Becker W. 1013.
Beckinsale S. 868.
Bedell. 861.
Behnken H. 1180.
Bekku. 969.
Bell L. 558, 769.
Bellaar-Spruyt I. G. 455.
Benda E. 436.
Benischke G. 390, 585, 994, 1019, 1217.
Benkert F. 981.
Bennett A. M. 745.
Bennwitz R. 1146.
Benson. 19, 777.
Bercowitz D. 578, 800.
Bergeon P. 623.
Bergtold F. 437.
Berl E. 838.
Berling G. 93, 362.
Berndt G. 36, 602.
Bernett P. 271.
Beron R. 221.
Besag E. 742.
Besold H. 619.
Bethenod J. 619, 744, 900.
Betz A. 182.
Beurle G. 174, 998.
Beuthner F. 385.
Beyer H. 437.
Bianchi. 739.
Bierbaum. 949.
Biermanns J. 93, 1213.
Bilek J. 1207.
Binder L. 49, 72, 106, 947, 963.
Bindschedler R. 979.
Binswanger. 132.
Binz W. 405.
Birckel R. 95.
Blaess V. 1111.
Bloch L. 773, 796.
Bloch O. 203.
Blondel A. 309.
Boddie C. A. 433.
Boedeker K. 1091.
Böge J. 982.
Boggia. 591.
Böhler O. 100.
Boltzmann A. 989.
Bonin W. v. 1228.
Bonomi C. 186.
Bormann E. 1039.
Born M. 52, 408.
Bose D. M. 592.
Bothe A. 1188.
Boucherot P. 20, 591, 749.
Boyajan B. 1095.
Bragg W. L. 496, 593.
Brandstätter G. 392.
Brandt W. 997.
Brauer-Schäfer. 922.
Brauner A. 784.
Breisig F. 139.
Breisky J. W. 837.
Breitfeld C. 189, 231, 1021.
Brendler R. 538.
Brenzinger M. 95.
Brillouin L. 593.
Brodbeck A. 799.
Broggi J. 407.
Broglie de. 592, 1127
Brose W. 1188.
Brown H. A. 745.
Brown R. S. 1021.
Brüderlin R. 51.
Bruger Th. 370.
Brückmann H. W. L. 1090.
Brühlmann G. 14, 159.
Brylinski E. 455, 886.
Bubert. 370.
Buchholz M. 47.
Büchi A. 132, 457.
Bucksley O. E. 139.
Bucky. 743, 870.
Büchner. 1044.
Budeanu C. 1227.
Buffet. 940.
Bunet. 608.
Bung K. 490, 838, 935.
Burchardt O. 1208.
Burdin J. 95.
Burger O. 48, 595, 786, 1038.
Burrows. 930.
Buschkiel C. 391.
Bush V. 801.
Busk. 558.
Buttler. 1195.

C

Cabrera B. 592.
Calame J. 30.
Calverley J. E. 10.
Camerer. 114.
Cameron. 593.
Camichel C. 433.
Cammerer J. S. 347.
Camozzi. 776.
Campbell. 591.
Carter F. W. 1167.
Castaing. 1123.
Castex A. 367.
Charpentier P. 14.
Chauvin. 32.
Choisy E. G. 868.
Christians. 288.
Chrustschoff W. 586.
Churcher B. G. 620.
Clair H. P. St. 1145.
Clark J. 1110.
Clark P. H. 313.
Clark W. S. 947.
Claude G. 20, 591.
Clausing A. 932.
Cohen E. 139.
Colburn H. 388.
Mc. Collum B. 978.
Colombi Ch. 837.
Constantinescu M. G. 915.
Cooper T. L. 174, 742.
Corbino. 10.
Cornu F. 490.
Corsalli. 940.
Cotton A. 590.
Courant R. 919.
Coursey P. R. 109.
Craemer. 45.
Cramer. 50.
Creedy F. 10.
Cuccoli G. 1122.
Cumberland. 577.
Curtis A. M. 269.
Cushing H. M. 432.
Czaplicki T. 790.
Czochralski J. 818.

D

Dähne E. 1108.
Dahl. 183, 616, 818.
Dällenbach W. 57.
Dambek A. 903.
Danneel H. 747.
Dantscher K. 998, 1009.
Danz A. 562.
Dauvillier A. 743.
David R. 1106.
Debye P. 496, 594, 1128.
Dechesne J. 941.
Dehne G. 1034.
Deinlein A. 1149, 1202.
Dejong F. 404.
Delmar. 388.
Delon. 96.
Desgrez H. 381.
Dettenborn P. 431.
Dettmar G. 99.
Deutsch W. 291.
Dice M. E. 577.
Diefenthäler A. 33, 939.
Dittes P. 577.
Dobrowolsky N. 1193.
Dodds G. B. 837.
Doebke. 1046.
Donaldsohn. 940.
Döpke. 280.
Dornig. 591.
Dörbecker W. 916.
Döry I. 1178.
Dowling J. 379.
Downing P. M. 757.
Draeger K. 314, 931, 953.
Dreiheller W. 1186.
Dreyfus L. 121, 905, 1113.
Drude O. 591.
Dubs R. 1105.
Dubusc R. 91, 453.
Duffing G. 780.
Dufour H. 112.
Dumler. 43.
Dunsheath P. 1012.
Dünkelberg. 1208.
Dunlop. 173.
Dusaugey E. 915.
Dushmann S. 884.

E

Eachron K. B. Mc. 453.
Eaton. 1183.
Eberle Chr. 816.
Ebinger A. 1148.
Eck B. 115.
Eddington A. S. 592.
Edgcumbe K. 14.
Edler R. 106, 763, 899, 996, 1101.
Efremov D. B. 307, 678.
Eggeling G. 1185.
Eggenberger H. 998.
Eglin W. C. L. 757.
Eguchi. 205.
Ehrenhaft F. 592.
Ehrensperger J. 174.
Eichberg. 347.
Eichenwald A. 802.
Eisenmenger H. 316.
Eisenzapf K. 1092.
Eisert. 1207.
Ekholm. 163.
Ekström A. 222, 744.
Ellenbogen W. 59, 281.
Ellmann F. 89, 274, 275.
Ellyson D. W. 93.
Elster 102, 770.
Elvers. 558.
Emanueli L. 947.
Emde F. 107, 249, 1021, 1054, 1056.
Emmel. 940.
Encke L. 1106.
Engel A. v. 254.
Enström A. F. 174.
Epstein. 55.
Erbreich. 942.
Erikson F. 140.
Ertel A. 1227.
Escande L. 433.
Esper G. 1150.
Essich O. A. 392.
Estorff W. 47, 1043.
Ewen Mc. 306.
Ewest H. 1209.
Exner W. 59.

F

Faaborg - Andersen 177.
Faber P. 456.
Fabinger F. 106.
Fabre Ph. 381.
Faccioli G. 922.
Fahy. 930.
Falek R. 401.
Fallou J. 307, 309.
Fässler P. 785.
Faye-Hansen K. 1093.
Feldhaus F. M. 1211.
Feldmann Cl. 317.
Feldtkeller R. 202, 459, 767.
Fermi E. 590.
Ferrand G. 386.
Ferrier P. 402.
Feußner O. 1091.
Feyerabend. 45.
Fiedler J. 885.
Findeis R. 831.
Finsen N. 558.
Fischer J. 1187.
Fischer R. 982.
Fischer von Tóváros J. 316.
Flamm L. 1201.
Flegler E. 53, 1046.
Fleischmann L. 11, 34.
Fleming J. A. 767.
Fletcher H. 378, 593.
Fochtmann G. 141.
Fock V. 365, 1107.
Foerster F. 916.
Föppl O. 803, 887.
Förster F. 798, 838.
Föttinger H. 115.
Found C. 884.
Fraenckel A. 607.
Fraenkel W. 818.
Franke E. 292.
Franke O. 465, 585, 989, 1017.
Franken H. 132.
Franz J. 287.

Digitized by Google

Franz W. 999.
Frei K. 391.
Freiburghouse E. H. 781.
Frenkel J. 590.
Frensdorff. 50.
Freudenhammer L. 135.
Freund. 558.
Frey H. 99.
Friedländer. 1041.
Friedrich H. 623.
Fröhlich F. 33.
Fröhlich H. 133, 134.
Fuchs. 579.
Fuchs Fr. 413.
Fuchs J. 527.
Fuchslocher. 1125.
Fukawo E. 68, 455.
Fürst A. 391.
Fürst H. 321.
Fynn V. A. 5.

G

Gaden D. 30.
Gaede W. 56.
Gaibrois P. 853.
Gaisberg, S. v. 58.
Gallalee J. M. 174.
Garde. 122.
Garrard C. C. 798.
Gauster W. 778.
Gaveau G. 621.
Gear H. B. 757.
Gebauer L. 1167.
Geffcken H. 381.
Gehrts A. 268.
Geiger H. 462.
Geiger J. 1206.
Geiger P. H. 11.
Geise. 1040.
Geitel H. 102. 770.
Gelfert J. 318.
Gelhoff G. 773, 796
Gempe E. 59.
George E. E. 838.
Gerbel M. 831.
Gercke M. 997.
Gerdien H. 1092.
Gerlach W. 592.
Gerstmann B. 257.
Geyger W. 1089.
Giebe A. 139.
Gilbert J. J. 269.
Gille. 941.
Gillespie F. M. 404.
Girault P. 929.
Giudici C. 383.
Gleichmann H. 175, 777, 779, 837.
Glocker R. 496, 501, 509, 861.
Gokhale S. L. 1090.
Godin J. 451.
Goerens P. 939.
Göpper H. 966.
Gosset A. 380.
Gossow. 56.
Gottwein K. 871, 886.
Gould E. 759, 922.
Graetz L. 95, 870, 918, 1016.
Graf M. 115.
Gramisch O. 105, 213.
Grant L. C. 454.
Grant L. E. 949.
Grant L. F. 949.
Grennhalgh E. 766.
Greinacher H. 96, 382, 870.
Grengg H. 895.
Grieb F. 452.
Grindrod G. 1110.
Griffith. 315.
Griffeth C. L. 979.
Grimm K. 386.
Grondahl L. O. 11, 931.
Grondorf P. 70.
Groß E. 1213.
Großbrauchhaus O. 113.
Grotrian W. 290.
Grumpelt O. 786.
Grün. 1204.
Grünberg L. M. 106.
Grüneisen E. 590, 1128, 1180.
Gruner H. E. 160, 797.
Grünhagen F. 346, 1210.
Grünholz H. 47, 786.
Grüning W. 1226.
Grünwald E. 1173.
Gruschke G. 378.
Guastalla G. 692.
Gubler F. 1194.
Guiffart. 1124.
Gumlich E. 13.
Günther C. 1182.
Güntherschulze A. 481.
Gustenau G. 279.
Gut G. 106.
Gutermuth M. F. 950.
Gutmann A. 380.
Guye C. E. 290.
Gyemant A. 206, 408.

H

Haacke. 291.
Haak A. 230.
Haas M. 818, 1204.
Haas R. 173.
Haberland G. 59, 367, 982.
Hadley S. A. 361.
Haehnel O. 1107.
Haerry. 224.
Hagenmüller Ph. 278.
Haggas G. E. 183.
Hahn W. 56.
Hak J. 107, 249, 441, 468.
Hall E. H. 591.
Hallinger J. 70, 175.
Hamburger F. 388.
Hamel G. 1056.
Hamilton. 932.
Hamilton J. H. 578.
Hammerer O. 994.
Hanemann. 941.
Hanffstengel, G. v. 438, 940.
Hanna C. R. 71.
Hansler. 51.
Hanson C. F. 388.
Hardy R. C. 979.
Harmel. 1123.
Harress. 135.
Harteneck. 51, 595.
Hartley V. 140.
Hartmann. 1047.
Hartmann K. 291.
Haulfe G. 92.
Hausen J. 458, 899.
Hauser K. W. 559.
Hausmann W. 558.
Haussadis H. 402.
Hawley K. A. 405.
Haynes A. R. 342.
Hayward C. D. 578.
Hebenstreit O. 463.
Hegner K. 59.
Heide. 92.
Heider R. 75, 198, 758.
Heinl E. 831.
Heinrich R. 1188.
Heiser. 960.
Hellborn A. V. 58.
Heller. 1207.
Heller E. 646.
Hemmeter H. 108.
Hemstreet J. S. 1183.
Henftling 277.
Henning. 838.
Hensel W. 364, 946.
Herbatschek O. 233.
Herberg G. 982.
Hering C. 933.
Herlitz I. 782.
Hermann W. 270.
Heroult. 711.
Herr A. 839, 1210.
Herrman I. 88, 274. 785.
Herrmann J. 368, 602, 871.
Herry. 306.
Hersey. 272.
Hertz H. 602, 770.
Hertz J. 602.
Hess V. 593.
Hessenbruch W. 818.
Heston W. C. 458.
Hettich A. 145.
Hewlett E. M. 785.
Heyland A. 6, 1204.
Heyn. 513.
Heyne. 963.
Heys van. 358.
Hiecke R. 1018.
Highfield W. E. 10.
Hildebrandt C. 463.
Hill L. H. 308.
Hilpert A. 515, 560, 564.
Hinz A. 208.
Hinz F. 936.
Hittorf. 381.
Hobart H. M. 744.
Höber R. 380.
Höchstädter M. 917, 1012.
Hofbauer R. 283, 801.
Hoff C. M. 1168.
Hofmann. 92.
Hoffmann W. 562.
Holm R. 49, 161.
Holmgren A. F. 47, 1127.
Honigmann E. 120, 142, 295, 1052, 1189.
Hönigsberg O. 581.
Hönnicke G. 75.
Hönninger. 779.
Hopferwieser S. 980.
Höpfner K. 140.
Höpp A. 565, 692.
Hörig E. 35.
Grashof. 58.
Hörig H. 35.
Horn H. A. 523, 525, 526, 855.
Horowitz G. E. 315.
Horschitz F. 209.
Hort W. 603, 746, 839, 1092.
Hottinger M. 200.
Hoyt. 202, 459, 767.
Hruschka A. 998.
Huber-Stockar E. 175, 176.
Hudec. 1045.
Hugh I. A. Mc. 917.
Hughes, Edw. 31.
Hull A. W. 496.
Hülle F. W. 1112.
Huth F. H. 141.
Hyde E. P. 272.
Hymans F. 58.

I

Idelberger. 34.
Iliovici A. 31.
Ilkow A. 803.
Iltgen E. 476.
Imhof A. 1074.
Ingalls I. A. 385.
Inge L. 314. 365, 934.
Irion O. 931.
Irresberger C. 941.
Irresberger K. 941, 942.
Issendorff I. v. 344, 459.
Isshiki. 860.
Iwatake M. 1184.

J

Jaccard P. 1209.
Jacken H. 267.
Jacob E. 176.
Jacoby G. 290.
Jaeger. 553.
Jaeger W. 1054, 1092.
Jaekel W. 141.
Janet M. 585, 590.
Janički W. 1065.
Jaumann J. 774.
Jellinek St. 53.
Jenatzky. 234.
Jesionek. 558.
Jirotka. 1148.
Jobin A. 570.
Jodka H. 383.
Joffe A. 315.
Jones B. M. 837.
Jordan P. 206.
Jumau L. 230, 803.
Jungbluth H. 942.
Jungkunz. 799.
Jungmichl H. 138, 344.
Junius P. 388, 1183.
Junk A. 1204.

K

Käch Th. 886.
Kahn E. 481.
Kainath G. 1058.
Kainz R. 885.
Kaiser F. 182.
Kaiser L. I. 767.
Kandó K. v. 479, 740.
Kantner C. 495, 564, 1210.
Kapitza P. 478.
Kapp O. 112, 451.
Karolus. 759.
Karraß G. 141.
Kastner G. 647.
Kaufmann. 579.
Kaupp E. 861.
Kautsky B. 481.
Keck E. T. 1104.
Kehoe A. H. 947.
Keinath G. 412, 622.
Kelle Ph. 232.
Keller. 1204.
Keller A. 1072.
Kemmann. 1188.
Kennelly A. E. 112, 139.
Kern E. 1108.
Kerpely v. 941, 942.
Kesselring F. 1042.
Kessler O. 230.
Kido K. 201.
Kiefer R. 921.
Kießkalt S. 272.
Kiessling L. 230, 391.
Kinberg W. 184.
Kindler E. 1014.
King G. W. 837.
Kisse. 313.
Kleiber. 941.
Kleist v. 57.
Klement W. 52.
Klemm A. 436.
Klinckhamer H. A. W. 766.
Klingenstein. 942.
Kloß M. 1049.
Kloninger H. 14.
Kluitmann J. 265.
Knab H. J. 1035.
Knappe G. 59.
Knopf O. 135.
Knowles D. D. 433.
Knowlton E. 781.
Knudsen M. 103.
Koch. 49, 1048.
Koch J. 288.
Koch W. 72.
Koenemann. 899.
Kohlrausch. 838.
Kollert J. 1210.
Kollmann F. 936.
König E. 47, 49.
Kopczynski Th. 116.
Kopeliowitsch. 310, 779, 1145.
Kopp R. 1090.
Korisko H. 156, 865.
Korn A. 139.
Korn H. 81.
Korndörfer M. 108, 110.
Körner F. 384.
Körner K. 255.
Körner R. 131.
Köttgen C. 1035, 1228.
Kotschi F. 721.
Kotschubey N. 952.
Kouda H. 201.
Kozisek J. 230.
Kraft E. A. 301, 839.
Kramer G. 595.
Kranner O. 89.
Kraus W. 1076.
Krause H. 294.
Kresta F. 886.
Kretschmar F. E. 1228.
Krieg. 51.
Krieger Fr. 998.
Kristen J. 203.
Krogstad. 179.
Kröll. 47.
Kromer C. Th. 1050.
Kucharski P. 380.

Digitized by Google

Küchler R. 107.
Kühn W. 799.
Kühne G. 362.
Kühnel E. 1089.
Kühnel R. 219, 1079.
Kühnert M. 886.
Küpfmüller K. 54, 97, 138, 202, 1052.
Kumlik. 1045.
Kurzel - Runtscheiner E. 176, 1210.
Kußmann A. 33.
Kutscher G. 1148.
Kutzbach K. 798, 799.
Kvetensky A. 277, 375.
Kyser H. 389, 596.

L

Labbé L. 403.
Labus J. 189, 266.
Lachmann K. 623.
La Cour I. L. 935.
Lagron L. 601.
Lake G. H. 594.
Lakhovsky G. 380.
Lalesco T. 1227.
Langevin P. 592.
Langmuir I. 592, 744.
Larsen S. 390.
Laßwitz E. 816.
Latour M. 433.
Laub H. 54.
Laube R. 318.
Laudien K. 438, 919.
Laue M. v. 496, 594, 1128.
Lauke H. L. 819.
Laval de 21.
Lavanchy Ch. 450.
Lawaczek. 280.
Lazareff. 594.
Leblanc M. 563.
Le Chatelier. 435.
Lehmann G. 291.
Lehmann O. H. 940.
Lehmann Th. 253.
Lehrer E. 1090.
Lemp H. 948, 981, 1194.
Lenartowicz 1124.
Lequerler. 404.
Le Moigne. 404.
Lerch L. 602.
Lesch G. 1039.
Lewis G. N. 1016.
Leybold P. 368.
Lieb M. 307.
Lieneweg F. 132.
Lienhard. 160.
Lincoln J. F. 621.
Lindeck. 435.
Lindenstruth F. 783.
Litchfield H. S. 620.
Liwschitz M. 91, 898, 1206.
Lloyd-Fisher. 620.
Löbl. 51.
Löffler St. 19, 699, 777.
Logan K. H. 978.
Loke P. 900.
Lombardi L. 585.
Lomonossoff Pf. 1193.
Long. 932.
Longbottom B. 766.
Loosli H. 1186.
Lorentz H. A. 591.
Löwenstein E. 903.
Löwy H. 270.
Löwy R. 1131.
Lübcke E. 54, 459.
Lubowsky K. 188, 1092.
Lucky P. 118.
Ludwig E. 1188.
Ludwig L. R. 1206.
Ludwik P. 482.
Luithlen H. 805, 821.
Lukens H. S. 949.
Lulofs W. 307.
Lüschen F. 932.
Lütschg O. 482.
Lutz H. 101.

M

Maaß. 1202.
Macht D. J. 558.
Magrou J. 380.
Maguerre D. 277.
Magyar A. 463.
Mahr C. 141.
Mailloux C. O. 305.
Mainardis M. 311.
Majorana Q. 591, 772.
Malamud G. 616.
Malenkovic B. 401.
Malti M. G. 1168.
Malyschew W. 1107.
Mandich L. 1153.
Mandl A. 37, 407, 671, 867, 984.
Mangoldt W. v. 1040.
Mannl R. 1015.
Mannweiler E. 804.
Marchand R. 1183.
Margolis. 779.
Marguerre F. 288.
Mariage A. 1121.
Markt G. 605, 716.
Martens F. F. 98.
Marti F. 223.
Marx E. 390, 853.
Matschoß C. 413, 839.
Mattersdorff W. 385.
Matthaes K. 99.
Matthews R. B. 178, 454.
Matthias A. 159, 291, 779.
Matthießen H. 1125.
Maurer 941.
Mayeharra S. 68, 455.
Mayer H. F. 55, 269.
Mecke H. 763.
Mehlhorn H. 204, 1146.
Melhart. 553.
Meller K. 187.
Mellini. 1122.
Merrit M. S. 1106.
Mershon R. D. 785.
Mesnager A. 181.
Metzler K. 253.
Meyer A. 174.
Meyer G. I. 1109.
Meyer G. W. 99, 118, 200.
Meyersberg G. 33, 294, 940.
Michelson A. A. 206.
Mieli A. 413.
Miething H. 817.
Milch M. 479.
Miller O. v. 174.
Millikan R. A. 593.
Mitchell W. E. 174, 756.
Mittelmann E. 264, 967.
Möller E. 1185.
Moench F. 391.
Moldenhauer. 50.
Moldenke. 939.
Mollier R. 164.
Monsen E. 1124.
Montagné E. 164.
Montagni. 403.
Montandon 404.
Monypenny I. H. G. 1129.
Moody L. F. 24, 115.
Moon P. H. 801.
Moore R. P. 432.
Morelli E. 58.
Mörtzsch F. 942.
Moscizki J. 934.
Moser J. 1010.
Moultrop I. E. 1125.
Mulders J. H. G. 1209.
Müller. 46.
Müller A. E. 204.
Müller Ew. 160, 1127.
Müller F. 1187.
Müller H. 182, 979, 1043.
Müller H. R. 294.
Müller K. F. 107.
Müller R. 747.
Mullergren A. L. 289.
Müllner. 52.
Mündel E. 935.
Munk P. 462.
Münzinger F. 1150.
Myagi O. 1166.

N

Nacken R. 1110.
Nádai A. 482.
Nachr K. 598.
Nagler F. 24.
Nebesky O. 1193.
Neef. 501.
Neeser R. 178.
Nernst W. 378, 408, 903.
Neumann A. I. 564.
Neuwirth J. 100.
Nibler H. 580.
Nicaise M. E. 454.
Nickle C. A. 901.
Niclassen H. 965.
Niesz H. 173.
Niethammer F. 1, 208, 449, 462, 959.
Nipkow. 743.
Nissel H. 1126, 1207.
Nitsche R. 449, 959.
Nizzola A. 174.
Noack W. G. 174.
Noe I. B. 947.
Nolen H. G. 594.
Noorbeeck van. 1128.
Norinder H. 18, 963.
Norsa R. 179.
North J. R. 837.
Nowotny R. 399.
Nuttal R. F. 403, 405.
Nyquist. 932.

O

Oberdorfer G. 609, 969.
Oberhoffer P. 939.
Oehler G. 929.
Oerley L. 831.
Ollendorf F. 55, 389, 410, 917.
Oppen E. 1188.
Ornig J. 281, 570, 664, 889.
Ornstein L. S. 1209.
Osenberg W. 160, 463.
Osnos M. 6.
Osswald F. 556.
Osswald W. 1209.
Ostwald Wa. 186.
Owerweeg J. 306.

P

Pagnon P. 746.
Painsipp J. 870.
Painton E. T. 405.
Palestrino C. 817.
Palm A. 857.
Pape F. 230.
Parker Smith S. 222.
Parshall. 936.
Parsons Ch. A. 779.
Passavant H. 776.
Pauer W. 1111, 1194.
Pauli. 592.
Pavlikowsky R. 839.
Pawlowski. 931.
Peek F. W. 452, 578, 916.
Penney G. W. 783.
Peridier J. 1120.
Pertz E. 803.
Perucca E. 591.
Peters W. 1048.
Petersen W. 476, 672, 777, 778, 1033.
Petresco G. 308.
Petri A. 1184.
Petritsch E. F. 622.
Peukert W. 785.
Pfannkuch. 917.
Pfeiffer R. 884.
Pfeil. 964.
Pfiffner E. 18.
Pflieger-Haertel H. 703.
Phelps H. S. 932.
Phillippi W. 187, 577, 1208.
Piloty H. 47, 1041.
Piot F. 113.
Pirani M. 592.
Piwowarsky. 939, 941.
Planck M. 592.
Planer V. 926.
Plank R. 838, 904.
Plecnik I. 197.
Pogany B. 134.
Pohl E. 966.
Pohl G. 881.
Pohl H. 1150.
Pohl R. 51, 681, 799, 1206, 1228.
Pohlhausen. 49.
Pohlmann B. 139.
Poirson E. 406.
Polanyi M. 496.
Polgár M. 967.
Pollok O. 215.
Poole H. H. 315.
Powel C. A. 308.
Pradel. 182.
Praetorius E. 280.
Prager W. 1206.
Prantner K. 182.
Prásil F. 386.
Press S. 1133.
Preuß E. 602.
Puchstein A. F. 1126.
Punga F. 993.
Pupin M. I. 138.
Puppikofer H. 730.

Q

Quack. 779.

R

Radfield. 434.
Rahm W. 623.
Rajk N. 656.
Randall M. 1016.
Rapatz F. 818.
Rathbone Th. C. 1110
Ratkovszky F. v. 729.
Rauch E. 72.
Redin K. 160.
Reeves E. 94.
Regerbis. 48.
Rehbock Th. 708.
Rehmer. 318, 870, 1124.
Reiche W. 1006.
Reichel W. 116, 1032.
Reinach L. 595.
Reindl C. 115, 170, 208, 359, 962, 998, 1221.
Reinsch. 839.
Reisch R. 831.
Reist H. G. 781.
Reisz E. 378.
Reiter H. 967.
Reithinger A. 358.
Retterath V. 294.
Rhodes. 434.
Riccia della M. A. 1122.
Rice Ch. W. 781.
Richter. 541.
Richter H. 381.
Richter R. 464.
Riebensahm P. 855.
Riedel. 1123.
Rieger. 283.
Riemerschmid R. 838.
Riesenfeld E. H. 164.
Rieunier M. 452.
Rihosek J. 831.
Rikli H. 91.
Riley T. N. 363.
Rimarski W. 541.
Ring H. 871.
Ringelmann. 817.
Ringwald H. 280.
Risler A. 181.
Ritter E. R. 481, 946. 1108.
Ritter J. 799.
Robinson L. N. 759, 922.
Rochow. 934.
Rockwell. 531.
Roeder K. 940.
Roessler E. 964.
Rogowski W. 53, 54, 314, 853, 1046, 1094, 1131.
Rohn W. 435, 818.
Roll. 940.
Romberg. 839.
Rommer. 839.
Rood. 963.
Roper D. W. 947.
Rosen. 97.
Rosemberg P. 542.
Rosenberg E. 51, 61, 88, 90, 274, 275, 491, 517, 560, 564.
Rosenberg H. 885.
Rosental W. 791.
Ross P. A. 785.
Roßhändler J. 892.
Rössler W. 93.
Restosky. 526.
Roth A. 9, 11, 16, 1171.
Roth E. 592.
Rothe R. 1056.

Digitized by Google

Rothstein. 19.
Rötscher F. 318.
Rottsieper K. 917, 963.
Roučka E. 251.
Rowell H. S. 1111.
Rowland. 931.
Rüdenberg R. 50, 52, 68, 105, 389, 435, 676, 916.
Rudolph. 961.
Rukop H. 139.
Rumpf. 347.
Rung. 177.
Runge. 306.
Rusam Chr. 1147.
Ruschowy A. 916.
Rutgers F. 311, 1207.
Rutherford E. 593.
Ruths J. 481.
Rutishauser I. 225.
Rylander I. L. 1106.

S

Sabiel A. 766.
Sachs G. 496, 503.
Sachs K. 581.
Sachsenberg E. 160, 463.
Sagnac G. 134.
Sahland W. 436.
Salgat F. 915.
Salinger H. 138, 996.
Salva F. 591.
Salvisberg W. 915.
Sanden H. v. 293.
Sanford R. L. 930.
Sarfert. 46.
Sartori G. 6.
Sauerbruch F. 784.
Sauerwald O. 75.
Schachtmeyer N. 900.
Schaefer H. 232.
Schaefer K. L. 378.
Schäffer K. 831.
Schäffer W. 55.
Schaffernak F. 889.
Schait H. F. 346.
Schau A. 710.
Schaubert, von. 47.
Scheel K. 462.
Scheichl E. 831.
Scheller O. 344, 1041.
Scheminzky F. 377. 381.
Schenfer Cl. 985, 1010.
Schenk C. 12.
Schenk O. 785.
Schenkel M. 34, 57, 136, 137, 138, 255, 459, 898.
Schering H. 35, 218, 773, 797, 963.
Schiebold E. 496.
Schiebuhr F. 229.
Schiller H. 1047.
Schimpf R. 861.
Schimpke P. 511, 541, 855.
Schirmann M. 1034.
Schläpfer O. 225, 1147, 1184.
Schleicher M. 596, 783, 1045.
Schlesinger G. 187.
Schlicke H. 741.
Schlögl J. 627.
Schlomann A. 1111.
Schluck G. 839.
Schmidt. 53.
Schmidt. 187
Schmidt G. 57.
Schmidt J. 35.
Schmidt K. E. F. 963.
Schmitt H. 994.
Schmitz T. 1037.
Schmolz A. 883.
Schneider O. 52.
Schneidewind R. 949.
Schnetzer. 578.
Schöne O. 1091.
Schönian H. 392.
Schoop M. A. 525.
Schottky W. 54, 459.
Schramm W. 1168.
Schreiber H. 293, 765, 849, 1103.
Schreitmüller K. 999.
Schröder E. 785.
Schroeder R. 1090.
Schrödinger. 1127.
Schröter F. 55, 102, 118, 139.
Schrottke S. W. 47.
Schübbe C. H. 976.
Schuchmann. 56.
Schuep. 404.
Schuler H. W. 761.
Schüler L. 51, 1092.
Schulz E. 798.
Schulz E. H. 818.
Schulze Al. 201.
Schulze G. 389.
Schuhmann G. 35.
Schumann W. O. 436, 784, 861.
Schütze H. 36.
Schüz E. 941.
Schwarz E. 509.
Schwarz M. v. 496, 602, 818.
Schwarzböck J. 294.
Schwenkhagen H. 1042.
Schwerdt H. 803.
Schweyer F. 998.
Schwinning W. 99, 1204.
Seefehlner E. 831.
Seehaus. 225.
Seidner M. 1014.
Seilger M. 839.
Seiz W. 873, 895, 909.
Semler K. 165.
Senger M. 800.
Sequenz H. 260, 464.
Seufert F. 207.
Shaffer C. W. 1092.
Sharpless H. R. 69.
Shaw C. H. 947.
Shaw R. P. 759, 922.
Shelton F. K. 1226.
Shibusawa M. 68.
Shore. 292.
Sieber F. 32.
Siedentopf. 314.
Siedle F. 638.
Siegel E. 189.
Sieverts A. 818.
Siller. 545.
Simon H. 884.
Simon H. Th. 771.
Sipp K. 33, 939, 940.
Skirl W. 1092.
Skutsch. 803.
Sleeper H. P. 408.
Smalley. 939.
Smekal A 314, 591.
Smith L. M. 1106.
Smith M. D. 343.
Smith W. A. 577.
Smith Y. 939.
Smit-Kleinen. 779.
Smolinski H. 363, 764.
Snow Ch. 267.
Snow H. A. 225.
Soccart F. 918.
Sommer E. M. K. 72.
Sommer O. 997.
Sommerfeld A. 590, 592, 966, 1127.
Sonderegger A. 112.
Sorensen R. W. 578.
Sorger. 960.
Spalek. 798.
Spiegel-Adolf M. 1086.
Spielhagen. 183.
Spielrein J. 107, 249.
Spitzer F. 59.
Spooner T. 71.
Sporn P. 579, 1145.
Stäblein. 1091.
Stahl F. 319.
Stahl H. 55, 254.
Stansel N. R. 933.
Starke H. 1090.
van Staveren. 995.
Stecher-Sebenitz F. 933.
Steckler F. 285.
Steil. 545.
Stein Th. 251, 455.
Steiner F. 292.
Steiner W. 854.
Steinert E. E. 901.
Steinhaus W. 33.
Steinhausen W. 380.
Steinhauser A. 463.
Steinhauser L. 463.
Steinwehr H. v. 1056.
Stender W. 229, 481.
Stephan P. 272.
Stephens C. A. 311.
Steppes. 1188.
Stern G. 685.
Stern O. 592.
Stern W. 743.
Sterzel. 859.
Stettler A. 203.
Stifter A. 982.
Stiller A. 140.
Stine W. E. 104.
Stodola A. 780.
Stolz J. 137.
Störmer N. 957.
Strasser L. 246.
Strauss S. 382, 997, 1083.
Strecker F. 202.
Streiff. 376.
Streine O. 1228.
Strelow W. 513, 514, 521, 838.
Strieb. 230.
Strigel. 53.
Strobach H. 917.
Strohl A. 382.
Strowger E. B. 475.
Stumper R. 966.
Süberkrüb M. 949.
Sulzberger G. 133.
Swoboda. 595.
Sylvester. 366.

T

Tachikawa H. 451.
Tamm. 53.
Täubler-Gretler A. 1146.
Teichmann H. 884.
Teichmüller J. 317.
Thaller R. 965.
Thausmann. 903.
Theimer F. 1051.
Thielers M. 917.
Thielsch W. 277, 817.
Thien K. 681, 920.
Thierbach B. 622, 903.
Thilo. 52, 773.
Thirring H. 771.
Thiry A. 421.
Thoma D. 114, 779, 1166.
Thoma H. 984.
Thomälen A. 585.
Tillinger T. 791.
Timascheff, A. v. 937.
Tippelt H. 221.
Tischendörfer F. 852.
Tissot. 172.
Titscher J. 89, 274, 534.
Tittel I. 158, 1144.
Tödt F. 1203.
Töfflinger K. 1047.
Toepler M. 291, 344, 364.
Tolman R. C. 592.
Tolwinski W. A. 307, 678.
Torchio P. 387, 947.
Torda L. 5.
Toriyama Y. 435.
Toulon P. 817.
Tournier M. 620.
Traber A. 1105.
Traeger L. 855.
Trendelenburg F. 379.
Treubert L. 215.
Trommsdorf P. 887.
Trümpy H. 998.
Trumpler W. E. 1111.
Tscherdanzev Z. 65.
Tschudy Wm. 34.
Tunstall A. 1012.
Turner F. C. 96.
Typke. 86.

U

Ullmann. 312.
Umansky L. A. 94.
Unckel H. 787.
Ungerer A. 999.
Uno D. 1204.
Urban F. S. 949.

V

Vahle W. 559.
Valensi. 403.
Valle la. 1122.
Vallauri G. 139.
Vandersluis W. M. 363.
Velander, Sten. 174, 175.
Velisek A. 562, 739.
Vente. 1121.
Veyrier I. 181.
Vidmar M. 193, 349, 841, 1001, 1093, 1170, 1227.
Viel G. 68, 455.
Vigener K. 553.
Vogel. 545.
Vogelsang M. 15.
Vollhardt E. 966.

W

Wagner G. A. 100.
Wagner K. W. 139, 591, 1056.
Walder E. 406.
Walker F. L. 744.
Walker M. 6.
Wallén A. 174, 376.
Walbot J. 97, 1017.
Walter. 509.
Walter. 963.
Walter H. 463.
Walther A. 314, 365, 391, 934, 1107.
Waskovsky E. 802.
Waterhouse H. 868.
Waters Ch. B. 766.
Watzinger A. 950.
Weber C. L. 99.
Weber E. 387, 1167.
Weber M. M. von. 463.
Wechmann W. 834, 1031.
Weed J. E. 766.
Wegel. 593.
Weicker W. 317.
Weikert F. 1188.
Weicke C. 463.
Weil R. 421.
Weiner A. 719, 890.
Weintraub E. 73.
Weiss. 1225.
Weisglass. 1085.
Weiß P. 592.
Weißbach. 1042.
Wellauer M. 916.
Wellmann W. E. 1104.
Wenslev R. J. 433.
Wéra E. 272.
Werner. 554.
Werner R. 615, 616.
Wernicke K. 294.
Wettler A. 260, 262.
While K. M. 265.
Whitehead I. B. 388, 860.
Wiarda v. 475.
Wichert A. 176.
Wicke F. 786.
Wiegner G. 272.
Wien M. 378.
Wilberford L. R. 97.
Wilcox R. 594.
Wilczek E. 307.
Wilde K. 1060.
Willemse G. J. D. J. 1209.
Wilm E. 475.
Windel W. 1050.
Winiger A. 962.
Winkel H. 623.
Wirz E. 393, 427, 919.
Wist E. 831.
Wittich P. 1038.
Wohlfahrt. 160.
Wolf H. 882.
Wolf O. 799.
Wolman W. 54, 1011.
Wood A. B. 593.
Wood A. P. 562.
Wotruba R. 982.
Wüllen-Scholten v. 1203.
Wüst. 940.
Wyssling W. 175, 224, 406.
Wyzz O. 378.

Y

Yokoyama E. 454.
Young H. W. 311.

Z

Zabransky H. 4.
Zachrisson E. 179.
Zangger H. F. 290, 364.
Zastrow A. 436.
Zebrikoff L. 290.
Zebrowski W. 1168.
Zechnowitzer. 315.
Zetzsche. 186.
Zickler K. 769, 793.
Zickner G. 201.
Ziem. 1188.
Zinzen A. 624
Zipp H. 92, 730.
Zorn E. 319.
Zwaardemaker H. 378
Zwiauer P. 554.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 1. Jänner 1928 | Heft 1

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen.

Von F. **Niethammer**, Prag.

Die eindrucksvolle Berliner Werkstofftagung im Herbst 1927 war der sinnfällige Ausdruck dafür, daß auch der Elektromaschinenbau sich auf der Entwicklung von Hüttentechnik und Isolationstechnik aufbaut; sie bestimmen unsere Grenzleistungen, unsere höchsten Drehzahlen, unsere Höchstspannungen. Es mag daher von Interesse sein, in Ergänzung der Darstellung über Gleichstrommaschinen, Transformatoren, Synchron- und Asynchronmaschinen im Heft 29 des Jg. 1927, von diesem Gesichtspunkt aus auf die folgenden Neuerscheinungen auf dem Gebiete der

Elektrizitätserzeugung und **Umformung**

hinzuweisen[1]).

Die AEG Berlin baut heute Dampf-Turbogeneratoren von 38 000 kVA bei 3000 U/min und die SSW Berlin sogar 50 000 kVA bei 3000 U/min. Das ist wieder ein gewaltiger Sprung vorwärts von den 50 000 kW-Generatoren bei 1000 U/min für das Goldenberg-Kraftwerk, die im Weltkriege von der AEG und den SSW noch mit 1000 U/min hergestellt wurden. Noch vor wenigen Jahren hat die Société Alsacienne Belfort diese Leistung von 50 000 kW mit 1500 U/min für das Großkraftwerk Gennevilliers bei Paris ausgeführt.

Eine Überschlagsrechnung des Turbogenerators von 50 000 kVA bei 3000 U/min führt etwa zu einer Bohrung von $D = 900$ mm, einer Umfangsgeschwindigkeit von 130 bis 135 m/sec, einer Eisenlänge $l = 4600$ mm bei einer Polrandinduktion $H = 8000$ und einer Amperestabzahl je cm $A = 560$; der Fluß Φ je Pol steigt auf $300 \cdot 10^6$ und die kritische Drehzahl liegt bei 1500 U/min. Bei den großen axialen Eisenlängen l von 4 bis 5 m verursachen die auftretenden Temperaturen Ausdehnungen und Verschiebungen zwischen Eisenkörper und Wicklungen, welche der Nutisolation der Hochspannungswicklungen recht gefährlich werden können.

Da die Wasserturbogeneratoren noch ausschließlich mit ausgeprägten Polen ausgerüstet werden und die Beanspruchung der Schwalbenschwänze der Pole oder der aufgeschraubten Polschuhe bei der Durchgehdrehzahl zu berücksichtigen ist, so kann man mit der normalen Umfangsgeschwindigkeit nicht über $v = 70$ bis 80 m/sec hinausgehen und die Grenzleistungen liegen selbst bei Eisenlängen $l = 4$ bis 5 m wesentlich tiefer als bei den Dampfturbogeneratoren. In dieses Gebiet der Grenzleistungen fallen bereits die bei den Österr. SSW bestellten horizontalen Drehstrom-Einheiten für das Achenseewerk mit 25 000 kVA und $n = 500$ U/min, ebenso wie der SSW-Generator für 23 000 kVA $n = 500$ U/min im badischen Schwarzenbachwerk. Die größten Einheiten in der Schweiz sind die von der M. F. Oerlikon gebauten Vertikalgeneratoren für das Oberhasli-Werk Innertkirchen mit 28 000 kVA und $n = 500$ U/min, die fast 1700 mm Eisenlänge haben werden. Die schwierigsten Grenzleistungen weisen eine Reihe Wasserkraftgeneratoren in italienischen Anlagen auf:

a) im Kraftwerk Mese bei Chiavenna drei horizontale Generatoren von 35 000 kVA $n = 500$ U/min von der Aktiengesellschaft Tecnomasio Italiano Brown Boveri;

b) im Kraftwerk Kardaun bei Bozen vertikale Einheiten von 45 000 PS oder 36 000 kVA bei $n = 300$ U/min von der Tecnomasio BBC und der Compagnia Generale di Elettricità sowie

c) im Kraftwerk Galleto der Società Terni vertikale Einheiten von 50 000 PS oder 45 000 kVA bei $n = 375$ U/min von der Aktiengesellschaft

[1]) **Berichtigungen:** S. 592 links ist $\left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2$ statt $\left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,0}\right)^2$ zu setzen, und rechts oben in der Formel für P_k ist dem ersten Glied $\varrho/4$, dem zweiten ϱ, die Widerstandszahl, anzufügen und Z durch Z' zu ersetzen.

Seite 612, Heft 30 rechts unten gilt für den 20 000 kVA Kolben-Generator: $D = 900$ mm, 72 Nuten, Teilleiter zirka 4×5 mm.

Rotor: $2 \times 16 = 32$ Nuten bewickelt, $2 \times 5 = 10$ Nuten unbewickelt.

Seite 620 in Formel (10) schreibe im Nenner 10π statt π^2.

Digitized by Google

Tecnomasio Brown Boveri, wobei Zwillingspolräder mit aufgeschraubten Polschuhen in Anwendung kommen. Man plant aber bereits Wasserkraftgeneratoren von 30 000 bis 50 000 kVA mit 1000 oder 750 U/min, wobei man mit Rücksicht auf die Durchgehdrehzahl zum Walzenrotor übergehen muß.

Auch bei Gleichstrommaschinen strebt man mit den Drehzahlen in die Höhe. Brown Boveri-Tecnomasio A. G. hat kürzlich für Dalmatien einen Einankerumformer für 5000 kW mit 300 U/min bei 500 V geliefert. Die höchste Betriebspannung von Transformatoren erreicht bereits 237 000 V in den BBC-Transformatoren von 36 000 kVA für das erwähnte Kraftwerk bei Bozen. Mit dieser Spannung wird die Energie weit nach dem Süden übertragen. Die Transformatoren werden mit Ölumlaufkühlung versehen und zwar mit vertikalen wassergekühlten Gegenstromkühlern. Allerdings ist darauf hinzuweisen, daß die von den deutschen Elektrizitätsfirmen ausgeführte 220 000 V Übertragung der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke nach Rheinau auch mit 380 000 V betrieben werden könnte.

Der bei „Synchronmaschinen" (Seite 611, 1927) und „Transformatoren" (Seite 593, 1927) erwähnte Eisenbrand ist auch schon dadurch hervorgerufen worden, daß die Abkröpfungen verdrillter Kunststäbe, die etwas schwer zu isolieren sind, mit dem Eisen Schluß bekamen und das Eisen ausbrannten, wogegen nur Glimmerisolation hilft. Die unter „Transformatoren" und auch in meinem Bericht über die „Elektrotechnik in Schweden" (E. u. M. 1926, H. 43) erwähnte Erdung der Blechpakete über Widerstände geschieht vor allem zur Ableitung der kapazitiven Ladungen, die an den isolierten Blechen auftreten, weil sie sonst Entladungen durchs Öl hervorrufen können. Porzellan-Durchführungen von Hochspannungs-Transformatoren dürfen natürlich nicht mit Öl aus dem hochgelegenen Konservator gefüllt werden, sondern müssen bei guter Abdichtung eigene Ölfüllung mit Ölausdehnungsglas am oberen Ende erhalten, ins Öl werden Isolationszylinder zur Schichtung des Öles eingebaut. Auch die Kondensatordurchführungen werden mit Porzellan überzogen. Die General Electric Co., Schenectady, baut Transformatoren für 26 400 V überhaupt ohne Porzellandurchführungen, einfach mit Kabelkopfeinführungen. Die von der Poldihütte hergestellten antimagnetischen Bandagendrähte für Turborotoren haben eine Festigkeit von 208 kg/mm² bei 3 vH Dehnung, 36 vH Kontraktion und 9 Biegungen bei $r = 5$ mm. Bezüglich der schleifringlosen Asynchronmotoren sei auch noch auf die in dem obgenannten Bericht über Schweden erwähnten Wirbelstrom- und Hysteresisanlasser verwiesen, die wieder Interesse gewinnen.

Im Nachstehenden seien die Fortschritte und Neuerungen auf den bisher noch nicht behandelten Gebieten besprochen.

Kommutatormotoren.

Der als Frequenzwandler wirkende Kommutator und die zur Stromwendung dienenden Bürsten machen bei Dreh- und Einphasenstrom viel mehr Schwierigkeiten als bei Gleichstrom, da in den durch die Bürsten kurzgeschlossenen Spulen außer der Reaktanzspannung e_x durch das Dreh- oder Wechselfeld noch sogenannte Transformator-EMKe e_i induziert werden, die sich nie so vollkommen durch Wendepole kompensieren lassen wie bei Gleichstrom. Bei Motoren mit Regelung durch Bürstenverstellung müßten die Wendepole mit den Bürsten wandern, was mit einem eigenen ausserhalb des Triebdrehfeldes gelegenen Wendepolkranz wohl ausführbar ist, worüber ich an anderer Stelle berichten werde.

Beim Drehstromkommutatormotor, der hauptsächlich als Reihenschlußmotor mit Regelung durch Bürstenverstellung gebaut wird, wird der dem Rotor zugeführte f-periodige Strom durch die Bürsten von Phase zu Phase verschoben und so zerhackt, daß die Grundwelle des im Rotor fließenden Stromes die Schlupffrequenz f_s annimmt. Die durch das Drehfeld in den durch die Bürsten kurzgeschlossenen Spulen pro Segment induzierte eff. EMK

$$e_i = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot f_s \cdot Z_K \cdot \Phi \cdot \frac{p}{a} \cdot 10^{-8} \quad \ldots (1)$$

mit

$$Z_K = \frac{Z}{K} = 2$$

(Z_K = kurzgeschlossene Leiterzahl pro Segment) steigt mit der Abweichung der Drehzahl vom Synchronismus, mit der Schlüpfung nach oben und unten. Legt man sie zum Beispiel mit 2 V bei $f_s = f$ oder $f_s = \frac{1}{2} f$ fest, so ist damit der Fluß Φ pro Pol und damit die Leistung pro Pol bestimmt, wenn man eine bestimmte Drehzahlregelung, zum Beispiel 1 : 3, das heißt $f_s = \pm 0{\cdot}5\, f$, nach oben und unten vorschreibt. Selbst bei mäßiger Leistung und großer Polzahl $2p$, also niedriger synchroner Drehzahl $n_0 = 60 \cdot f : p$ sowie geringer Spannung E_b am Kommutator ist zur Zeit eine weitere Drehzahlregelung als 1 : 3 bei Motoren mit Regelung durch Bürstenverstellung wegen Schwierigkeiten am Kommutator meist nicht möglich, ja oft ist nicht einmal 1 : 3 erreichbar. Man macht nicht gern $n > 1{\cdot}5\, n_0$. Die dreiphasige Statorwicklung, die über einen Serientransformator mit dem Niederspannungs-Kommutator meist in Sechs-, Neun- oder Zwölf-Phasenschaltung verbunden ist, wird vielfach von Stern auf Dreieck umschaltbar ausgeführt.

Die bei Gleichstrommaschinen angegebenen Grenzen des Produktes $P \cdot n$ und der höchstmöglichsten Spannung E sind hier natürlich noch viel enger gezogen. Es tritt hier anstelle von e_d die induzierte Spannung e_i pro Segment.

Setzt man in kVA:

$$II = m \cdot E \cdot I : 1000 = \frac{P}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

Digitized by Google

(m = Phasenzahl, E = Spannung, I = Strom je Phase, P = Nutzleistung in kW, η = Wirkungsgrad, $\cos\varphi$ meist = 1), so wird:

$$\frac{\Pi}{n_0} = C \cdot D^2 \cdot l \quad \ldots\ldots (2).$$

C nimmt etwa denselben Wert wie bei Asynchronmotoren an.

Ferner ist

$$\Pi \cdot n_0 = 3 \cdot A \cdot v \cdot e_i \cdot \frac{f}{f_s} \quad \ldots\ldots (3),$$

wenn $\frac{p}{a} = 1$ und $\frac{Z}{K} = 2$ gesetzt wird. (A = Amperestäbe pro cm Umfang.)

Da $e_i = 2$ bis 3 V sein soll, gegen $e_d = 10$ bis 20 V, so wird mit $A = 500$, $v = 80$ m/sek, $\frac{f}{f_s} = 1$

$$\Pi \cdot n_0 \leqq 400\,000.$$

Man kann also die Drehstromkommutatormaschinen nur für Höchstleistungen bauen, die etwa 1/10 derjenigen bei Gleichstrommaschinen sind, zum Beispiel

$$\Pi = 275,\ 1000\ \text{kVA},$$
$$n_0 = 1500,\ 400\ \text{U/min}.$$

Ein Kommutator-Reguliermotor für 1000 PS $n = 1500$ ist also nicht ausführbar.

Wenn man in (3) $f_s = f$ setzt, so wird die Leistung pro Polpaar

$$\frac{\Pi}{p} \leqq \frac{1}{20 f} \cdot A \cdot v \cdot e_i \quad \ldots\ldots (4)$$

oder mit obigen Werten erzielt man, bei $f = 50$, etwa 90 kW pro Polpaar und weniger.

Bezeichnet man mit $E_{\Pi r}$ die sogenannte Radialspannung am Kommutator bei Stillstand, also bei $f_s = f$, so ist die Spannung zwischen 2 Bürsten (m_{Π} = Phasenzahl im Rotor):

$$E_{\Pi} = 2 E_{\Pi r} \cdot \sin \frac{\pi}{m_{\Pi}}$$

und man erhält angenähert für die höchstzulässige Spannung, für die der Kommutator gebaut werden kann:

$$E_{\Pi r} \leqq \frac{e_i \cdot v_k}{2 \pi f \tau_k} \quad \ldots\ldots (5);$$

wobei v_k in m/sec. Diese Werte sind kaum ein Zehntel der Werte, die bei Gleichstrom zulässig sind. Mit $e_i = 2$ V, $v_k = 40$ m/sek, $f = 25$ und Lamellenteilung $\tau_k = 0{\cdot}004$ m wird $E_{\Pi r} = 130$ V.

Durch sorgfältiges Durcharbeiten aller Einzelheiten kann man die Grenze von $\Pi \cdot n_0$ und $E_{\Pi r}$ natürlich etwas heraufsetzen, als solche bleibt die Grenze bestehen. Im Anker werden Dämpferspulen angebracht, um die Kommutierung zu verbessern und die Leistung zu erhöhen.

Der Drehstromkommutatormotor eignet sich nur für mäßige Leistungen und mäßige Drehzahlen sowie vor allem für den Betrieb mit niedriger Frequenz und deshalb als Hintermotor von Regelsätzen, weil er dann mit niedriger Frequenz gespeist wird.

Für weite Regelbereiche bis 1 : 20 für Zeugdruckpressen, Papiermaschinen, Kalander, Werkzeugmaschinen scheint sich der gewöhnliche Nebenschlußkommutatormotor mit Regeltransformator und festen Bürsten besser zu bewähren als die anderen Bauarten.

Ein Durchgehen des dreiphasigen Reihenschlußmotors kann man durch Einschalten von Drosselspulen zwischen die Ankerbürsten verschiedener Phase verhindern, sonst kann man einen Fliehkraftausschalter anbauen. Eine ungute Erscheinung beim Reihenschlußmotor ist das Auftreten von Selbsterregung[2]) mit einer netzfremden Periodenzahl f_0 gerade in dem Bereiche um $\cos\varphi = 1$ oder Stromvoreilung. Sie läßt sich durch Ohmsche Widerstände, die man vor den Motor schaltet, verhindern.

Unter den Einphasenkommutatormotoren hat sich für größere Leistungen nur der reine Reihenschlußmotor mit Querspulen und Wendepolen, die durch Ohmschen Widerstand (bei Generatorbetrieb durch eine Drosselspule) nebengeschlossen sind, halten können. Der Repulsionsmotor mit Regelung durch Bürstenverstellung wird nur in kleinen Leistungen verwendet, da er bei Anlauf eine zu große Scheinleistung aufnimmt. Bei festen Bürsten und Regeltransformator läßt er sich auch für große Leistungen verwenden.

Beim Reihenschlußmotor geht man mit der effektiven Transformatorspannung

$$e_i = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot f \cdot Z_k \cdot \Phi \cdot \frac{p}{a} \cdot 10^{-8} \quad \ldots (6)$$

bis auf 2 V herunter, sodaß der Motor fast wie ein Gleichstrommotor kommutiert. Auch die Funkenspannung e_f zwischen den Bürstenspitzen

$$e_f = \frac{b}{\tau_k} \cdot e_i$$

(b = Bürstenbreite, τ_k = Segmentteilung)

muß kleingehalten werden, was zu Schleifenwicklung sowie höchstens $\frac{b}{\tau_k} = 2$ überdeckten Segmenten und schmalen Bürsten führt, $e_f \leqq 2\, e_i$. Außerdem baut man den Reihenschlußmotor für sehr hohen Übersynchronismusgrad $\ddot{u} = \frac{n}{n_0} = \frac{np}{60f} = \frac{f_r}{f}$; es wird $\ddot{u} = 2 \div 5$ und das Verhältnis der Erreger-AW : Anker-AW wird sehr klein ½ bis ¼ gemacht $\left(\text{die Rotationsfrequenz } f_r = \frac{np}{60}\right)$.

Mit Rücksicht auf die Feld- und Drehmomentenpulsation leistet der einphasige Reihenschlußmotor nur etwa 70 vH desselben Modelles bei Gleichstrombetrieb. Im Ausdruck für die Leistung $\Pi = E \cdot I : 1000$ in kVA, nämlich

$$\frac{\Pi}{n} = C \cdot D^2 \cdot l \quad \ldots\ldots (7)$$

ist $C = \frac{1}{6 \cdot \sqrt{2}} \cdot \frac{B}{\tau} \cdot \mathfrak{H} \cdot A \cdot 10^{-5}$ nur das $1/\sqrt{2}$-fache

[2]) Vgl. E. u. M. 1912, Heft 39.

Digitized by Google

des Wertes bei Gleichstrom. ($\frac{B}{\tau}$ = Polbogen; Polteilung; $\mathfrak{B}$ = Polrandinduktion.) Das Produkt $H.n$ wird

$$H.n = 2.A.v.e_i.\frac{f_r}{f} \quad \ldots . \quad (8),$$

also wesentlich kleiner als bei Gleichstrom. Die Nutzleistung in kW ist $P = H.\eta.\cos\varphi$, wobei $\cos\varphi$ nahezu 1 ist. Mit $A = 600$, $v = 80$, $\frac{f_r}{f} = 4$ und $e_i = 3$ wird

$$H.n = \backsim 1\,152\,000,$$

also $H =$	100	500	1000	3000	kVA
$n \leqq$	10000	2000	1000	350	U/min

Die Bergmannwerke haben eine solche Grenzleistung mit einem Bahnmotor ausgeführt: 3400 PS Stundenleistung $n_{max} = 380$ und 350 U/min, $f = 16^2/_3$.

Die Leistung pro Polpaar wird:

$$\frac{H}{p} = \frac{A.v.e_i}{30f} \text{ in kVA} \quad \ldots . \quad (9).$$

Die höchste Spannung am Kommutator wird

$$E = \frac{\sqrt{2}}{\pi}.\frac{e_i.v_k}{f.\tau_k} \quad \ldots . \quad (10).$$

Mit $e_i = 2$, $v_k = 40$ m/sec, $f = 16^2/_3$, $\tau_k = 0{\cdot}004$ m wird

$$E \leqq 600 \text{ V}.$$

Die A. E. G. baut einen 1000 PS-Bahn-Motor für $f = 16^2/_3$ Per/s mit $2p = 40$ Polen, $\frac{f_r}{f} = 3{\cdot}5$ und $e_i = 2$ V, $n = 175$, $\tau = 189$ mm. Viel schwieriger ist der Güterzugsmotor der AEG-Union, Wien, für 950 PS, $n = 587$. Brown Boveri läßt bei ihren Einphasenbahnmotoren häufig die Querspulen entfallen und sieht nur Wendepole mit Ohmschem Nebenschluß vor, vielfach baut sie U-förmige Widerstandsverbinder zwischen Wicklung und Kommutatorlamellen.

Die Bremsung der Einphasenmotoren verlangt in der Regel etwas verwickelte Schaltungen. Die Widerstandsbremsung ist immer möglich, wobei in der Regel Gleichstrom entsteht. Sicherer ist es vom Netz zu erregen, sodaß man Bremsstrom von der Netzperiodenzahl bekommt. Die Gegenstrombremsung ist beim Einphasen- und Mehrphasenkommutatormotor Nutzbremsung, allerdings muß die Selbsterregung mit Gleichstrom oder netzfremder Frequenz f_0 vermieden werden, was durch Hauptstromwiderstände und hochgesättigte Transformatoren zwischen Feld und Anker erzielt wird. In Nebenschlußschaltung ist Bremsung nur möglich, wenn man in den Ankerkreis große Drosseln schaltet (Schaltung der M. F. Oerlikon). Man kann auch eine eigene Erregermaschine benützen, die vom Netz erregt wird und den nutzbremsenden Motor erregt (A. E. G.), was durch eine Kreuzschaltung der Erregungen bei zwei Maschinen ersetzt werden kann (S. S. W.) Schließlich kann man die Erregung einer Phase eines Einphasen-Zweiphasenumformers entnehmen, dessen andere Phase am Einphasennetz liegt (B. B. C.). Selbstverständlich müssen die bei Gleichstrom angegebenen Beziehungen, die e_d und e_x enthalten, entsprechend auch bei den Wechselstromkommutatormaschinen erfüllt sein.

Regelung der Geschwindigkeit von Induktionsmotoren.

Die gewöhnliche asynchrone Kaskade und auch die Kaskade mit Synchronmotor als Hintermotor sind ebenso wie die Widerstandsregelung und Polumschaltung bei weitgehender Geschwindigkeitsregelung fast allgemein verdrängt worden durch

a) die Drehstrom-Gleichstrom-Kaskade nach Krämer[3]) und

b) die Scherbius-Kaskade, wobei der Hintermotor ein Reihen- oder Nebenschluß-Kommutatormotor ist, häufig mit ausgeprägten Phasenpolen und Wendepolen. Sie gestatten eine beliebig weite Drehzahlregelung, auch Stromrückgewinnung und die Einstellung auf $\cos\varphi = 1$ oder voreilenden Strom. In den letzten Jahren hat namentlich die Doppelzonenregelung der Scherbiuskaskade zum Beispiel für Walzwerksantriebe und Leistungen bis 7500 PS sowie ± 10 bis ± 20 vH Drehzahlregelung auch in Amerika weite Verbreitung gefunden, wobei nicht nur Drehzahlen unterhalb, sondern auch oberhalb des Synchronismus benützt werden. Zur Erzielung des Durchganges durch den Synchronismus ist eine besondere Erregermaschine für den Ohmschen Abfall notwendig. Bei der Drehstrom-Gleichstromkaskade nach Krämer ist diese Doppelzonenregelung durch Umschaltung der Erregung des Hintermotors wohl auch möglich, aber weniger empfehlenswert. Der Hintermotor wird entweder mit dem Hauptmotor gekuppelt oder mittels Zahnräder oder Kette angetrieben, vielfach wird er mit eigenem Asynchronmotor oder Sychronmotor, der am Netz liegt, direkt gekuppelt.

Nachstehend sind die verschiedenen Regelarten für einen Ventilatorantrieb verglichen:

Asynchrone Kaskade	Kommutatormotor	Krämer-Gleichstromkaskade	Scherbius-Drehstrom-Kommutatormotor-Kaskade	Heyland-Frequenzumformer	Rotorvorschaltwiderstand
10 vH Regelung $\eta =$	91·0	92·5	90·0	90·5	88·0 vH
25 vH Regelung $\eta =$	90·0	90·0	84·0	84·5	73·0 vH
$\cos\varphi =$	1·0	1·0	1·0	1·0	0·86

Bei großen Regelbereichen tritt noch die Umformung in Gleichstrom durch einen Einankerumformer und Spannungsregelung auf der Drehstromseite sowie Verwendung eines Gleichstrommotors mit Feldregelung hinzu.

[3]) Zabransky, Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstromkaskaden". J. Springer 1927. Vgl. E. u. M. 1927, S. 932.

Digitized by Google

Phasenkompensation.

Der durch schwach belastete Asynchronmotoren und leerlaufende Transformatoren oft bis auf 0·5 herabgedrückte Netz-cos φ läßt sich für die Fernleitungen und Zentralen ganz oder nahezu auf 1 bringen, indem man verwendet:

A. In den Umspannwerken der Ortschaften und bei Großabnehmern Blindleistungsmaschinen in Form von

a) Synchronkondensatoren oder

b) Asychronmaschinen mit fremderregten Frequenzumformer-Phasenschiebern oder

c) statischen Kondensatoren (abwechselnde Lagen von getränktem Papier und Staniol oder Metallfolie), in Amerika „capacitors" genannt.

Mit diesen letzten geht man in Amerika schon auf über 1000 kVA Einzelleistung; sie sind teurer als Blindleistungsmaschinen, aber ihr Wirkungsgrad ist viel besser und zudem brauchen sie gar keine Wartung[4]). Synchronkondensatoren sind in Europa in Einzelsätzen bis 12 000 kVA, in Amerika bis 50 000 kVA aufgestellt[5]). Die Drehzahl dieser Blindleistungsmaschinen wählt man möglichst hoch, zum Beispiel n = 1000 bis 1500 bei 5000 kVA.

B. Kompensierte Motoren, mit deren Einzelleistung man heute auf wenige kW heruntergeht. Natürlich kann man auch schon den üblichen Asynchronmotor dadurch verbessern, daß man ihn bei schwacher Belastung in Stern, bei starker in Dreieck oder in anderer Weise umschaltet, was viel mehr Beachtung verdient. Als kompensierte Motoren kommen in Frage:

1. Synchronmotoren *a)* als Schenkelpol-Innenpoltype mit Käfiganker samt Anlaßtransformator und Erreger,

b) als Schenkelpol-Innenpolmaschine mit Schleifringanker samt Anlasser und Erreger,

c) als Schenkelpol-Außenpoltype mit drei Schleifringen sowie Kommutator und in den Polschuhen eingebauter Käfigwicklung (Schüler-Motor),

d) als synchronisierter Asynchronmotor, dessen dreiphasiger Schleifringwicklung nach Anlauf Gleichstrom zugeführt wird. Die Erregerspannung sei niedrig, 15 bis 30 V, der Rotor kann zweiphasig sein,

e) der Asynchronmotor nach Fynn: Dem Läufer wird durch drei Schleifringe Drehstrom zugeführt und anstelle der Nullpunktsverkettung liegt eine Gleichstromwicklung, von deren Kommutator nach erfolgtem asynchronen Anlauf der für die sekundäre Statordrehstromwicklung nötige Gleichstrom entnommen wird.

2. Statische Kondensatoren werden parallel zu den üblichen Asynchronmotoren geschaltet und der cos φ bei Vollast auf 0·95 gebracht, was bei schwacher Belastung und Leerlauf zu cos $\varphi = 1$ oder Stromvoreilung führt. Kurzschlußmotoren laufen bei Verwendung solcher Kondensatoren mit sehr geringem Strom an. Die Kosten der Kondensatoren machen immerhin 50 bis 60 vH des Motorpreises aus. Will man bei Vollast auf cos $\varphi = 1$ kompensieren, so braucht man in der Regel die doppelte Kapazität. Es kann vorteilhaft sein, die in Dreieck geschalteten Kondensatoren an eine durch Sparschaltung erhöhte Spannung zu legen.

3. Phasenschieber[6]). Man schließt an die Schleifringe eines gewöhnlichen Asynchronmotors eine Gleichstrom-Erregermaschine an, siehe 1 *d)* und 1 *e)* oder eine Drehstrom-Kommutator-Erregermaschine, wobei der Kommutator als Frequenzwandler dient, der die Ströme von Netzfrequenz f in zerhackte Ströme von der Schlüpfungsfrequenz f umwandelt:

a) Die eigenerregte Drehstrom-Erregermaschine als Phasenschieber ist einfach ein gegen f_s stark übersynchronlaufender Gleichstromanker mit dreiphasigem Bürstensatz; der Stator ist ein unbewickelter Eisenring, der mitrotieren kann. Sie drückt dem Rotor eine kapazitive Spannung auf. Der Phasenschieber wird vom Hauptmotor direkt oder über eine Übersetzung angetrieben oder mit einem kleinen Asynchron- oder Synchronmotor vom Netz betrieben. Seine Leistung ist im Verhältnis $f_s : f$ kleiner als die einer direkt am Netz liegenden Blindleistungsmaschine. In der Nähe des Leerlaufes kompensiert er nicht.

b) Die fremd vom Netz erregte Drehstromerregermaschine in Form eines direkt oder indirekt vom Motor oder mit Hilfsmotor angetriebenen Frequenzumformers ist heute der beste und verbreiteste Phasenschieber, der auch bei Leerlauf kompensiert. Bei dieser Blindleistungsmaschine entfallen die Erscheinungen des Pendelns und des großen plötzlichen Kurzschlußstromes, sie läuft leicht an, fällt bei Unterspannung nicht aus dem Tritt und läuft auch als selbständiger Generator. Sie kann für große Leistungen *II. n* gebaut werden, weil der Kommutator im Hintermotor nur für kleine Leistung und niedrige Frequenz f_s zu bauen ist,

c) der schwingende Phasenschieber nach Kapp besteht aus drei in einem Gleichstromfeld schwingenden Gleichstromankern, deren einer Pol zu einem Motor-Schleifring geführt, deren anderer je im Nullpunkt verkettet ist[7]),

d) alle Drehstromkommutatormotoren wirken auch als Phasenschieber und können mit cos $\varphi = 1$ arbeiten.

e) Eigentliche kompensierte Motoren, bei denen die Erregermaschine in den Asynchronmotor eingebaut ist, wozu auch die Typen 1 *c* bis 1 *e* gehören:

a) Der Torda-Motor[8]) ist nichts anderes als die Verbindung und der Zusammenbau der unter *a)* genannten eigenerregten Drehstromerregermaschine mit einem normalen Schleifringmotor zu einer einheitlichen Maschine. Die Kommutatorwicklung, die weniger Pole als die Motorwicklung hat, liegt in Rotornuten, die im Blechinnern kon-

[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 321.
[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 70.
[6]) Vgl. E. u M. 1927, S. 134, 701.
[7]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 898.
[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 409.

Digitized by Google

zentrisch zu den normalen Nuten angebracht sind (Abb. 1a und 1b).

β) Der Heylandmotor stellt den Zusammenbau eines gewöhnlichen Schleifringmotors mit der unter *b*) genannten fremderregten Drehstrom-Erregermaschine dar und zwar werden die Bürsten des Drehstromkommutators aus einer primären Statorhilfswicklung geringer Windungszahl gespeist. Der Motor kann natürlich sowohl Kurzschluß- wie Schleifringanker haben. Der Motor hat meist im Stator und Rotor zwei Wicklungen und wirkt wie der unter *d*) genannte Nebenschluß-Kommutatormotor.

γ) Beim Osnosmotor[9]) und bei dem ihm ganz ähnlichen Sartori-Motor, dessen Lizenz die Sachsenwerk A. G. besitzt, wird die Netzspannung mit drei Schleifringen der Rotorwicklung zugeführt. In denselben Nuten unter- oder oberhalb der Drehstromwicklung liegt eine Gleichstromkommutatorwicklung, die neuerdings bei großen Motoren nach Miles Walker als offene Wicklung ausgeführt wird. Von den drei Bürstensätzen des Kommutators wird die sekundäre Drehstromwicklung im Stator oder eine Erregerwicklung,

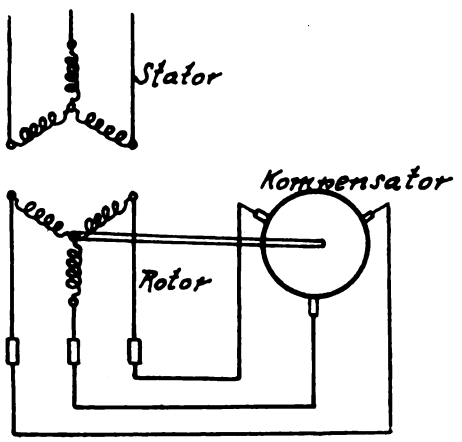


Abb. 1 *a*.

die im Stator neben der Arbeitswicklung liegt, erregt. Die der Sekundärwicklung aufgedrückte Spannung E_b macht man etwa 8 bis 10 vH der Stillstandsspannung E_{11_0} und den $\sphericalangle (E\,E_b)$ nicht 90°, sondern etwa 30°, um auch die Schlüpfung beliebig einstellen zu können. Durch Bürstenverstellung kann man die Schlüpfung auf und ab variieren. Daß dieser Motor, der bis 1000 kW gebaut ist, wie alle kompensierten Asynchronmotoren Schlüpfung hat, ist in allen Fällen stoßweiser Belastung ein Vorteil gegenüber dem synchronisierten Asynchronmotor.

δ) Der Heubachmotor ist in der Wirkungsweise ganz ähnlich dem Sartori-Motor mit dem Unterschied, daß die Gleichstromkommutatorwicklung in den Nullpunkt der primären Drehstromwicklung gelegt ist.

Da bei den kompensierten Motoren der Kommutator normal nur für die Schlupfleistung und -frequenz zu bauen ist, so kann man bei diesen Motoren, sofern bei Anlauf Vorsorge wegen des Kommutators getroffen wird, mit der Leistung $II \,.\, n$ wesentlich höher gehen als bei Regulier-Kommutatormotoren. Die umständlichen Theorien über die kompensierten Motoren lassen sich praktisch auf die Bestimmung der erforderlichen Spannung E_b am Kommutator und den zwischen Kommutator und sekundärer Erregerwicklung fließenden Strom I_e beschränken: Hat der Asynchronmotor an sich beim Vollaststrom I in der Primärwicklung mit z_1 effektiven Windungen einen Leistungsfaktor $= \cos\varphi$, so ist der zu kompensierende Blindstrom $I_x = I \,.\, \sin\varphi$. Hat die sekundäre Erregerwicklung eine effektive Windungszahl $= z_e$, die meist etwa gleich der Windungszahl z_{11} der sekundären Arbeitswicklung ist, so muß diese Erregerwicklung eine Gegen-Durchflutung

$$I_e \,.\, z_e = \text{zirka}\; I_x \,.\, z_1$$

schaffen. Zur Erzeugung dieses Erregerstromes braucht man eine Spannung $E_b = I_e \,.\, R_e$, wenn R_e der Wicklungswiderstand der Erregerwicklung einschließlich Kommutator ist. Diese Spannung E_b liegt an den Kommutatorbürsten und wird in einer neben

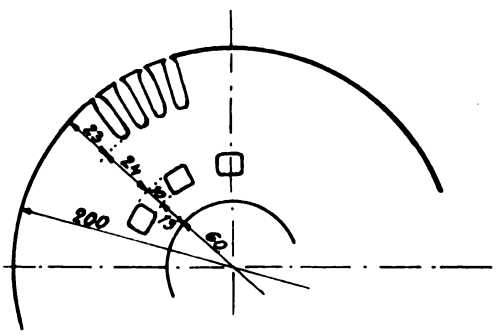


Abb. 1 *b*.

Torda-Motor.

der Primärwicklung liegenden Hilfswicklung mit z_h effektiven Windungen erzeugt, weshalb $E_b : E = z_h : z_1$ sein muß, wenn E die primäre Spannung, alles je Phase, ist. Die Windungszahl $z_h : z_e$ oder $z_h : z_{11}$ ist etwa $= f_s : f$, jedenfalls meist kleiner als $^1/_{10}$, oder $E_b =$ etwa 5 bis 10 vH von E_{11_0} bei Stillstand.

4. Alle Kaskadenschaltungen eines Asynchronmotors mit einem Synchron-, oder Drehstrom-, oder Gleichstrom-Kommutatormotor als Hintermotor lassen sich auch zur Phasenkompensation benützen[10]).

Bei Einphasenmotoren sind ähnliche Methoden zur Phasenkompensation möglich. Es kommt außerdem der kompensierte Repulsionsmotor (Latour, Winter-Eichberg) sowie der kompensierte Nebenschlußmotor hinzu; der letzte hat einen zweiphasigen Kommutator, die Bürsten in der Richtung des Statorfeldes sind kurzgeschlossen, die senkrecht dazu liegen an einem Teil der Statorspannung.

[9]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 609.

[10]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 669.

Digitized by Google

Perioden- und Phasenumformer.

Frequenzumformer sind in letzter Zeit in vielen und großen Sätzen gebaut worden, in Amerika in Einheiten bis 50 000 kW, $n = 300$. Es handelt sich in Amerika um die Umformung von 25 in 60 Per/s, in Italien, wo die Hälfte der elektrischen Energie je mit 42 und 50 Per/s erzeugt wird, und sonst in Europa von 50 in 42 oder besser in $41^2/_3$ Per/s oder ähnliche Periodenzahlen, wobei manchmal auch gleichzeitig Dreiphasen- in Zwei- oder Einphasenstrom umgewandelt wird. Für Vollbahnen kommt die Umwandlung von 50 periodigem Drehstrom in $16^2/_3$ periodigen Einphasenstrom in Frage.

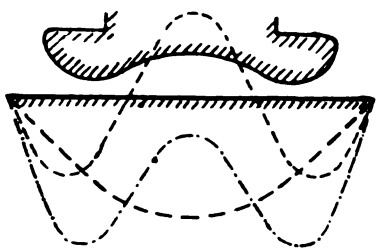


Abb. 2.

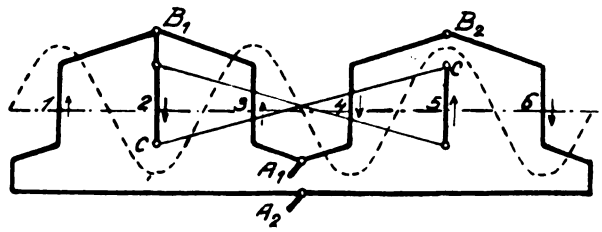


Abb. 2 a.
Bergmann-Periodenumformer.

1. Am üblichsten ist die Kupplung eines Synchronmotors von der Frequenz f_1 mit einem Synchrongenerator von der Frequenz f_2, wozu noch zwei Erreger und ein Anwurfmotor kommen können. Will man beim Parallelbetrieb zweier solcher synchroner Periodenumformer die Last beliebig verteilen, so muß der Stator einer Maschine

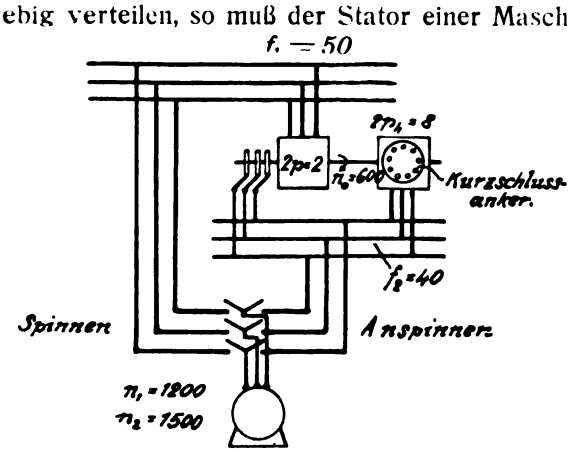


Abb. 3. Asynchronmaschine als Frequenzumformer. (Schorch-Werke A. G. Reydt).

(zum Beispiel um 180° : p) mit Kurzschlußmotor und Schnecke drehbar angeordnet werden. Beim Parallelschalten muß mit beiden Netzen synchronisiert werden, möglichst zuerst mit dem niederperiodigen. Hat man erst hochperiodig synchronisiert, so muß man in der Regel das Polrad um einen oder mehrere Pole schlüpfen lassen, um niederperiodig parallelschalten zu können. Die höchste Drehzahl bei 25/60 Per/s ist $n = 300$, bei $25/62^1/_2$ dagegen 750, bei $41^2/_3$ auf 50 $n = 500$ und bei 50 auf $16^2/_3$ $n = 1000$. Die Bergmannwerke haben die beiden Synchronmaschinen zu einem Einankerumformer vereinigt mit einem Magnetfeld nach Abb. 2; die induzierten Spannungen der beiden Frequenzen werden derselben Wicklung an den zwei Diagonalen einer Brückenschaltung entnommen. (Abb. 2a).

2. Will man eine gewisse Elastizität in den beiden Periodenzahlen haben, das heißt, will man die Frequenzen ändern und einstellen können, so verwendet man auf einer Seite zum Beispiel für die Frequenz f_1 eine Asynchronmaschine mit Krämer- oder Scherbius-Regelsatz und Doppelzonenregelung (Gleichstrom- oder Drehstromkommutatorkaskade), womit man die Drehzahl in beliebigen Grenzen verstellen und doch $\cos\varphi = 1$ halten kann. Die zweite Maschine für f_2 ist eine Synchronmaschine. Zwei große derartige regelbare Periodenumformer zu je 8850 kVA mit Krämerregelsatz hat die AEG jüngst in Frankfurt a. M. zur Umwandlung von Drehstrom $f = 50$ in Einphasenstrom $f = 45{\cdot}3$ aufgestellt.

Liegen die Motorgeneratoren zur Umwandlung der Frequenz an langen Fernleitungen, so wird manchmal zu dem Satz noch als dritte Maschine eine Gleichstrompuffermaschine gekuppelt, welche auf eine Batterie geschaltet ist. Bei Stromunterbrechung in der Fernleitung übernimmt die Batterie den Umformerantrieb (Wiesentalbahn sowie Stadt Zürich).

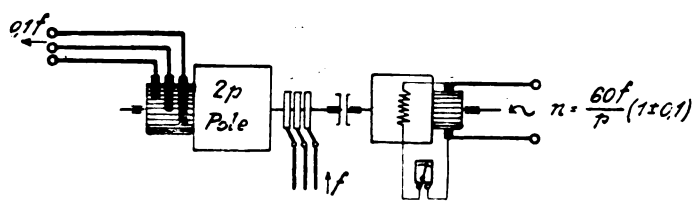


Abb. 4. Drehstromkommutatormaschine als Frequenzumformer.

3. Für viele Fälle kann man die Asynchronmaschine unmittelbar als Frequenzwandler benützen: Dem Stator führt man die Frequenz f_1 zu und entnimmt dem Rotor die Frequenz f_2, wenn der Rotor mittels Synchronmaschine oder Gleichstrommaschine mit der Frequenz $\pm f_r = f_1 - f_2$ angetrieben wird. Von der Leistung P wird $P \cdot \frac{f_1 - f_2}{f_1}$ durch den Antriebsmotor mechanisch und $P \frac{f_2}{f_1}$ elektrisch übertragen. Man wählt die Hauptmaschine möglichst zweipolig. Einen solchen Frequenzwandler für Ringspinnmaschinenbetrieb mit 50 und 40 Per/s zeigt Abb. 3 sowie Abb. 6.

Digitized by Google

4. Alle Kaskadenschaltungen eines Asynchronmotors mit Asynchron-, Synchron- oder Gleichstrom- oder Drehstromkommutatormaschinen (Krämer- und Scherbiuskaskade) als Hintermaschine können als Frequenzwandler verwendet werden, wobei man dem Primärteil des Asynchronmotors die eine, den Schleifringen die andere Frequenz entnimmt.

5. Jede mehrphasige mit Schleifringen versehene Kommutatormaschine, die man mit einer

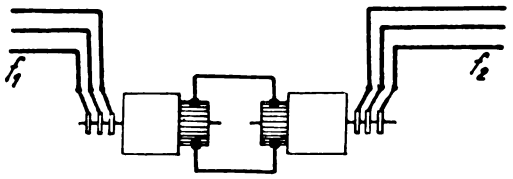


Abb. 5. Frequenzumformung über Gleichstrom.

bestimmten Drehzahl antreibt, ist ein Frequenzwandler.

Die mehrphasige Kommutatormaschine mit Schleifringen (Abb. 4) treibt man zum Beispiel mittels Gleichstrommotor mit $n = n_0 \pm 0{\cdot}1\, n_0$ an, wenn $n_0 = \frac{60 f}{p}$ ist, und erzielt so die Frequenz $0{\cdot}1 \,.f$ zum Beispiel für Papierkalander.

Bei $p = 1$ ist $n = 3300$ oder 2700
$p = 2$ „ $n = 1650$ „ 1350
$p = 3$ „ $n = 1100$ „ 900
$p = 4$ „ $n = 825$ „ 675

weshalb mit Antrieb durch Drehstrommotoren $0{\cdot}1 \,.f$ schwer genau zu erzielen wäre.

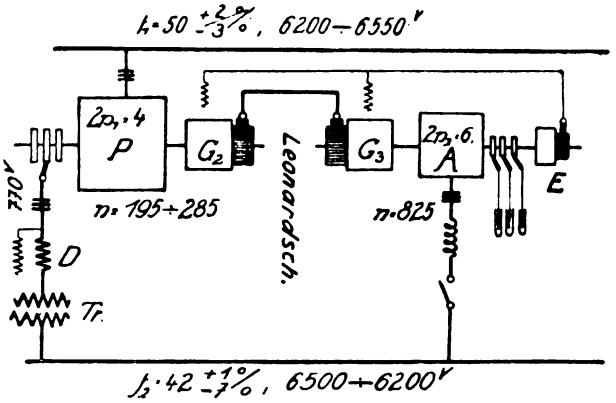


Abb. 6. Frequenzumwandlung in der Asynchronmaschine *P* mittels Gleichstromantrieb (SSW).

P = Asynchronmaschine als Periodenumformer, 1100 kW, $\cos\varphi = 0{\cdot}8$,
G_2 = Gleichsrommaschine (Hintermaschine),
Generatorleistung: 135/195 kW,
Motorleistung: 144/210 kW,
G_3 = Gleichstrommaschine,
Generatorleistung: 159/244 kW,
Motorleistung: 123/180 kW,
A = Asynchronmotor: 255 kW,
D = Drehtransformator,
Tr = Spannungstransformator 700/6500 V,
E = Erregermaschine.

6. Selbstverständlich kann man über den Umweg der Gleichstromumformer jede Frequenzwandlung durchführen: Mit f_1 speist man einen Einanker-Umformer (Abb. 5), der gleichstromseitig einen zweiten Umformer betreibt, der f_2 abgibt. In Abb. 6 ist eine Ausführung der SSW dargestellt, wobei die Umformung von 50 in 42 Hertz ebenfalls über Gleichstrom erfolgt; die eigentliche Frequenzwandlung geschieht in der Asynchronmaschine *P*.

Phasenumformer. Die Umwandlung von 3 in 6 Phasen (Durchmesser oder Doppeldreieck) ist bekannt, die in 12 und 9 Phasen erhält man nach Abb. 7 a bis c, wenn man zwei Dreiphasenspulen verschiedener Phase von entsprechender Größe richtig zusammensetzt.

Einanker-Umformer und Gleichrichter.

Für den Einankerumformer sind die bei der Gleichstrommaschine aufgestellten Formeln für die Grenzleistungen $P \,.\, n$ und P/p pro Polpaar sowie die mögliche höchste Gleichspannung *E* von der allergrößten Wichtigkeit, umso mehr als hier die Frequenz *f* unmittelbar Bedeutung hat. Aus den Grenzformeln ist ersichtlich, daß mit wachsender Frequenz *f* die Schwierigkeiten beim Umformerbau immer größer werden. Bis 1000 Volt Gleichspannung beherrscht man die 50 und 60 periodigen Umformer völlig und geht bei Wendepolumformern pro Polpaar auf 250 bis 500 kW. Auch für 1500 bis 1700 V sind eine Reihe Wendepol-Umformer mit Erfolg ausgeführt mit etwa 200 kW pro Polpaar. Man kommt allerdings auf Werte von $v = 50$ m/sec bis 60 m/sec, $v_k = 30$ bis 40 m/sec, $\tau_k = 4$ bis 5 mm, $e_d = 15$ bis 20 V (e_d = mittlere Lamellenspannung). Auf der Kommutatorseite verwendet man harte Spezialkohlenbürsten (Ringsdorff) mit Strombelastungen bis 10 A/cm² und auf den Schleifringen, die einfach warm aufgezogen werden, Metallstaub gemischte Graphitkohlen (Bronskol) mit Belastungen bis 20 A/cm². Bei hohen Segmentspannungen e_d werden die Gleichstrombürsten durch Isolierscheiben eingekapselt. Wichtig ist die richtige Bemessung der Wendepole, die nach dem Vorgang der BBC A. G. eisenarm und mit einem zweiten Luftspalt, das heißt unmagnetischen Spalt am Joch ausgeführt werden. Bekanntlich heben sich die Drehstrom- und Gleichstrom-AW größtenteils auf, so daß man für den normalen Betrieb mit Wendepol-AW $\mathfrak{A}_w$ = ca. 0·4 Gleichstrom-Anker-AW auskommen würde. Bei plötzlichem Kurzschluß wirkt aber der Einankerumformer wie ein Gleichstromgenerator, der Wendepol-AW = etwa 1·3 Anker-AW braucht, wobei dann der normale Einankerumformer zu heftiger Funkenbildung Veranlassung gibt. Macht man aber den Wendepolluftspalt sehr groß, 30 bis 50 mm, davon die Hälfte am Joch, so werden etwa 1·3 Anker-AW auf den Wendepol erforderlich, die dann auch bei Kurzschluß befriedigend wirken.

Die Entstehung des gefährlichen Rundfeuers am Kommutator hat seine Ursache in Segmentspannungen, die bei 30 V und darüber liegen und meist unterhalb einer Polspitze auftreten. Es muß dies ausdrücklich betont werden, weil man immer wieder Angaben findet, daß das Rundfeuer

Digitized by Google

mit der Kommutation und dem Bürstenfeuer zusammenhänge. Das Rundfeuer ist auch nicht auf eine Sprungwellen-Überspannung[11]) zurückzuführen und kann deshalb mit Kondensatoren parallel zum Kommutator nicht wirksam bekämpft werden. Rundfeuer ist aber auch keine unmittelbare Überstrom-Erscheinung. Die größte Segmentspannung am Kommutator ist bekanntlich

$$e_m = e_d\left(\frac{\tau}{B} + \frac{\mathfrak{A}_a}{\mathfrak{A}_{l+z}}\right) \quad \ldots \ldots (11),$$

wobei $\frac{\tau}{B}$ = Teilung: Polbogen, $\mathfrak{A}_{l+z}$ = AW für Luft und Zähne und $\mathfrak{A}_a$ im wesentlichen gleich der Gleichstrom-Ankerrückwirkung ist, die bei Belastungsstößen voll zur Geltung kommt. Bei Gleichstrom-

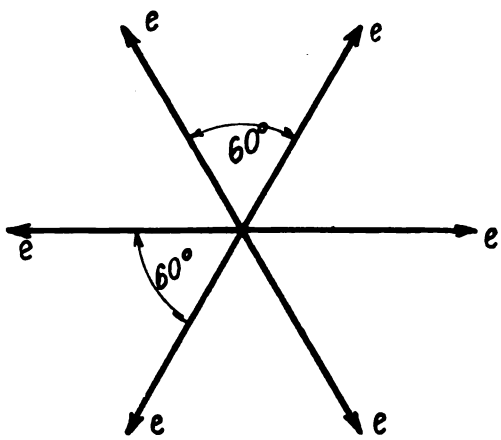


Abb. 7 *a*.

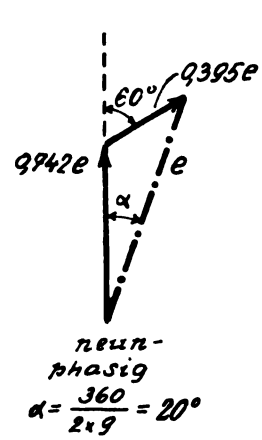


Abb. 7 *b*.

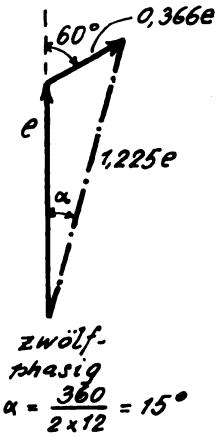


Abb. 7 *c*.

Phasenumformung von drei in neun und zwölf Phasen.

kurzschluß kann $\mathfrak{A}_a$ wohl auf das 10 bis 20 fache seines Vollast-Nennwertes ansteigen, so daß man mit $\frac{B}{\tau} = {}^2/_3$ und $\frac{\mathfrak{A}_a}{\mathfrak{A}_{l+z}} = 10$ bis 20 leicht auf Werte von

$$e_m = e_d({}^2/_3 + 10 \text{ bis } 20) = 11\,{}^1/_2\, e_d \text{ bis } 21\,{}^1/_2\, e_d$$

oder mit dem sehr üblichen Wert von $e_d = 20$ *V* auf e_m = 230 bis 430 V zwischen zwei Kommutatorsegmenten kommt, was natürlich mit Hilfe des Kohlen- und Kupferstaubes zu kräftiger Lichtbogenbildung, Rundfeuer und Überschlag führen muß. Wichtig ist es deshalb neben der Wahl kleiner Werte von e_d und $\mathfrak{A}_a$ von Haus aus, zur Vermeidung von Rundfeuer das Eintreten so hoher Kurzschlußströme überhaupt hintanzuhalten, und zwar durch Verwendung von Gleichstromschnellschaltern, die in etwa $^1/_{100}$ sec ausschalten[12]). Man versieht die Einankerumformer fast allgemein mit einer Dämpferwicklung zum Anlauf und gegen Pendelerscheinungen und mit Kupferplatten auf den Wendepolen, ferner mit einem Wellenspiel und einem Fliehkraftauslöser nach Abb. 8, die eine Westinghouse-Konstruktion zeigt. Zwecks Spannungsregelung kommt der Spaltpol-Umformer immer wieder in Verwendung, dessen Pole aus zwei oder drei Zacken bestehen, die einzeln verschieden erregt werden. Meist werden Drehstrom-Zusatzmaschinen zur Spannungsregelung eingebaut.

Bei Umformern ohne Wendepole erreicht man nur Werte von zirka 175 kW pro Polpaar bei einem Kommutatorsegment pro Nut, bei zwei Segmenten geht man um 20 vH tiefer und bei drei Segmenten pro Nut auf 60 vH der Werte bei einem Segment. In Amerika werden übrigens gerade bei hohen Spannungen wieder Umformer ohne Wendepole gebaut. Am richtigsten wäre es, bloß Querspulen in den Polschuhen und keine Eisenwendepole anzubringen.

Bei den raschlaufenden Umformern erzielt man die beste Ventilation ohne störendes Geräusch, wenn man sie abkapselt und der Luft wie bei Turbomaschinen genaue Wege vorschreibt.

Der größte Umformer dürfte ein Satz für 5000 kW, 520 V, n = 214 der SSW sein und von 5000 kW, 500 V, n = 300, f = 50 der BBC. Beachtenswert ist auch ein Bergmannumformer für 11 000 A, 2× 130 V, n = 300, sowie die AEG-Umformer für je 2500 kW, 300 V, n = 187·5 und

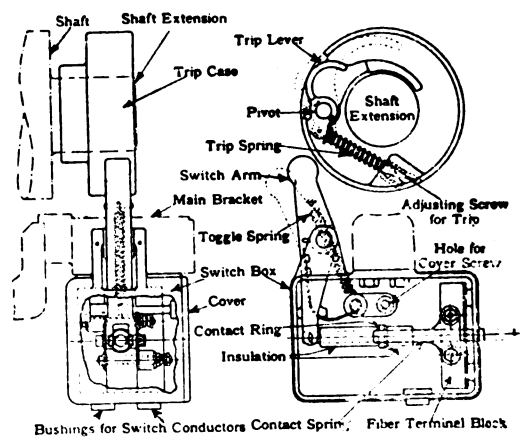


Abb. 8. Fliehkraftauslöser der Westinghouse Co.

maximal 12 500 A, dann die Westinghouse-Umformer für 17 000 A, 2 × 125 V, f = 25.

Die oben erwähnten Schwierigkeiten haben zur Folge, daß in Amerika für 3000 V Gleichstrom Motorgeneratoren verwendet und auch da zwei Gleichstrommaschinen hintereinander geschaltet

[11]) A. Roth, „Hochspannungstechnik", S. 398.
[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 622.

Digitized by Google

werden. Für den Wilsonbahnhof Prag werden sogar für 1500 V Gleichspannung zwei Umformer hintereinander geschaltet.

Der Kaskadenumformer wird in großen Netzen mit starken Spannungsschwankungen verwendet. Einankerumformer können bei starken Spannungssenkungen außer Tritt fallen, sie brauchen aber nicht ausgeschaltet zu werden, es wird auf der Gleichstromseite ein Schalter geöffnet, der einen Widerstand vor den Umformer legt, bis die Wechselspannung wieder voll auftritt.

Da der Anlauf von Einankerumformern heute fast allgemein von der Drehstromseite erfolgt und dabei leicht Bürstenfeuer entsteht, heben die Amerikaner häufig die Kommutatorbürsten bei Anlauf ab. Es genügt übrigens, die Bürsten aus der Wendepolzone herauszudrehen. Die Welle von Einankerumformern muß reichlich bemessen werden, um Wellenschwingungen zu vermeiden, die zu Funkenbildung Veranlassung geben.

Creedys Binary Converter[13]), der synchron oder asynchron ausgeführt wird, besteht in dem Zusammenbau eines Motorgenerators in einer Maschine. Den Drehstrom führt man einer dreiphasigen Statorwicklung zu, außerdem liegt auf dem Stator eine Gleichstrom-Erregerwicklung. Der Rotor trägt gleichzeitig einen Gleichstromanker und eine dreiphasige Sekundärwicklung.

An Gleichrichtern sind zu unterscheiden: 1. Der mechanische rotierende Gleichrichter bietet viel Verlockendes. In England haben Calverley und Highfield[14]) den vielphasigen Transverter entwickelt (Phasenzahl = Vielfachem von 6), wobei die Gleichrichtung hoher und höchster Spannungen bis zirka 100 000 V möglich wird und wobei die Bürsten rotieren. Die Vielphasenspulen führen zu einer Anordnung wie bei der Gleichstrommaschine mit vielen Kommutatorsegmenten. In einfacher Weise läßt sich dabei eine wirtschaftliche weitgehende Spannungsregelung durch Abschalten von Spulen auf der Wechselstromseite erzielen, wie dies beim alten Auvert-Umformer schon vor vielen Jahren geschah[15]). Es scheint, daß auch der neue Einankerumformer der SSW Wien zur Umwandlung von Einphasenstrom in Gleichstrom auf der Lokomotive, wobei auch Zwölfphasenumformung sowie Spannungsregelung durch Bürstenverschiebung benützt wird, auf einen solchen Transverter hinausläuft[16]). Dieser SSW-Einankerumformer soll auch den teuern Steuerumformer in Leonardschaltung für Förderanlagen ersetzen können.

2. Corbino's Gleichrichter mit zwei Quecksilberstrahlen, die synchron umlaufend nacheinander mit den drei Phasen Kontakt herstellen, ist in Italien in Betrieb, gebaut von den Officine Galileo in Florenz.

[13]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 684; Electrician 4. Juni 1926, S. 571.

[14]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 5.

[15]) Bei hohen Spannungen erfolgt der Stromübergang durch Funken, man spricht vom Nadelgleichrichter.

[16]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 387.

3. Für mäßige Ströme und beliebig hohe Spannungen selbst über 100 000 V hat sich die hochevakuierte Glühkathodenröhre als Gleichrichter eingebürgert. Der Argonalgleichrichter mit Hilfszündanode ist mit verdünntem Edelgas (Argon) gefüllt; er ist eigentlich eine Art Glimmlampe und wird für Ströme bis 25 A und Spannungen bis 700 V geliefert. Der innere Abfall beläuft sich ähnlich wie beim Quecksilbergleichrichter auf zirka 18 bis 20 V.

Es gibt eine Reihe Schaltungen von Glühkathodenröhren mit Kondensatoren, um die entstehende Gleichspannung auf das Doppelte und höhere Vielfache von $\sqrt{2}E$ zu steigern, wenn E die eff. Wechselspannung ist[17]). Hieher gehört die Stabilivolt-Einrichtung. Zwei Kondensatoren werden zum Beispiel parallel über zwei Glühkathodenröhren mit $\sqrt{2}.E = \sqrt{2}.125\,000$ geladen und hintereinander mit $2\sqrt{2}E = 2.\sqrt{2}.125\,000 = 350\,000$ V entladen.

4. Für Spannungen bis 5000 V, ja 10 000 V wird der Quecksilberdampf-Gleichrichter gebaut. Der Glasgleichrichter, der die einfachste Bauart darstellt, wird nicht nur dreiphasig, sondern auch sechsphasig bis 250 A hergestellt und zur Steigerung der Stromstärken in ein Ölbad gelegt oder im Luftstrom energisch gekühlt, sodaß man bis auf 500 A pro Kolben kommt. Der Großgleichrichter im Stahlzylinder, für den die BBC A. G. die Pionierarbeit geleistet hat, findet immer allgemeiner Anklang, auch in Amerika, wo er wegen des ständigen Luftpumpenbetriebes bis vor kurzem sich nicht einbürgern konnte. BBC haben etwa 1000 Stück Stahl-Gleichrichter und 2500 Glas-Gleichrichter hergestellt. Außer einer Vorvakuumpumpe (Kapselpumpe) ist noch eine Hochvakuum-Quecksilberpumpe nötig. Man erreicht heute 2000 ja 3000 A pro Stahlzylinder, man kann zudem verschiedene Zylinder oder Glaskolben parallel schalten.

Bei Gleichrichtern werden nicht nur im Gleichstrom Drosseln zur Glättung des Gleichstromes eingebaut, sondern auch Ausgleichsdrosseln in den Anodenstrom parallel geschalteter Gleichrichter, um den Strom auf alle gleich zu verteilen, ferner Nullpunktsdrosseln (Saugdrosseln), um den Strom möglichst gleichmäßig auf die Anoden zu verteilen.

Die Schwierigkeiten, die beim Quecksilberdampfgleichrichter zu überwinden waren, sind:

1. Die Gefahr der Rückzündung, das heißt das Überspringen von Rückstrom ins Gleichstromnetz, was zu schweren Kurzschlüssen und Störungen führt, und von ausgeschwitzten Verunreinigungen herrühren dürfte. Sie soll bei niedriger Temperatur leichter vorkommen, da die Gleichrichtung ja vom Glühen der Kathode abhängt. Durch Einbau von augenblicklich wirkenden Schnellschaltern mit einer Schaltzeit von etwa $^1/_{100}$ sec wird dieser Gefahr gesteuert[18]).

[17]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 954.

[18]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 718.

Digitized by Google

2. Sichere Anodendichtung, was durch Quecksilber oder Gummi geschieht, die Anoden sind luft- oder wassergekühlt.

3. Die zerhackten Stromkurven führen zu höheren Harmonischen und manchmal zu Störungen auf der Wechselstromseite und im Radio.

Die Sternspannung ist allgemein bei m Phasen

$$E_a = \frac{k(E_g + e_b)}{\sqrt{2}\cdot\frac{m}{\pi}\cdot\sin\frac{\pi}{m}} \quad \ldots (12)$$

mit $e_b = 15 \div 30$ V je nach Belastung und $k =$ einer Erfahrungszahl > 1, meist 1·2 bis 1·3. Die totale Einphasenspannung ist doppelt so groß, die verkettete Dreiphasenspannung $\sqrt{3}E_a$. Der Anodenstrom I_a ist

$$I_a = \frac{I_g}{\frac{m}{\pi}\sin\frac{\pi}{m}}\sqrt{\frac{1}{2m}+\frac{1}{4\pi}\sin\frac{2\pi}{m}} \quad (13),$$

wobei $I_g =$ Gleichstrom, $E_g =$ Gleichspannung.

Die gewellte Form des Gleichstromes hat zur Folge, daß die dem Gleichrichter zugeführte Anodenleistung, also die Sekundärleistung des Transformators

$$m\cdot E_a\cdot I_a = P_a = P_g\cdot\pi^2\cdot\frac{\sqrt{\frac{1}{2m}+\frac{1}{4\pi}\sin\frac{2\pi}{m}}}{m\sqrt{2}\sin^2\left(\frac{\pi}{m}\right)} \quad (14)$$

bei $m = 3$ etwa 1·5 mal, bei $m = 6$ etwa 1·8 mal größer ist als die Gleichstromleistung P_g.

Auch in der am Netz liegenden Primärwicklung ist die Leistung P_1 entsprechend größer als P_g, wenn auch ein gewisser Ausgleich namentlich durch doppelte Benützung der Primärwicklung möglich ist. Jedenfalls muß die Transformatorleistung 1·6 bis 1·8 mal größer sein als die Gleichstromleistung P_g. Die verschiedenen Wicklungsgruppen und Abschaltspulen führen leicht zu Unsymmetrien und starken Kräftebeanspruchungen der Transformatorenspulen, namentlich bei Rückzündung.

Die zerhackte Kurvenform führt auch zu einem schlechten $\cos\varphi$, der allgemein definiert ist durch[19]

$$\cos\varphi = \frac{\Sigma P}{\sqrt{m}\cdot\sqrt{\frac{\Sigma E_{kl}^2}{m}}\cdot\sqrt{\frac{\Sigma I_k^2}{m}}} = \frac{\text{Summe aller Wirkleistungen.}}{\text{Summe aller Scheinleistungen.}} \quad (15).$$

Das Summen-Zeichen bei E_{kl} bezieht sich auf sämtliche $\frac{m(m+1)}{2}$-Kombinationen ($m =$ Phasenzahl, $E_{kl} =$ Spannung) zwischen dem k. und l. Leiter, $I_k =$ Strom im k. Leiter.

$\cos\varphi$ wird trotz der Gleichstrombelastung wegen der zerhackten Kurven viel kleiner als 1, meist 0·8 bis 0·95.

Unter Welligkeit des Gleichstromes versteht man das Verhältnis

$$w = \frac{i_{mw}}{i_g} = \sqrt{2\left\{\left(\frac{I_g}{i_g}\right)^2 - 1\right\}} \quad \ldots (16),$$

wenn $i = i_g + i_{mw}\cdot\sin(2\omega t)$ und $I_g = \sqrt{i_g + \frac{i_{mw}^2}{2}}$ ist.

Mit Rücksicht auf die zerhackte Kurvenform dürfen bei Messungen auf der Wechselstromseite keine Stromwandler, eher induktionsfreie Nebenschlüsse verwendet werden. Auf der Gleichstromseite muß man zwischen arithmetischem und effektivem Mittelwert von Strom und Spannung scharf unterscheiden. Den besten Einblick gibt der Oszillograph. Ein Drehspuleninstrument mißt nur den Gleichstromteil, ein Induktionsinstrument nur den Wechselstrom und ein elektrodynamometrisches den Effektivwert.

Grondahl und Geiger geben einen neuen Gleichrichter an, bei welchem teilweise oxydierte Kupferplatten benützt werden[20]).

Eine umgekehrte Umformung von Gleich- in Wechsel- und Drehstrom ist im Einankerumformer und Motorgenerator ohne weiters möglich. Die Glühkathoden- oder Elektronenröhre mit Gitter und Gitterrückkopplung dient heute in ausgedehntem Masse als Umformer von Gleichstrom in Wechselstrom, vor allem in Hochfrequenzströme von 500 bis 10×10^6 Hertz, also herunter bis zu Wellenlängen von einigen Metern. Diese Hochfrequenzerzeuger-Röhren baut man in Einheiten bis 20, ja 100 und 200 kW und darüber, wobei Wasser- oder Ölkühlung notwendig ist. Sie lassen sich beliebig parallel schalten. Die Anodenspannung beträgt schon bei 1 kW 10 000 V, der Heizstrom 1 bis 5 mA pro Watt Leistung.

Isolation, Konstruktives und Meßtechnik.

Während für den Durchschlag von Gasen bei bestimmter Temperatur und bei bestimmtem Druck eine unveränderliche Feldstärke in Volt/cm und bei gegebenen Elektrodenformen eine bestimmte Spannung E angebbar ist (elektrischer Durchschlag), hängt der Durchschlag von festen Isolationsmaterialien, namentlich der getränkten Hartpapiere (Pertinax, Gumoid u. s. w.), stark von der Zeitdauer der angelegten Spannung und von der dabei entwickelten Wärme ab (Wärmedurchschlag); bei hohen Temperaturen erfolgt ein Durchschlag bei beliebiger Dicke mit der sogenannten Dauergrenzspannung, die von der Wärmeleitfähigkeit abhängt[21]). Kurzzeitige Überspannungsproben sind irreführend. Bei der Hochspannungsprüfung ist der Wattverlust der dielektrischen Absorption oder der Phasenwinkel zu messen, was ja mit dem Spiegelwattmeter oder in der Wechselstrombrücke möglich ist. Maßgebend ist der Verlust in $\frac{\text{Watt/cm}^3}{(\text{kVolt/cm})^2}$.

Die Wattverluste wachsen rasch mit der Temperatur, nur bei Glimmer nicht. Besonders

[19]) L. Fleischmann aus ENT 1926, S. 445; Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 511.

[20]) Journal AIEE 1927. Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 747.

[21]) Siehe das bereits zitierte Buch von A. Roth.

Digitized by Google

gefährlich sind die Luftblasen in den Isolierstoffen, weil Luft ja nur eine effektive Durchbruchspannung von 20 000 V je cm hat und bei Glimmentladung durch Luft Ozon und Salpetersäure entstehen. Deswegen ist eine sichere und dauernde Durchtränkung mit Isolieröl oder Compoundmasse notwendig. Die Grenzspannung E und damit auch die Durchschlagsspannung fester Isolierstoffe hängt allgemein von der Dicke Δ und der Leitfähigkeit λ wie folgt ab:

$$E = k . \Delta^{\frac{n-2}{n}} . \lambda^{\frac{1}{n}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17).$$

n nähert sich mit wachsender Dicke dem Werte 2, sonst ist $n = 4$ bis 8; häufig gilt $E = c . \Delta^{2/3}$.

Mechanische Beanspruchungen: Aus meinen bisherigen Auseinandersetzungen geht hervor, daß heute die Leistungsbegrenzung immer mehr ein mechanisches Problem wird, daß die Festigkeit und Elastizität der Materialien die Leistungsgrenzen bilden. Die genaue Nachrechnung aller Beanspruchungen, Dehnungen und Durchbiegungen ist deshalb unbedingt notwendig. Gründliches dynamisches (zum Beispiel mit der Auswuchtmaschine System Lawaczek-Heymann) Auswuchten[22]) und eine Prüfung mit erhöhter Drehzahl, eine Schleuderprobe, sind unerläßlich. Von größter Wichtigkeit ist heute für alle elektrotechnischen Fabriken eine gut eingerichtete Materialprüfanstalt, wo nicht nur Untersuchungen auf mechanische Elastizität und Festigkeit, sondern auch auf elektrische Festigkeit der Isolationsmaterialien angestellt werden können. Zur Feststellung von Gußfehlern und anderen inneren Fehlern von Scheiben, Wellen und Schienen benützt man Elektromagnete, deren magnetischer Kraftfluß sich entsprechend ändert, auch Röntgenstrahlen.

Weiters wird nicht nur die Behandlung der elektrischen, sondern auch vor allem der mechanischen Schwingungserscheinungen von der allergrößten Wichtigkeit, nicht nur bei bewegten, sondern auch bei ruhenden Maschinenteilen. Es hat sich zum Beispiel Resonanz zwischen der Biegungs-Schwingungszahl paralleler stromdurchflossener Kupferschienen und einer Harmonischen des durchfliessenden Wechselstromes ergeben, was zu unzulässigen Beanspruchungen und Bruch geführt hat. Ähnliches gilt für lange Bolzen von Transformatoren. Es sind nicht nur Biegungsschwingungen, sondern auch Drehschwingungen zu berechnen, wie sie sich zum Beispiel als Schüttelschwingungen bei Kurbeltrieben von Lokomotiven zeigen. Ein Fall ist mir aus der Praxis bekannt, wo die Differenz(Summe) der Biegungs- und Drehungs-Schwingungszahl eines Turbosatzes gleich der Betriebs-Drehzahl war und sich Resonanzerscheinungen in Form von Wellenverbiegungen zeigten. Unzulässige Erschütterungen stellt man mit dem Vibrometer von Carl Schenk, Darmstadt, fest.

Eine völlige Umwälzung im Aufbau aller elektrischen Maschinen findet insofern statt, als zum Beispiel die General Electric Co. Schenectady möglichst alle Gußstücke für die Maschinengehäuse durch gewalztes Stahlmaterial ersetzt, das auf Biegemaschinen heiß rund gebogen und mit Lichtbogen verschweißt wird. Näheres über dieses Verfahren, nach dem Synchronmaschinen für 50 000 kVA hergestellt sind, siehe später im Abschnitt „Heiz- und Schweißapparate".

Namentlich bei hochtourigen Turbomaschinen ist die Verwendung zweckentsprechenden Schmieröls und die richtige Anordnung der ganzen Schmieranlage von größter Bedeutung. Es sind reichlich große Ölkühler und Ölbehälter vorzusehen. Vor der Inbetriebsetzung ist der ganze Ölkreislauf gründlich von Rost und anderen Verunreinigungen zu säubern und zwar mit 90 g phosphorsaurem Natron und 90 g handelsüblicher Soda, dazu 48 g Seifenpulver und 12 g phosphorsaures Natron, alles in 5 Liter Wasser gelöst. Luftblasen verursachen Ölnebel und Emulsion des Öles. Das Öl soll deshalb leichtflüssig und nicht zu viscos sein, der Ölbehälter soll große Oberfläche haben, auch kann man die Luft durch Zentrifugen wegschleudern. Für das Kühlwasser von Lageröl sind Filter vorzusehen. Die Lagertemperaturen sind ständig zu kontrollieren, bei zu hoher Temperatur sollen Signale ertönen. Kleine Lagerschalen baut man aus Hartgummi.

Die Rollenlager (auch Kugellager) finden im Elektromaschinenbau immer mehr Eingang zum Beispiel für kleinere und mittlere Motoren, Bahnmotoren und Einankerumformer.

Es mag noch hier gestreift sein, daß auf Schiffen und Fahrzeugen zusätzliche Lagerbeanspruchungen infolge gyroskopischer Bewegungen auftreten, die die Größe $\frac{\Theta . \omega . \omega_0}{l_1}$ haben, Θ = Trägheitsmoment des Rotors, ω = Winkelgeschwindigkeit des Rotors, ω_0 = Winkelgeschwindigkeit der Schiffsbewegung, l_1 = Lagerabstand.

Ungleiche Kraftflüsse in den einzelnen Polpaaren, wie sie zum Beispiel durch Trennfugen begründet sind, führen zu elektrischen Spannungen in der Welle und zu zerfressenden Lagerströmen, die man durch isolierte Aufstellung der Lager unterdrückt.

Zahnradgetriebe finden in der Elektrotechnik immer mehr Verwendung, selbst für Leistungen von Tausenden von kW, auch als Winkelräder. Es werden oberflächlich gehärtete Stahlgußräder verwendet, die sehr große Lebensdauer haben. Auch das größere Zahnrad wird möglichst nicht geteilt und hydraulisch aufgezogen. Neuerdings kommen auch Reibräder mit gehärteten Stahlrollen, die ganz in Öl laufen, auf, für Übersetzungen 2 : 1 bis 15 : 1 und bis zirka 350 PS (Krupp)[23]). In Europa verdienen die in Amerika verbreiteten geräuschlosen Ketten viel mehr Beachtung. Sie haben ausgezeichnete Wirkungsgrade und keinen Schlupf sowie kurze Achsabstände.

Riemenantriebe werden bezüglich Schlupfverminderung und Wirkungsgrad wesentlich ver-

[22]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN S. 70.

[23]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 281, 681, 931.

Digitized by Google

bessert, wenn man Adhaesium auf die kleinere Scheibe aufbringt (Jute mit Bindemittel).

Unglücksfälle an elektrischen Maschinen sind äußerst selten. Am bekanntesten sind Ausbauchungen der Kappen von Turbogeneratoren, wobei die Stirnverbindungen im Rotor und Stator abgescheuert werden, dann Wellenschwingungen und deren Folgen, Rotorzerstörungen beim Durchgehen von Reihenschlußmotoren, Wellenbrüche infolge schlechten Wellenmateriales und Lagerschalenzerfressungen durch elektrische Lagerströme.

An beachtenswerten Meßmethoden möchte ich vor allem auf die Pendeldynamos hinweisen, die man mit der zu untersuchenden Maschine, ob Motor oder Generator unmittelbar kuppelt. Die Pendeldynamo stellt als Motor oder Generator direkt das Drehmoment M fest und die Drehzahl n kann man leicht messen, sodaß man die Leistung

$$P = \frac{M . \pi . n/30}{102} \text{ in kW}$$

bekommt. Als Tourenzähler ist der Universal-Handtourenzähler von Hasler sehr geeignet:

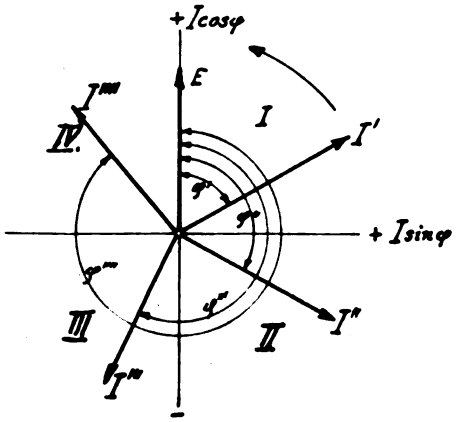


Abb. 9 *a*.

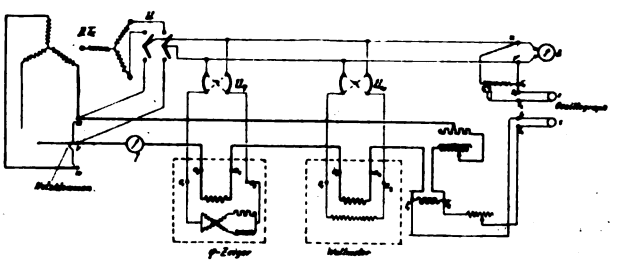


Abb. 9 *b*.

Eichschaltung mit Drehtransformator.

Tabelle zu Abb. 9 *a* und *b*.

φ-Zeiger		Watt-Zeiger.	
U_φ gerade: φ = 0° bis 90° = 180° bis 270°	U_φ gekreuzt: φ = 90° bis 180° = 270° b. 360°	U_w gerade: φ = 90° bis 270°	U_w gekreuzt: φ = 0° bis 90° = 270° bis 360°
induktiv (Quadrant I u. III)	kapazitiv (II u. IV)	Stromverbraucher (Quadrant II u. III)	Stromerzeuger (Quadrant I und IV)

Ein Uhrwerk stellt das Zählwerk genau nach drei Minuten ab, sodaß sich durch Division mit drei genau die minutliche Drehzahl ergibt.

Was die Untersuchung von Eisenproben anlangt, so ist meines Erachtens der Gumlichsche Eisenprüfapparat nicht genügend verbreitet. Er wird von der AEG gebaut und gestattet absolute und genaue Messungen ohne Vergleichspaket. Innerhalb der Magnetisierungsspulen sind etwa Mitte Kern besondere $\mathfrak{B}$-Spulen und um das Eisen herum vier $\mathfrak{H}$-Spulen angebracht, sodaß man ballistisch ganz genaue Werte von $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{H}$ und damit die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve aufnehmen kann. Ich habe diesen Epstein-Apparat auch zur Untersuchung von permanenten Magneten ausgebaut, sodaß man die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve speziell im 4. Quadranten, wo Remanenz und Koerzitivkraft auftreten, messen kann; es ist die einzig wirklich einwandfreie Methode. Man bestimmt dann in diesem Quadranten den Wert $(\mathfrak{B} \times \mathfrak{H})_{max}$, der ein Maß für die Güte des permanenten Magneten ist. Darüber wird noch gesondert berichtet werden.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit auch darauf hinweisen, daß genaue Messungen mit Wattmetern, die von Meßwandlern gespeist werden, sehr schwierig sind. Es scheinen Beeinflussungen der Meßwandler bei großen Strömen und Veränderungen der Fehlwinkel vorzukommen. Bei der Eichung in den bekannten Sparschaltungen müssen Phasenzeiger eingebaut werden und je nach geradem oder gekreuztem Anschluß festgestellt werden, ob kapazitive oder induktive, stromabgebende (generatorische) oder stromaufnehmende (motorische) Schaltung vorhanden ist, (siehe Abb. 9 a und 9 b samt Tabelle).

Wenn w die Wattmeterablesung ist, so ist die Leistung

$$P = w . \frac{\lambda_i . \lambda_e \left(1 - \frac{\Delta i}{100}\right)\left(1 - \frac{\Delta e}{100}\right)}{1 \pm \operatorname{tg}\delta . \operatorname{tg}(\varphi \pm \gamma_e \mp \gamma_i)} \cdot \frac{\cos\tau}{\cos(\varphi \pm \gamma_e \mp \gamma_i)} \mp \left(\frac{E}{\lambda_i}\right)^2 \left(\frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_v}\right) \pm \pm p_e \pm p_i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18).$$

λ_i und λ_e sind die Übersetzungsverhältnisse von Strom- und Spannungswandlern, Δi und Δe ihre Fehler, γ_i und γ_e ihre Fehlwinkel, δ der Fehlwinkel in der Spannungspule des Wattmeters, φ der eigentliche Phasenwinkel zwischen Spannung E und Strom I, r_n = Widerstand der Spannungsspule des Wattmeters, r_v = der des Voltmeters, p_e und p_i sind die Verluste in den Spannungs- und Stromwandlern.

Zur Messung hoher Spannungen von etwa 100 000 V aufwärts werden die Spannungswandler so umfangreich und teuer, daß man zu Elektrometern mit in Reihe geschalteten Kondensatoren greift, die man in den Durchführungshülsen, namentlich bei der Kondensatortype, an sich zur Verfügung hat. Parallel mit einem Kondensator oder dahinter werden am Erdpol Stromwandler eingeschaltet, deren mit üblichen Strommessern bestimmter Sekundärstrom ein Maß für die Spannung gegen Erde ist. Das Urteil der

Digitized by Google

Praxis ist vorläufig noch nicht übereinstimmend, in manchen Anlagen kann man damit parallelschalten, in andern nicht. Auch die Oberflächenableitung wirkt bei allen statischen Messungen störend. Emil Häfely A. G., Basel, mißt den Ladestrom von Hochspannungs-Funkenstrecken, deren Glimmen oder Corona an sich zum Messen der hohen Spannungen dient, indem sie ihn von einer isolierten Kalotte abzweigt und durch zwei entgegengesetzt angeschlossene Elektronenröhren gleichrichtet, so daß er sich mit einem empfindlichen Drehspulen-Instrument messen läßt, wobei die fragliche Spannung $E = i : 4 . \sqrt{2} . f . C$ ist, wenn i der gemessene Ladestrom und C die Kapazität der Funkenstrecke ist.

Eisenhaltige Elektrodynamometer, die ein kräftiges Drehmoment haben, bürgern sich immer mehr zur Messung von Strom, Spannung, Leistungen, Frequenzen, Phasenwinkel usw. ein. Allerdings dürfte sich das Weicheisen-Instrument zur Strom- und Spannungsmessung als praktisch recht genaues und preiswertes Universalinstrument herausbilden, die Genauigkeit beträgt 0·1 vH bei Gleichstrom und ist gleich gut bei Wechselstrom bis $f = 500$. Für Radiofrequenzen tritt neben dem Hitzdrahtinstrument das Thermo-Instrument in den Vordergrund; es ist dies ein Thermoelement, das mit seiner Lötstelle auf den zu messenden Stromleiter hart aufgelötet ist und mit den kalten Enden an ein sehr empfindliches Drehspuleninstrument angeschlossen ist. Die Weston Co. baut bis $f = 3000$ solche Instrumente herunter bis 2 mA Vollausschlag, die größeren Ströme mit Nebenschluß. Mit Hilfe von Vorschaltwiderständen ergeben sich die Radio-Voltmeter, die Weston bis etwa 2 000 000 Per/s brauchbar gemacht hat. Auch Radio-Wattmeter werden gebaut.

Bei den Stromwandlern für Radiofrequenzen kommt es mehr auf die Zahl der Bleche als auf die gesamte Eisendicke an, weshalb man 0·05 mm starke Bleche verwendet. Wichtig ist außerdem, daß Primär- und Sekundärwicklung sich und das Eisen gleichmäßig bedecken, bei einer primären Windung wird diese deshalb als Kupferrohr und -glocke ausgebildet[24]). Die bei registrierenden und zählenden Instrumenten vielfach benötigte Uhr wird neuerdings durch selbstanlaufende Synchronmotoren ersetzt, wobei konstante Frequenz f vorausgesetzt wird.

Apparate.

a) Schalterbau: Die für Gleichstrom entwickelten Schnellschalter, die ungemein rasch, in etwa 1/100 sec, auslösen und kräftige Funkenlöschung besitzen, sind zum Betrieb von Gleichrichtern und Einankerumformern Lebensbedingung geworden. Auch die Ölschalter für Wechselstrom sind verbessert und für Spannungen bis 237 000 V entwickelt worden. Die Schalterarbeit $A = \alpha . E . I . t$ dient in Form des Unterbrechungsfunkens zur Verdampfung und Zersetzung des umgebenden Öls, die Gasblase wächst an und wirft den darüber befindlichen Ölkolben mit großer Geschwindigkeit (über 10 m/sek) gegen den Öldeckel, was zur Zertrümmerung des ganzen Ölkessels führen kann.

Man kann heute die Vorgänge in einem Ölschalter praktisch genügend genau vorausberechnen[25]). Die von Dr. Bruno Bauer für den Schweizerischen Elektrotechnischen Verein ausgeführten Versuche haben seinerzeit ergeben, daß die Schalterkonstante α in obiger Formel für die Schalterarbeit A in kWs (abzuschaltende Spannung E in kV, Abschaltstrom I in Amp.) bei Wechselstrom unter 0·07 bleibt, nach Versuchen von BBC rechnet man besser mit 0·2; sie ist umso größer, je mehr Reaktanz die Belastung und die Generatoren haben und je verzerrter die Kurven sind. Die Abschaltzeit t in Sek wächst mit der abzuschaltenden Spannung und Leistung und liegt meist zwischen 0·01 und 0·1 sek. Weiters haben die erwähnten Versuche ergeben, daß durch je 1 kWs Schalterarbeit 50 cm³ Gas entwickelt werden, bezogen auf normalen Druck und Raumtemperatur. Im Lichtbogen, wo man im Mittel mindestens 1200° und eine große Menge verdampftes Öl annehmen muß, kann man etwa mit dem 8-fachen Volumen rechnen, das heißt mit zirka 400 cm³ je kWs Schalterarbeit, auf normalen Druck bezogen. Wenn man ohne Schalterdeformation auskommen will, so bleibt der Gasblase, die bei Normaldruck von 1 at das Volumen V habe, nur das Volumen V', das vorher die Luft oben im Schalter einnahm und das man nicht zu klein wählen sollte. Der Druck, unter dem die Gasblase stehen wird, ist also etwa $k = V/V'$ in kg/cm²; er kann leicht $k = 5$ bis 10 at betragen und stellt eine weitere Beanspruchung des Ölkolbens dar. Er wirft das Öl mit großer Geschwindigkeit $v' = \sqrt{20000 . g . k : \gamma}$, wobei $g = 9{\cdot}81$ und $\gamma =$ zirka 900, aus einem vorhandenen Auswurfrohr; auch heiße Gase und Öldämpfe, die sich manchmal stichflammenartig entzünden, können nachfolgen. Nur ausnahmsweise und bei kleinen Leistungen werden die Gasblasen zu Kaminbildung Veranlassung geben und glühend in den Luftraum oben im Schalter gelangen, wo sie ein explosibles Gasgemisch bilden. Setzt man in obiger Formel für die Schalterarbeit A, wenn $v =$ zirka 1 m/s ist, $t = \lambda . E$ mit $\lambda = 1 : 100$, allgemein $\lambda = \frac{1}{100\,v}$ und $\alpha = (0{\cdot}056 + 1{\cdot}44 . 10^{-6} . I)$, so wird

$$A = (0{\cdot}056 E + 1{\cdot}44 . 10^{-6} . E . I) \frac{E . I}{100 . v} \text{ in kWs} \quad (19).$$

Die entstehende Gasblase kann ungefähr kugelförmig angenommen werden, ihr Radius läßt sich leicht aus der Schalterarbeit errechnen; man hat

$$\frac{4}{3} \pi r^3 = 400 . A = 400 . 0{\cdot}2 . E . I . \frac{E}{100 . v}, \quad (20)$$

also in cm

[24]) Siehe Edcumbe in Journal I. E. E., London 1927, Nr. 366. Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 915.

[25]) Brühlmann, E. u. M. 1925, S. 705; Charpentier, E. u. M. 1925, S. 489. Kloninger, E. u. M. 1927, S. 397.

Digitized by Google

$$r = 0{\cdot}6 . \sqrt[3]{\frac{E^2 . I}{v}} = 2{\cdot}8 . \sqrt[3]{E . I . t} \quad . \; . \; (21).$$

Die Konstanten gelten schon für extrem schwierige Fälle, für leichte Fälle treten anstelle von 0·6 und 2·8 die Werte 0·2 und 1. Es ist jedenfalls zu verlangen, daß die Ölhöhe über den festen Kontakten wesentlich größer ist als der Radius r der Gasblase, um das Entstehen eines explosiblen Gemisches oben im Schalter zu vermeiden. Auch scheint es mir wünschenswert, daß der Abstand der beiden äussersten festen Kontakte in einem Kessel größer sei als $2.r$, damit nicht im Gasgemisch von Kesselschaltern ein Überschlag von Pol zu Pol stattfinde. Bei Topfschaltern, die an sich wenig Öl benötigen, ist ein solcher Überschlag unmöglich, weil jeder Pol in einem eigenen Öltopf liegt. Bei Kesselschaltern werden isolierte Trennwände zwischen die einzelnen Kontakte eingebaut. Zur Vermeidung von Überschlägen zum Gehäuse wird der ganze Kessel isoliert ausgelegt.

Um die Schaltzeit t möglichst abzukürzen und damit die Schalterarbeit A herabzusetzen, erstrebt man möglichst große Schaltgeschwindigkeiten v, und zwar 2·5 bis 5 m/sek bei Schwerkraftbetätigung, $v = 5$ bis 8 m/sek bei Verwendung starker Federn und $v = 8$ bis 12 m/sek bei Löschkammern. Die europäischen Firmen erhöhen die eigentliche Abreißgeschwindigkeit bei Spannungen von 40 000 bis 220 000 V noch dadurch, daß sie pro Phase viele, 6 bis 12, Unterbrechungen anbringen, während in Amerika je Phase und Kessel nur 2 Unterbrechungen vorgesehen werden. Der Einbau von druckfesten Löschkammern und rasch abreißenden Schnellkontakten hat sich zur Verkürzung der Schaltzeit eingebürgert; außerdem verwendet man druckfeste Ölkessel, die 10 bis 15, ja bis 100 atü aushalten, und sieht Auswurfsrohre vor. Die M. F. Oerlikon leitet die Gase aus der Löschkammer durch den hohlen Leiter unmittelbar ins Freie.

Die Gen. El. Co., Schenectady setzt auf die Type H ihrer Topfschalter Trennkammern auf, in denen sich die heißen Gase abkühlen; die Westinghouse Co. baut an die Ölschalter einen sogenannten Muffler an, in den bei schweren Unterbrechungen die oberhalb des Öls befindliche Luft getrieben wird. Beide Vorrichtungen sollen Explosionen durch Knallgasbildung verhindern. Außer der M. F. Oerlikon bauen auch die SSW für 24 kV Topfschalter System Heinisch.

In Revue Gén. d'El. vom 6. I. 1923 ist für die zulässige Schalterleistung pro Pol oder pro Phase in VA folgender empirischer Ausdruck angegeben:

$$\Pi = E . I = 240 . v . a . \sqrt{H} \sqrt[3]{\frac{n . d}{400 + E}} \quad . \; (22),$$

worin $v =$ wirkliche Schaltgeschwindigkeit in m/sek (= 2·5 bis 12 m/sek), $a =$ totaler Unterbrechungsweg in cm, $H =$ Höhe des Öles über den Kontakten in cm (die ja größer als r sein soll), $d =$ kleinster Abstand der Kontakte vom Schalterkesselrand in cm, $n =$ Zahl der Unterbrechungen, $E =$ Spannung in V. Bei 130 000 V ist zum Beispiel der totale Hub $= 10 \times 270$ mm. Für die Höhe h der Durchführungsisolatoren in Luft über dem Ölkessel hat Vogelsang[26]) folgenden Wert in mm aufgestellt:

$$h = \left(0{\cdot}8 + \frac{\sqrt[3]{\Pi}}{30} . \sqrt{E}\right) \quad . \; . \; . \; . \; (23)$$

worin $\Pi =$ Leistung in kVA und $E =$ Spannung in V.

Die BBC A. G. hat mit Kugelkontakten bei Ölschaltern gute Erfahrungen gemacht, ebenso mit sogenannten Solenoidkontakten[27]), wobei gleichsinnig stromdurchflossene Spulen in beiden Kontakten der durch elektrodynamische Stromkräfte verursachten Abhebung der Kontakte entgegenwirken. Durch Messerkontakte, überhaupt durch Anordnung der Kontaktflächen so, daß die Kontakte zusammengepreßt werden, läßt sich dieses elektrodynamische Abheben auch unschädlich machen. Die Skodawerke bauen die großen Ölschalter bei 110 000 V nicht mit der üblichen Auf- und Abschaltbewegung, sondern mit Drehbewegung ähnlich den Hochspannungstrennschaltern. Um im Winter ein Einfrieren zu verhindern, werden elektrische Heizkörper unten ins Öl eingebaut.

Mit den heutigen Ölschalterkonstruktionen beherrscht man Kurzschlußschaltleistungen bis 2 500 000 kVA sowohl bei 220 000 V wie bei 15 000 V, im ersten Falle bei einem Gewicht des Schalters von 85 t. Diese Kurzschlußleistung ist natürlich eine fingierte Größe, da im Kurzschluß die Spannung E verschwindet und bei der Berechnung der Kurzschlußleistung die volle Betriebspannung E und der volle Kurzschlußstrom $I \times \sqrt{3}$ angenommen wird.

Zweifellos haben zum Ein- und Ausschalten von leerlaufenden Transformatoren und Asynchronmotoren Ölschalter mit Vorkontakten und Schutzwiderständen von der Größe R etwa $= 0{\cdot}9\ E : I_0$ gewisse Vorteile. R soll zwischen $2\sqrt{\frac{L}{C}}$ und $\frac{1}{\omega C}$ liegen, wenn L die gesamte Streuinduktivität und C die Kapazität der Hochspannungswicklung gegen Erde ist. Sie müssen natürlich solid ausgeführt sein und ein Hängenbleiben der Schalter, also Dauerschaltung der unter Öl befindlichen Widerstände, die zu Explosionen führt, muß ausgeschlossen sein. Neuerdings werden die Schutzwiderstände, die man in Amerika und England nicht benützt, als Carborundumstäbe wieder in Luft angeordnet, meist aber ganz weggelassen.

Die Fernbetätigung der wichtigsten Ölschalter mit Druckknopf oder Hilfsschalter wird immer allgemeiner und zwar dient bei Wechselstrom zur Schalterbetätigung ein Repulsionsmotor mit einer Vor- und Rückwärts-Erregerwicklung über Klauenkupplung und Schnecke und anschließend Kettenübertragung für die drei Ölkessel (SSW) oder bei Gleichstrom ein kräftiger Hubmagnet, dessen Ei-

[26]) ETZ 1909, S. 796.
[27]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 403.

Digitized by Google

senkern mit Zahnstange auf ein auf der Ölschalterwelle sitzendes Zahnrad wirkt (Sprecher & Schuh). Der Strom des Elektromagneten wird durch einen besonders kräftigen, vom Steuerstrom betätigten Hilfsschalter geschaltet. In jedem Falle wird beim Einschalten eine kräftige Ausschaltefeder gespannt. Von Drehmagneten ist man abgekommen, ebenso von Reibungskupplungen, die bei Verschmierung durch Öl versagen.

Um die Durchführungen der Ölschalter werden unter Öl sowie um die Wanddurchführungen in Luft kurzschlußfeste Stabwandler, bei Strömen unter 300 A Schleifenwandler eingebaut. Zum gründlichen Ausproben von Ölschaltern werden im Prüffeld kräftige Motorgeneratoren mit großem Schwungmoment GD^2 aufgestellt.

Trennschalter von 5000 V aufwärts sollen so gebaut sein, daß alle drei Phasen gleichzeitig betätigt werden, weil beim Einzelschalten Überspannungen entstehen können. Spannungswandler und Erddrosseln schließe man ohne Sicherungen über Trennschalter direkt an. In Amerika werden in die Abzweigungen von Freileitungen Hochspannungs-Röhren-Sicherungen auf den Masten

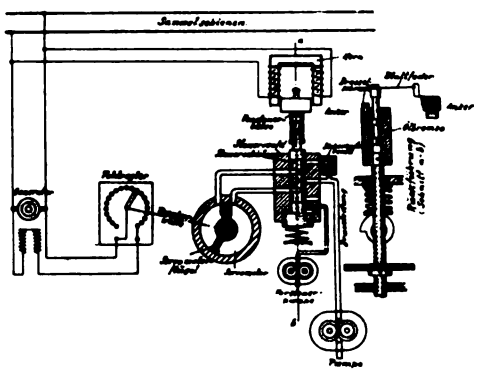


Abb. 10. Thoma-Regler.

eingebaut, von der General Electric Co Ölsicherungen bis 70 000 V. Mit der Hochspannungs-Sicherung von Schweitzer und Conrad, Chicago, bei der der Lichtbogen in Tetrachlorür-Kohlenstoff entsteht, hat man nach A. Roth 34 000 kVA bei 22 300 V in 0·012 Sek. anstandslos unterbrochen, in Amerika sogar 100 000 kVA[28]). Es werden aber auch Trennschalter unter Öl an Masten in amerikanische Freileitungen und Kabelnetze eingebaut.

b) Da die heutigen Synchronmaschinen hohe Ankerrückwirkung und Streureaktanz besitzen, ist die Verwendung selbsttätiger Spannungsregler unerläßlich geworden. Der Schnellregler, Bauart Tirill, bei dem ein schwingender, von der Spannungsspule beeinflußter Schalter einen großen Widerstand in der Erregung in rascher Folge kurzschließt und freigibt, ist heute sehr verbreitet. Er ist aber neuerdings, was Raschheit der Regelung und vielseitige Verwendungsfähigkeit anlangt, vom hydraulischen Thoma-Regler, Abb. 10, übertroffen worden[29]). Ein Spannungsrelais verstellt die Öl-Zu- und Abfuhr zu einem Preßölservomotor, der mit großer Kraft den Erregervorschaltwiderstand verstellt. Die Schnellregelung wird dadurch bewirkt, daß der Regler zuerst weit über seine endgültige Lage hinausgeht und eine nachgiebige Rückführung mit rotierender Ölbremse ihn wieder zurückführt. Um die Regulierungsgeschwindigkeit aufs höchste zu steigern, ist noch eine hydraulische Vorsteuerung vorhanden und selbst kleinste Vorsteuerbewegungen haben bereits kräftige Bewegungen des Hauptsteuerschiebers zur Folge. Bei kapazitiver Belastung kehrt der Thoma-Regler den Erregerstrom um; er kann auch zur Regelung des cos φ, der Drehzahl mit Hilfe eines Fliehkraftreglers oder einer Tachometerdynamo, sowie zur Pufferung usw. benützt werden. Für viele Fälle genügen natürlich auch die Eilregler wie der Dickregler der Österr. SSW mit Spannungsspule und eigenartig geformtem Eisenkern, der in dem die Widerstandskontakte mehr oder weniger bedeckenden Quecksilber schwimmt, dann vor allem der BBC-Regler, wobei sich Metallsegmente auf den hohlen Kontaktbahnen des Feldreglers abwälzen. Die neue Bauart der BBC Mannheim ist insofern eine Ver-

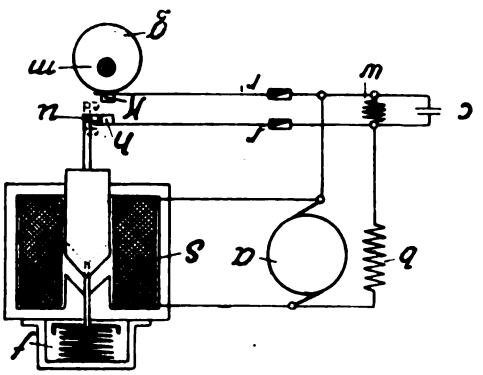


Abb. 11. Mes-Regler.

einfachung, als sich ein Metallband mehr oder minder über die gewölbte Kontaktbahn legt. Bei den Scintilla-Lichtmaschinen für Automobile schließt und unterbricht der vor einer Spannungsspule schwingende federgespannte Hebel unmittelbar den Erregerstrom. Beim Schnellregler System „Mes", Abb. 11, wird der eine Kontakt *h* eines Schalters von einem Eisenkern einer Spannungsspule auf- und abbewegt, während der Gegenkontakt *k* von einem Exzenter *g* auf der Dynamowelle in schwingende Bewegung gebracht wird; zwischen den zwei Kontakten liegt der Widerstandsregler *w* vor der Erregerwicklung. *w* wird mehr oder weniger lang kurzgeschlossen. Zur Unterdrückung der Funkenbildung ist ein Kondensator *c* parallel zu den Kontakten *h k* geschaltet. (Abb. 11).

c) Die Zahl der verschiedenen Schutzrelais[30]) ist fast ins Ungemessene gewachsen. Die erste Bedingung ist es, daß diese Schutzrelais mechanisch zuverläßlich gebaut sind, damit sie nicht Störungen hereinbringen oder im Ernstfalle versagen. In dieser Hinsicht scheint mir das ASEA-Relais[31]) beachtenswert, weil sich eine

[28]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 191.
[29]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 410.
[30]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 927.
[31]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 43.

Digitized by Google

Aluminiumscheibe dauernd sichtbar dreht, solange überhaupt Strom fließt. Da man heute Generatoren und Transformatoren mit großer Reaktanz baut und wohl auch noch Strombegrenzungsdrosseln einschaltet, ist die Kurzschlußgefahr wesentlich gemildert. Am zweckmäßigsten ist es, den üblichen Spannungs-Schnellregler mit einem sogenannten Kurzschlußregler zu verbinden, der bei Überstrom oder Kurzschluß die Erregung soweit herabdrückt, daß im Netz nur etwa der Vollaststrom fließt. Ich habe diesen Kurzschlußregler der BBC-A. G. hierzulande erstmal im Wasserkraftwerk Kaaden eingeführt. In gleicher Weise drückt man bei Drehzahlsteigerungen mittels Fliehkraftreglers die Erregung herab. (Abb. 8.) Selektive Abstufung der Überstromrelais ist heute selbstverständlich. Der Schalter beim Konsumenten, in dessen Anlage ein Kurzschluß oder ein ähnlicher Fehler auftritt, soll sofort auslösen, bevor irgend ein anderer wichtiger Schalter ausfällt. In dieser Hinsicht sind die neuen denkenden Relais, wozu neben dem Westinghouse-Relais das AEG-Biermanns-Distanz-Relais gehört[32]), dessen Auslösezeit der Reaktanz, also der Distanz vom Fehler bis zum Relais ungefähr proportional ist, das beste, da dasjenige Relais ausschaltet, das dem Fehler am nächsten ist. Auch die gegenläufige Staffelung der Relais in einer Ringleitung, wie sie die SSW ausführen, verfolgt denselben Zweck; es werden Richtungsrelais mit Überstromrelais verbunden. Besonders beachtenswert erscheint mir das Spannungsabfallrelais von Voigt & Häffner A. G., schon wegen seiner Einfachheit. Der Achter- und Polygonschutz wird in parallele Leitungen eingebaut und wirft die fehlerhafte Leitung allein heraus[33]). In Fabriken, die teilweise aus Fernleitungen versorgt werden, benützt man Schutzrelais, die beim Ausbleiben der Fernversorgung alle unwichtigen Motoren abstellen, aber die lebenswichtigen Betriebe aufrecht erhalten. Es gibt Leistungsrelais, welche die Arbeitsmaschine so beeinflussen, daß sie konstante Leistung oder aber nur eine bestimmte Überschußleistung aufnimmt.

Erdschlußrelais, deren eine Spule zwischen Nullpunkt und Erde und deren andere parallel zu Stromwandlern in den drei Phasen liegt, sind allgemein üblich. Der Differentialschutz, der auf Strom- oder Leistungs-Differenz eingestellt wird, ist wohl teuer und kompliziert, gibt aber die sicherste Möglichkeit, Fehler in Generatoren, Transformatoren und Leitungen festzustellen. Bei den Generatoren wirkt er auf die Erregung und schaltet sie ab. Legt man parallel zu einer Drehstromwicklung die dreiphasig sterngeschaltete Stützdrossel, so kann man in die Verbindung der beiden Nullpunkte ein Schutzrelais legen, das bei inneren Fehlern in der erstgenannten Wicklung auslöst (System Bauch) [34]).

Für Öltransformatoren dürfte der Buchholzschutz, der bei plötzlich auftretender Ölverdrängung infolge einer größeren Gasentwicklung eine Signal- oder Auslösevorrichtung betätigt, allen vorkommenden Störungen, wie Kurzschluß, Windungsschluß, Eisenbrand, Erdschluß, andauernde Überlastung, Lichtbogenbildung gerecht werden, er ist zudem einfach in der Ausführung. Er verhindert am wirksamsten Ölbrände und Ölexplosionen und wird in das Rohr zwischen Konservator und Transformator eingebaut.

Die Schutzrelais werden neuerdings mit Vorrichtungen zum selbsttätigen Wiedereinschalten verbunden: Etwa 30 Sek nach dem Ausschalten durch das Überstromrelais schließt sich der Ölschalter wieder unmittelbar oder über einen Schutzwiderstand. Wenn der Fehler behoben oder ausgebrannt ist, was in den allermeisten Fällen zutrifft, bleibt der Schalter geschlossen, sonst fällt er wieder heraus und schließt nach einer und nach 5 Minuten noch einmal von selbst.

Bei langen Leitungen und ausgedehnten Hochspannungsnetzen gehört der intermittierende Erdschluß, der in Form von Lichtbögen an den Isolatoren oder durch die Isolation der Erdkabel hindurch auftritt, zu den schlimmsten Störungen. Der Lichtbogen kann nur bestehen bleiben, wenn der Kapazitätsstrom gegen Erde I_c eine gewisse Größe, etwa 5 A, überschreitet:

$$I_c = \frac{(L_f + 25\,L_k)}{300} \cdot E_y \text{ in Amp.} \quad . \quad (24),$$

wo E_y = verkettete Spannung, L_f = Länge der Freileitung, L_k = Kabellänge, beide in km. In Amerika wird der Lichtbogen durch Nullpunktserdung unschädlich gemacht, der Erdschluß wird zum Kurzschluß und die diesbezüglichen Schutzvorrichtungen sprechen an. Auch in Frankreich und in der Schweiz sowie bei den Übertragungen Partenstein-Wien und Seestadtl-Prag ist die Nullpunktserdung verwendet. Die AEG benützt die an vorhandene Transformatoren anzuschließende Nullpunkts-Löschdrossel von Petersen, die SSW den Löschtranformator von Bauch, der sich an beliebiger Stelle einbauen läßt, als Schutz gegen den Erdschlußlichtbogen. Dauernden Erdschlüssen sind die Löschvorrichtungen oft nicht gewachsen, bei 2 und 3 poligen Erdschlüssen versagen sie ganz.

Die Frage des Überspannungsschutzes kann immer noch nicht als gelöst bezeichnet werden. Wir haben es mit transversalen und longitudinalen Überspannungen zu tun; die ersten führen in der Regel zum Überschlag, letztere zum Durchschlag. Wir haben Überspannungen durch statischen Druck, durch Wanderwellen, deren steile Stirn durch mehrmalige Reflexion wesentlich erhöht werden kann, ferner Überspannungen durch Ein- und Ausschaltvorgänge und schließlich Überspannungen in Schwingungskreisen infolge Resonanz und Bildung von stehenden Wellen; auch Gleichstrom-Restspannungen und die höheren Harmonischen von Generatoren und Transformatoren können Überspannungen hervorrufen, die meist mit Überströmen einhergehen.

[32]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 801.
[33]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 613; 1927, S. 66.
[34]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 94.

Digitized by Google

Atmosphärische Störungen sind auch heute noch die gefährlichsten Feinde einer geregelten Fernleitungsübertragung. Mit Hilfe des Kathodenstrahlen-Oscillographen oder der Braunschen Röhre und des Klydonographen, wo der Strom auf einer pulverbestreuten photographischen Platte Lichtenberg- oder Lissajous-Figuren hervorruft, werden die atmosphärischen Einflüsse und die Wanderwellen an verschiedenen Stellen, voran von dem schwedischen Gelehrten Norinder, studiert. Der Blitz kann immerhin 90 bis 300 kV pro m Höhe über dem Boden influenzieren, welchen Spannungsgradienten ein Erdseil auf 50 vH herunterdrücken kann. Statische atmosphärische Ladungen bedingen etwa 20 kV pro m Höhe[35]).

Ziemlich einig scheint man sich über die Ableitung statischer Ladungen durch Erddrosseln, an denen auch die 3 Erdvoltmeter liegen, oder durch in Öl gelegte Erdwiderstände zu sein; die Wasserstrahlerder hat man meist aufgegeben. Die longitudinalen Überspannungen, die hauptsächlich durch eine steile Stirn charakterisiert sind, und leicht zu Windungsschlüssen führen, bekämpft man mit Leitungsdrosseln, die man besonders vor Transformatoren schaltet, auch durch Kondensatoren zwischen den Leitungen sowie Leitung und Erde, die aber den auftretenden Beanspruchungen nicht immer Stand halten. Zweckmässigerweise isoliert man die Eingangsspulen der Transformatoren besonders oder sieht überhaupt auf einen reichlich hohen Sicherheitsgrad in der gesamten Isolierung. Neuerdings hat man versucht, Überspannungswellen in unbenützten Stichleitungen unschädlich zu machen.

Ein wirksamer Schutz gegen atmosphärische Einflüsse ließe sich nur erzielen, wenn man die Freileitungen ringsum mit Erddrähten, mit einem Käfig, umgeben würde oder wenn man auf Erdkabel überginge, was vorläufig zu teuer ist. Gut ausgeführte Höchstspannungsleitungen verzichten heute meist auf allen Überspannungsschutz, außer direkter Nullpunktserdung der Hochspannung und Erdung des Generatornullpunktes über Widerstand und es mag ausdrücklich betont sein, daß die Betriebssicherheit solcher „ungeschützter Anlagen" sicherlich nicht geringer ist als, wenn man sie mit unzähligen zweifelhaften Überspannungs-Schutzapparaten versieht. Die Schweizer Bundesbahnen verzichten bei ihren 15 und 60 kV-Leitungen auf jeden Blitzschutz. Transversale Überspannungen gleichen sich zweifellos durch Glimm- oder Coronaentladungen aus. Es gibt auch Einrichtungen, um diese Glimmerscheinungen künstlich zu fördern, zum Beispiel durch Glimmringe an den Durchführungen oder den Glimmschutz von Dr. Paul Meyer. Zur Ableitung großer Energiemengen muß derselbe große Abmessungen erhalten, wenn er nicht zertrümmert werden soll; er wirkt im wesentlichen wie ein Kondensator[36]).

Für mittlere Betriebsspannungen (5000 bis 50 000 V) scheint sich der Stern-Dreieck-Schutz mit Kugeln zwecks rascheren Ansprechens in Verbindung mit in Öl liegenden Widerstandsgittern gut zu bewähren (Fünfhörnerschutz). Den Hörnerschutz sucht man dadurch zu verbessern, daß nach dem Ansprechen das Horn durch einen Ölschalter kurzgeschlossen und der Strom durch den Ölschalter unterbrochen wird (Bendmann-Schutz), oder daß man nach dem Ansprechen einen weiteren Widerstand vorschaltet (SSW).

In den Vereinigten Staaten wird von der General Electric Co der Oxide Film Arrester und von der Westinghouse Co der Auto-Valve Arrester (Ventil-Ableiter)[37]) für mittlere Spannungen empfohlen, beides sind Vielfach-Funkenstrecken, die bei Überspannungen über die Betriebsspannung, daß heißt bei 200 bis 800 V pro Zelle oder Funkenstrecke überschlagen und die Überspannung ableiten, die aber infolge ihrer Wirkung als Kondensator auch die steile Stirn von Wanderwellen abschleifen. Vor den Vielfachfunkenstrekken liegt jeweils eine Horn- oder Kugel-Funkenstrecke. Beim Oxide-Film-Ableiter besteht jede Zelle aus zwei Messingplatten, die durch Porzellanringe von einander isoliert sind, der Zwischenraum ist mit Bleisuperoxyd ausgefüllt; die Innenseite der Platten ist mit Firnis lackiert und die Dicke der Firnis-Schicht bildet eben die Einzelfunkenstrecke. Wird sie durchgeschlagen, so schließt sie sich nach etwa 80 Microsekunden wieder durch das sich bildende Bleioxyd. Zur Absorption von Hochfrequenz-Niederspannungs-Störungen wird von der G. E. C. (V. S. A.) eine Verbindung von Kondensatoren mit Widerständen in Öl benützt. Ähnlich wie die amerikanischen Einrichtungen wirkt wohl auch der Pfiffner-Schwingungsbegrenzer, der aus einer Hauptfunkenstrecke, Widerständen und Vielfachfunkenstrecken in Reihe besteht, an den letzten liegen Kondensatoren gegen Erde. Vielfachfunkenstrecken haben ebenso wie Kondensatoren vielfach schwereren Überspannungen mechanisch und thermisch nicht standgehalten. In Gleichstromnetzen hat sich der Elektrolyt-Ableiter bewährt.

d) Bei der immer wachsenden Verbreitung der Elektrizität in Haus und Hof wird die Herstellung zuverlässigen Installationsmaterials von größter Wichtigkeit. Das Erden und Nullen hat sich nicht immer als sicher erwiesen, da dabei an gewissen Stellen noch immer der Berührung zugängliche lebensgefährliche Spannungen auftreten können. Jeder gefährliche Fehler soll zum Kurzschluß und damit zum Abschalten führen. Man baut aber auch Schutzschalter (RWE), die sofort auslösen, wenn unzulässige Spannungen an der Berührungsstelle gegen Erde auftreten[38]). Am rich-

[35]) Die in einer Richtung verlaufende Blitzentladung dauert von positiven Wolken 0·01 sec, von negativen aber nur 3 Mikrosec. Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 801; 1927, S. 30, 157, 230, 631, 633.

[36]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 205, 575; 1927, 176.

[37]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 515.

[38]) Vgl. E. u. M. 1927 S. 469, 892.

Digitized by Google

tigsten ist es, alle der Berührung zugänglichen Teile zuverläßlich zu isolieren. Eine der gefährlichsten Erscheinungen für Ortznetze ist der Übergang von Hochspannung ins Niederspannungsnetz, was immer wieder durch Überschläge in den zu engen Orts-Transformatorenstationen vorkommt und zu schweren Bränden und lebensgefährlichen Schädigungen führt. Die Ursache ist nicht selten ungenügende Erdung, so daß die hochspannungsseitigen Erdschlußströme namentlich bei doppeltem Erdschluß große Spannungsabfälle bedingen, die in die Niederspannung übertreten. Auch kapazitiv kann über Transformatoren Hochspannung in die Niederspannung kommen.

Die Schmelzsicherungen ersetzt man immer mehr durch Kleinautomaten mit Freiauslösung, die auch in der Form von Einschraubstöpseln ausgeführt werden und sich nach der Störung rasch wieder einlegen lassen. Sie werden auch mit Thermostat und Zeitelement ausgerüstet. Bei Lichtanlagen mit Nulleiter genügt ein einpoliger Automat im Aussenleiter.

Elektrische Kraftwerke.

Die jährliche Erzeugung elektrischer Energie in der ganzen Welt erreicht wohl nahezu 200 Milliarden kWh bei einer gesamten Zentralenleistung von 60 Mill. kW oder 80 Mill. kVA. Der Anlagenwert dürfte 100 Milliarden GMk. oder 800 Milliarden Kc. erreichen, die jährlichen Einnahmen immerhin 20 Milliarden GMk. oder über 160 Milliarden Kc. In den Vereinigten Staaten gibt es Werke, die jährlich 4 Milliarden kWh erzeugen, in Deutschland übersteigt die Jahreserzeugung der Elektrowerke A. G. Berlin, ebenso der Rheinisch-Westfälischen EW 1 Milliarde kWh im Jahr.

a) Wärmekraftanlagen.

Der Kesselhausbetrieb kann heute schon völlig selbsttätig erfolgen. Die Kohlenzufuhr von der Grube geschieht zum Beispiel mit Ketten-, Seil- oder Elektrohängebahn oder Förderbändern oder aber mit Preßluft. Die heute noch üblichen Feuerungen mit Ketten- und Schrägrosten sowie Stokern dürften alle durch die Kohlenstaubfeuerung mit Düsenzufuhr ersetzt werden; auch baut man außer den üblichen Rosten Kohlenstaub-Zusatzfeuerungen zum Forcieren ein[39]). Es gibt zentrale und individuelle Kohlenstaubfeuerungen; im letzten Fall hat jeder Kessel seinen vertikalen Kohlentrockner, der mit Abgasen geheizt wird, und seine zwei Mühlen mit je einem Elektromotor. Das wichtigste ist die dauerhafte Ausmauerung des Feuerraumes, der Luft- oder Wasserkühlung erhält; die vorgewärmte Luft wird zur Verbrennung, das vorgewärmte Wasser als Speisewasser verwertet. Meist wird eine Öl-Zündfeuerung eingebaut. Außer dem eben erwähnten Gravitationstrockner, der auch mit der Kühlluft des Feuerraumes arbeiten kann, verwendet die Brünn-Königsfelder Maschinenfabrik in großen Anlagen mit Abgasen geheizte Trommeltrockner sowie den Strahlungstrockner, wobei die Kohle mittels Schnecken der Strahlungshitze des Feuerraumes ausgesetzt wird.

Zweckmässig fällt alle Schlacke und Asche in einen Wassersumpf, aus dem Asche und Schlacke mit Preßwasser, zum Beispiel Patent Rothstein, weggespült oder mit Bagger und Förderband oder mit Greifer-Elektrohängebahn weggeschafft werden; Flugasche wird abgesaugt. Es genügt, die Aschenförderung während einer von drei Schichten zu betätigen. Die Kohlenstaubfeuerung läßt sich im Betrieb fast augenblicklich den Belastungsschwankungen anpassen, es muß aber dafür gesorgt werden, daß der Kohlenstaub nicht im Kesselhaus herumfliegt.

Die von Amerika übernommenen Kesselkontrollapparate, stellen entsprechend dem Dampfverbrauch die Brennstoffzufuhr, die Brennluftmenge und das Speisewasser selbsttätig ein, in Verbindung mit einer eingehenden meßtechnischen Kontrolle der Verbrennung und der Dampferzeugung (zum Beispiel Bailey Meter Co., Cleveland, Ohio).

Schrägrohr- und Steilrohrkessel halten sich wohl immer noch die Wage. Die günstigste Neigung der Schrägrohre soll bei 35° liegen. Die amerikanischen und schwedischen Babcock-Werke neigen die Rohre in der umgekehrten Richtung wie hier, was offenbar das hier beobachtete Verbrennen der unteren Rohre verhindert. Der Feuerraum wird heute unter Ausnützung der Strahlung sehr groß, manchmal zu groß gemacht, was aber zur Folge hat, daß die hohe, heute verlangte Überhitzung meist nur durch zusätzliche Strahlungsüberhitzer erhalten wird. Abhitzekessel, bei denen die Strahlung entfällt, müssen dagegen engen Rohrabstand und große Gasgeschwindigkeit erhalten. Für die meisten Industrieanlagen, die schwach überhitzten Abdampf von 0 bis 8 atü verwerten, genügen die üblichen Kesselbauarten von 25 bis 45 atü und 450 bis 500° Überhitzung.

Will man die Vorteile des Hochdruckdampfes in Großkraftwerken voll ausnützen, so geht man am besten in den hochofenartigen Schlangenrohrkesseln von Benson und Löffler gleich auf 100 bis 200 atü und benützt vor den Mitteldruckstufen Zwischenüberhitzung, die bei Verwendung von Abgasen lange Rohrleitungen vom Kesselhaus benötigt, weshalb Hochdruckdampfheizung vorgezogen wird[40]).

Mit Kohlenstaubfeuerung und Ekonomiser lassen sich Kesselwirkungsgrade von 85 vH leicht erzielen und mit Luftvorwärmung kommt man auf über 90 vH. Allerdings gehen für Nebenbetriebe: Speisepumpen, Mühlen, Kohlenförderung, Kratzer und andere wieder 3 bis 6 vH der dem Kessel entsprechenden Leistung verloren. Wasserrohrkessel lassen sich bei Kohlenstaubfeuerung normal mit 25 bis 30 kg/m²/h beanspruchen, maximal mit 40 bis 55 kg/m². In amerikanischen Kesselhäusern werden bei schwacher Kesselbelastung viele Kessel mit geringer Beanspru-

[39]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 12, 621, 826, 894.

[40]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 502; 1925, S. 738; 1927, S. 360, 367.

Digitized by Google

chung, etwa 10 bis 15 kg/m², im Betrieb gehalten, die dann bis auf 50 kg/m² bei Spitzenbelastung forciert werden,ohne daß neue Kessel anzuheizen sind. Oft ist die Verwendung reichlicher Kesselheizfläche zweckentsprechender als die Aufstellung großer Dampfgefällspeicher, die ja die Qualität des Dampfes immer verschlechtern.

Während man in Europa mit den Kesseleinheiten meist bei 600 bis 1000 m² bleibt und erst neuerdings in Rummelsburg 1750 m² erreicht[41]), geht man in Amerika auf 3000 bis 4200 m² Heizfläche und ist bestrebt, immer mit einem Block von zwei Kesseln eine Dampfturbine zu betreiben. Bei 4200 m² kann man auf 400 000 kg/h oder zirka 100 000 kW kommen, was mit zwei Benson-Kesseln auch möglich erscheint (200 atü).

Da man heute immer mehr auf die Ausnützung minderwertiger, sehr wasserhältiger Brennstoffe übergeht, so wird die Frage der Trocknung derselben wichtig. Die Kohle sollte natürlich am Fundorte getrocknet werden, um beim Transport an Fracht zu sparen. Die Trocknung geschieht durch Pressen, durch Heizen mit Verbrennungsabluft oder Abdampf oder durch direkte Feuerung. Für Torf wird die Elektro-Osmose unter 50 bis 100 V Gleichstrom benützt.

Mit dem thermischen Wirkungsgrad von Dampfanlagen ist man soweit in die Höhe gekommen, daß es heute wirtschaftlich begründet ist, Koksofen- und Hochofengas zur Verbrennung in Dampfkesseln zu benützen. Auch bei der Entgasung oder Vergasung von Kohle und Torf wird neben Ammoniumsulfat, Leicht-, und Schwerölen einmal Schwelgas (Reichgas) mit 5000 bis 6400 kcal/m³ und dann bei der Vergasung von Koks, wofür sich statt Luft reiner Sauerstoff empfiehlt, noch armes Gas, beide für Kesselheizung, ersteres zum Speichern geeignet, frei. Eine Dampfanlage ist wohl auch betriebssicherer als eine Gasmaschinenanlage.

Claude und Boucherot haben in jüngster Zeit große Projekte zur Ausnützung der Meeres- und Erdwärme ausgearbeitet, was aber kostspielige Anlagen nötig macht. Die aus der Erde strömenden Dämpfe vulkanischer Gegenden (Italien, Java, Japan etc.) werden schon im großen zur Elektrizitätserzeugung verwertet und jüngst ist ein Projekt aufgetaucht, den Ätna anzuzapfen, um ganz Italien zu versorgen. Auch die Sonnenwärme kann man direkt ausnützen. Um weitere Temperaturbereiche nutzbar zu machen, hat man außer Wasser noch Quecksilber und neuerdings Diphenyloxid als Wärmeträger herangezogen[42]). Quecksilber- und Wasserdampf geben zusammen einen theoretischen Wirkungsgrad von 55 vH.

Blechschornsteine sind wieder verlassen. Meist findet man gemauerte Schornsteine, häufig aus Betonformziegeln mit Eiseneinlagen. Zum Forcieren baut man meist direkten Saugzug ein. In Amerika benützt man Elektrofilter, um den Ruß niederzuschlagen und wieder zu benützen.

Hochdruckkessel sind gegen Verunreinigungen im Speisewasser sehr empfindlich. Die Entlüftung geschieht am besten in einem großen Heißwasserbehälter oder in einem Warmwasserspeicher. Man verwendet möglichst nur Rückkondensat aus den Oberflächenkondensatoren und aus den Heizapparaten. Das Kondensat von Kolbendampfmaschinen läßt sich selbst mit den besten Ölabscheidern nicht völlig reinigen, weswegen die Verwendung des Abdampfes von Kolbendampfmaschinen in Färbereien und Papierfabriken nur beschränkt möglich ist.

Zusatzwasser für die Kessel, das vorher durch Kies- und Koksfilter gehen soll, wird durch Destillation gewonnen, wobei natürlich die Verdampfungswärme dem Speisewasser wieder zugeführt wird. Als Kühlwasser des Luftkühlers von Turbogeneratoren wird vorteilhafterweise Speisewasser verwendet, so daß die elektrischen Verluste im Kessel wieder nutzbar werden. Gründliche Isolation aller Dampf- und Warmwasser-Leitungen ist von größter wirtschaftlicher Bedeutung. Zweifellos verdienen elektrische mit Druckknopf gesteuerte Absperrventile und -schieber viel mehr Beachtung, da nur bei solcher Fernsteuerung rasch und, bei Rohrbruch und anderen Unfällen, sicher geschaltet wird.

Der Gefälls-Dampf-Speicher hat vor allem in Industriewerken mit Kraft- und Abdampflieferung Eingang gefunden, also für Färbereien, Zuckerfabriken, Papierfabriken. Er wirkt gleichzeitig als Entöler des Dampfes von Dampfmaschinen und entzieht dem Dampf auch seine Überhitzung, was bei zu hoher Dampftemperatur erwünscht sein kann. Die großen Druckschwankungen, die beim Gefällspeicher notwendig sind, und die Tatsache, daß nur niedrige Drücke gespeichert werden können, beeinflussen den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit einer vom Speicher gespeisten Turbine ungünstig. Zudem werden eine Reihe ölgesteuerte Ventile erforderlich — der Arca-Regler hat sich dafür besonders bewährt —, so daß die Frage Dampfspeicher oder Kesselerweiterung stets genau zu studieren ist, wenn auch zweifellos ein Dampfspeicher den Wirkungsgrad einer Kesselanlage um 5 bis 10 vH steigern kann, was aber ein selbsttätiger Kessel-Kontrollapparat auch erreicht. Beim Warmwasserspeicher zum Beispiel von Kieselbach (Witkowitzer Eisenw.) geht bei schwacher Netzbelastung ein Teil des Kesselwassers in einen Heißwasserspeicher, der bei starker Netzbelastung heißes Speisewasser an die Kessel abgibt. Es kann vorteilhaft sein, beide Speicherarten zu kombinieren. Der Heißwasserspeicher sollte in keinem Kraftwerk fehlen.

Als Dampfzentralen kommen in Frage:

1. Großkraftwerke am Fundorte des Brennstoffes unter Verwertung von minderwertigem Brennmaterial (Schlamm, Staub),

2. Großkraftwerke an Punkten dichten Konsums (Großstädte), wo wegen der Fracht nur gute und beste Brennstoffe zu verwenden sind.

[41]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 822.
[42]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 190.

Digitized by Google

3. Spitzenwerke werden an Punkten hohen Konsums möglichst mit Fernheizwerken vereinigt,

4. Industriekraftwerke, wo außer Kraft größere Wärmemengen für Prozeßzwecke nötig werden (Zuckerfabriken, Textilbetriebe mit Färbereien, Papierfabriken, chemische Betriebe, Gummifabriken); man könnte wohl auch eine Reihe solcher Industrien um ein gemischtes Kraft- und Wärmewerk gruppieren.

Für Industriezwecke kommen Räderturbinen für 500 bis etwa 5000 kW zur Verwendung (Turbine 5000 bis 10 000 Uml./min., de Laval geht bei kleinen Turbinen immer noch auf etwa 30 000 Uml./min, Generator 3000, 1500 oder 1000 Uml/min), möglichst Gegendruck- und Entnahmeturbinen ohne Kondensatoren, weil alle überschüssige und fehlende elektrische Leistung mit einem Überlandnetz ausgetauscht werden sollte. Die Entnahme-Kondensationsturbine ist auch in der Anschaffung doppelt so teuer als eine Gegendruckturbine. Für Leistungen unter 1000 kW kann auch eine Tandem-Dampfmaschine in Betracht kommen, allerdings ist der Abdampf ölhältig. Die Maschinenfabrik Starke & Hoffmann in Hirschberg, Schlesien, baut eine Einzylinder-Dampfmaschine mit 2 Auslaßventilen für Dampfentnahme und Kondensation[43]).

Der größte Eingehäuse-Einwellen-Turbosatz dürfte immer noch die 50 000 kW AEG-Maschine im Goldenbergkraftwerk mit 1000 U/min und neuerdings mit 1500 U/min der von der Societé Alsacienne für das Kraftwerk Génevilliers bei Paris gebaute 65 000 kVA Satz sein. In Amerika ist bei der General Electric Co., Schenectady, ein Einwellen-Zweigehäuse-Verbund-Turbosatz mit 104 000 kVA bei 1500 U/min im Bau, sowie für die East River Station, New York, ein Einwellensatz für 160 000 kW. Sonst geht man in Amerika schon bei 50 000 kW auf Zwei- und Mehrwellensätze über, ebenso wie im Klingenberg-Kraftwerk mit 3 Zweiwellensätzen von je $2 \times 40\,000 = 80\,000$ kW oder $2 \times 50\,000$ kVA bei 1500 U/min, dazu noch 3 Hausturbinen von je 10 000 kW oder 12 500 kVA, deren Abdampf der Speisewasservorwärmung dient; total im ersten Ausbau 300 000 kVA[44]).

Bei den Mehrwellensätzen müssen die zwei oder drei Generatoren eines Satzes dauernd miteinander parallel verbunden bleiben und miteinander hochlaufen, so daß kein Synchronisieren nötig wird. Dieselbe Methode geht auch anstandslos bei den zwei gegenläufigen Generatoren der radialen Ljungström-Turbine, wodurch man eben eine relative Drehzahl von 6000 U/min erhält. In der neuen Röder-Turbine laufen im Hochdruckteil zwei axiale Trommeln gegeneinander. Vereinzelt sind allerdings Schwierigkeiten bei der Inbetriebsetzung von Mehrwellengeneratoren vorgekommen; beim Anlauf dürfte Fremderregung angezeigt sein. Während man in Europa hauptsächlich die 3000 tourigen Einwellensätze, häufig mit 2 und 3 ja 4 Gehäusen bis auf 50 000 kVA oder 40 000 kW ausgebildet hat, sind die Amerikaner mit den Mehrwellensätzen bei 1200, 1500 bezw. 1800 U/min auf 160 000 kW und jüngst bis 208 000 kW hinaufgegangen. Der von Brown Boveri gelieferte 160 000 kW-Satz für die Hellgate-Station der New York Edison Co besteht aus einem Hochdruckteil für 75 000 kW bei 1800 U/min und einem Niederdruckteil für 85 000 kW bei 1200 U/min, je 13 800 V und $\cos \varphi = 0{\cdot}85$. Der von der General Electric Co., Schenectady, gebaute 208 000 kW-Satz (235 000 kVA) wird südlich Chicago in einem am Lake Michigan gelegenen Kraftwerk der State Line Generating Co. aufgestellt; es sind 3 Wellen: 76 000 und $2 \times 66\,000$ kW mit 2×4 vertikalen Kondensatoren, dazu 2 Hausgeneratoren 2×4000 kW, $n = 1800$ U/min, Dampfeintritt zirka 40 atü, 400° C mit Zwischenüberhitzung auf 260° C. Die Leistung wird durch ein Kabel von 10 km Länge mit 132 000 V übertragen. Die ganze Zentrale wird auf 5 Einheiten, also auf über eine Million kW ausgebaut. Allein an Kühlwasser wird diese Zentrale zirka 70 m³/sec brauchen, das heißt fast die ganze Moldau. Beim Entwurf solcher neuer Großkraftwerke ist man bestrebt, mit 3 bis 5 Einheiten auszukommen. In Amerika werden häufig vertikale Kondensatoren verwendet, wodurch die Reinigung erleichtert wird; überdies sind wärmetechnische Vorteile damit verknüpft, so daß zusammen mit anderen Verbesserungen die Kondensatoroberfläche pro kW immer mehr herabgesetzt werden konnte. Bekanntlich ist Kühlwasser in den meisten europäischen Wärmekraftanlagen knapp, so daß meist Kühltürme nötig werden. Sie werden neuerdings in Eisenbeton gebaut und sollten namentlich mit Rücksicht auf heißes Wetter eine Reihe kräftiger Ventilatoren erhalten.

Interessant ist der Aufbau des neuesten 104 000 kW-Turbo-Satzes der Westinghouse Co. Die Hochdruckturbine treibt mit 1800 U/min einen 55 000 kW- und einen 4000 kW-Hausgenerator. Der Dampf strömt dann unter 2·9 ata in einen Zwischenüberhitzer und wird auf 260° überhitzt. Nunmehr fließt er durch einen Zwischendruckzylinder und zwar im halben Doppelstrom, das heißt ein Drittel des Dampfes geht in einem Strom bis zu zwei Vertikal-Kondensatoren und zwei Drittel gehen noch in einen Doppelstrom-Niederdruckzylinder, der an 2×2 Vertikalkondensatoren angeschlossen ist. Dadurch wird es möglich, daß diese zwei letzten Turbinen auf einer Welle zusammen 1800 U/min machen und damit einen 45 000 kW-Generator antreiben. Die General Electric Co. setzt dagegen, wie erwähnt, den Hochdruckzylinder mit dem Doppelstrom-Niederdruckzylinder, der an 4 vertikale Kondensatoren angeschlossen wird, auf eine Welle[45]).

[43]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 145.

[44]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 345; 1927, S. 805, 893.

[45]) Über diese amerikanischen Dampfturbosätze siehe „Die Wärme" 1927, Heft 28, S. 495. Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 190, 407, 425, 811; 1928, S. 31.

Digitized by Google

Die Benützung der Vielradturbinen in mehreren Gehäusen ermöglicht es, Wirkungsgrade von 75 bis 80 vH und darüber zu erzielen, bezogen auf das adiabatische Wärmegefälle, wobei aber die Schaufellänge von Einfluß ist. Durch Verwendung hoher Drücke bis etwa 45 atü und hoher Dampftemperaturen bis etwa 425° C oder gar bei Anwendung der Schlangenkessel mit 100 und 200 atü und eigenen Vorschaltdampfturbinen, dann durch ein- oder zweifache Zwischenüberhitzung vor dem Nieder- und Mitteldruckzylinder auf 250 bis 390° C und Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf von der Hauptturbine oder von Gegendruck-Hausturbinen kann man bei Kondensationsanlagen immerhin auf einen thermischen Gesamtwirkungsgrad von 30 vH kommen, das heißt auf zirka 3000 kcal je kWh, was weniger als ½ kg guter Steinkohle je kWh entspricht. Wenn man alle Hilfsbetriebe und den Kessel einrechnet, wird man allerdings gut tun, mit 3300 bis 3500 kcal zu rechnen. Für die Hilfsbetriebe wird ein eigener Hausgenerator an der Haupt- oder einer eigenen Hilfsturbine aufgestellt. Die Quecksilberdampfturbine, die von der General Electric Co., Schenectady, in einer 10 000 kW-Einheit gebaut wird, begnügt sich mit 2400 kcal je kWh. Kann man den Abdampf einer Gegendruckturbine restlos für Heizzwecke ausnützen, so kommt man in der Turbine selbst mit 1200 kcal je kWh aus[46]).

Es ist zu beachten, daß eine Kondensationsturbine bei Leerlauf etwa 10 bis 15 vH ihres Vollast-Dampfverbrauches absorbiert, eine Gegendruckturbine sogar 20 bis 25 vH. Wichtig ist auch eine wirtschaftliche Regelung bei Belastungsschwankungen durch Düsen-Zu- und Abschaltung, wenigstens von Halblast aufwärts. In Amerika kommen im günstigsten Falle 5400 kcal auf eine verkaufte kWh.

In mechanischer Hinsicht sind an Turbinen Schwierigkeiten entstanden durch Flattern der Scheiben, durch Schwingungen der Schaufeln, namentlich der sehr langen am Kondensatorende, oft durch Resonanz der durch die Düsen gegebenen Dampfimpulse. Schwache Wellen geraten leicht in Biegungs- und Drehungsschwingungen. Bei starker Überhitzung streifen die Laufräder. Bei Drücken über 30 atü macht die Stopfbüchse Schwierigkeiten, denen man bei größeren Leistungen radikal abhilft, wenn man den Hochdruckdampf Mitte Gehäuse einführt, und ihn im Doppelstrom nach beiden Seiten expandieren läßt, oder das Hochdruckrad sitzt fliegend ohne Stopfbüchse auf der Welle. — Es ist bekannt, daß der wirtschaftlichste Betrieb durch Verbindung der Kraft- und Wärmelieferung zu erzielen ist, da man dann auf thermische Gesamtwirkungsgrade von 70 vH kommen kann. Die beste und wirtschaftlichste Gesamtlösung erhält man, wenn man solche kombinierte Industriewerke an ein großes Überlandnetz anschließt. Es ließe sich so ein erheblicher Prozentsatz der in öffentlichen Werken erzeugten elektrischen Energie aus der Industrie-Abfall- und Überschuß-Energie herausholen.

In der Zuckerindustrie sind es vor allem die Raffinerien und dann die gemischten Fabriken, die verhältnismäßig lange Campagnen, selbst sechs Monate, haben, während sie bei Zuckerfabriken oft nur zwei bis drei Monate dauert. Solche Fabriken brauchen bei einer täglichen Verarbeitung von 15 000 Meterzentnern Zuckerrübe 40 000 bis 50 000 kg Kochdampf je Stunde von 2 bis ¼ atü in der Fabrik. Erzeugt man diesen Dampf mit 20 bis 35 atü, 480° C, so liefert er bei der Entspannung auf den Fabriksgegendruck 4000 bis 5000 kW, von denen die Fabrik selbst nur 800 bis 1200 kW benötigt, den Rest kann man Tag und Nacht gerade im Winter an ein Überlandnetz abgeben. Solche Anlagen, die mit den Westmährischen Elektrizitätswerken Brünn zusammenarbeiten, finden sich in der Zuckerraffinerie Rohrbach bei Brünn und in der gemischten Zuckerfabrik Grusbach in Südmähren, ferner in der Nestomitzer Zuckerraffinerie, die ins Netz der Nordböhmischen EW A. G. Bodenbach arbeitet. Neuere ähnliche Anlagen sind projektiert[47]).

In Papierfabriken braucht man neben anderen Drücken (11 und 0·5 atü) zum Beispiel 10 000 kg Dampf pro Stunde von 8 atü für die Kocher und 15 000 kg/h von 2 atü für die Papiermaschinen. Durch Erzeugung von hochüberhitztem Hochdruckdampf kann man in einer zentralen Gegendruckturbine aus 10 kg Dampf zunächst je eine kWh herausholen, welche Energie meist noch mit zusätzlichen Wasserkräften zum Betrieb der Fabrik und der Schleifer verwendet wird, wobei die Schleifer nur den Überschuß bekommen.

Die Nordmährische EW A. G. hat in der Papierfabrik Sandhübel bei Freiwaldau in Schlesien ein elektrisches Kraftwerk errichtet: Der 2600 kW-Kondensationsturbosatz mit der Umlaufzahl $n = 6000/3000$ wird mit Dampf von 33 atü, 400° C gespeist und liefert sowohl der Papierfabrik wie dem Überlandnetz elektrische Energie; für die Papierfabrikation werden der Turbine 6000 kg Dampf pro Stunde von 8 atü und 4000 kg/h von 2½ atü entnommen.

Kraft- und Abdampfverwertung ist ferner zu verbinden: in Textilfabriken mit Färbereien und Trockenmaschinen, in Kunstseidefabriken, in Gummifabriken, in chemischen Betrieben, in Farbenfabriken, in Naphta-Raffinerien, in der Briketterzeugung und in Gruben zur Kohlentrocknung.

Umgekehrt können Abgase von Martinöfen, Hoch- und Koksöfen und vor allem von Zement- und Porzellanöfen, von Öl- und Gasmaschinen zur Heizung von Dampfkesseln und damit zur Gewinnung elektrischer Energie herangezogen werden. Die Zementfabriken in Čiskowitz und Königshof (Böhmen) und in Malomeřice bei Brünn stellen Turbosätze von etwa 3000 kW auf zwecks Abhitzeverwertung ihrer Zementöfen (zirka 600° C).

[46]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 320.

[47]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 105.

Digitized by Google

In manchen Industriebetrieben empfiehlt es sich, als Notreserve der Gegendruckturbine einen abkuppelbaren Kondensationszylinder mit einer einfachen und billigen Strahlkondensation anzufügen.

Es mag noch erwähnt sein, daß es vorteilhaft ist, wenn der Abdampf für Prozeßzwecke etwas überhitzt ist. Ist die Überhitzung noch zu hoch, so führt man den Dampf durch einen Speisewasservorwärmer oder spritzt Wasser in den Dampfverteiler.

Will man bei Abdampfverwertung außerhalb der Fabriksbetriebszeit an ein Überlandnetz Strom liefern, so schickt man den Abdampf in eine weitere Niederdruck-Kondensationsturbine, die meist noch einmal soviel leistet als die Gegendruckmaschine.

Da es nicht immer möglich ist, die Überschußenergie der Fabriken mit Abdampfverwertung restlos an Überlandwerke abzugeben, namentlich bei Nacht ist häufig der Konsum zu niedrig, so muß diese Energie anderweitig verwertet werden, und zwar in Betrieben, die Belastung rasch zu- und abschalten können. In Zuckerfabriken mit Vakuumapparaten kann man die Brüden mit Kompressoren wieder auf den ursprünglichen Druck hinaufdrücken. Dann kann man elektrische Futter- und Kartoffelkonservierung einführen, ferner chemische Betriebe versorgen, wie Wasserstofferzeugung für die Ammoniakfabrikation, dann Salpeterherstellung aus Luftstickstoff, weiters Holzschliff, Elektrostahlöfen u. a. Diese Verwertung gilt natürlich vor allem auch für überschüssigen Wasserstrom.

In neuester Zeit werden immer mehr an die städtischen Elektrizitätswerke Fernheizwerke angegliedert, wie es übrigens in den Kraftwerken der Industrie längst der Fall ist, da dort im Kraftwerk neben der elektrischen Energie stets auch Fabrikations- und Heizdampf als Kessel- oder Abdampf erzeugt wurde. Für das Dampfrohrnetz der Fernheizwerke wird etwas überhitzter Dampf von 2 bis 5 atü aus den Kesseln oder wirtschaftlicher als Abdampf aus den Turbinen entnommen.

Bei Raumheizung gibt man oft der mit Dampf von 0·1 atü geheizten Warmwasser-Fernheizung den Vorzug, und zwar mit Wasser von 70 bis 80° C, das mit 50° zurückkommt, wobei man auch das durch Abgase erwärmte Kühlwasser von Dieselmotoren verwenden kann. Begehbare Rohrkanäle sind zu teuer, man legt die Rohre in Holz oder Hohlstein aus Beton mit Ziegelabdeckung und alle 60 m einen Einsteigschacht, zwei Rückwasserrohre liegen unterhalb. Die Westmährischen EW. A. G., Brünn, bauen jetzt mit einem Aufwand von etwa 50 Mill. Kč ein Industrie-Fernheizwerk zur Versorgung der Brünner Industrie mit maximal 150 000 kg/h Dampf von 8 atü und Warmwasser aus zwei Gegendruckturbinen von je 8000 kW, die mit gegen 100 atü Dampf gespeist werden.

Der Verkauf des Heizdampfes wird in der Tschechoslowakei im allgemeinen zu 30 bis 80 Kč per Tonne erfolgen, mit Rabatt bei steigendem Konsum. Man könnte natürlich auch eine Grundgebühr für Spitzenentnahme einführen. Es gibt heute Venturi-Messer, die die Dampf- und Wassermengen wie Elektrizitätszähler summieren und auch den Augenblicksverbrauch samt Spitzen aufzeichnen. Die Dampfbezieher werden für jede Tonne Dampf auch eine gewisse Anzahl, zum Beispiel 40 kWh, zu billigen Preisen, zum Beispiel 30 Heller/kWh, erhalten. Warmwasser wird mit 1 bis 2·5 GMk pro m² Heizkörper und Monat verkauft.

Auch die Gaserzeugung wird immer mehr zentralisiert und es wird eine gemeinsame Ferngasversorgung für Hunderte von Gemeinden eingeführt. Die Rheinisch - Westfälischen Elektrizitätswerke, die Gas aus Hütten und Gruben beziehen, planen mit der A. G. für Kohlenverwertung Essen ein Ferngas-Leitungsnetz unter 20 atü von Westfalen durch das ganze Deutsche Reich bis nach München. Die Leitungskosten betragen bei 500 mm lichter Weite 75 000 RMk/km.

Die Kohlenverflüssigung dürfte der Verwendung der Öl- und Dieselmaschinen neuen Ansporn geben. Auch wenn Gasöl und Teeröl statt Rohöl verwendet wird, sind trotz des guten thermischen Wirkungsgrades die totalen Betriebskosten der Dieselmaschine einschließlich Kapitalkosten meist höher als bei Dampfanlagen, in denen jeder minderwertige Brennstoff verwertet werden kann. Die größte Einheit ist der 15 000 PS Dieselsatz für Hamburg, er hat 9 Zylinder, sein thermischer Wirkungsgrad ist fast 36 vH [48]).

Das Kühlwasser, das mit zirka 60° ein- und mit zirka 80° austritt, kann durch die Abgase, die dabei von 420° auf 130° abgekühlt werden, auf etwa 90° gebracht und zur Warmwasserfernheizung verwendet werden, wie dies im EW. Schwerin mit total 2165 kW Dieselleistung geschieht.

Außer Erdgas, das auch mit Erdöl aus der Erde strömt, wird Koks- und Hochofengas, das man bis auf 0·1 g/m³ vom Staub reinigt, in Gasmaschinen, die bei vier Zylindern bis etwa 10 000 kW leisten, verwertet. Der deutsche Farbwerken-Konzern hat neulich große Gasmaschinen für sein Werk Leuna bei Merseburg bestellt.

Die Öl- und Gasturbine ist vorläufig nur in Versuchstypen in Betrieb.

β) Wasserkraftanlagen.

Um die in einer kalorischen Anlage geleistete Arbeit von einem kg Kohle in einer Wasserkraft zu verrichten, müssen 10 Tonnen Wasser über 70 m hinunterfallen. Das macht es vielleicht plausibel, warum die Anlagekosten der hydraulischen Werke soviel höher sind als die der kalorischen. Trotzdem erzeugt die Schweiz fast restlos ihre jährlichen 4·5 Milliarden kWh, wovon eine Milliarde exportiert wird, in Wasserkraftanlagen mit zirka 1·5 Millionen kW. In Italien werden in

[48]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567

Digitized by Google

Wasserkraftanlagen von über 2 Millionen kW schon 6·5 Milliarden kWh jährlich erzeugt und nur 25 vH der gesamten Elektrizitätsmenge werden kalorisch erzeugt. Die ausgebauten amerikanischen Wasserkräfte übersteigen schon 12 Mill. PS. Auch in Deutschland ist 17 vH der elektrischen Energie Wasserstrom. Nur durch die Verbindung durchlaufender Flußwerke mit Speicher- oder Spitzenwerken, wie dies die Schweiz durchgeführt hat, ist eine lückenlose und kontinuierliche Stromversorgung möglich. Für die Gefälle bis etwa 15 m hat die Kaplan- und Propellerturbine einen wesentlichen Fortschritt gebracht, weil die spezifische Drehzahl auf 750 bis 1200 heraufgebracht wurde, so daß selbst bei $H = 2$ bis 4 m der Generator unmittelbar mit der Turbine gekuppelt werden kann. Durch die Verstellung der Laufradschaufeln der Kaplanturbine mittels eines in die Nabe eingebauten Ölservomotors, der durch die hohle Welle gesteuert wird, ist es möglich, von etwa 20 vH der Vollast bis Überlast fast gleichmäßig hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Die Kaplanturbine Lilla Edet Südschweden mit 14 000 PS Höchstleitung hat 92·5 vH Wirkungsgrad erreicht[49]). Heute hat man die Schwierigkeiten im Bau von Kaplanturbinen überwunden. Die vertikale Bauart mit federnd gestützten Segment-Spurlagern ist für Propellerturbinen, überhaupt für Nieder- und Mitteldruckturbinen die zweckmäßigste, weil man nur so ein geringes Sauggefälle von zirka 2 m erzielt und Wirbelbildung sowie Kavitation vermeidet; auch der Wirkungsgrad wird besser.

Die Laufradregelung der Kaplanturbine, für die es auch elektrische Verfahren gibt, verlangt elektrische Generatoren, die von ¼ bis 1½ der Nennleistung guten Wirkungsgrad haben, was entgegen anderen Behauptungen gerade bei den mäßigen Drehzahlen der Niederdruckturbinen ohne weiteres ausführbar ist, nötigenfalls nimmt man bei den hohen Lasten besondere Kühlung oder bei schwacher Belastung Umschaltung der Wicklung, zum Beispiel von Dreieck in Stern, hinzu.

Das Flügelrad der Kachlet-Propellerturbine[50]) von 9500 PS hat bei $H = 9·2$ m und $n = 75$ sechs Flügel und 9·2 m Durchmesser. In Amerika sind Propellerturbinen von Nagler und Moody[51]) mit sechs Flügeln und 30 000 PS Einzelleistung bei $H = 19·8$ m in Betrieb. Als Gegensatz sei das Werk Pfrombach an der mittleren Isar erwähnt[52]), wo acht Spiralturbinen von zusammen 38 640 PS, $n = 250$, zusammengekuppelt einen Drehstrom- und einen Niederfrequenz-Einphasen-Synchrongenerator sowie eine Drehstrom-Asynchronmaschine betreiben; die elektrischen Maschinen können auch als Umformer laufen. Die Sueß-Propeller-Stromturbine schwimmt unmittelbar im Stromlauf[53]). In das Saugrohr von Francis- und Propellertur inen werden Leitbleche eingebaut, die solid befestigt werden müssen, da sie wiederholt herausgerissen wurden. Im Amerika findet man oft wassergekühlte Holzlager und Hartgummilager.

Trotz der hohen spez. Drehzahlen werden bei niedrigem Gefälle immer wieder Zahnräder eingebaut, neuerdings Stirnräder, also parallele Achsen. Dabei haben sich aber, wenn Pfeilräder verwendet werden, Schwierigkeiten ergeben, gewöhnliche Zahnräder oder Schraubenräder dürften sich besser bewähren.

Will man bei Francisrädern guten Wirkungsgrad unter Halblast erzielen, so muß man zwei Laufräder benützen, wovon eines durch Schütze oder Ringschieber dicht abgeschlossen werden kann.

Bis gegen $H = 300$ m baut man Francisturbinen, deren Schnelläufer immerhin $n = 500$ allgemein $n_s = \frac{6850}{H+10}$ (amerikanisch) erreichen, bei den größeren Gefällen kann die Schaufelabnützung erheblich werden und es sind Bronzeräder erforderlich. Darüber kommt die Freistrahlturbine zur Verwendung. Das höchste ausgenützte Gefälle beträgt 1600 m in der Anlage Fully in der Schweiz[54]) in einem Seitentale der Rhône, in Amerika nur $H = 760$ m. Bei den hohen Gefällen sind Entsandungsanlagen sehr wichtig. Die größten Francisturbinen sind mit 65 000 kVA, $n = 107$ am Niagara mit vertikaler Welle aufgestellt worden, die größten Abmessungen haben die Conowingo-Turbinen für 54 000 PS bei $H = 27$ m. Escher Wyss und Co hat 3 vertikale 50 000 PS Francis-Turbinen $H = 197$ m für Galleto in Bau. Die größte Freistrahlturbine in Europa dürfte eine 36 000 PS-Einheit von Voith für Norwegen sein, in den Vereinigten Staaten ein Satz mit 56 000 PS und 2 fliegenden Peltonrädern, $H = 660$ m.

In dem zur Versorgung ganz Irlands dienenden Shannon-Werk[55]), das etwa 7 Mill. Pfund kosten und von den SSW Berlin gebaut wird, werden zunächst drei Einheiten von je 40 000 PS, $n = 150$ von Voith aufgestellt. Der Shannon Wasserlauf ist durch Seen gut ausgeglichen. Die amerikanischen Anaconda Copper Works haben in Queenstown Chippawa eine Wasserkraft von $10 \times 60\,000$ PS ausgebaut[56]). In Kanada werden am Gatineau River 3 Wasserkraftanlagen je mit 150 000 bis 240 000 PS, total 570 000 PS, innerhalb 50 km gebaut, alle drei für Papiergesellschaften. In der Muscle Shoals Anlage am Wilson-Dam mit 600 000 PS hat man Turbinenwirkungsgrade von 93·1 vH erzielt, an einem Probelaufrad sogar 93·7 vH.

Das Wasserkraft-Elektrizitätswerk Kaaden, das neben dem EW Hohenfurt der Papierfabrik Spiro (11 000 PS und $H = 98$ m), das größte Wasserkraftwerk in der tschechoslowakischen Republik ist, hat bei $H = 28$ m zunächst 2 Zwillings-Kessel-

[49]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 117, 367; 1926, 791. [50]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 681, 717. [51]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 105. [52]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1019. [53]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 3[illegible]3.

[54]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 215. [55]) Vgl. E. u. M. 1926, El.-Werk, S. 326; 1927, S. 640. [56]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 482; 1924, S. 674.

Digitized by Google

turbinen von 6 und 11 m³/s, die dritte soll 18 m³/s bekommen. Die größere der beiden von der Maschinenfabrik Voith in St. Pölten gelieferten Turbinen ist im Schnitt in Abb. 12 dargestellt, sie leistet 3200 PS bei $n = 427$. Der zugehörige Generator ist im ersten Teile dieses Aufsatzes (E. u. M. 1927, S. 615) in Abb. 2 abgebildet. Das ganze Kraftwerk Kaaden ist in Abb. 13 und 14 vollständig zur Darstellung gebracht: 1700 plus 3200 kVA-Generatoren 5000 V, $n = 600$ und 427, die kleine Turbine mit Oberwasserspiegelregler. Die Maschinenhaus-Säulen dienen der Frischluftzufuhr und Abluftabfuhr. Die Transformatoren von 2700 kVA erhöhen die Spannung auf 22 000 bezw. 35 000 V, letztere für Weipert mit einer Fernleitung durchs Erzgebirge mit Motor-Isolatoren. Vor dem Kraftwerk steht ein großes Leitungsportalgerüst. Im Keller steht eine Batterie, die vom Ladeaggregat im Maschinenraum gespeist wird. Die Galerie im Maschinenraum dient Besuchen.

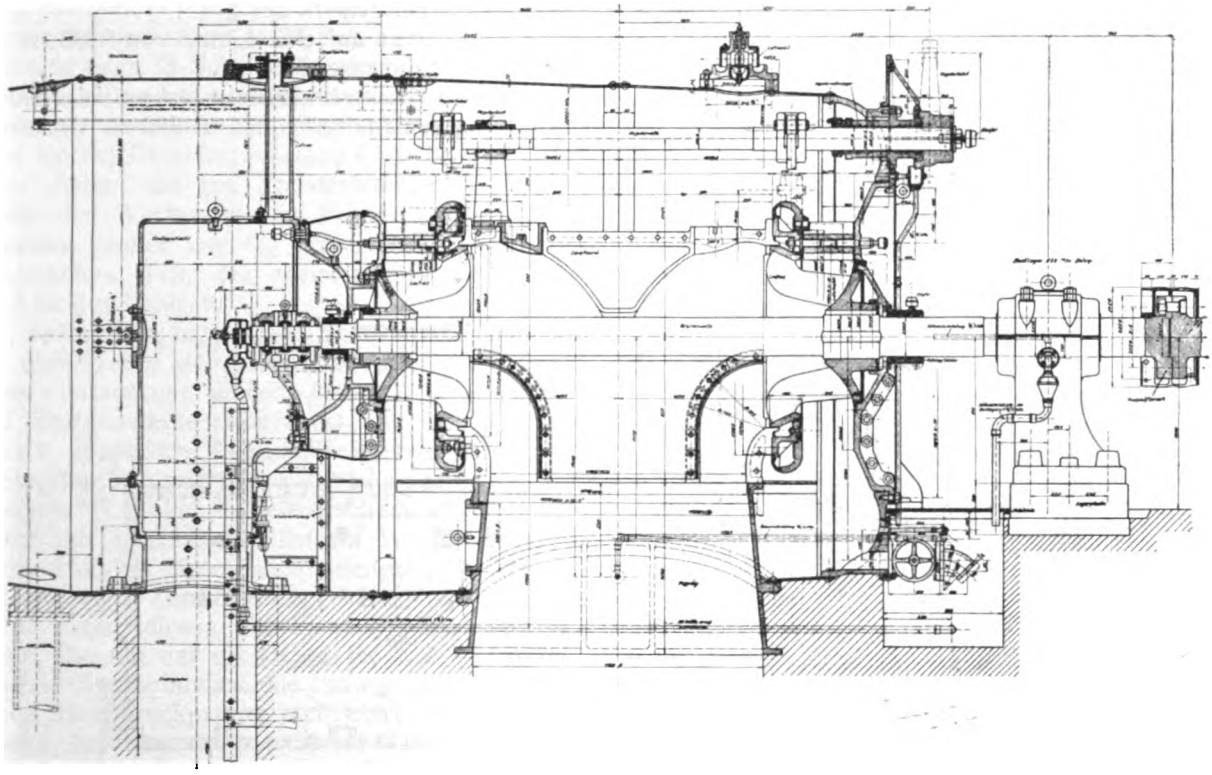


Abb. 12. Voith-Kesselturbine im E.-W. Kaaden. 3200 PS, $n = 427$, $H = 28$ m.

Wie vorteilhaft übrigens selbst bei kleinen Wasserturbinen der Parallelbetrieb mit einem Überlandwerk ist, zeigt folgende Angabe: Eine 100 PS-Turbine ging zunächst Tag und Nacht auf einen Textilbetrieb und gab 120 000 kWh monatlich, dann wurde sie parallel zum Überlandwerk geschaltet und ergab 300 000 kWh.

Die sehr vollkommenen Preßölregler werden mit Umlaufventilen verbunden, die bei plötzlichen Entlastungen kurzzeitig das Wasser in den Unter-

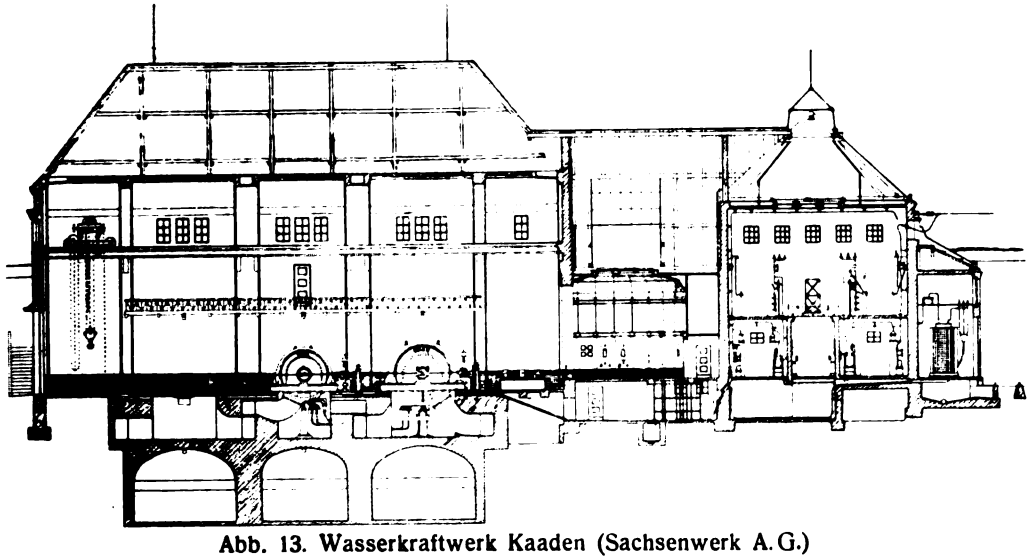


Abb. 13. Wasserkraftwerk Kaaden (Sachsenwerk A. G.)

Digitized by Google

wassergraben ablassen. Beim Versagen des Riemenantriebs des Regulators stellt eine Spannrolle die Turbine ab. Sicherer ist Räder- oder Schneckenantrieb des Regulators (vgl. Abb. 3, S. 615, 1927). In Amerika benützt man einen kleinen Synchronmotor; auch ein Asynchronmotor kann benützt werden, der erst einspringt, wenn der Riemenantrieb versagt. Beim Widerstandsregler von Voith, Abb. 15, der die Turbinenbelastung konstant hält, besorgt ein kleiner Kurzschlußanker-

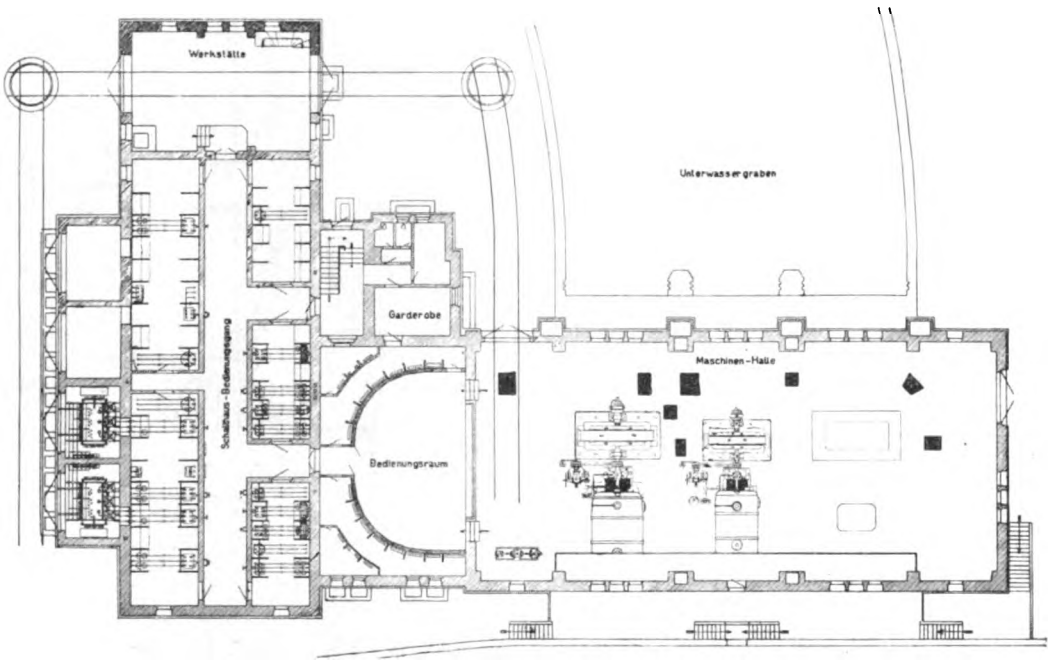


Abb. 14. Wasserkraftwerk Kaaden.

motor den Antrieb des Zentrifugalreglers, der dann die Widerstandsplatten verstellt; stets ist noch ein Spannungsschnellregler einzubauen.

Auch bei Wasserkraftanlagen werden sogenannte Hausgeneratoren für die Hilfsbetriebe vorgesehen, zum Beispiel bei den vertikalen 65 000 kVA-Niagara-Maschinen sitzt oben ein Hausgenerator für 2000 kVA, 2000 V.

Zum raschen Stillsetzen der Turbinen, an die ja meist noch Schwungräder angebaut werden, (Abb. 3, S. 615, 1927), benützt man Bremsen, die auf den Generator-Rotor oder auf das Schwungrad wirken und zwar Handbremsen, Preßluftbremsen, auch elektrische Wirbelstrombremsen, ferner Turbinenräder für Rückwärtslauf. Wie aus Abb. 3 (S. 615, 1927) ersichtlich, soll der Schwungraddurchmesser etwas kleiner als der Generatorendurchmesser sein.

In nordischen Anlagen findet man elektrische Rechen- und Schützenheizung mit 50 V Drehstrom, um Eisbildung zu verhindern. Am gefährlichsten sind die breiigen Schneemassen, die den ganzen Querschnitt durchsetzen. Man bläst wohl auch Dampf vor den Rechen und an die Schützenführungen. Elektrische Rechenputzmaschinen sind häufig anzutreffen. In den Leerschuß werden bei größerem Gefälle Energievernichter, die die Energie in Wirbelbildung überführen, eingebaut, damit der Kanal nicht zu stark ausgekolkt wird. Für Gefälle von 10 bis 35 m kommen heute öfters die von Schweden übernommenen Holzdruckrohre in Anwendung, zum Beispiel bei Grohmann Söhne in Klein Wöhlen bei Bensen (Nordböhmen) und bei einem Wasserkraftwerk der Stadt Gotha mit 32 m Gefälle und zwar auf eine Länge von 9300 m mit 450 mm Durchmesser.

Kleinere Wasserkraftwerke richtet man neuerdings völlig bedienungslos ein, so daß sie von einer Hauptzentrale aus in und außer Betrieb gesetzt und geregelt werden können. Bei Störungen wie Warmlaufen eines Lagers müssen sie natürlich selbsttätig abgestellt werden. In den Vereinigten

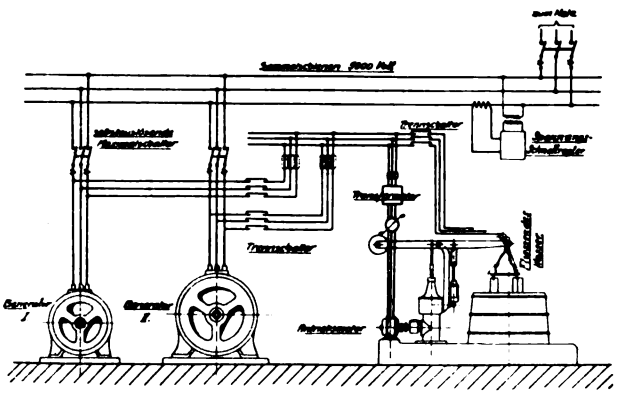


Abb. 15. Widerstandsregler von Voith.

Staaten hat man Wasserkraftwerke bis 13000 kVA, 6000 V derart selbsttätig im Betrieb[57]), in Australien 5 Wasserkraftwerke mit zusammen zirka 28 000 kVA. Kleine Wasserkraftanlagen mit Gleichstrom läßt man ohne hydraulischen Regulator laufen, so daß sie bei Leerlauf 80 vH rascher laufen als bei Vollast (Vgl. S. 590 ff., 1927).

[57]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 322.

Digitized by Google

Erwähnenswert ist die Tatsache, daß die Wasserturbine viel rascher in Betrieb kommt als die Dampfturbine. In einer amerikanischen Anlage hat man einen 10 000 kW-Dampfturbosatz in 23 Min., im äussersten Notfall in 15 Min. in vollen Betrieb gesetzt, dagegen war eine 10 000 kW-Wasserturbine schon in 20 Sek auf Geschwindigkeit und nach 55 Sek. vollbelastet im Betrieb. Die Störungszeiten betragen an hydraulischen Maschinen nach amerikanischer Statistik 1¾ vH, während sie bei Dampfturbosätzen 6 vH betragen, und zwar haben sie bei Freistrahlturbinen nur die Hälfte des Wertes wie bei Francisturbinen, dabei entfallen immer nur ¼ der Störungen auf den elektrischen Teil, die meisten Stillstände verursacht das Laufrad.

Neben den natürlichen Seen und Talsperren, die gleichzeitig der Flußregulierung oder Trinkwasserversorgung dienen, kommen als Speicher- und Spitzenwerke neuerdings die mit Pumpwerk gespeisten Akkumulierungswerke, die sogenannten Wasserakkumulatoren, in Aufschwung[58]), wobei zu Zeiten schwacher Netzbelastung mit billigem Abfallstrom Wasser in einen einige Hundert Meter hoch gelegenen Stausee gedrückt wird. Zur Zeit der Spitzenbelastung betreibt dann dieses Druckwasser Hochdruckturbinen, die mit der als Generator und Motor wirkenden Synchronmaschine sowie der abkuppelbaren Hochdruckpumpe auf einer Welle sitzen. Solche Anlagen mit etwa 50 vH Gesamtwirkungsgrad laufen seit langem zum Beispiel in Italien (Stura di Viù) und im Elektrizitätswerk Schaffhausen am Rhein. Man stellt wohl auch getrennte Elektropumpen häufig mit Vertikalachse auf, die mit billigem Strom aus durchlaufenden Flußwerken vom Unterwassersee Wasser in den oberen Stausee zurückpumpen, wie dies im Wäggitalwerk der Stadt Zürich geschieht. In der Schweiz stammen 11·5 vH der Jahresenergie aus Speicherbecken. Das Leitzachwerk für München hat ein Pumpwerk von 11 000 PS, $H = 130$ m. Im Schweizerischen Werk Premorgio werden 410 Liter/sek 920 m hochgepumpt. Die Wasserakkumulatoren werden auch in Netzen mit kalorischen Kraftwerken zur Spitzendeckung und Momentanreserve gebaut, zum Beispiel das Elbe-Werk Niederwartha bei Dresden der A.-G. Sächsische Werke mit $H = 140$ und $6 \times 15\,000$ kW Speicher- oder Spitzenleistung. Die Rheinisch-Westfälischen EW haben bei Hengstey an der Ruhr (Essen) ein Pumpspeicherwerk mit $H = 155$ bis 163 m und drei Voith-Sulzer-Speicherpumpen von je 34 000 PS im Bau, wozu 4 horizontale Spiralturbinen von je 48 500 PS gehören. Die Jahresspeicherung wird 120 Mill. kWh betragen. Stern und Hafferl, Gmunden, haben als Pump-Speicherwerk ihr Gosauwerk III seit einiger Zeit in Betrieb, das Wasser in den Vorderen Gosausee pumpt; die Pumpe stammt von der Andritzer Maschinenfabrik, $H = 120$ bis 140 m. Da die Synchronmaschine zwischen Turbine und abkuppelbarer Pumpe sitzt, wird der Erreger mit Riemen angetrieben. In Deutschland dürfte das Schluchseewerk im badischen Schwarzwald mit 390 Mill. kWh Speicherung in Verbindung mit dem Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt die größte Speicheranlage werden. In Kalifornien soll der 210 m hohe Boulder Dam gebaut werden, der eine Leistung von 1 Mill. PS ergeben würde.

Interessant ist eine neue Speicheranlage bei Palermo in Sizilien insofern, als der südwärts fließende Fluß Belice durch einen mächtigen Schwerkraftsdamm aufgehalten und durch einen Stollen nordwärts geleitet wird, um bei Palermo unter 500 m Gefälle 11 000 PS zu leisten. Der neu entstandene künstliche See hat die Malaria aus der Gegend des Albanerdorfes Piana dei Greci völlig vertrieben, indem Fische die Larven der Anopheles auffressen[59]). Das Abwasser des Elektrizitätswerkes dient zur Bewässerung, zur Irrigation eines großen Teiles der herrlichen conca d'oro bei Palermo, wobei geeignete Ausgleichsweiher vorgesehen sind und ein Teil des Wassers vorher zirka 90 m elektrisch in die Höhe gepumpt wird.

Bei richtiger Verbindung von durchlaufenden und speichernden Wasserkraftwerken ist keine andere Reserve notwendig, wie dies die Schweiz und die schweizerischen Bundesbahnen beweisen, wo überhaupt keine kalorische Reserve vorhanden ist. Die Stadt Zürich kuppelt ihre Umformer von Drehstrom auf Einphasenstrom noch mit je einer Gleichstrommaschine, die an einer reichlichen Batterie liegt. Ähnliche Batteriereserven hat man in den inneren Bezirken der meisten Großstädte. Sonst wird an wichtigeren Konsumstellen eine dieselelektrische Reserveanlage aufgestellt, die bei Unterbrechung des Fernstromes sofort einspringt. In Südschweden und zwar in Stockholm, Göteborg, Malmö und anderen Städten sind als Notreserve Dampfturbinen aufgestellt, die im Vakuum als Phasenschieber leer mitlaufen und sofort mit einem Ruthsspeicher und mit abfallstromgeheizten Elektrokesseln in Verbindung gesetzt werden können[60]). Die Drehzahlregelung überläßt man möglichst den Speicherwerken, während die parallelen durchlaufenden Flußwerke mit Hilfe eines Oberwasserspiegelreglers laufend voll ausgenützt werden.

In großzügiger Weise erzielt man eine restlose Ausnützung der Wasserkräfte und eine weitgehende Reserve durch Zusammenschluß der Gebirgsgegenden mit den Kohlenrevieren, wobei selbstverständlich die Staatsgrenzen kein Halt bedeuten dürfen. In dieser Hinsicht ist darauf hinzuweisen, daß die Schweiz bereits mit den Kohlengebieten Nordfrankreichs und Belgiens verbunden ist. Von den Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken ist jüngst eine 220 000 / 380 000 V Fernleitung in Betrieb gekommen, die die rheinisch-westfälische Kohle mit den badischen und süddeutschen Wasserkraftwerken, auch mit der

[58]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 147, 457; 1927, S. 546, 797, 870 ff.

[59]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 209.

[60]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 793; 1927, S. 870.

Digitized by Google

Schweiz und Tirol verbindet[61]). Es wird also die Schweiz der Elektrizitätsmakler, der im Sommer den Wasserstrom Italiens und der Schweiz nach Norden schicken kann, um im Winter Kohlenstrom für sich und den Süden zu erhalten. In ähnlicher Weise wäre auch wieder eine Brücke zwischen den tschechoslowakischen Kohlenwerken und den Wasserkräften Österreichs zu schlagen. Allerdings hat man inzwischen in Österreich versucht, sich selbst so weit als möglich mit minderwertiger Kohle und Torf zu helfen.

Günstig ist auch ein Ausgleich zwischen Mittelgebirgs- und Hochgebirgswasserkräften, da erstere im Winter, letztere im Sommer viel Wasser führen. Im Winter 1921/22 waren in Oberitalien die Wasserkräfte so knapp, daß pro Tag statt 4 Mill. kWh nur 2·5 Mill. zur Verfügung standen. Es wurde mit Kohlenstrom aus Lothringen durch die Schweiz über 700 km ausgeholfen, und aus Mittelgebirgswasserkräften bei Rom.

Für die Wirkungsgradbestimmung ist die Ermittlung der Wassermenge die schwierigere Aufgabe, namentlich bei den großen Niederdruckanlagen mit vielen Tausenden m³/sek. Hier sind Messungen mit vielen elektrisch gesteuerten Flügeln nötig, wobei aber Wirbelbildung störend wirken kann; man beruhigt das Wasser zum Beispiel durch Flösse. Neuerdings hat man die Flügelmessung auch in den Druckrohren eingerichtet und bewegt den Flügel auf zwei aufeinander senkrechten Rohren im Druckrohr, wobei sich die Wassermenge zu

$$Q = \Sigma 2\pi . r_x . v_x . d v_x$$

berechnet. Eine sehr gute Meßmethode gibt der Meßschirm, wofür aber im Oberwassergraben ein genau bearbeitetes Stück Kanallänge hergerichtet werden muß. In Amerika werden chemische Methoden herangezogen[62]): Es wird eine Salzlösung ins Oberwasser gegeben und im Unterwasser eine Probe titriert oder es wird die Zeit gemessen, bis die Lösung in einer bestimmten Entfernung, zum Beispiel 30 m, ankommt. In Druckrohre werden dauernd Venturimesser eingebaut, dann geheizte elektrische Widerstände, die man mit der Brücke mißt und auf Wassermenge umrechnet, schließlich kann man die Druckänderung, die durch Schieberverstellung im Rohr hervorgebracht wird, photographieren.

Als Anlagekosten in M/kW rechnet man:

Niederdruckwerke und Stauwerke . .	700 bis 1000
Reine Hochdruckwerke	200 „ 500
Dampfkraftanlagen	200 „ 450
Billige Spitzendampfkraftwerke mit Bensonkessel	150
Dieselmaschinen	400
Wasserakkumulatoren	225
Ruthspeicher	180
Elektrische Akkumulatoren samt Umformer	400

Ein eigenes Gebiet betrifft die Ausnützung der Meeresgezeiten, die sich nach dem Einbecken- oder Zweibeckensystem ausnützen lassen und wobei große Energiemengen zu erzielen wären. Projekte liegen vor für Anlagen bei Husum in Schleswig, an der Severn-Mündung in England mit $H = 12{\cdot}5$ m, 325 000 kW und 2 400 000 PSh pro Tag, andere in Frankreich und Amerika[63]). Beim Einbeckensystem, das bei L'Abré Vraach in Nordfrankreich ausgeführt werden soll, muß man das Flutwerk mit einem Wasserakkumulator verbinden, wenn man kontinuierlich Strom abgeben will.

Bisher sind Windkraftwerke nur vereinzelt und in Einheiten von wenigen Pferdestärken ausgeführt worden. Doch ist dieser Energiequelle mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Es ließen sich viele Windmühlen durch die ohnehin vorhandenen Fernleitungen parallelschalten, die großen Leitungsmaste ließen sich sogar als Mühlentürme ausnützen. Die Mühlen selbst müßten ähnlich den Wasserturbinen mit richtiger Luftführung auch für größere Leistungen durchgebildet werden, wobei auch Flettners Erfindung Anregung geben dürfte.

γ) Belastungsausgleich.

Da die Kraftwerksleistungen und die Versorgungsgebiete immer mehr wachsen, und auch der Zusammenschluß, die sogenannte Verbundwirtschaft, immer mehr Beachtung findet, treten auch die Belastungsschwankungen und die Forderung, sie auszugleichen, immer mehr zurück. Trotzdem gibt es immer noch Fälle, wo Puffermaschinen mit Akkumulatoren oder bei raschen Belastungsänderungen puffernde Massenschwungräder notwendig werden. Die Regel ist es, daß die Pufferung beim Stromabnehmer mit schwankender Belastung eingebaut wird.

Da die individuelle Schwungradpufferung für jeden Motor sehr teuer ist, so kann man auch die gemeinsame Parallelpufferung in der Zentrale benützen, was wohl selten ausgeführt ist, aber zum Beispiel für ein Netz mit Naphtahaspeln sehr nötig wird, weil die Förderung eintrümig, also unausgeglichen erfolgt. Es gibt zwei Methoden dieser Parallelpufferung:

1. die amerikanische der Westinghouse Co. Durch einen Einankerumformer wird Drehstrom in Gleichstrom umgeformt, der dann einen Gleichstrommotor antreibt, auf dessen Welle das Massenschwungrad sitzt. Ein Schnellregler verstellt die Erregung dieses Motors entsprechend der im Netz geforderten Belastung, so daß das Schwungrad anspricht.

2. Das Schwungrad sitzt auf der Welle einer am Netz liegenden Asynchronmaschine, deren Schleifringe an eine Gleichstrom-Krämer-Kaskade oder an eine Scherbius-Kommutator-Kaskade in Doppelzonenregelung geschaltet sind. Die Asynchronmaschine wird je nach der Erregung und der um 30 vH schwankenden Drehzahl Motor, der das Schwungrad lädt, oder Generator, auf den sich das Schwungrad entlädt.

[61]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 69.
[62]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 144.
[63]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 62.

Digitized by Google

δ) Schaltanlagen.

In England sind bis 66 000 V eisengepanzerte öl- und kompoundgefüllte Schaltanlagen (Ölschaltkästen) ziemlich verbreitet, wobei auch die Verbindungsleitungen, Meßwandler etc. alle in Metallrinnen liegen, die mit Öl gefüllt sind, so daß man eine sehr gedrängte Bauart erzielt.

Das Hochspannungs-Schalthaus durchzieht, als Lichtschacht ausgebildet, nach der Längsachse der Bedienungsgang, hinter dem beiderseits die Zellen für Schalter und Apparate liegen. Dieser Gang wird ohne Decke oben offen gelassen, so daß das Licht der oberen Seitenfenster und der Oberlichter durch alle Stockwerke bis zum Boden fluten kann. In den oberen Stockwerken verlaufen leicht zugänglich die Sammelschienen und die Ausführungen mit dem zugehörigen Überspannungsschutz, siehe Abb. 13 und 14: EW Kaaden, nach dem Vorbild des sächsischen Umspannwerkes Silberstraß. Vom Zellensystem der Hochspannungsschalthäuser geht man immer mehr zum Hallenbau über, wo manchmal die Ölschalter in den Boden versenkt sind; darunter ist ein Gang zum Herablassen der Ölkessel vorgesehen. Neuerdings werden nach amerikanischem Vorbild auch bei uns die Freiluftschaltstationen für Kraft- und Umspannwerke bei Spannungen von etwa 50 000 V aufwärts immer allgemeiner, da bei ihnen die Gefahr des Verqualmens ganz wegfällt. Für Sammelschienen und Verbindungsleitungen werden bei 110 000 bis 220 000 V Rohre mit losen Ausdehnungsverbindungen verwendet. In Amerika ist es üblich, die einzelnen Felder der Betätigungsschalttafeln ausfahrbar zu machen, damit man bequem Reparaturen und Änderungen stromlos vornehmen kann. In amerikanischen Großkraftwerken werden die einzelnen Phasen vertikal oder horizontal völlig von einander getrennt und auch die Sammelschienen isoliert.

Bei der riesigen Ausdehnung der Überlandwerke ist die Kontinuität des Betriebes die Forderung des Tages. Man schafft deshalb eine zentrale Kommando- oder Inspektionsstelle (supervisory control) und einen sogenannten load dispatcher, einen Lastverteiler[64]), zum Beispiel die Schaltstationen in Karlsfeld bei München für das Bayernwerk und in Friedrichfelde für die Elektrowerke bei Berlin. Dort laufen alle Meldungen zusammen und von dort werden alle Befehle zum Schalten gegeben. Ein lebendes Kopier-Schema zeigt automatisch die Stellung aller Schalter und mittels Fernmessers alle Belastungen und Wasserstände. Bei nahendem Gewitter wird von dort mit Telephon und Telautograph der Befehl zum Lösen gewisser Verbindungen, zur Sektionierung, gegeben. Für die Wasserkräfte werden im Einzugsgebiet Wassermengen-Fermeldestationen angelegt, aus deren Angaben, für einige Tage oder eine Woche, im voraus ein Leistungsplan gemacht werden kann.

Das Aus- und Einschalten, das Parallelschalten von Generatoren geschieht selbsttätig und zuverlässig aus der Ferne. Die Schaltrelais sind bei Voigt & Häffner mit Vorrelais versehen, die erst die Zuschaltung freigeben, wenn die Phasenübereinstimmung wenigstens zehn Sekunden angedauert hat und außerdem müssen vorher beide Spannungen gleich sein. Ein stets betriebsbereites Betriebs-Telephonnetz ist von großer Bedeutung. Am verläßlichsten, aber auch am teuersten, sind im Boden verlegte Ferntelephonkabel; neuerdings kann man von der Post- und Telegraphenverwaltung Aderpaare mieten. Hochfrequenztelephonie, (U = 50 000 bis 100 000), die über Kondensatoren oder induktiv an die Hochspannungsfernleitungen angeschlossen wird, bürgert sich immer mehr ein, da die Telephonleitungen an den Hochspannungsgestängen oft Störungen ausgesetzt sind.

In New York, wo am Netz 25 000 Lifts mit täglich 10 Millionen vertikal beförderten Personen hängen, wo man fortwährend elektrische Wasserpumpen braucht, weil es immer in einer Ecke brennt, ist die Kontinuität des Betriebes die Grundforderung. Es wird deshalb auch die niedrige Gebrauchsspannung von 2 × 120 V Gleichstrom verwendet. Überstromschalter gibt es überhaupt nicht. Maschinen, Umformer, Transformatoren, Leitungen sind alle reichlich bemessen. Nur bei Erdschluß wird das Kabelstück zwischen zwei Kabeleinsteiglöchern ausgeschaltet und sofort ersetzt. Jede Unterstation wird von verschiedenen Generatoren aus verschiedenen Kraftwerken gespeist.

Kleinere Kraftwerke bis zu 10 000 kVA, ebenso Unterstationen mit Umformern und Gleichrichtern sowie Umspannwerke werden von der Kommandostelle in Betrieb gesetzt und ausgeschaltet, ebenso Synchronkondensatoren und die Straßenbeleuchtung. Solche automatische Stationen können auch durch Uhren oder Leistungsrelais ein- und ausgeschaltet werden. Werden solche Stationen durch Kurzschluß oder andere Störungen abgeschaltet, so schalten sie sich nach einigen Sekunden über einen Widerstand und dann direkt automatisch wieder ein. Das geschieht neuerdings auch für große Gleichstromnetze, wobei allerdings leicht große Überströme, zum Beispiel wegen des großen Einschaltstromes der Metalldrahtlampen, entstehen. Deshalb werden automatisch herausfallende Ölschalter eingebaut, die das Netz in viele Bezirke einteilen und die sich selbsttätig nacheinander wieder einschalten. Netztransformatoren schalten nach erfolgter Überstrom-Auslösung nach je 60 Sekunden 3 bis 4 mal wieder ein.

Eine der wichtigsten Fragen in den weit ausgedehnten Netzen ist die Konstanthaltung der Spannung bei allen Konsumenten. Es kommen heute Schwankungen von 5 bis 10 vH häufig vor. Man ändert wohl in der Zentrale die Generatorspannung im Lauf von 24 Stunden entsprechend der Schwankung der Totalbelastung etwa um ± 5 vH auf und ab. Außerdem müssen aber Transformatoren mit im Betrieb abschaltbaren Spulen oder beidseitig wirkende Zusatztransformatoren,

[64]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 242, 247, 410; 1927, S. 30.

Digitized by Google

die auch von Stern in Dreieck umschaltbar gebaut werden, oder aber Drehtransformatoren eingebaut werden, letztere, um eine Phasenänderung zu vermeiden, als Doppeltype. In Amerika sind solche durch Spannungsrelais verstellte Drehtransformatoren allgemein üblich, sie hängen oft an den Masten.

In den Großstädten empfiehlt es sich, Erdkabel-Hauptringleitungen mit 11 000, 22 000, 27 000, 30 000 oder gar 35 000 V zu legen, daran anschließend Netze mit 4150/2450 oder 3000/1700 V Vierleiter und dann 400/230 oder 208/120 V Vierleiter Gebrauchsspannung[65]).

Bei 11 000 V ergeben sich für Städte folgende höchstzulässige Abstände der Transformatorenstationen:

	0·35	0·64	1·1 km
bei einem Verbrauch von	12 000	3000	400 kVA/km².

Orte mit Gleichstromnetzen sollte man nicht, wie dies vielfach geschieht, auf Drehstrom umbauen, sondern sie mit Umformern, die gleichzeitig Blindstrom liefern, versorgen, wobei auch Akkumulatoren möglich sind.

Die in den Großstädten nötigen Umformerwerke legt man häufig unterirdisch an, besonders unter freien Plätzen. In Amerika ist eine solche bedienungslos arbeitende Umformerstation in einem Salzbergwerk 330 m unter Tag im Betrieb.

Bezüglich der Übertragungsspannung in landwirtschaftlichen Gebieten ist darauf hinzuweisen, daß für Höfe und Weiler 22 000, ja manchmal 6000 V eine zu hohe Spannung ist. Eine Zwischenspannung 1700/1000 oder 3500/2000 V Vierleiter wäre da nach amerikanischem Vorbilde am Platz.

Jede wichtige Konsumstelle soll wenigstens von zwei Seiten gespeist werden. Es sind eine Reihe Ringe zu bilden, die durch sofort wirkende Überstromschalter verbunden werden; beim Auslösen der Verbindungsschalter wird ein Schutzwiderstand vorgeschaltet. Die Schaltung ist allgemein so anzuordnen, daß nur wenige, schwere Ölschalter nötig werden. Generator und Transformator werden zum Beispiel zu einer Einheit verbunden, so daß nur in der Hochspannung Schalter liegen.

Beim Zusammenarbeiten verschiedener Werke handelt es sich darum, die Blindleistung richtig auf die Werke zu verteilen und zwar einmal so, daß die geringsten Leitungsverluste entstehen, und dann so, daß jene Generatoren, die am wenigsten Wirk-kW liefern, die meisten Blind-kW nehmen, was alles wohl durch Änderung der Generatoren-Erregung, aber in allgemeinster Weise durch Drehtransformatoren geschieht. Bei Wasserreichtum fahren zum Beispiel die Wassergeneratoren möglichst mit $\cos \varphi = 1$, die Wärmekraftgeneratoren mit niedrigem $\cos \varphi$ und umgekehrt.

In Amerika ist der Zusammenschluß (interconnection) der Werke sehr weit gediehen, von New Orleans am Golf von Mexiko bis Chicago und Milwaukee und wieder bis New York, auch innerhalb Californiens ist alles verbunden. Namentlich bei Wasserarmut ist dann eine Aushilfe durch die weit abgelegenen kalorischen Werke sozusagen im Seriensystem möglich, wobei möglichst nur Wirkstrom verschoben wird.

[65]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 723.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Der Wirkungsgrad der englischen Elektrizitätswerke wurde in der Nachkriegszeit bedeutend verbessert. In den Jahren 1925 bis 1926 wurden 7805 Mill. kWh von Dampfkraftwerken erzeugt, wobei 1·09 kg/kWh Kohle verbraucht wurden. 1921 bis 1922 verbrauchte man bei einer Gesamterzeugung von 4740 Mill. kWh noch 1·41 kg/kWh. 25 vH der Gesamterzeugung der Jahre 1925 bis 1926 wurden mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 17·5 vH geleistet. Das am günstigsten arbeitende Werk (Barton) hat eine Wärmeausnützung von 21·51 erreicht. Stip.

(World Power, Bd. 8, Nr. 43.)

Ein Plan zur Elektrizitätsversorgung von Südost-England einschließlich Londons wurde von der Electricity Commission[1]) ausgearbeitet. Er umfaßt die Versorgung eines Gebietes von 8800 Quadratmeilen mit 11·4 Mill. Einwohnern einschließlich von London durch 165 „anerkannte" Gesellschaften. Der gegenwärtige Verbrauch beträgt auf den Kopf der Bevölkerung 112 kWh im Jahr, er wird für 1933/34 mit 265 kWh und 1940/41 mit 426 kWh angenommen. Dreizehn bestehende und zwei zur Ausführung bestimmte neue werden als „auserwählte" Werke für die Elektrizitätsbehörde ständig arbeiten, weitere dreizehn bestehende sollen fallweise herangezogen werden. Schließlich sollen später noch drei neue Werke mit bis zu 360 000 kW Ausbaugröße errichtet werden. Die Hauptverbindungen sollen durch 132 kV-Freileitungen erfolgen, die zweite Gruppe von Verbindungsleitungen wird aus 33 kV-Freileitungen und 22 kV, 33 kV, 66 kV und 132 kV Kabelleitungen bestehen. Die Größe der 24 Umspannwerke soll zwischen 600 und 225 000 kVA schwanken. In der Übergangszeit sollen für die Elektrizitätsbehörde 43 bestehende Werke arbeiten, und zwar ein Teil dem Amt jede gewünschte Menge zu jeder gewünschten Zeit und der andere Teil die Abfallkraft zur Verfügung stellen. Entsprechend diesen Bedingungen werden auch die Entschädigungen für den erzeugten Strom festgesetzt. Mit der ersten Lieferung der geregelten Stromerzeugung hofft man im August 1928 beginnen zu können. Die hiedurch erzielte Ersparnis soll bis 1934 fünf Mill. Pfund, also 1 Mill. im Jahr betragen und später noch weiter steigen. V. H.

(El. Review, Bd. 101, Nr. 2602, 1927.)

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Schwingungsdämpfung bei Wasserschlössern[1]). Nach J. Calame und D. Gaden, Genf und Paris, kann bei Wasserschlössern den Schwingungen des darin befindlichen Wasserspiegels, die den Reglerbetrieb ernstlich stören können, dadurch abgeholfen werden, daß an der Anschlußstelle des Wasserschlosses an den Strang Druckstollen — Rohrstrang eine Querschnittsverengung in diesem Strange angeordnet wird, ähnlich jener, welche beim Venturirohr üblich ist. Ist Q die von der

[1]) E. u. M. 1926, S. 161.

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, Heft 40; 1923, S. 413; 1924, S. 559; 1925, S. 548.

Digitized by Google

Turbine verarbeitete Wassermenge, F der Querschnitt des Wasserschlosses, f der Querschnitt des Druckstollens, L seine Länge, so ergibt sich bei Reibungsfreiheit die höchste Spiegelerhebung Z über den bei Stillstand der Turbine auftretenden Gleichgewichtsspiegel im Wasserschloß

$$Z = \frac{Q}{F}\sqrt{\frac{LF}{gf}}$$

und die Schwingungszeit

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{LF}{gf}}.$$

Ist $c = \frac{Q}{f}$ die Wassergeschwindigkeit im Stollen, so herrscht nach Prof. Dr. Thoma, München, bei Berücksichtigung der Reibungen Schwingungsfreiheit, wenn

$$F > \frac{c^2}{2g}\,\frac{Lf}{Hh},$$

soferne h die Spiegelsenkung bei normalem Betrieb unter den erwähnten Gleichgewichtsspiegel, H das Gefälle darstellt. Dieser Wert verkleinert sich bei besagter Einschnürung mit c' als Geschwindigkeit an der Einschnürungsstelle auf

$$F > \frac{c^2}{2g}\,\frac{Lf}{(H+2h')(h'+h)},$$

wenn h' die Geschwindigkeitshöhe $\frac{c'^2}{2g}$ an der Einschnürungsstelle ist. β.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 90, Nr. 5 und 6, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Hochdruckturbinenanlage im Kraftwerk Langerbrugge. Die Société An. Centrales électriques des Flandres hat eine der ersten Hochdruckdampfturbinen in diesem Werk aufgestellt.[1]) Die Anlage besteht derzeit aus dem 1750 kW Vorschaltsatz für 50 at und 20 at Gegendruck und vier 6600 kW Kondensationsturbinen für 20 at, drei 56 at Hochdruckkesseln und sechs weiteren Kesseln für 20 at. Alle Maschinen sind von Brown, Boveri geliefert, die Kessel sind sämtlich nach der Bauart Babcock-Wilcox. Der Hochdruckmaschinensatz und ein 6600 kW Satz wurden auf dem Platze untergebracht, auf welchem früher zwei 2000 kW Sätze standen, die drei Hochdruckkessel traten an die Stelle von drei 14·5 at Kesseln. Die wichtigsten Angaben über die Hochdruckkessel, die nach Art der Schiffskessel mit einem querliegenden Oberkessel gebaut sind, sind folgende: Heizfläche 440 m², Überhitzerfläche 119 m², Luftvorwärmerfläche 455 m², Rostfläche 9·1 m², Überhitzungstemperatur 450°, Stundendampfleistung 12 t. Die Verbrennungsluft wird um 200° vorgewärmt, der Vorwärmer besteht aus Stahlrohren, durch welche die Verbrennungsgase streichen, die Luft wird im Gegenstrom um die Rohre geführt. Die Kessel sind mit selbsttätigen Speisewasserreglern, System Copes, ausgerüstet. Die Hochdruckturbine verarbeitet das Dampfgefälle von 50 at, 442° bis 20 at, 330°. sie läuft mit 8000 U/min und treibt über ein Zahnradgetriebe einen vierpoligen 2000 kVA, 1500 U/min Drehstromerzeuger für 12 000 V, 50 Per/s an. Für die Speisung der Hochdruckkessel ist eine turboangetriebene Zentrifugalpumpe vorgesehen, die 50 m³/h gegen einen Druck von 60 at fördert und etwa 200 PS braucht. Als Reserve dient eine elektrisch angetriebene Pumpe. Das Speisewasser wird in drei Stufen vorgewärmt, und zwar durch Stopfbüchsendampf, durch den Abdampf der die Zentrifugalpumpe antreibenden Turbine, durch Abdampf der Hochdruckturbine und durch Anzapfdampf aus einer der 20 at Turbinen. Das Speisewasser wird in geschlossenem Kreislauf durch die Maschinen und Apparate geführt. Durch die wirtschaftlichere Stromerzeugung der Hochdruckanlage konnte an das Werk auch ein Ofen zur Erzeugung von Kalziumkarbid angeschlossen werden, der 3750 kVA aufnimmt und etwa 5000 t jährlich liefern kann. Das Werk hat im Jahre 1925 insgesamt 39 Mill. kWh abgegeben. Der wirtschaftliche Wirkungsgrad der Hochdruckanlage (Kohlenverbrauch : erzeugte elektrische Leistung) ist etwa 22 bis 23 vH. Durch die Hochdruckanlage ist eine Kohlenersparnis von 32 bis 37 vH erreicht worden, da der Kohlenverbrauch von 0·86 kg/kWh bei der 20 at Anlage jetzt auf 0·54 kg gesunken ist.

(L'Electricité pour tous, 9. Jg., Nr. 8, 1927.)

Dampfverbrauchsergebnisse von Ljungström-Gegendruckturbinen. Die Aktiebolaget Ljungströms Angturbin (Stal Company) hat kürzlich auch den Bau von Gegendruckturbinen aufgenommen. Die grundsätzliche Anordnung ist die gleiche wie bei den Kondensationsturbinen der Bauart Ljungström[1]). Zu beiden Seiten des aus zwei gegenläufigen Rädern mit radialer Durchströmung des Dampfes bestehenden Läufers sind die beiden synchronisierten und daher mit völlig gleicher Drehzahl laufenden Stromerzeuger angeordnet. Als Besonderheiten ist nur die Verwendung eines eigenen Innengehäuses für die Turbinenläufer wegen des höheren Gegendrucks nach der letzten Stufe zu erwähnen. Bisher sind 16 Turbinen der neuen Bauart mit zusammen 21 000 kW Leistung geliefert worden. Eine 1500/2000 kW, 3000 U/min Turbine für eine finnische Papierfabrik, welche für 17 atü Anfangsspannung 300° Dampftemperatur, 3 atü Gegendruck und eine Größtdampfmenge von 30 t/h gebaut ist, hatte bei einer Spannung von 12 bis 18 ata nach dem Einlaßventil der Turbine, einer Dampftemperatur von 267 bis 295° und einem Gegendruck von rund 4 ata bei Leistungen von 774, 1047, 1441 und 1816 kW einen Gesamtdampfverbrauch von 15 000, 17 250, 20 700 und 26 000 kg/h entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad (bezogen auf die Wellenleistung und den Zustand nach dem Regelventil) von 83·2, 85, 85·2 und 82·3 vH. Bei einer für ein Elsässisches Bergwerk gelieferten 1500/2000 kW, 3000 U/min-Turbine, für Dampf von 18 atü und 320°, 3 atü Gegendruck und 25 t/h Höchstdampfmenge ergab sich bei etwas höherem Gegendruck und rund 300° Dampftemperatur bei Leistungen von 1605, 1106 und 873 kW ein thermodynamischer Wirkungsgrad (s. o.) von 84·2, 85·1 und 83·1 vH. Der Dampfverbrauch war bei den angegebenen Leistungen mit 23 000, 18 300 und 15 300 kg/h um 5, 4·3 und 1·6 vH kleiner als gewährleistet worden war. J.

(Asea-Journal, Bd. 4, Nr. 8, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Das magnetische Brückenpermeameter von Cambridge wurde von Dr. Edwards Hughes nach dem Muster des Permeameters von Iliovici konstruiert. Es dient zur Bestimmung der magnetischen Permeabilität und der Hystereseschleifen von Eisenproben in Form von prismatischen Stäben, die entweder massiv oder aus Blechen oder Drähten zusammengesetzt sein können. Abb. 1 stellt Schaltung und Aufbau dar. U ist die eigentliche Magnetisierungsspule von solcher Windungszahl, daß $H = 100J$ ist; E und E_1 sind Schutzringspulen zur Erzeugung eines gleichförmigen Feldes im Mittelteil des Probestabes zwischen den Punkten S und S_1, sie dienen ferner zusammen mit der Magnetisierungsspule W zur Kompensation des Einflusses der magnetischen Widerstände des Joches MN, der beiden Kontaktstellen zwischen Probestab und Joch, sowie der beiden Enden des Probestabes außerhalb der Strecke SS_1. Eine mit einem ballistischen Galvanometer verbundene, zwischen den Punkten S und S_1 auf den Spulenrahmen von U gewickelte Prüfspule dient zur Messung der den Stromänderungen in der Magnetisierungswicklung von U entsprechenden Änderungen des magnetischen Flusses. Die Ströme in den Spulen E, E_1 sind gleich dem Strome U: der Strom in W wird dann so eingestellt, daß ein in den Punkten S, S_1 angelegter magnetischer Nebenschluß, bestehend aus dem Eisenbügel Y, keinen Ausschlag am ballistischen Galvanometer hervorruft. Um den Einfluß

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 741.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 407.

Digitized by Google

einer remanenten Magnetisierung des Bügels *Y* ausschalten zu können, ist dieser auch um 180° verdreht anlegbar. Man kann sich die Wirkung der Kompensationsspulen versinnlichen, indem man den magnetischen Kreis durch einen elektrischen Stromkreis ersetzt, in welchem zwei räumlich getrennte EMKe in gleichem Sinne wirksam sind, die den MMKen der Spule *U* einerseits und der Spulen *E*, *E*₁ und *W* andererseits entsprechen. Die der Spule *U* entsprechende EMK befinde sich zwischen den beiden Punkten *S* und *S*₁; die den Spulen *E*, *E*₁ und *W* entsprechende außerhalb dieser Strecke. Im ganzen Stromkreise fließe der Strom *J*. Werden nun die beiden EMKe so abgeglichen, daß die erstere dem Spannungsabfall auf der Strecke *SS*₁, die andere dem gesamten Spannungsabfalle außerhalb *SS*₁ gleichkommt, so befin-

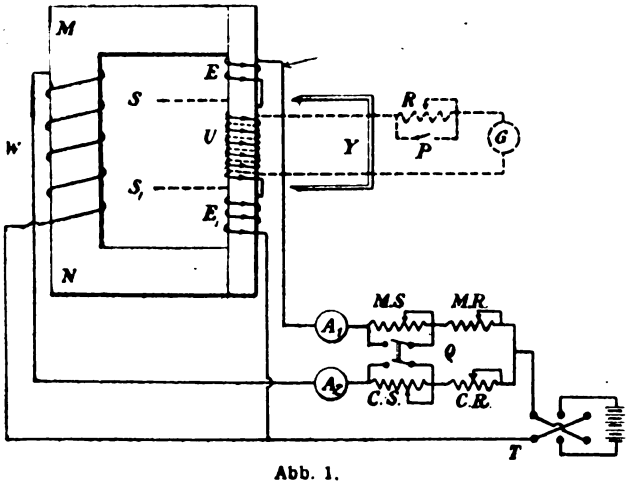


Abb. 1.

den sich die beiden Punkte *S* und *S*₁ auf gleichem Potential und ein an sie angelegter Kurzschlußbügel bleibt stromlos und bringt daher keine Änderung des Stromes *J* hervor. Umgekehrt ist die Potentialgleichheit ein Zeichen dafür, daß der von der EMK zwischen *S* und *S*₁ erzeugte Strom gleich dem Strome ist, der auftreten würde, wenn man die Punkte *S* und *S*₁ unter Ausschaltung des ganzen äußeren Kreises unmittelbar mit einander verbände. Auf das Magnetometer angewendet, wird somit bei Gleichheit des magnetischen Potentials in *S* und *S*₁ die MMK von *U* einen Fluß erzeugen, der jenem in einem geschlossenen Ringe vom Querschnitte des Probestabes und der Achsenlänge *SS*₁ gleichkäme. Man schaltet also durch dieses ingeniöse Verfahren den Einfluß des Joches, der Verbindungsstellen und der Stabenden vollständig aus, so daß man auch bei erheblichem und teilweise unbekannten Widerstande dieser Teile einwandfreie Permeabilitätswerte erhält. R. H.

(Engineering, Bd. 124, Nr. 3215, 1927.)

Über Kontaktgebung mittels elektrischer Meßinstrumente berichtet F. Sieber, Baden, Schweiz. Diese wird für vielerlei selbstätige Schaltungen gebraucht. Um zuverläßlich zu arbeiten, muß verlangt werden, daß die Kontakteinrichtung Schaltleistungen von 1 bis 10 W bewältigt, damit höchstens unter Zwischenschaltung eines robusten, billigen Relais der Antriebsmotor eines Schaltapparates betätigt werden kann. Die Drehmomente der üblichen Meßinstrumente in der Höhe von 0·2 bis 0·5 cmg sind zu gering, um ein Schreiborgan oder einen Kontakt zu betätigen. Die meist üblichen direkt am Zeiger angebrachten Platinkontakte haben schwerwiegende Nachteile, sie verschmutzen oder verstauben und geben zu spät oder gar keinen Kontakt: oder sie verschweißen und bleiben kleben. Auch ist der Zeigerausschlag meist auf den durch die Kontakte eingestellten Bereich beschränkt und daher zu gering. Aus der Vergrößerung der Systemkräfte läßt sich keine befriedigende Verbesserung erzielen. Versuche von BBC mit bimetallischen Heizspiralen ergaben zwar Drehmomente von 10 bis 30 cmg, aber auch hier verschweißten die Kontakte, obwohl sie ins Vakuum gelegt waren. Auch die Verwendung von Iridium, Platinlegierungen oder von unedlen Metallen führte zu keinem Erfolg. Die Beanspruchung derartiger Endkontakte ist größer, als für gewöhnlich angenommen wird. Meist ändert sich die Meßgröße (Widerstandsthermometer, thermoelektrisches Pyrometer, Hitzdrahtvakuummeter für Gleichrichter) nur langsam. Ist der Abstand sehr klein geworden, so genügen ganz kleine Erschütterungen, um kurzzeitig Kontakt zu geben, ohne daß das Relais anspricht. Sofort tritt infolge Erschütterungen, explosionsartiger Wirkung des Funkens oder elektrostatischer Kräfte wieder Unterbrechung ein. Dieses Spiel kann sich minutenlang wiederholen, wenn nicht vorher Verschweißung erfolgt, bis das anwachsende Drehmoment dauernden Kontakt und Auslösung des Relais bewirkt. Es hat sich als zweckmäßiger erwiesen, die zur Kontaktgebung erforderliche mechanische Arbeit durch eine Hilfsvorrichtung (Uhrwerk, Motor) aufzubringen, wobei das Meßsystem nur die Rolle eines Steuerorganes übernimmt. Bei einer Anordnung der Cambridge Instrument Co. befinden sich am Zeiger die Lötstellen eines Differentialthermoelementes. Ein konzentrisch mit dem System über die ganze Skala einstellbarer Bügel trägt ein Heizelement. Kommt der Zeiger und die Lötstelle unter das Heizelement zu stehen, so bringt die EMK des Thermoelementes das entsprechend empfindlich gebaute Drehspulrelais zum Ansprechen. Von Chauvin und Arnoux wurde eine Meß- und Regliereinrichtung entwickelt, bei der der Erregerstrom für das Relais von einer Batterie geliefert und durch den veränderlichen Widerstand einer photoelektrischen Zelle gesteuert wird. Der Zeiger des Meßinstrumentes dient nur als Schirm, der die Lichtquelle freigibt oder abschirmt. — Vielfach wird ein sogenannter Fallbügel angewendet, der eine befriedigende Lösung ermöglicht. Ein U-förmiger Bügel liegt über dem ganzen Skalenbereich, zwischen Bügel und Skala befindet sich der Zeiger. Der Bügel wird durch ein Uhrwerk oder einen Ferrarismotor in regelmäßigen Zeitabständen heruntergedrückt. Es entsteht nur dann ein Kontakt, wenn der Zeiger gerade über einer einstellbaren Kontaktplatte steht. (Anordnung von Hartmann & Braun, Trüb, Täuber & Co. usw.). Eine besondere Konstruktion hat das Temperaturregistrierinstrument von Leeds & Northrup. Es besteht aus einem robusten Drehspulgalvanometer als Nullinstrument in einer Kompensationsschaltung, wobei der als Schleifdraht ausgebildete, auf einer Scheibe aus Isoliermaterial montierte Zweig so lange eingestellt wird, bis der Zeiger in die Nullage einspielt. Das Instrument braucht einen Hilfsmotor mit Zentrifugalregulator, ist gut durchkonstruiert aber bei seiner Kompliziertheit entsprechend teuer und bedarf sorgfältiger Wartung. Co. (Bull. Schweiz. Elektr. Verein, Bd. 18, Nr. 8, 1927, S. 484).

Der kVA-Stundenzähler von Landis & Gyr, Schweiz, (Trivector) ermöglicht den Scheinverbrauch über den ganzen Leistungsfaktorbereich genau zu messen. Aus der Eigenschaft der Sinus- und Cosinusfunktion, in der Nähe ihres Maximums nur wenig von der Größe des Winkels abhängig zu sein, folgt, daß ein kWh-Zähler bei Phasenwinkeln von 0 bis 10 Grad ziemlich genau die kWh anzeigt und daß andererseits ein Blindverbrauchszähler bei Phasenverschiebungen von 90 bis 80 Grad die kVAh annähernd richtig anzeigt. Das Prinzip des neuen Zählers besteht nun darin, daß zwischen die Cos-Linie des Wirkverbrauchszählers und die Sin-Linie des Blindzählers drei weitere Sinus- und Cosinuslinien interpoliert werden, so daß im Ganzen fünf Kurven aneinandergereiht werden, deren maximale Bereiche annähernd eine horizontale Linie bilden. Nur diese aneinandergereihten maximalen Bereiche kommen im Zähler zur Verwendung. Er besteht elektrisch aus einem Wirk- und einem Blindverbrauchszähler, jeder mit normalem Zählwerk, das dritte Zählwerk, welches den Scheinverbrauch registriert, ist in der Mitte angeordnet. Die Übersetzung von den beiden Zählwerksachsen auf das

Digitized by Google

dritte Zählwerk erfolgt durch drei Planetenradgetriebe, wodurch die Aufgabe der Interpolation von drei weiteren Sinuslinien gelöst wird. Die beiden ursprünglichen Zählwerksachsen und die drei Achsen der Planetenräder arbeiten mittels Rutschkupplungen auf die Achse des Scheinverbrauchszählwerkes, so daß tatsächlich immer nur die bei den jeweiligen Phasenwinkeln wirksame Höchstgeschwindigkeit auf das Zählwerk einwirkt. Dies gilt für den Bereich des Phasenwinkels von 0 bis 90°. Die Messung zwischen 90 und 180° erfolgt durch Verwendung eines Rückwattrelais, welches die Polarität der Spannungsspulen des Wirkverbrauchszählers bei Über- oder Unterschreitung von 90° umkehrt, so daß der Wirkverbrauchszähler auch bei Stromrücklieferung vorwärtsgeht. Co.

(Bulletin Schw. Elektr. Verein, Bd. 18, Nr. 8, 1927).

Fernmeldewesen.

Wandzentralen für automatischen Hausverkehr. F. Fröhlich beschreibt eine Kleinautomatenfernsprechzentrale, welche von der Firma Mix & Genest, Berlin hergestellt wird. Es werden zwei Typen hergestellt und zwar eine für maximal 30 und eine für maximal 50 Anschlüsse. Die Zentralen sind in Form von Wandschränken ausgebildet und nach dem Anrufsuchersystem geschaltet. Die kleinere Type besitzt 3 Anrufsucher und 3 Leitungswähler, während die größere Type je 6 Anrufsucher und Leitungswähler besitzt. Die Betriebsspannung beträgt 36 V. Anrufsucher und Leitungswähler sind als Hebdrehwähler ausgebildet und in üblicher Weise vielfach geschaltet. Die Zählung ist dekadisch und beginnt bei dem 30er Automaten mit Nr. 21. Beachtenswert ist, daß die Anrufsucher eine zusätzliche Kontaktreihe besitzen, deren Anschlüsse durch einfaches Eindrehen von dem Anrufsucher erreicht werden können. Dadurch wird den Teilnehmern die schnellste Erledigung der eingehenden Anrufe gewährleistet. Die Einstellung der Anrufsucher erfolgt automatisch, während die Leitungswähler durch zweimalige Ziffernwahl vermittels der Nummernscheibe an der Teilnehmerstation auf den gewünschten Anschluß gesteuert werden. Die Signalisierung des Frei- oder Besetztseins des verlangten Anschlusses erfolgt automatisch unmittelbar, nachdem die Nummernwahl beendet ist. Der Anrufende hört im ersteren Falle die Weckersignale gedämpft mit oder er vernimmt in seinem Hörer einen dauernden Summerton als Besetztzeichen. Die Trennung der Gespräche erfolgt gleichfalls automatisch. Außerdem ist eine Einrichtung vorgesehen, welche einigen bevorzugten Teilnehmern gestattet, in eine bereits bestehende Verbindung einzutreten. Die hierfür in Frage kommenden Stationen sind mit einer besonderen Aufschalttaste ausgerüstet, welche dem Teilnehmer ermöglicht, nach Erhalt des Besetztzeichens durch kurzzeitige Betätigung dieser Taste in die bestehende Verbindung einzutreten. Gleichzeitig hiermit wird ein leises Summerzeichen als Aufmerksamkeitssignal an alle Beteiligten übermittelt, welches zwar das geführte Gespräch nicht stört, jedoch vermeiden soll, daß Gespräche unbemerkt mitgehört werden können. Diese Einrichtung wird speziell dazu benutzt, um Staatsgespräche ohne Wartezeit dem Hausgespräch zu bevorzugen. Kelch.

(Mix & Genest Nachrichten, 4. Jahrg., Heft 2, Juli 1927).

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Einen Hochfrequenzofen[1]) für kleine Einsätze beschreiben W. Steinhaus und A. Kußmann (Berlin, Phys.-Techn.-Reichsanstalt). Ein an das städtische 50 Perioden Netz angeschlossener Transformator, dem primärseitig noch eine Regeldrossel zur Leistungsregelung vorgeschaltet ist, arbeitet sekundärseitig (Leerlaufspannung 6000 V) auf eine Batterie von drei parallelgeschalteten Ölkondensatoren von je 60 000 cm, die sich oszillatorisch über die Selbstinduktion des Ofens und eine Funkenstrecke entlädt. Die Funkenstrecke besteht aus einer mit 3000 bis 3500 U/min rotierenden Aluminiumscheibe, die auf beiden Seiten mit 12 Cu Vorsprüngen versehen sind, die an zwei festen Elektroden vorübergeführt werden. Entsprechend der Drehzahl der Scheibe erfolgen etwa 7 Entladungen je Wechsel des Primärstromes. Der Ofen selbst besteht aus 27 Windungen eines flachgewalzten Kupferrohres, das mit rund 60 mm Durchmesser ein Porzellanrohr umschließt. In diesem ersten Porzellanrohr sind zwecks guter Wärmeisolierung konzentrisch zwei weitere Rohre und ganz innen der Schmelztiegel untergebracht. Die Rohre können durch einen aufgesetzten Stutzen auf etwa 0·1 mm Hg-Säule evakuiert werden. Ein eingekittetes Glasfenster gestattet über einen Winkelspiegel das Ofeninnere zu beobachten. Mit dieser Anordnung können in wenigen Minuten 1800° C erreicht werden, wobei der Transformator primärseitig 6 kW aufnimmt. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt rund 20 bis 30 vH. Von Vorteil sind leichte Bedienbarkeit und geringe Anschaffungskosten, die den Ofen zu einem brauchbaren Laboratoriumsgerät machen. f. f.

(Zeitschr. f. Metallkunde, 19. Jahrg., S. 346, 1927).

Baustoffe.

Entwicklung des Perlitgusses. Dipl.-Ingenieur G. Meyersberg berichtet über die Entwicklung des Perlitgusses, eines hochwertigen Gußeisens, das durch geeignete Gattierung und dazu passende Wärmebehandlung erzielt wird. Das neue Verfahren wurde von Diefenthäler und Sipp erfunden und in der Gießerei von Lanz, Mannheim, ausgearbeitet. Eine erste Mitteilung in „Stahl und Eisen" im Jahre 1920 blieb unbeachtet. Durch eine eingehende Arbeit von Professor O. Bauer (Material-Prüfungsamt Berlin-Dahlem) wurde jedoch im Jahre 1922 die Öffentlichkeit auf die großen Vorzüge des Perlitgusses aufmerksam. Das Verfahren wird heute von zahlreichen Lizenznehmern in verschiedenen Ländern ausgeführt. Der Verfasser beschäftigt sich nunmehr mit der Nachprüfung, wie weit die dem Perlitguß anfangs zugesprochenen Eigenschaften in der Praxis Bestätigung gefunden haben und kommt zu dem Ergebnis, daß diese Bestätigung in vollem Maße erfolgt ist. Die Festigkeitseigenschaften des Perlitgusses liegen weit über denen des früheren Gußeisens und Zylindereisens. Eine Zugfestigkeit von über 28 kg/mm² und eine Biegefestigkeit von über 51 kg/mm² bei mehr als 14 mm Durchbiegung wird allgemein gefunden. Beispiele für darüber hinausgehende Werte werden angeführt. Besonders bemerkenswert ist die hohe Zähigkeit, die sich in großen, beim Dauerschlagversuch erreichten Zahlen ausspricht. Dabei bleibt die Bearbeitbarkeit durchwegs erhalten. Für die Praxis wichtig ist die Freiheit von Gußspannungen und die Lunkerfreiheit, ferner die große Gleichmäßigkeit des Gefüges. Das Perlitgußeisen zeichnet sich durch besondere Dichtheit aus, was für alle Fälle, wo Flüssigkeiten unter höherem Drucke aufzunehmen sind, von Bedeutung ist, ferner durch höchste Verschleißfestigkeit, weshalb es sich für Kolbenringe, Zylinder, Zahnräder und dergleichen hervorragend eignet. Für Dampfturbinen, Heißdampfleitungen, Economiser und dergleichen mehr ist die Gefügebeständigkeit in der Wärme wichtig. Das gefürchtete „Wachsen" des Gußeisens in der Wärme wird bei dem sogenannten „Heißperlit", einem Perlitgußeisen mit geringem Siliziumgehalt, vollständig vermieden. Zahlreiche Beispiele aus der Praxis werden als Belege angeführt. M.

(Z. V. D. I., Bd. 71, Heft 41, 1921.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Neue Maßeinheiten in Frankreich. Im Hinblick auf die neuen französischen Dampfkesselvorschriften verweist die „Schweizerische Bauzeitung", Bd. 90, Nr. 3, darauf, daß die neuen Gebrauchseinheiten nicht auf dem C. G. S.-System, sondern auf dem Meter-Tonnen-(Masse-) Sekunden-System aufgebaut sind. Die Krafteinheit 1 sthène (sn) = 10^8 Dyn = 1 Tonne-Masse × 1 m/sec² =

[1]) Siehe auch E. u. M. 1927, S. 475, 603.

Digitized by Google

$= \frac{1000\,\text{kg Gewicht}}{981} = 102\,\text{kg-Gewicht}$. $1\,\text{kW} = 1\,\text{sn m/sec}$.

Die neue Druckeinheit ist 1 pièze $= \frac{1\,\text{sn}}{1\,\text{m}^2} = 102$ kg-Gewicht/m². Der Dampfdruck wird in hectopièze ausgedrückt. 1 hpz = 10 200 kg-Gewicht/m² = 1·02 kg/cm² = = 1·02 at. Die Festigkeit von Metallen soll in myriapièze = 1000 pièze = 1·02 kg/mm² bezeichnet werden. Da das kg als Kraft nicht mehr verwendet wird, ist eine Verwechslung zwischen kg-Gewicht und kg-Masse, wie bisher, ausgeschlossen.

Patentbericht.

Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Bauliche Ausgestaltung.

Die aus Eisen hergestellten Gefäße für Gleichrichter erfüllen ihre Aufgabe nicht immer in vollkommen einwandfreier Weise, denn es kommt vor, daß poröse Stellen in den Gefäßwänden oder in den etwa vorhandenen Schweißnähten vorhanden sind, die Luft in das Gefäßinnere eindringen lassen. Um die Porosität unschädlich zu machen, ist bereits vorgeschlagen worden, die Schweißnähte mit einem besonderen evakuierten Hohlraum zu umgeben oder das ganze Gefäß mit metallischen oder Emailüberzügen zu versehen. Diese Abdichtungsverfahren sind verhältnismäßig umständlich und kostspielig. Nach einer Erfindung der AEG (Dr. Lionel Fleischmann) in Berlin wird das eiserne Gleichrichtergefäß an den Schweißnähten oder auf dem ganzen Umfang mit einer aufvulkanisierten Gummischicht überzogen. Hierbei ist es vorteilhaft, diejenigen Teile, bei denen die Bildung von Poren wahrscheinlich ist, also zum Beispiel die Schweißnähte, mit einem starken, die übrigen Teile des Gefäßes aber mit einem schwächeren Gummiüberzug zu versehen. Die hiemit verbundenen Vorteile bestehen darin, daß die Teile, die eines besseren Schutzes bedürfen, auch tatsächlich sicherer abgedichtet werden, während andererseits die Abkühlung infolge des schwachen Gummiüberzuges auf der übrigen Gefäßoberfläche nicht nennenswert beeinträchtigt wird.

(D. R. P. Nr. 439088.)

Eine Erfindung von Dr. Wm. Tschudy in Yonkers, Vereinigte Staaten, Amerika, bezieht sich auf einen Gleichrichter, dessen Elektroden in einer Dampfkammer angeordnet sind. Um derartige Gleichrichter für größere Leistungen (zum Beispiel über 750 kW) benutzen zu können, müssen nicht nur die Anoden und Kathoden relativ zueinander verstellt werden, sondern es müssen noch Mittel vorgesehen sein, um den Druck und die Dichte beziehungsweise die Temperatur im Gleichrichter entweder durch Wasserkühlung oder Verändern des Druckes zu regeln und auf stationäre Zustände einzustellen. Ferner müssen besondere Dampfwege für die bei der intensiven Verdampfung auftretenden Dämpfe vorgesehen sein. Bei Gleichrichtern für so große Leistungen treten außerdem derart hohe Temperaturen auf, daß die Menge des entstehenden Quecksilberdampfes überaus groß ist und infolgedessen müssen die Dämpfe kondensiert und durch eine teleskopartige Verbindung des Kondensationsraumes mit dem Kathodenraum in den letzteren unmittelbar zurückgeführt werden. Die Erfindung besteht in der Kombination folgender drei Anordnungen: 1. von im Betrieb relativ zueinander einstellbaren Elektroden, 2. der Verbindung des oberhalb der Dampfkammer befindlichen Kondensationsraumes mit dem unteren Kondensationsraum durch teleskopartig ineinander verschiebbare Rohre und 3. von Mitteln, um den Druck und die Dichte bezw. die Temperatur im Gleichrichter zu regeln. Da der Druck im Gleichrichter regelbar ist, hat man es in der Hand, den Anodenstrom bezw. die Anodenspannung zu regeln. Daraus folgt, daß auch der Gleichstrom und die Gleichspannung im Wellenstromkreis in der gleichen Weise durch die Änderung des Druckes bezw. der Dichte des Dampfes im Gleichrichtergefäß für eine konstante oder variable Netzspannung einreguliert werden können. (D. R. P. Nr. 432175.)

Der Quecksilberdampf kondensiert sich stellenweise zu Tropfen, die entweder beim Gleiten auf Flächen oder im freien Fall die Entladungsbahn durchkreuzen können. Da nun in dieser Bahn in der Regel eine erhöhte Temperatur herrscht, so veranlaßt ein solcher Tropfen eine Änderung des Dampfdruckes und damit eine meist unerwünschte Änderung der Charakteristik des Apparates. Um die Entladungsbahn möglichst in ihrer ganzen Ausdehnung gegen derartige störende Einflüsse zu schützen, kann man sich der bekannten, isolierenden Schutzhüllen, Anodenrohre und dergleichen bedienen, die man auch aus mehreren teleskopartig ineinandergreifenden Teilen zusammensetzen kann. In letzterem Fall besteht aber die Gefahr, daß an den Stoßfugen, wo die einzelnen Rohrstücke zusammentreffen oder übereinandergreifen, Quecksilbertropfen in das Innere des Schutzrohres eindringen. Eine Erfindung der SSW G. m. b. H. (Dr. M. Schenkel und Ing. Idelberger) bezweckt, das Eindringen von flüssigem Quecksilber in die Schutzhülle zu verhüten. Die Stoßfugen und gegebenenfalls auch die Endöffnungen werden durch Schirme, Hauben oder Rohrmantelstücke abgedeckt. Die muffenartig gestalteten Enden der ineinandergreifenden Hüllenteile sind mit vorzugsweise geneigten Fangrinnen und letztere gegebenenfalls mit Ablauföffnungen versehen.

(D. R. P. Nr. 427165.)

Anodenhülsen aus Eisen behindern die Wärmeabgabe durch Strahlung von den Anoden zur gekühlten Gefäßwand, ferner bilden sie bei großen Stromstärken, insbesondere bei Kurzschlüssen, eine Gefahr, indem dann unter dem Einfluß des positiven Ionenstromes des Hauptlichtbogens auf der Hülse als Zwischenelektrode leicht Zündungen entstehen, die Gasausbrüche aus dem Hülsenmaterial und Rückzündungen zur Folge haben können. Bei Gleichrichtern mit eingestülptem Kondensationsdom hat man daher besondere Anodenhülsen fortgelassen und an ihrer Stelle zwischen dem Gleichrichtergefäß und dem Kondensationsdom radiale Wände ausgeführt, die den Anodenringraum in Kammern für je eine Anode einteilen. Im Gegensatz zu bekannten Anordnungen, wo derartige Zellen nach unten offen oder sogar außerdem außen und innen durch besondere Einsatzbleche begrenzt sind, sind die Anodenräume nach einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie in Baden, Schweiz, bis auf eine verhältnismäßig kleine

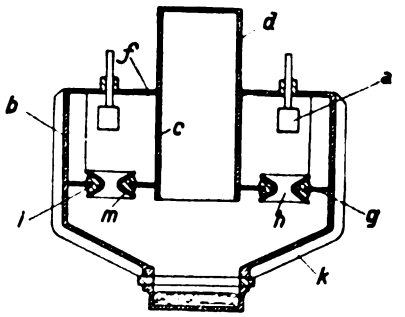


Abb. 1.

Durchtrittsöffnung für den Lichtbogen vollständig abgeschlossen. Hiedurch ist die Richtung des Lichtbogens einigermaßen bestimmt und der Lichtbogenansatz an der Anode wird nicht durch äußere Einwirkungen ungünstig beeinflußt (Abb. 1). Die Anoden *a* sind in Kammern eingeschlossen, die außen vom Gehäuse *b*, innen von der Verlängerung *c* des Domes *d* und seitlich durch die Radialwände begrenzt werden. Nach oben sind sie durch den ringförmigen Deckel *f* und nach unten durch den Zwischenboden *g* abgeschlossen, der die Öffnungen *h* für den Durchtritt der Lichtbögen enthält. Drei Öffnungen liegen zur Vermeidung eines unsymmetrischen Licht-

Digitized by Google

bogenansatzes koaxial zu den Anoden und sind mit einem vom Gefäß, bezw. vom Boden *g* durch den Isolator *i* getrennten Eisenschirm *m* ausgekleidet.
(Ö. P. Nr. 103423.)

Bei Gleichrichtern wird als Kathode eine mit Quecksilber gefüllte Pfanne verwendet, in die das kondensierende Metall zurückfließt. Die Pfanne muß vom Gehäuse so isoliert sein, daß das zurückfließende Quecksilber keine Verbindung zwischen ihr und dem Gehäuse herstellt. Das zurückfließende Quecksilber ist nämlich durch das Zerstäuben der Anoden bei großen Stromstärken und durch Oxyde verunreinigt und bildet an den Stellen, wo es sich niederschlägt, eine leitende Schicht, die ohne besondere Vorkehrungen eine Verbindung zwischen Kathodenbehälter und Gehäuse herbeiführen kann. Es wurde bereits vorgeschlagen, eine Filtriereinrichtung mit einem heberartigen Überlauf für das zurückfließende Quecksilber vorzusehen. Die bisher bekannten Bauarten erforderten aber eine sehr große Quecksilbermenge und

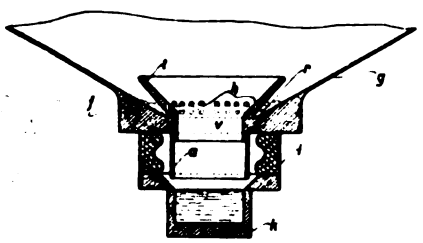


Abb. 2.

boten keinen Schutz dagegen, daß bei zeitweiser starker Kondensation ein elektrischer Schluß zwischen dem Kathodenbehälter und dem Gehäuse entstand. Nach einer Erfindung der AEG (Chr. Krämer) wird der Abschlußflansch *f* (Abb. 2) des Gehäuses mit einem Trichter *t* versehen, so daß zwischen diesem und der schräg abfallenden Bodenfläche *g* des Gehäuses der Sammelraum *r* entsteht. Ein Kranz eng gebohrter Löcher *h* bildet den heberartigen Überlauf und bewirkt gleichzeitig, daß das in die Pfanne tropfende Quecksilber keinen zusammenhängenden Strahl bilden kann. Am unteren Ende trägt der Trichter *t* einen ringförmigen Ansatz *v*, der als Abtropfnase für das herabfließende Quecksilber dient.
(D. R. P. Nr. 426995.)

Bei der Entstehung eines Glimmstromes (Rückstromes) kann man beobachten, daß die im Glimmstrom auftretenden Schichtungen von helleren und dunkleren Teilen eine gewisse Beziehung zum Gasdruck im Vakuumgefäß haben. Nähert man die Anode der Kathode unter Beibehaltung des Gasdruckes, so bleibt der Glimmstrom bestehen, bis die Anode die äußere Begrenzungsfläche des Crookes'schen Dunkelraumes erreicht hat. Bei weiterer Annäherung erlischt der Glimmstrom. Die Ausbildungsmöglichkeit des Dunkelraumes ist also eine Vorbedingung für das Entstehen des Glimmstromes. Wenn man nun berücksichtigt, daß bei der Rückzündung die Anode zur Kathode wird, so kann man die Bildung des Rückzündungslichtbogens dadurch verhindern, daß man die Möglichkeit der Ausbildung des Crookes'schen Dunkelraumes an den nebeneinander im gemeinsamen Raum angeordneten Anoden eines Großgleichrichters, so weit es praktisch irgend geht, unterbindet. Dies geschieht nach einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie in Baden, Schweiz, durch eine besondere Ausgestaltung der von den einzelnen Anoden isolierten Anodenhülsen. Der Abstand zwischen Hülse und Anode ist über einen großen Teil der Anodenoberfläche kleiner als die von der Anodenmitte aus radial gemessene Ausdehnung des Crookes'schen Dunkelraumes bei dem zum Betrieb des Gleichrichters erforderlichen Gasdruck. Die Ausbildung des Dunkelraumes ist daher auf den unteren Anodenteil beschränkt und somit ist die Wirksamkeit dieser Elektrode als Kathode eine sehr geringe. (D. R. P. Nr. 433210.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3586 **Siemens Jahrbuch 1927.** Herausgegeben von der Siemens & Halske A. G. und den Siemens-Schuckert-Werken G. m. b. H. — V.-D.-I.-Verlag, G. m. b. H., Berlin. XVI und 472 Seiten in A 5, mit 10 Tiefdruckbildbeilagen und zahlreichen Figuren und Abbildungen.

Die Siemens Jahrbücher sollen über die Fortschritte und Neuerungen des letzten Jahres, die in das Arbeitsgebiet des Siemens-Konzerns fallen, das heißt, der gesamten Elektrotechnik, in kurzen Aufsätzen berichten. Im vorliegenden ersten Band verdient neben der sorgfältigen Auswahl der Beiträge namentlich die klare Darstellung, der sich sämtliche Verfasser der 34 Aufsätze befleißen, hervorgehoben zu werden. Das Buch ist bei vorbildlicher Wahrung der Sachlichkeit leicht lesbar, gibt dank der Vielfältigkeit des behandelten Stoffes viele Anregungen und wird nicht nur den Technikern aller Fachkreise, sondern auch allen Freunden der Technik eine gute Übersicht über die letzten Neuerungen und Bestrebungen bieten. Neben den elektrotechnischen Aufsätzen haben auch betriebstechnische Aufnahme gefunden. Eine kurze Auswahl aus den Briefen Werner von Siemens, die das Buch eröffnet, läßt die Vorahnung der Entwicklung erkennen, über die die folgenden Seiten berichten. Die Ausstattung des Buches ist vortrefflich. F. Fritz.

2247 **Elektrizitätszähler, Zählerprüfung und Zählereicheinrichtungen.** Von Joseph Schmidt, Nürnberg. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. II. Band mit 281 Abbildungen, 743 Seiten, 15·5 × 22 cm. Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927. Preis geheftet Mk. 25·30, gebunden Mk. 26·40.

Die zweite Auflage des zweiten Bandes des Schmidtschen Buches über Elektrizitätszähler bildet eine wertvolle Ergänzung der an dieser Stelle[1]) bereits besprochenen zweiten Auflage des ersten Bandes. Im zweiten Bande wird behandelt: Die Zählerfabrikation, die gesetzlichen Bestimmungen und amtlichen Verordnungen über die Messung der elektrischen Arbeit, die Bewertungsmöglichkeit eines Elektrizitätszählers, Zählerprüf- und Eichstationen, Prüfung der Meßwandler und die Prüfung, Eichung, mechanische Kontrolle und Reinigung der Zähler. Bei der Besprechung der Zählerfabrikation werden die hiebei zur Verwendung kommenden Materialien, deren Prüfung und Bearbeitung erörtert. Der Verfasser beschreibt die Herstellung der Einzelteile, die Kontrolle besonders wichtiger Bestandteile, wie Spurzapfen, Lagersteine usw. Eingehend wird auch auf das Drahtmaterial, die Herstellung der Wicklungen und deren Prüfung eingegangen. Von den Zählereichstationen werden die Ausführungen der bedeutendsten Firmen im Bilde und im Schaltungsschema gebracht und erläutert. Im Kapitel „Die Prüfung der Meßwandler" wird die praktische Anwendung der Methode von Schering und Alberti auseinandergesetzt. Bei der Behandlung der zur Zählerprüfung erforderlichen Instrumente und Hilfsapparate nehmen die Fabrikate der Norma-Instrumenten-Gesellschaft in Wien einen breiten Raum ein. Sehr umfangreich ist endlich das Kapitel über die Prüfung und Einstellung der Zähler. Hier werden eine große Anzahl Beispiele gebracht, die an der Hand verschiedener Eichformeln berechnet werden. Ein eigener Abschnitt ist auch der Prüfung der Zähler in der Anlage gewidmet.

Das reichhaltige Werk, das Ergebnis langjähriger Erfahrung und umfassender Kenntnisse auf dem einschlägigen Gebiete, kann jedem, der praktisch mit Elektrizitätszählern zu tun hat, bestens empfohlen werden.
A. Boltzmann.

3588 **Elektrische Temperaturmessung** von Georg Schubert (mit 88 Figuren) mit Anhang: Über Strahlungspyrometrie von Dr. H. Hörig und Elisabeth Hörig. 21 Abb. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1927. Preis M 4·80.

Das 106 Seiten starke Heft stellt eine umfassende Monographie der elektrischen Temperaturmessung dar.

[1]) E. u. M. 1926, S. 167.

Digitized by Google

Es werden behandelt: 1. im Hauptteil: Widerstandsthermometer und Widerstandsfernthermometer, sowie thermoelektrische Thermometer; 2. im Anhange: Gesamtstrahlungsapparate und Teilstrahlungsapparate oder optische Pyrometer. Die Darstellung ist ausführlich und leicht verständlich, die Schaltskizzen, Kurventafeln und Abbildungen der ausgeführten Bauarten und ihrer Bestandteile sind klar und instruktiv. Die Schrift kann daher allen Interessenten wärmstens empfohlen werden.

Dr. Rich. Hiecke.

Eingelaufene Bücher.

3119 Die Gewinde. Von Dr. G. Berndt. Namen- und Sachverzeichnis. Herausgegeben auf Anregung und mit Unterstützung der Firma Bauer & Schaurte, Neuß. 16 Seiten. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 1·—.

Das Verzeichnis bildet durch seine Reichhaltigkeit eine wertvolle Ergänzung des Hauptwerkes und des kürzlich besprochenen Nachtrages (vgl. E. u. M. 1925, S. 433; 1927, Heft 9, S. 178.)

583 Die Handhabung des Rechenschiebers. Von Dipl. Ing. D. H. Schütze. 48 Seiten mit 40 Abb. und 100 Übungsbeispielen. Dieck & Co., Verlag der Technik für Alle, Stuttgart o. J. (1927). Preis Mk. 1·20.

Das Büchlein enthält eine knappe, aber klare Anleitung zum Gebrauche der gewöhnlichen Rechenschieber und kann besonders mit Rücksicht auf die vielen praktischen Beispiele zum Unterricht in Gewerbeschulen und dergleichen und auch zum Selbststudium empfohlen werden. J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die elektrotechnische Erzeugung in den Vereinigten Staaten im Jahre 1925. Nach den kürzlich veröffentlichten statistischen Zusammenstellungen des Handelsamtes, die 1739 Unternehmungen mit durchschnittlich 231 921 Arbeitern (Höchstzahl im November 273 418, Mindestzahl im Juni 218 717) umfassen (die entsprechenden Zahlen vom Jahr 1923 sind 1671, 234 893, 254 221, 220 154), war der Gesamtwert der Erzeugung 1·34 Milliarden Doll. (1·293), von welchem Betrage in Mill. Doll. 155 auf Batterien, 172 auf Stromerzeuger, Motorgeneratoren und Transformatoren, 74·7 auf Haushaltungsheiz- und Kochapparate, 73·5 auf Glühlampen, 112·5 auf Motoren, 1·0 auf Radioapparate, 69 auf Schaltbretter und dergleichen mit den dazugehörigen Apparaten und 84·4 auf Telephon- und Telegraphenapparate (außer drahtlosen) entfallen. In dem angeführten Gesamtbetrage sind auch 6·9 Mill. als Wert der Montierungsarbeiten und Reparaturen sowie 88·8 Mill. für nichtelektrotechnische Erzeugnisse der erfaßten Unternehmungen enthalten. An Löhnen wurden insgesamt 323·8 Mill. Doll. (305·5 im Jahre 1923) ausbezahlt, die Kosten des Materials einschließlich Brennstoffe, elektrischer Strom und Verpackungen waren 636·7 Mill. (548·6), der Mehrwert durch die Verarbeitung ist somit 903·3 (744·4) Mill. Doll. Die den Fabriken zur Verfügung stehende Maschinenleistung war 589 398 (480 268) PS. Eine Vorstellung von dem ungeheuren Umfange der Erzeugung erhält man aus nachstehenden Zahlen über einzelne Zweige der Erzeugung: Gewicht der Akkumulatorenplatten rund 180 Mill. kg, Zahl der Zellen von Trockenbatterien 531 Mill., 386 Drehstromturbogeneratoren mit 2 Mill. kVA (594 mit 2·27 Mill. kVA im Jahre 1923), Stromerzeuger und Anlaßmotoren für Kraftfahrzeuge 3·9 Mill. Stück, Großtransformatoren über 500 kVA 3374 mit 8·2 Mill. kVA, Staubsauger 1 Mill. Stück, Bügeleisen 2·76 Mill. Stück, Wolframdrahtlampen außer Kleinlampen 266 Mill. Stück, Kleinlampen für Kraftwagen 115 Mill. Stück, Motoren unter 1 PS 2·3 Mill. Stück, von 1 PS angefangen, für alle Stromarten 300 000 Stück, Radioröhren 24 Mill. Stück. J.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 11. Jänner d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Oberingenieur A. Palm (Frankfurt am Main) über: **Hochspannungs- und Fernmessungen".** (Mit Lichtbildern und Vorführung einer Fernmeßeinrichtung).

Inhaltangabe: 1. Teil: Hochspannungsmessungen: Messung des Effektivwertes; Messung des Scheitelwertes; Verlustmessungen. 2. Teil: Fernmessung: Fernanzeige in großen Räumen; Übertragung des Instrumentausschlages auf kleine und mittlere Entfernungen und auf sehr große Entfernungen.

Donnerstag, den 19, Jänner d. J., um ½7 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Fortschrittes".** (Mit Lichtbildern und Filmvorführung.)

Inhaltsangabe: Befruchtung der Technik durch experimentelle Arbeiten; Eigenschaften des induktiven und des deduktiven Experimentes; Beispiel des induktiven Experimentes; Überspannungserscheinungen, ihre Auswirkung und ihre Bekämpfung; Beispiel des deduktiven Experimentes: Schaltvorgang; Grundlagen einer Theorie des Wechselstrom-Ausschaltvorganges unter Öl; Anwendung der theoretischen Grundlagen auf Ölschalterkonstruktionen.

Metallmarkt.

Preise für Metalle und Metall-Halbfabrikate.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	19. XII. 1927	21. XII. 1927	23. XII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	93½—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 16. Dezember 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	60	10	0	60	11	3
Standard 3 Monate .	60	12	6	60	13	9
Zinn:						
Engl. ingots	265	5	0	265	15	0
Standard Kassa . .	266	15	0	267	0	0
Standard 3 Monate .	262	10	0	262	12	6
Blei:						
Engl. pig common . .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	3	9	25	18	9
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea . .	26	13	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; **Pf. 112 exp.**
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh 9 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag, Herausgeber: Elektrotechn. Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstr. 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 8. Jänner 1928 | Heft 2

Wirbelstromverluste in einer leitenden Ebene, erregt von parallel zu ihr fließendem Wechselstrom.

Von A. Mandl, AEG Berlin, Großmaschinenfabrik.

Es soll die dämpfende Wirkung einer leitenden ebenen Platte auf das magnetische Feld eines linearen, zur Platte parallel laufenden Leiters untersucht werden, der von sinusförmigem Wechselstrom durchflossen wird. Die Anordnung sei die nach Abb. 1. Der Wechselstrom J in dem unendlich lang angenommenen, linearen Leiter erzeugt ein Wechselfeld, das bei Abwesenheit der Platte, wie in Abb. 1 gezeichnet, verlaufen würde. Die Platte habe die elektrische Leitfähigkeit unendlich, sodaß in ihr fließende Ströme keine induzierte Spannung benötigen. Die Platte wird demnach keine magnetischen Kraftlinien hindurchlassen und formt das Feld zwischen Leiter und Platte um, wie in Abb. 2 dargestellt. Wir wollen die Wirbel-

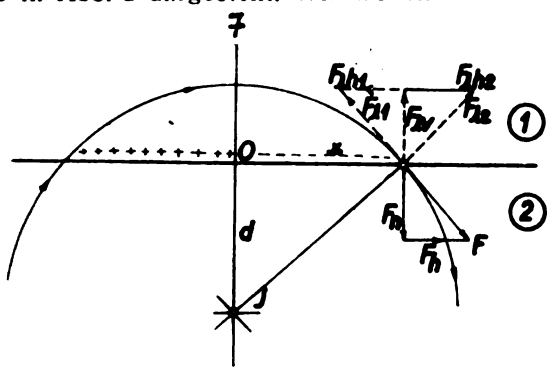


Abb. 1. Leitende Ebene und Strom J. Feldkomponenten des Stromes J und der Wirbelströmung λ.

stromdichte λ A je cm Breite der Platte berechnen. Die hier gestellte Frage gewinnt dadurch praktisches Interesse, daß Anordnungen, die sich der unserer Rechnung zugrundegelegten, idealisierten nähern, an Maschinen und Transformatoren vorkommen und dort für einen Teil der Zusatzverluste verantwortlich sind. Es sei nur an die den Statorpreßplatten parallel verlaufenden Spulenkopfteile elektrischer Maschinen und an die Ausleitungen von Maschinen und Transformatoren gedacht.

Das resultierende Feld in Abb. 2 entsteht durch Übereinanderlegung der Felder von J und der Wirbelströmung λ. Da keine magnetische Kraftlinie des resultierenden Feldes durch die Dämpferplatte hindurchtritt, können wir von dem Feld der Wirbelströme aussagen, daß es an jeder Stelle der Platte die gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Normalkomponente haben muß wie das Feld des Stromes J. Die Normalkomponente F_n dieses Feldes in der Entfernung x vom Punkt O berechnet sich mit:

$$F.2\sqrt{d^2+x^2}.\pi=\frac{4\pi}{10}J \text{ und } F=\frac{0{\cdot}2J}{\sqrt{d^2+x^2}};$$

$$F_n=+0{\cdot}2J\frac{x}{d^2+x^2}.$$

(+ wegen der Wahl der Stromrichtung und Achsenrichtungen).

Die Wirbelströmung λ in der Platte erzeugt ein magnetisches Feld, dessen Normalkomponente senkrecht zur Platte $F_{\lambda v}=-F_n$ beträgt. Oberhalb und unterhalb der Platte ist der Raum stromfrei und das Feld von λ demnach wirbelfrei. Die unendlich große Platte begrenzt je nach oben und

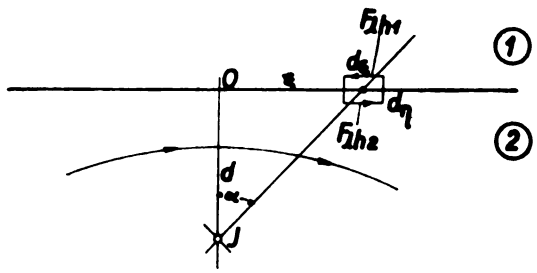


Abb. 2. Umformung des Feldes durch die Wirbelströmung λ.

unten einen geschlossenen Halbraum, in welchem ein wirbelfreies Feld entsteht. Die gegebene Normalkomponente des Feldes an jeder Stelle der Begrenzungsfläche bestimmt das wirbelfreie Feld eindeutig. Wir können uns das Feld in bekannter Weise entstanden denken durch eine fiktive Belegung an den Fußpunkten der von der Platte ausgehenden, bezw. auf sie auftreffenden Kraftlinien, wie in Abb. 1 für den oberen Halbraum 1 angedeutet. Die Dichte der Belegung beträgt jederseits je cm^2: $\varrho=\pm\frac{F_\lambda}{4\pi}$; ϱ ist positiv, wo Kraftlinien entspringen und negativ, wo Kraftlinien münden.

Digitized by Google

Für die Vorzeichen treffen wir dabei folgende Bestimmung: In Abb. 3 sei dx an der Stelle x ein mit positiven Mengen von der Dichte ϱ je cm² gleichmäßig belegter Streifen. Die von diesem Streifen herrührende Feldstärke im Punkte $S(\xi.\eta)$ berechnet sich unter Berücksichtigung des

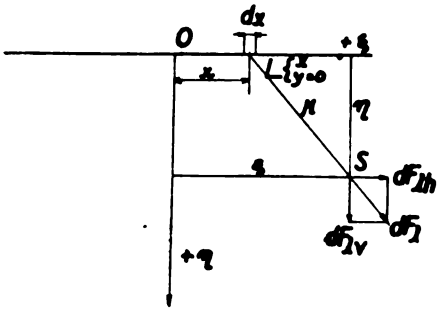


Abb. 3. Komponenten des von der fiktiven Belegung ausgesandten Feldes.

Umstandes, daß jede Belegung nur in dem angrenzenden Halbraum ein Feld entwickelt

$$dF_\lambda = \frac{4\varrho\,dx}{r}.$$

Die Horizontalkomponente beträgt

$$dF_{\lambda h} = +\frac{4\varrho\,dx}{r}\,\frac{\xi - x}{r},$$

die Vertikalkomponente

$$dF_{\lambda v} = +\frac{4\varrho\,dx}{r}\,\frac{\eta}{r}.$$

Wir wollen uns anhand eines einfachen Beispieles davon überzeugen, daß der Ersatz der vorhandenen Durchflutung durch die fiktive Belegung richtige Ergebnisse liefert. Wir betrachten einen

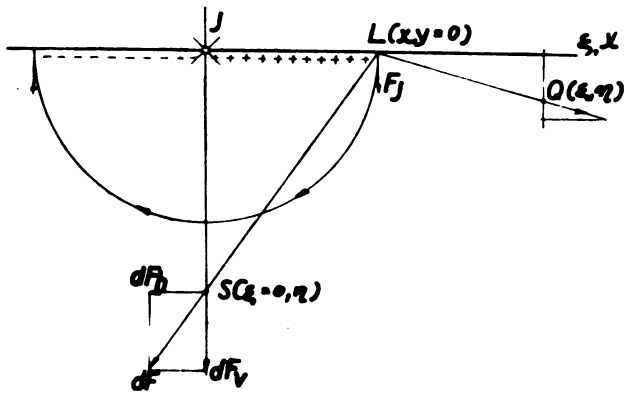


Abb. 4. Strom J in der leitenden Ebene. Ersatz des Stromes für das Feld im unteren Halbraum durch fiktive Belegungen an der dem Halbraum zugekehrten Ebene.

Strom J nach Abb. 4 und ersetzen das Feld des Stromes im Halbraum einerseits der Ebene durch eine fiktive Belegung der Ebene an der dem Halbraum zugekehrten Seite. Die zur Ebene senkrecht verlaufende Feldstärke in den Punkten der Ebene beträgt $F_J = 0{\cdot}2\,\frac{J}{x}$.

Wir setzen

$$\varrho = \frac{F_J}{4\pi} = \frac{J}{20\pi x};$$

die Feldstärke eines unendlich langen Streifens $L(x, y=0)$ von der Breite dx in einem Punkte $S(\xi=0, \eta)$ ist

$$dF = \frac{4\varrho\,dx}{r};$$

die Horizontalkomponente

$$dF_h = \frac{4\varrho\,dx}{r}\cdot\frac{-x}{r} = -\frac{J}{5\pi}\,\frac{dx}{r^2} = -\frac{J}{5\pi}\,\frac{dx}{x^2+\eta^2}$$

und

$$F_h = -\frac{J}{5\pi}\,\frac{1}{\eta}\,\operatorname{arctg}\frac{x}{\eta}\Big|_{-\infty}^{+\infty} = -\frac{J}{5\eta}.$$

Ebenso ergibt die fiktive Belegung in den Punkten der Ebene selbst die richtige Feldstärke F_J. Wir wählen einen solchen Punkt $Q\ (\xi, \eta)$ in unendlich kleinem Abstand η unterhalb der Ebene. Die Vertikalkomponente des Streifens L in Q ergibt sich mit

$$dF_J = \frac{4\varrho\,dx}{(\xi - x)^2 + \eta^2}\cdot\eta.$$

ϱ ist mit x veränderlich. Da η voraussetzungsgemäß unendlich klein sein soll, so werden nur die Q unendlich benachbarten Punkte der Ebene zur Vertikalkomponente der Feldstärke etwas beitragen. Die Dichte der Belegung für die $x = 0$ benachbarten Punkte wird zwar unendlich groß; sie liefern jedoch nur unendlich kleine Beträge höherer Ordnung, da sie beiderseits von $x = 0$ entgegengesetzten Vorzeichens sind und nur für unendlich kleine Werte von x unendlich groß werden. Wir können deshalb ohne weiteres ϱ auf der ganzen Ebene konstant annehmen und dem senkrecht über Q vorhandenen Wert gleichsetzen:

$$\varrho = \frac{J}{20\pi\xi} = \text{konstant},$$

$$dF_J = \frac{J}{5\pi\xi}\,\frac{dx}{(\xi - x)^2 + \eta^2}\cdot\eta$$

und

$$F_J = \frac{J\cdot\eta}{5\pi\xi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{dx}{(\xi - x)^2 + \eta^2} = \frac{J}{5\xi}.$$

Wir kehren nun zu unserer Aufgabe zurück. Wir suchen ein magnetisches Feld, dessen Normalkomponente in der Ebene gegeben ist durch

$$F_{\lambda v} = -F_n = -0{\cdot}2J\,\frac{x}{d^2 + x^2}.$$

Die Dichte ϱ der fiktiven Belegung wird

$$\varrho = \frac{F_{\lambda v}}{4\pi} = -\frac{0{\cdot}2J}{4\pi}\,\frac{x}{d^2 + x^2}.$$

Die Horizontalkomponente dieses Feldes in einem Punkte der Ebene (ξ, $\eta = 0$) im unteren dem Strome J zugekehrten Halbraum 2 wird

$$dF_{\lambda h2} = \frac{4\varrho\,dx}{\xi - x} = -\frac{0{\cdot}2J}{\pi}\,\frac{x\,dx}{(d^2 + x^2)(\xi - x)}$$

und

Digitized by Google

$$F_{\lambda h 2} = -\frac{0{\cdot}2J}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{x\,dx}{(d^2+x^2)(\xi-x)} =$$

$$= +\frac{0{\cdot}2J}{\pi}\left[\frac{\xi}{2(d^2+\xi^2)}\ln at\,\frac{(x-\xi)^2}{x^2+d^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{d}{d^2+\xi^2}\operatorname{arctg}\frac{x}{d}\right]_{-\infty}^{+\infty} = +\frac{0{\cdot}2J}{\pi}\,\frac{d}{d^2+\xi^2}\,\pi$$

$$= 0{\cdot}2J\frac{d}{d^2+\xi^2},$$

im oberen Halbraum 1:

$$F_{\lambda h 1} = -0{\cdot}2J\frac{d}{d^2+\xi^2}.$$

Die Horizontalkomponente ist der Größe nach gleich der von J herrührenden und ist ihr im oberen Halbraum 1 entgegengesetzt gerichtet. Im Halbraum 1 ist das von J erzeugte Feld wirbelfrei. Das gleiche gilt von dem Feld von λ. Beide Felder sind eindeutig bestimmt durch die gleiche fiktive Belegung entgegengesetzten Vorzeichens. Das resultierende Feld im Halbraum 1 muß demnach durchweg Null sein, der obere Halbraum ist vollständig feldfrei. Im unteren Halbraum 2 entsteht das Feld durch Übereinanderlagerung der Felder von J und λ. Die Kraftlinien von λ im unteren Halbraum 2 entstehen durch Umklappen oder Spiegelung der Kraftlinien von J im Halbraum 1 an der leitenden Ebene. Die Horizontalkomponente der Feldstärke des resultierenden Feldes an der dem Strom J zugekehrten Seite der leitenden Ebene wird demnach verdoppelt.

Wir zeichnen nun um den betrachteten Punkt ($\xi, \eta = 0$) der Ebene ein unendlich kleines Rechteck mit den Seiten $d\xi$ und $d\eta$ (siehe Abb. 2) und bilden das Integral der magnetischen Kraft um seinen Umfang. Die Feldstärken in den beiden vertikalen, einander unendlich benachbarten Seiten unterscheiden sich unendlich wenig voneinander. Ihre Differenz, multipliziert mit $d\eta$ gibt einen Beitrag, der unendlich klein ist von 2. Ordnung. Es bleibt somit nur das Gefälle auf den beiden horizontalen Strecken $d\xi$, sodaß wir erhalten:

$$\frac{4\pi}{10}\,\lambda\,d\xi = -2F_{\lambda h}\,d\xi;$$

dabei ist λ die Stromdichte in der Dämpferplatte je cm Breite gemessen. Wie man sich anhand von Abb. 2 überzeugt, ist λ negativ, das heißt J entgegengesetzt gerichtet, und wir erhalten demnach

$$\lambda = -\frac{10}{4\pi}\,2F_{\lambda h} = -\frac{J}{\pi}\,\frac{d}{d^2+\xi^2}.$$

Die Stromdichte erreicht ihr Maximum für

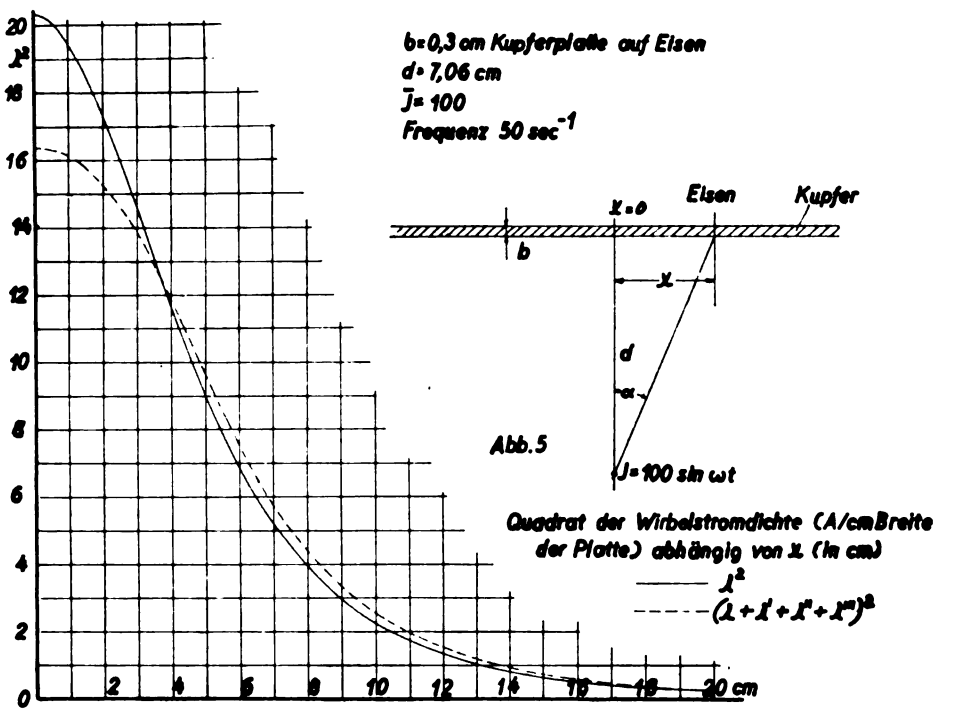


Abb. 5.

$$\xi = 0 \text{ mit } \lambda_{max} = -\frac{J}{\pi}\,\frac{1}{d}$$

und ist der Entfernung von der Dämpferplatte verkehrt proportional. Wir können schreiben

$$\lambda = \lambda_{max}\,\frac{d^2}{d^2+\xi^2} = \lambda_{max}\cdot\cos^2\alpha.$$

(Winkel α siehe Abb. 2 und Abb. 5.)

Wir erhalten für

$\xi =$	0	0·5 d	d	2 d	3 d	4 d	5 d
$\lambda =$	100	80	50	20	10	5·88	3·85

Das Quadrat der Wirbelstromdichte ist in Abb. 5 dargestellt. Die Stromdichte fällt in der Entfernung 3 d schon auf 10 vH ihres Höchstwertes. Die Strommenge in der Dämpferplatte beträgt:

Digitized by Google

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \lambda \, d\xi = -J.$$

Die gesamte Strommenge in der Dämpferplatte ist somit gleich dem Strom im Leiter und ihm entgegengesetzt gerichtet. Dieses Resultat ist selbstverständlich, da es voraussetzungsgemäß keine magnetische Kraftlinie gibt, welche die Ebene und den Strom J gemeinsam umschlingt.

Die Strommenge beträgt in einem Streifen symmetrisch zu $\xi = 0$ von der Breite

$2d$	$4d$	$6d$	$8d$	∞
$-0{\cdot}5$	$-0{\cdot}705$	$-0{\cdot}795$	$-0{\cdot}845$	$-1 \times J$

In einem Streifen von der Breite $6d$ fließt also bereits 80 vH der gesamten Strommenge.

Wir können in erster Näherung die Stromwärmeverluste W in der Dämpferplatte berechnen. Es sei σ der spezifische Widerstand der Dämpferplatte in Ohm je cm³ und b die Dicke der Platte in cm. Dann ist

$$W = \int_{-\infty}^{+\infty} \lambda^2 \frac{\sigma}{b} \, d\xi = \frac{\sigma}{b} \frac{J^2}{\pi^2} d^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\xi}{(d^2+\xi^2)^2} =$$

$$= \frac{J^2}{2\pi d} \frac{\sigma}{b} \text{ Watt je cm Plattentiefe}$$

(in Richtung des Stromes gemessen).

J ist dabei der Effektivwert des Wechselstromes. In einem Streifen der Dämpferplatte von der Breite

$2d$	$4d$	$6d$	$8d$	∞

symmetrisch zu $\xi = 0$ entstehen die Verluste

$W = 81{\cdot}5 \quad 95{\cdot}5 \quad 98{\cdot}4 \quad 99{\cdot}4 \quad 100$;

In einem Streifen von der Breite $4d$ symmetrisch zu $\xi = 0$ sind schon 95·5 vH der gesamten Verluste konzentriert.

Wir wollen, bevor wir unsere bisherigen Ergebnisse auf einige einfache, uns interessierende Fälle anwenden, noch einen Anhalt dafür zu gewinnen suchen, wann die in erster Näherung berechneten Wirbelstromverluste brauchbare Werte ergeben können. Wir sind von einer unendlich gut leitfähigen Dämpferplatte ausgegangen und haben erst nachträglich den Ohm'schen Widerstand eingeführt. Bei der unendlich gut leitfähigen Dämpferplatte ist es ohne Belang, ob wir uns auf der dem Strom J abgewandten Seite der Platte Eisen oder Luft denken, da dieser Halbraum vollständig feldfrei ist. Wir wollen nun das magnetische Feld berechnen, das solche Spannungen in den einzelnen Fasern der Dämpferplatte induziert, daß der Ohm'sche Abfall überall gedeckt wird. Für dieses Feld ist es offensichtlich nicht mehr ohne Einfluß, ob wir uns hinter der Dämpferplatte Eisen oder Luft denken. Wenn wir Eisen statt Luft annehmen, so genügt eine Durchflutung halber Stärke zur Erregung des gleichen Feldes. Wir werden diese Anordnung, die uns in erster Linie interessiert, voraussetzen. Der Ohm'sche Widerstand des Eisens sei im Verhältnis zu dem der Dämpferplatte so groß, daß das ins Eisen eindringende Feld dort vernachlässigbar kleine Wirbelstromverluste erzeugt. Das Feld gehorcht mit Rücksicht auf die gewählten positiven Strom -und Feldrichtungen der Gleichung

$$\frac{\partial B}{\partial t} \cdot 10^{-8} = \frac{\partial \lambda}{\partial x} \frac{\sigma}{b}.$$

Wir setzen für λ den gefundenen Wert ein, wobei wir bedenken, daß $J = \bar{J} \sin \omega t$ ist und erhalten

$$\frac{\bar{J}}{\pi} \frac{2xd}{(d^2+x^2)^2} \frac{\sigma}{b} \sin \omega t = \frac{\partial B}{\partial t} 10^{-8}$$

$$B = -\frac{\bar{J}}{\pi \omega} \frac{2x \cdot d}{(d^2+x^2)^2} \frac{\sigma}{b} \cos \omega t \cdot 10^8.$$

Die Dichte der fiktiven Belegung wird $\varrho = \frac{B}{4\pi}$.

Die Horizontalkomponente des Feldes an der Unterseite der Platte ist

$$dF_h' = \frac{4\varrho \, dx}{\xi - x} = \frac{B \, dx}{\pi(\xi - x)} \text{ und } F_h' = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{B \, dx}{\pi(\xi - x)}$$

und

$$\frac{4\pi}{10} \lambda' \, d\xi = -F_h' \, d\xi$$

und

$$\lambda' = -\frac{5}{2\pi} F_h' = -\frac{5}{2\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{B \, dx}{\xi - x} =$$

$$= \frac{10^9}{4\pi^2 \omega} \frac{\sigma}{b} \bar{J} \cos \omega t \frac{\xi^2 - d^2}{(\xi^2+d^2)^2}.$$

Die Strömung λ' erzeugt ein magnetisches Feld solcher Stärke, daß es gerade den Ohm'schen Abfall von λ deckt. Wir berechnen nun in 2. Näherung eine Strömung λ'', welche den Ohm'schen Abfall von λ' deckt und in 3. Näherung eine Strömung λ''', welche den Ohm'schen Abfall von λ'' deckt und erhalten durch denselben Rechnungsgang

$$\lambda'' = \frac{10^{18}}{8\pi^3 \omega^2} \left(\frac{\sigma}{b}\right)^2 \bar{J} \sin \omega t \frac{d}{(x^2+d^2)^3} (d^2 - 3x^2),$$

$$\lambda''' = -\frac{3 \cdot 10^{27}}{32\pi^4 \omega^3} \left(\frac{\sigma}{b}\right)^3 \bar{J} \cos \omega t \frac{6d^2x^2 - x^4 - d^4}{(x^2+d^2)^4}.$$

Wir setzen für Kupferblech $\sigma = 2 \cdot 10^{-6}$ Ohm je cm³ und nehmen 50 periodigen Wechselstrom an: $\omega = 100 \cdot \pi$. Damit erhalten wir für die Strömungen λ

$$\lambda = -\frac{\bar{J}}{\pi} \frac{d}{d^2+x^2} \sin \omega t,$$

$$\lambda' = \frac{5}{\pi^3} \frac{1}{b} \bar{J} \cos \omega t \frac{x^2 - d^2}{(x^2+d^2)^2},$$

$$\lambda'' = \frac{50}{\pi^5} \frac{d}{b^2} \bar{J} \sin \omega t \frac{d^2 - 3x^2}{(x^2+d^2)^3},$$

$$\lambda''' = -\frac{750}{\pi^7} \frac{1}{b^3} J \cos \omega t \frac{6d^2x^2 - x^4 - d^4}{(x^2+d^2)^4}$$

Digitized by Google

und für $x = 0$

$$\lambda_0 = -\frac{\bar{J}}{\pi d}\sin\omega t,$$

$$\lambda_0' = -\frac{5}{\pi^3}\frac{\bar{J}}{b d^2}\cos\omega t,$$

$$\lambda_0'' = \frac{50}{\pi^5}\frac{\bar{J}}{b^2 d^3}\sin\omega t,$$

$$\lambda_0''' = +\frac{750}{\pi^7}\frac{\bar{J}}{b^3 d^4}\cos\omega t.$$

Das Verhältnis der Amplituden beträgt für $x = 0$:

$$\frac{\lambda_0'}{\lambda_0} = \frac{0{\cdot}51}{b d},$$

$$\frac{\lambda_0''}{\lambda_0} = \frac{0{\cdot}51}{(b d)^2},$$

$$\frac{\lambda_0'''}{\lambda_0} = \frac{0{\cdot}78}{(b d)^3}.$$

Die Höchstwerte der Wirbelstromdichten treten im Punkte $x = 0$ auf und nehmen bei zunehmender Ordnung mit Potenzen von $\frac{1}{b d}$ ab. Es liegt deshalb nahe, den Wert des Produktes $b d$ nach unten zu begrenzen, bis zu welchem die aus $\lambda = -\frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{d^2+x^2}\sin\omega t$ allein berechnete Wirbelströmung genügend genaue Resultate ergibt. In Abb. 5 ist für $d = 7{\cdot}06$ cm und $b = 0{\cdot}3$ cm das Quadrat der Stromdichte abhängig von x aufgetragen. Der Flächeninhalt der Kurve λ^2 ist demnach mit dem der Kurve $(\lambda + \lambda' + \lambda'' + \lambda''')^2$ zu vergleichen. Es ergibt sich aus Abb. 5, daß die Wirbelstromverluste entsprechend λ^2 nur um etwa 5 vH größer sind als die aus $(\lambda+\lambda'+\lambda''+\lambda''')^2$ berechneten. Wir werden noch anhand von Messungen zeigen, daß die in erster Näherung angestellte Rechnung bis zu Werten von $b d \geqq 2\,\text{cm}^2$ für Kupferblech auf Eisen brauchbare Ergebnisse liefert.

Wir wollen vorher noch einige einfache Anordnungen untersuchen (Abb. 6):

a) zwei gleichgerichtete Ströme J liegen nebeneinander, das heißt in einer Ebene parallel zur leitenden Platte. Abb. 6a.

Die Stromdichte ist

$$\lambda = -\frac{J}{\pi}\frac{d}{d^2+x^2} - \frac{J}{\pi}\frac{d}{d^2+(x+a)^2}.$$

Die Wirbelstromverluste in der Platte sind

$$W = \int_{-\infty}^{+\infty}\lambda^2\frac{\sigma}{b}dx = \frac{J^2}{\pi d}\frac{\sigma}{b}\frac{8d^2+a^2}{4d^2+a^2}.$$

Ein Strom von der Stärke $2J$ würde die Verluste erzeugen $\frac{4J^2}{2\pi d}\frac{\sigma}{b}$. Die Verluste werden demnach verringert im Verhältnis $\frac{8+(a/d)^2}{8+2(a/d)^2}$.

Für $a/d = 0{\cdot}5,\ 1,\ 2,\ 3,\ \infty$
auf das $0{\cdot}97,\ 0{\cdot}9,\ 0{\cdot}75,\ 0{\cdot}654,\ 0{\cdot}5$ fache. Die beiden Stromhälften müssen im Verhältnis zu d weit auseinandergezogen werden, wenn man eine nennenswerte Verringerung der Wirbelstromverluste erzielen will.

b) Zwei gleichgerichtete Ströme hintereinander, das heißt in einer Ebene senkrecht zur leitenden Platte. (Abb. 6b).

$$\lambda = -\frac{J}{\pi}\frac{m}{m^2+x^2} - \frac{J}{\pi}\frac{n}{n^2+x^2}$$

$$W = \frac{J^2}{2\pi}\frac{\sigma}{b}\frac{(m+n)^2+4mn}{mn(m+n)}$$

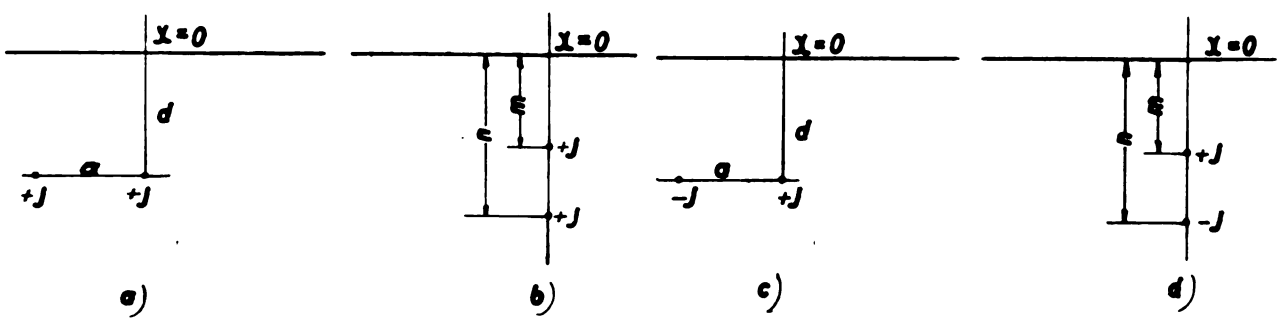


Abb. 6. Leiteranordnungen, für welche die Zusatzverluste berechnet werden.

oder mit $n = v \cdot m$

$$W = \frac{J^2}{2\pi m}\frac{\sigma}{b}\frac{(1+v)^2+4v}{v(1+v)}.$$

Das Verhältnis dieser Verluste zu denen eines Stromes $2J$ in der Entfernung m beträgt

$$\frac{(1+v)^2+4v}{4v(1+v)}.$$

Es wird für

$v =$	1	1·1	1·5	2	5	∞
	1	0·95	0·82	0·71	0·47	0·25

c) Zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme nebeneinander. (Stromschleife nach Abb. 6c).

$$\lambda = -\frac{J}{\pi}\frac{d}{d^2+x^2} + \frac{J}{\pi}\frac{d}{d^2+(x+a)^2},$$

$$W = \left(\frac{J^2}{2\pi d}\frac{\sigma}{b}\right)\frac{2a^2}{4d^2+a^2}.$$

Durch die Anwesenheit des Rückleiters der geschlossenen Stromschleife werden die Verluste verringert, solange $a < 2d$ ist, und vergrößert, wenn $a > 2d$ ist, und zwar im Verhältnis

Digitized by Google

$$\frac{2a^2}{4d^2+a^2} = \frac{2(a/d)^2}{4+(a/d)^2}.$$

Es ist dieses Verhältnis für

a/d	0·5	1	2	3	4	5	∞
	0·118	0·4	1	1·38	1·60	1·72	2

d) Zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme hintereinander. (Stromschleife nach Abb. 6d).

$$\lambda = -\frac{J}{\pi}\frac{m}{m^2+x^2} + \frac{J}{\pi}\frac{n}{n^2+x^2},$$

$$W = \left(\frac{J^2}{2\pi m}\frac{\sigma}{b}\right)\frac{(1-n/m)^2}{\frac{n}{m}\left(1+\frac{n}{m}\right)}.$$

Durch die Anwesenheit des zweiten Leiters (Entfernung n) werden die Verluste verringert,

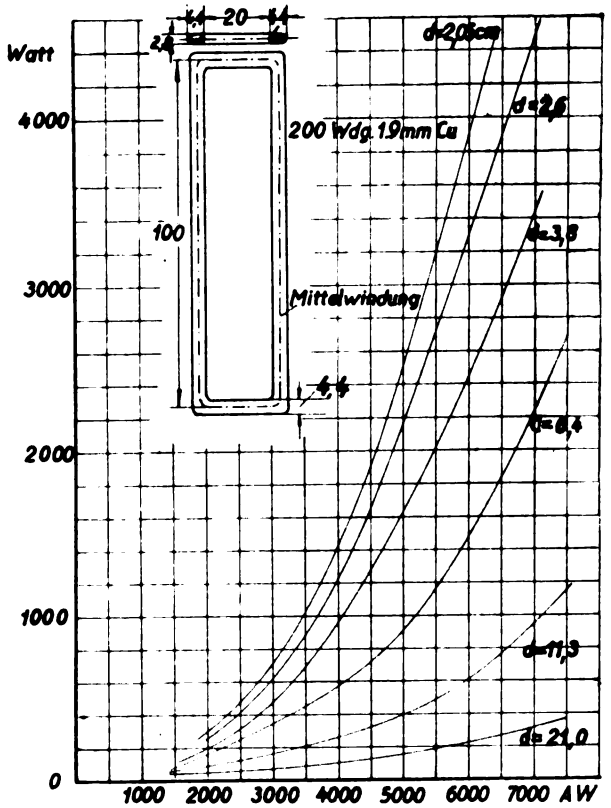


Abb. 7. Zusatzverluste der oben gezeichneten Spule (Maße in cm) für 50periodigen Wechselstrom bei Annäherung an Eisenblech 1×2 m² von 3 bis 10 mm Stärke. Spule parallel und in der Mitte der Blechebene, lange Spulenseite parallel zur langen Blechseite. d Abstand der Spulenmittelebene von der Blechoberfläche.

und zwar für

n/m =	1·1	1·5	2	3	5	10 auf das
	0·00433	0·067	0·167	0·333	0·533	0·736 fache

e) 3 zu einem Drehstromsystem gehörige Ströme nebeneinander. Abstand von der leitenden Ebene d, Abstand der Ströme voneinander a.

$$\lambda = -\frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{d^2+(x+a)^2}\sin(\omega t - 120) - \frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{d^2+x^2}\sin\omega t - \frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{d^2+(x-a)^2}\sin(\omega t + 120),$$

$$W = \frac{J^2}{2\pi d}\frac{\sigma}{b}\frac{3a^4+6a^2d^2}{a^4+5a^2d^2+4d^4}.$$

Das Verhältnis dieser Verluste zu denen eines Stromes $\bar{J}\sin\omega t$ in der gleichen Entfernung d von der leitenden Ebene ist

$$V = \frac{3\left(\frac{a}{d}\right)^4+6\left(\frac{a}{d}\right)^2}{\left(\frac{a}{d}\right)^4+5\left(\frac{a}{d}\right)^2+4}$$

und wird für

a/d =	½	1	2	3	5	∞
V =	0·318	0·9	1·8	2·29	2·69	3

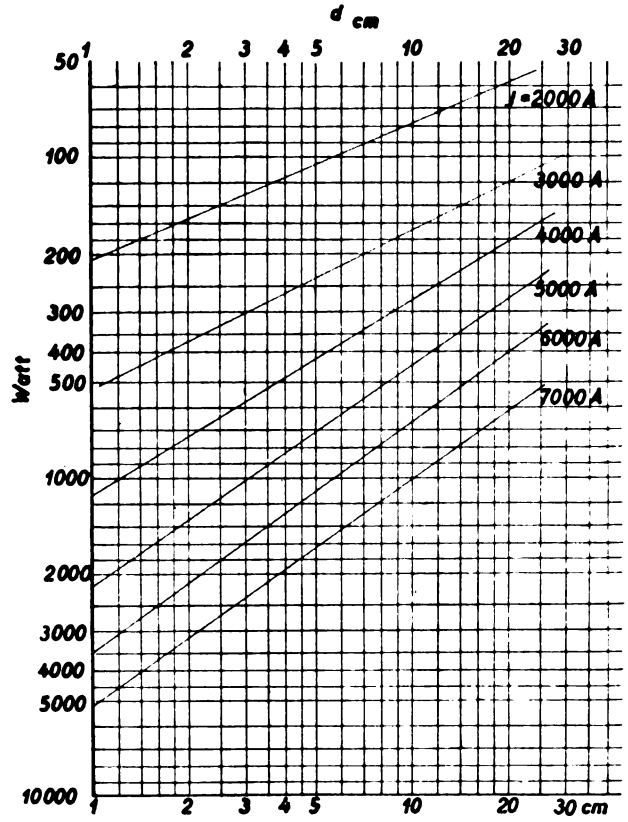


Abb. 8. Umrechnung der in Abb. 7 dargestellten Verluste für den Fall eines unendlich langen linearen Leiters ohne Rückleiter. Verluste je m Leiterlänge.

f) 3 zu einem Drehstromsystem gehörige Ströme hintereinander, Abstand von der leitenden Ebene d, $d+a$, $d+2a$.

$$\lambda = -\frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{d^2+x^2}\sin(\omega t - 120) - \frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{(d+a)^2+x^2}\sin\omega t - \frac{\bar{J}}{\pi}\frac{d}{(d+2a)^2+x^2}\sin(\omega t + 120),$$

$$W = \frac{J^2}{2\pi d}\frac{\sigma}{b}\left[1+\frac{2}{d+2a}-\frac{d}{d+a}-\frac{2d}{2d+3a}\right].$$

Das Verhältnis dieser Verluste zu denen eines Stromes $\bar{J}\sin\omega t$ im Abstand d ist

$$V = 1+\frac{1}{1+2a/d}-\frac{1}{1+a/d}-\frac{2}{2+3a/d}$$

Digitized by Google

und wird für

$a/d =$	$^1/_2$	1	2	3	5	9	∞
$V =$	0·261	0·433	0·62	0·711	0·806	0·946	1

Wir kommen nun zur Beschreibung einiger Versuche[1]). Es wurde die in Abb. 7 gezeichnete Spule einer Eisenblechtafel 1×2 m² in paralleler Lage genähert und mit 50 periodigem Wechselstrom gespeist, wobei die der Spule zuzuführende Leistung gemessen wurde. Die Spule lag in der Mitte der Blechtafel, mit ihrer 1 m langen Seite

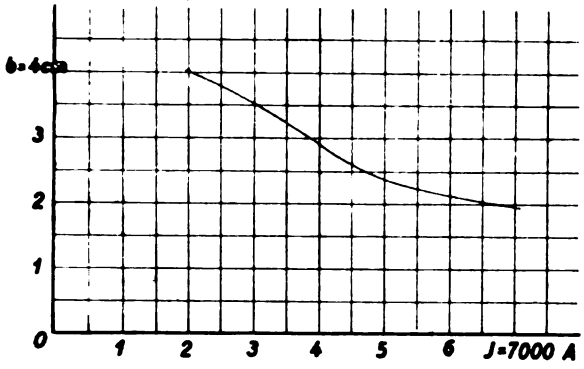


Abb. 9. Aus Abb. 8 ermittelte äquivalente Blechdicken zur Berechnung der Wirbelstromverluste, wenn die in erster Näherung sich ergebende Stromverteilung (entsprechend unendlich gut leitfähiger Dämpferplatte) zugrundegelegt wird.

parallel zur 2 m langen Seite der Blechtafel. Zwischen je zwei Versuchen wurden so lange Pausen eingeschaltet, daß Spule und Blech sich wieder auf ihre Anfangstemperatur abkühlen konn-

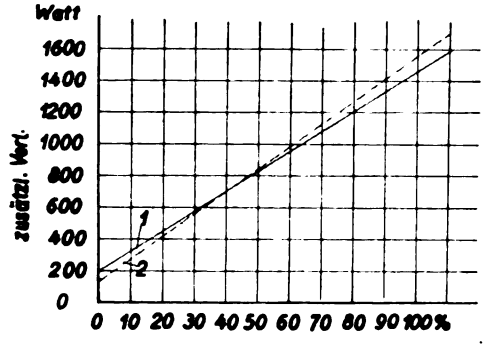


Abb. 10. Die Spule wird mit 5000 AW gespeist und in $d = 38$ mm Abstand ihrer Mittelebene von der Oberfläche der 10 mm starken Blechplatte so verschoben, daß sie die Blechplatte nur zum Teil überdeckt. Als Abscisse ist die überdeckte Eisenfläche in Prozenten der von der Mittelwindung umfaßten Fläche aufgetragen. Gerade 1: Spulenbreitseite parallel mit Blechkante. Gerade 2: Spulenschmalseite parallel mit Blechkante.

ten. Die Verluste ergeben sich bei Eisenblech von 3 bis 10 mm Stärke unabhängig von der Blechdicke. Die Anordnung entspricht der in Abb. 6c dargestellten mit $a = 24{\cdot}4$ cm. Wir müssen diese Verluste mit $\frac{4d^2 + a^2}{2a^2}$ multiplizieren, um die eines einzelnen linearen Leiters für 100 cm Leiterlänge zu erhalten. Die so errechneten Werte sind in Abb. 8 im logarithmischen Maßstab abhängig von d aufgetragen, wobei jede im Mittel durchgezogene Gerade der angeschriebenen Stromstärke entspricht. Mit einem spezifischen Widerstand $\sigma = 0{\cdot}13 \cdot 10^{-4}$ Ohm je cm³ für Eisenblech erhalten wir

$$W = \frac{J^2}{2\pi d} \frac{0{\cdot}13 \cdot 10^{-4}}{b} \cdot 100 = 207 \left(\frac{J}{1000}\right)^2 \frac{1}{b\,d}$$

und für $d = 1$ cm

$$W_1 = 207 \cdot \left(\frac{J}{1000}\right)^2 \cdot \frac{1}{b}.$$

Die so errechneten Plattenstärken zeigt Abb. 9 abhängig von der Stromstärke J. Sie schwanken von 2 bis 4 cm, mit steigendem Strom abfallend. Da die tatsächliche Eindringtiefe sicher kleiner als 3 mm ist, so sind die im Eisen fließenden Wirbelströme λ je cm Plattenbreite offenbar viel kleiner als aus der Formel für unend-

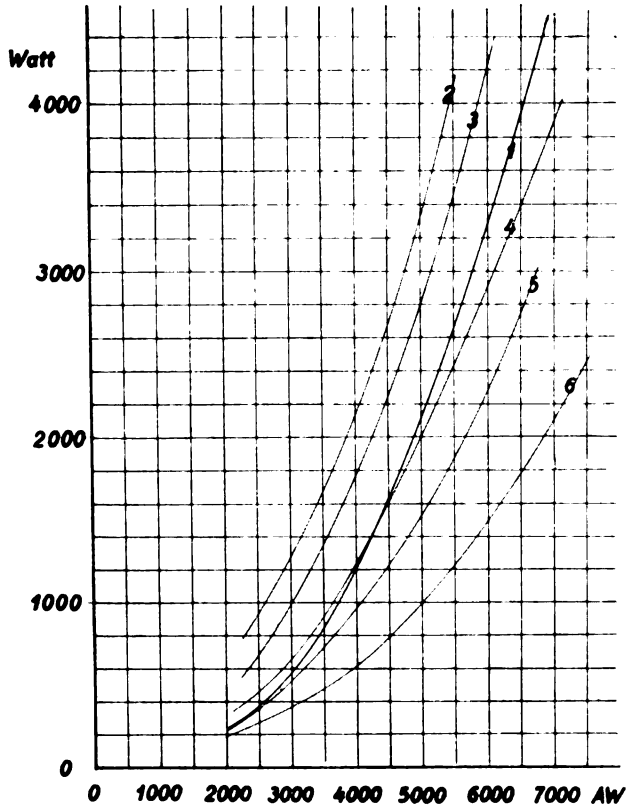


Abb. 11. Zusatzverluste der in Abb. 7 gezeichneten Spule. Eisenblechstärke 10 mm. Abstand der Spulenmittelebene von der Blechoberfläche 26 mm konstant. Abschirmung der Eisenplatte durch aufliegendes Kupferblech.

Kurve 1 ohne Kupferblech
„ 2 mit 0·5 mm Kupferblech
„ 3 „ 1·0 „ „
„ 4 „ 2·5 „ „
„ 5 „ 4·0 „ „
„ 6 „ 8·0 „ „

Bei Kurve 4 bis 6 ist das Eisenblech praktisch verlustfrei; die Zusatzverluste sitzen nur im Kupferblech.

lich große elektrische Leitfähigkeit berechnet. Das Feld des Leiters wird demnach nur sehr unvollkommen von der Platte abgewehrt. Daß unsere Formel $W = \frac{J^2}{2\pi d} \frac{\sigma}{b}$ mit der wirklichen Plattendicke falsche Werte liefert, war zu erwar-

[1]) Für die Durchführung der Messungen bin ich Herrn Dumler zu Dank verpflichtet.

Digitized by Google

ten, da sie nach der mitgeteilten Näherung erst für $b\,d \gtrsim 13$ cm brauchbare Werte liefern kann. Mit $b = 0{\cdot}3$ cm ergibt dies einen kleinsten Wert von $d = 43$ cm, wogegen wir von $d = 2$ bis 20 cm gemessen haben.

Ein weiterer Versuch betraf die Frage, ob wir berechtigt sind, von Verlusten je m Leiterlänge zu sprechen. Diese Frage kann nach dem in Abb. 10 dargestellten Versuch bejaht werden. Es wurde die Prüfspule parallel zur Blechplatte so verschoben, daß sie die Blechplatte nur zum Teil bedeckt. Die Verluste fallen, wenn die Spulen-

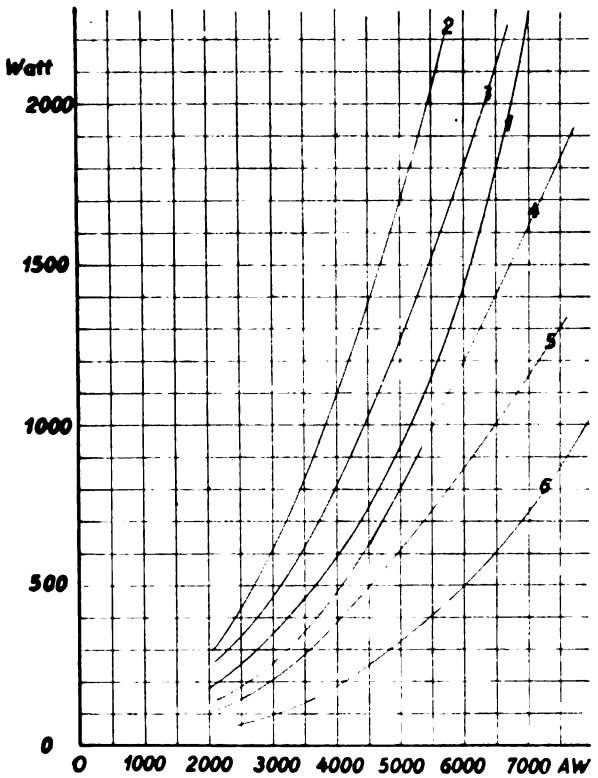


Abb. 12. Zusatzverluste der in Abb. 7 gezeichneten Spule. Eisenblechstärke 10 mm. Abstand der Spulenmittelebene von der Blechoberfläche 64 mm konstant. Abschirmung der Eisenplatte durch aufliegendes Kupferblech. Kupferblechstärken für Kurven 1 bis 6 wie in Abb. 11. Bei Kurve 4 bis 6 ist das Eisenblech praktisch verlustfrei; die Zusatzverluste sitzen nur im Kupferblech.

fläche die Blechplatte gerade verläßt, begreiflicherweise nicht bis auf Null, sondern in unserem Falle bis auf etwa 175 Watt.

Es wurde nun versucht, die Eisenplatte abzuschirmen durch ein zwischen Spule und Platte an deren Oberfläche angeordnetes Kupferblech. Der Abstand der Spulenmittelebene von der Eisenblechoberfläche wurde dabei mit 2·6 bezw. 6·4 cm konstant gehalten. Siehe Abb. 11 und 12. Die totalen Zusatzverluste steigen bei 0·5 und 1 mm Kupferblech an; bei 2·5, 4 und 8 mm dicken Kupferblechen sitzen die Verluste nur noch in diesen, das Eisenblech ist praktisch verlustfrei.

Den Vergleich der für 2·5, 4 und 8 mm Kupferblech gemessenen Verluste mit den in erster Näherung berechneten Werten ($\sigma = 0{\cdot}18$ Ohm je cm³) zeigt Abb. 13, in welcher das Verhältnis der gerechneten zu den gemessenen Verlusten für 5000 A, wie es sich aus den Abbildungen 11 und 12 ergibt, abhängig vom Produkte $b \times d$ in cm² aufgetragen ist. Bei kleinen Blechstärken sind die gerechneten Verluste größer als die gemessenen. Es fließt ein kleinerer Strom im Dämpferblech und es bleibt ein Restfeld, das die Platte durchsetzt. Bei großen Kupferblechstärken (4 bis 8 mm) sind die gerechneten Verluste kleiner als die gemessenen, weil der Strom über die Blechdicke ungleichmäßig verteilt ist. Unsere Näherungsformel gibt für Werte $b \times d \gtrsim 1$ cm² brauchbare Ergebnisse.

Es wurden ähnliche Versuche mit Grauguß durchgeführt. Bei Entfernungen $d = 2$ bis 5 cm und Strömen $J = 3000$ bis 6000 A ergaben sich 55 bis 35 vH der Zusatzverluste für Eisenblech. Mit zunehmendem Strom J und zunehmendem Abstand d wird das Verhältnis kleiner. Durch

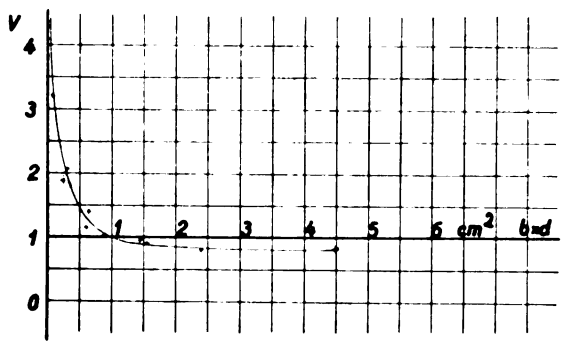


Abb. 13. Verhältnis V der gerechneten zu den gemessenen Verlusten bei Kupferblech abhängig vom Produkt $b \times d$ in cm².

Verwendung von Grauguß anstelle von Eisenblech werden die Wirbelstromverluste demnach auf ½ bis ⅓ herabgedrückt.

Die hier mitgeteilten Versuchsergebnisse wurden dazu verwendet, um die Kurzschlußzusatzverluste in den außenliegenden Preßplatten von Statorblechpaketen und in den Schutzschilden vorauszuschätzen. Im Dauerkurzschluß ist fast kein den Luftspalt übersetzendes Feld vorhanden. Die Zusatzverluste entstehen in den Preßplatten und Schutzschilden durch das Streufeld der Spulenköpfe, das durch die im Eisen zur Ausbildung kommenden Wirbelströme umgeformt wird. Bekanntlich kann man diese Zusatzverluste durch Vornahme der sogenannten Streuprobe bei herausgenommenem Rotor messen, indem man die der Rechnung zugänglichen Zusatzverluste der Wicklung und die vom Bohrungsfluß verursachten Eisenverluste von den gesamten gemessenen Verlusten abzieht. Zu einer brauchbaren Vorausschätzung der Zusatzverluste in den Preßplatten und Schutzschilden kommt man, wenn man an jeder Stelle des Umfanges das in den Spulenköpfen vereinigte in der Umfangsrichtung fließende Stromvolumen und den mittleren Abstand von der Preßplatte bezw. den Schutzschilden feststellt und für jeden Abschnitt für sich die Verluste mit Hilfe der Abb. 8 ermittelt.

Digitized by Google

32. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Kiel, 1927.

Die 32. Jahresversammlung des VDE in Kiel wurde am 1. Juli 1927 durch eine Verbandsversammlung eingeleitet, in welcher der Vorsitzende Ministerialdirektor Dr. Ing. e. h. Craemer einen ausführlichen Überblick über die Lage und die Leistungen der deutschen Elektrotechnik im abgelaufenen Jahre (Mitte 1926 bis Mitte 1927) gab. In geschäftlicher Hinsicht wies er auf die merkliche Besserung, hauptsächlich in der Starkstromindustrie, hin, die unter anderem durch die Bestellungen der Deutschen Reichsbahn und durch die Inangriffnahme vieler Erweiterungs- und Verbesserungsarbeiten hervorgerufen wurde. Der wissenschaftlichen Forschung verdanken wir wertvolle Ergebnisse bezüglich der drahtlosen Übermittlung durch kurze Wellen, der Anwendung trichterloser Lautsprecher für große Räume, der Einwirkung ultravioletter Strahlen zur Reaktivierung scheinbar zerstörter Vitamine, den Bau einer Analysenlampe zur Werkstoffuntersuchung und vieles andere. Auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik waren die wichtigsten Probleme der Selbstanschlußbetrieb in Fernsprechnetzen, der besonders in Berlin große Fortschritte machte, und der Ausbau des schon über 7000 km betragenden Fernkabelnetzes, das Anschluß gegen Wien (und Budapest) gefunden hat[1]) (die Fortsetzung nach Belgrad ist im Bau) und auch gegen Frankreich und Belgien hin arbeitet. Die Starkstrombeeinflussung von Fernsprechkabeln längs elektrischer Bahnen wurde durch Herstellung der Kabelpanzerung aus hochpermeablem Eisen beträchtlich herabgesetzt.

Im Starkstromgebiet waren die Bestrebungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Wärmekraftbetriebe von Wichtigkeit, wie Mechanisierung der Kesselfeuerung und Anwendung der Kohlenstaubfeuerung, durch welche die Kessel zu selbstgesteuerten Maschinen werden. Im Frühjahr wurde das heute bedeutendste Kraftwerk mit Kohlenstaubfeuerung, das Großkraftwerk Klingenberg in Rummelsburg[2]), eröffnet. Die planmäßige Zusammenarbeit von Wärme- und Wasserkraftwerken unter Heranziehung von Speichern gewann immer mehr Boden. In Großbetrieben wird Kohleveredlung bei Gewinnung wertvoller Nebenprodukte erprobt. Die Braunkohlenbrikettwerke werden zu selbständigen Werken, die Bahnkraftwerke schließen sich an Landesnetze an. Die Verbundwirtschaft zwischen den süddeutschen Wasserkräften und dem industriellen Nordwesten (mit 380 kV) wird ausgebaut, die erste 200 km lange Freileitung für 380 kV vom Goldenbergwerk nach Rheinau bei Mannheim wurde unter Anwendung von Hohlseilen von 42 mm Durchmesser montiert. Selektivschutz und Buchholzschutz fanden steigende Verbreitung. Mit Hilfe des Kathodenoszillographen dürfte man bald alle Überspannungsfragen beantworten können. In der Kabeltechnik wurde die Durchschlagsfestigkeit wesentlich gesteigert. 30 kV-Kabel werden heute normal erzeugt, ein 60 kV Kabel wurde in Magdeburg verlegt. Drehstromkabel für 100 kV sind im Laboratorium fertig.

Turbogeneratoren bis 45 000 kVA sind im Betrieb, solche bis 40 000 und 55 000 kVA bei 3000 bezw. 1500 U/min stehen im Bau. Die größte Einphasenmaschine mit 20 000 kVA und 16⅔ Per/s wurde gebaut (Kraftwerk Pfrombach)[3]), sonstige Wasserkraftgeneratoren bis zu 30 000 kVA. Das Phasenschieben wird nicht in kleinen kompensierten Motoren, sondern in großen Blindleistungsmaschinen bis zu 10 000 kVA bewerkstelligt. Neben diesen sehen wir Umformer für nachgiebige Netzkupplung bis zu 6 vH Frequenzschwankung und 3000 kW entstehen, die besonders für Speisung von Bahnen aus Drehstromnetzen wichtig sind. Prüfmaschinen bis zu 1·5 Mill. kVA Kurzschlußleistung zur Erprobung von Ölschaltern sind im Bau. Kurzschlußdrosseln werden bis zu 30 kV gebaut.

Die Elektrifizierung der Reichsbahn nahm ihren planmäßigen Fortgang und es stieg die Länge der elektrisch betriebenen Strecken von 940 auf 1050 km, die Zahl der elektrischen Lokomotiven von 246 auf 301, die der Triebwagen von 287 auf 343. Die neuesten Schnellzugslokomotiven, bis 110 km/h mit Abfederung der Motoren gebaut, und Güterzugslokomotiven größter Leistung mit Tatzenlagern haben Einzelantrieb ohne Stange; auch Triebwagen für hohe Geschwindigkeit wurden bestellt[4]). Die Elektrifizierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortebahn mit Gleichstrom von 750 V wurde begonnen, und zwar mit der Stadt- und Ringbahn von 157 km Streckenlänge[5]). Der Auftrag umfaßt 345 Triebwagen und 324 Beiwagen, 44 Unterwerke mit 129 Großgleichrichtern, 264 km Hochspannungskabel für 30 kV und die Fahrleitungen als dritte Schiene. Jeder Triebwagen erhält 4 Motoren zu 90 kW. Eine Gleichstromlokomotive größter Leistung für die auf der Stadtbahn fahrenden Fernzüge ist im Bau.

Bei den Industrieanlagen ist nebst der Verbesserung der Abbaubeleuchtung die Errichtung der größten deutschen Turmfördermaschine mit 2500 kW Motorleistung, 8·65 t Nutzlast und 25 m/s Fördergeschwindigkeit bemerkenswert. In der Papierindustrie wurden Einzelantriebe mit Vorteil angewendet. Für chemische Schmelzöfen wurde ein Transformator von 18 000 kVA und 86 000 A gebaut. Neben dem Lichtbogenofen kommt der Induktionsofen zu immer größerer Geltung. Die Deutsche Reichsbahn verwendet das elektrische Schweißen bei eisernen Schienen im großen Maß zur Befestigung der Unterlagsplatten auf den Schwellen. Die elektrischen Schweißnähte können heutzutage hohe Dehnung erhalten. In der Landwirtschaft wird trotz Geldknappheit der Kurzschlußmotor mit Anlaßriemenscheibe immer mehr verwendet; Schmelzsicherungen werden immer mehr durch Selbstschalter verdrängt. Elektrische Heißwasserspeicher werden im steigenden Maße verwendet und auch die Elektrifizierung der Haushalte (selbsttätige Waschautomaten, Temperaturregler zur Stromersparnis) machte bei einer Steigerung der Betriebssicherheit große Fortschitte.

In einem sehr eingehenden Vortrage über „50 Jahre Fernsprecher in Deutschland" gab Staatssekretär Dr. Ing. Feyerabend einen erschöpfenden Rückblick über den Gegenstand. Durch die geschichtlichen Feststellungen der Firma Siemens & Halske an Hand der Urkunden des Reichspostministeriums und des Archivs der Firma[6]) konnte einwandfrei nachgewiesen werden, daß der Deutsche Philipp Reis der Erfinder des Telephons ist[7]). Dadurch soll das Verdienst des Amerikaners Bell, der Schöpfer der Telephonie zu sein, nicht geschmälert werden. Die Vorführung der Versuche mit dem Apparate von Reis gab den Beweis, daß die Sprache damit übertragen werden kann. Erst 16 Jahre später zeigte Bell auf der Weltausstellung in Philadelphia seine Apparate, die einen Fortschritt bedeuteten. Seine eigentliche Erfindung bestand im weiteren Ver-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 14.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 39, S. 821 ff.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1019.

[4]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 13, S. 256 und Heft 31, S. 645.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 164, 229 und 1927, Heft 16, S. 326.

[6]) „Das Telephon und sein Werden", Verlag Springer.

[7]) Die Italiener nehmen dieses Vorrecht für ihren Landsmann Meucci in Anspruch.

Digitized by Google

laufe der Entwicklung darin, daß die von der Stimme erzeugten Induktionsströme zur Übertragung der Sprache benützt werden. Im Oktober 1877 erhielt der Generalpostmeister Stephan zwei Bellsche Telephone und ließ nach diesem Muster von S. & H. Nachbildungen anfertigen, mit denen 12 Tage später Versuche gemacht wurden. Einige Tage nachher wurde der Fernsprecher bereits in den öffentlichen Nachrichtendienst eingestellt. Es war dadurch möglich, kleinere Orte ohne eigenes Telegraphenamt an das allgemeine Telegraphennetz anzuschließen. Obwohl das Telephon weitere Fortschritte machte, war in den ersten Jahren beim deutschen Publikum kein Bedürfnis vorhanden, sich der neuen Erfindung zu bedienen. Erst 1881 konnte die erste Vermittlungsstelle in Berlin mit acht Teilnehmern in Betrieb genommen werden. Die weitere Entwicklung vollzog sich nun sehr rasch. Bereits 1 Jahr später waren 13 Fernsprecheinrichtungen mit 2277 Teilnehmern in Betrieb. Heute sind in Deutschland zusammen 2 643 000 Sprechstellen an das öffentliche Fernsprechnetz angeschlossen. Im Laufe der Zeit hat sich aus den Umschalteeinrichtungen das Selbstanschlußsystem entwickelt; die Freileitungen sind heute fast durchwegs den Kabeln gewichen, wodurch der Betrieb ein sicherer geworden ist. Die Verwendung von Kabeln auf große Entfernungen war erst durch die Erfindung Pupins möglich. Nunmehr ist dieses System derart vervollkommnet, daß ein Versuch über 4000 km schwach pupinisiertes Kabel in Vierdrahtschaltung glänzende Ergebnisse zeitigte. Von den am 1. Jänner 1925 an öffentliche Fernsprechnetze der ganzen Welt angeschlossenen mehr als 26 Mill. Apparaten betrug Deutschlands Anteil 9·16 vH. Während in den Vereinigten Staaten auf 100 Einwohner 14·2 Anschlüsse entfallen, kommen in Deutschland nur 3·9 Anschlüsse auf die gleiche Zahl Einwohner[8]).

An den beiden Versammlungstagen wurde einerseits das gerade für die deutsche Wirtschaft so wichtige Problem der Speicherung und Spitzendeckung in allen seinen möglichen Erscheinungsformen in vier Hauptvorträgen und einer sehr regen Aussprache erörtert; darüber ist in E. u. M. 1927, Heft 42, eingehend berichtet worden. Die außerordentliche Bedeutung der diesjährigen Tagung zeigt auch die Fülle des Stoffes, der in den Fachsitzungen von erstklassigen Fachleuten auf allen Gebieten der Stark- und Schwachstromtechnik vorgetragen wurde. Die vorzügliche Organisation und Vorbereitung der Jahresversammlung ermöglichte es, in dieser kurzen Zeit 51 Vorträge in sechs verschiedenen Fachgruppen zu bringen. Die Vorträge sowohl als auch die daran anschließenden Aussprachen gaben den Fachleuten vielseitige Anregungen.

Im nachstehenden soll über den Inhalt der wichtigsten Vorträge auszugsweise berichtet werden.

I. Elektrische Kraftwerke.

Einführender: Baurat Rachel, Dresden.

Altbürger, Berlin, „Ölschalter-Untersuchungen".

Die Untersuchungen der Ölschalter bestehen meist nur in der Erprobung des einwandfreien Ein- und Ausschaltens bei einer bestimmten Kurzschlußleistung. Man oszillographiert hiefür den Kurzschlußstrom und die Lichtbogenspannung zur Bestimmung der Schaltleistung und Schaltdauer, so daß also nur der rein elektrische Vorgang erfaßt wird. Durch gleichzeitiges Beobachten der äußeren Erscheinungen (Aufspringen des Schalters, Ölauswurf usw.) und durch Anwendung bekannter physikalischer Gesetze schließt man auf die Vorgänge im Innern. Da sich die Vorgänge in sehr kurzer Zeit (in wenigen Hundertstel sec) und fast gleichzeitig abspielen, hat man keine klare Vorstellung, wie es im Innern aussieht. Das Auge kann den Vorgängen nicht folgen, daher kam man auf den Gedanken, Aufnahmen mit der Zeitlupe zu machen. Daraus läßt sich nun die Form der Gasblase, deren Wachstum, Bewegung der Ölmasse, Aufsteigen und Kühlung der Blase usw. erkennen[9]). Bei gleichzeitiger Aufnahme von Strom und Spannung durch den Oszillographen erhält man die Zusammenhänge zwischen den elektrischen und thermischen bezw. dynamischen Vorgängen. Werden noch Gas- und Druckmessungen vorgenommen, dann ergibt sich ein klares Bild des Prozesses. Es werden die Versuche geschildert. An einem 6 kV-Schalter in einem Gefäß mit 10 mm starken Spiegelglaswänden wurden bei Dr. P. Meyer 500 Bilder i. d. Sek. aufgenommen, so daß man von jeder Halbperiode 5 Bilder erhielt. Als Zeitmaßstab diente eine 50 periodige Wechselstrombogenlampe (Aufnahme der Lichtschwankungen). Die Auswertung der Bilder erfolgte zeichnerisch auf dem Reißbrett in mühsamer Arbeit. Es zeigt sich, daß das Gasvolumen bei Zweifachunterbrechung mit der 2. Potenz, bei Sechsfachunterbrechung mit der 3. Potenz der Zeit wächst. Die Versuche ergaben, daß ein fester Zusammenhang zwischen der Schaltarbeit und der entwickelten Gasmenge besteht, solange keine zu starke Druckerhöhung eintritt. Da aus anderen Versuchen die entwickelte Gasmenge im kalten Zustand bekannt ist, ergibt sich daraus, um wieviel sich das Volumen im heißen Zustande vermehrt (zirka 6·5 fach). Man hat gefunden, daß sich pro kWh etwa 50 cm³ Gas bei 15° C und 760 mm Druck entwickeln. Die Formel von Bauer

$$\text{Abschaltarbeit } A = (0{\cdot}07 \div 0{\cdot}2)\, N \,.\, t_a,$$

wobei N die Abschaltleistung, t_a die Lichtbogendauer bedeuten, wurde bestätigt. Den Bildern kann man auch die maximale Geschwindigkeit entnehmen, mit der das Öl emporgeschleudert wird: sie beträgt max. 4 bis 6 m/sec bei Zweifach- und 8 bis 12 m/sec bei Sechsfach-Unterbrechung. Durch weitere Versuche wird es möglich sein, dem Schalterkonstrukteur Unterlagen zu geben, mit denen er die Ölschalter genau so wirtschaftlich bemessen kann wie alle anderen Hochspannungsapparate.

Müller, Berlin, „Über die Verhältnisse bei Ölschalterexplosionen aus sekundären Ursachen".

Man muß zwischen dem „Zerknall", dem Platzen wie bei Dampfkesseln, und der wirklichen Explosion mit ihren chemischen Erscheinungen unterscheiden. Die Störungen, verursacht durch das Auftreten von Überspannungen, Isolationsdefekten, Versagern im Betriebe usw. bezeichnet man als primäre Ursachen zum Unterschiede von Störungen aus sekundären Ursachen, bei denen eine wirkliche Explosion eintritt. Die Entzündungsursachen können sehr mannigfach sein: 1. mitgerissene Kohle- oder Metallteilchen gelangen in den Luftraum des Schalters oder außerhalb desselben; 2. die Temperatur der Gase ist entsprechend hoch (etwa 500° C); 3. die Gase können durch die Durchführungen treten und Überschläge einleiten; 4. Abreißfunken eines Signalkontaktes; 5. Gleitfunken infolge Überspannungen bei Schalterlösungen; 6. amorpher Kohlenstoff in feinster Verteilung in den Gasen explodiert bei Berührung mit der freien Luft. Der Nachweis, ob eine Explosion durch sekundäre Ursachen, das heißt erst nach einwandfreier Abschaltung eintritt, ist sehr schwer, zumal meistens ein Sammelschienenkurzschluß nachfolgt. Durch Versuche von Dr. Sarfert, Dresden, wurde eine von anderen Ergebnissen abweichende Zusammensetzung der Gase festgestellt: 74 vH Vol. Wasserstoff, 13 vH Azetylen, 8 vH Methan und 5 vH schwere Kohlenstoffe. Diese Abweichung erklärt sich daraus, daß die Untersuchung meist erst nach längerer Zeit vorgenommen wurde und dann das Azetylen wegen seiner außerordentlich leichten Löslichkeit nicht mehr festzustellen war. Die Berechnung des Explosionsdruckes und der Vorkompression des Gas-Luftgemisches ergibt, daß die letztere von geringem Einflusse ist. Die Versuche ergaben Drücke von höchstens 22 bis 23 at, welche konstruktiv noch beherrscht

[8]) Vgl. die Welttelephonstatistik, E. u. M. 1927, Heft 45, S. 939.

[9]) Vgl. Kloninger, E. u. M. 1927, Heft 20, S. 397 ff.

Digitized by Google

werden können; allerdings können bei den eigentlichen Schaltvorgängen höhere Beanspruchungen durch die plötzliche Gasbildung bei großen Leistungen vorkommen. Die Anwendung von Entlastungsklappen hat wenig Wert, weil die Explosionsgeschwindigkeit zu groß ist. Die bei den Versuchen ermittelten Drücke bedeuten eine ernste Gefährdung der Gebäude; es muß erwogen werden, ob es wirtschaftlich ist, Mauern wegen einer Explosion besonders stark auszuführen. Klappen und ähnliche Vorkehrungen geben nur beschränkten Schutz, da die Explosion zu schnell verläuft, als daß die Gase den vorgesehenen Weg einschlagen.

In der Aussprache wies Schrottke auf Versuche der SSW vor dem Kriege hin, nach welchen allem Anscheine nach primär Azetylen entsteht, welches dann in Kohlenstoff und Wasserstoff zerfällt. Deshalb kann eine Explosion auch ohne Hinzutreten von Sauerstoff entstehen und die völlige Beseitigung des Luftpolsters ist daher kein ausreichender Schutz. Von anderer Seite wurde der Fall einer Explosion eines Ölschalters bei kleiner Leistung erwähnt, die durch die Kontakte eines Nullspannungsrelais ausgelöst wurde. Estorff bemerkt, daß Stehfeuer stets Explosionen verursacht, nach König in weniger als 1 sec. Letzterer weist auf mehrere beobachtete Fälle einer nachträglichen Explosion hin, vielleicht entstanden durch das Ansaugen von Luft beim Zurückfallen des emporgeschleuderten Ölkolbens.

Kröll, Mannheim, „Schaltungen zum automatischen Betrieb von Wasserkraftanlagen und rotierenden Umformern".

Nach einem Hinweis auf die zuerst von BBC angegebene Schaltung, bei welcher das Anlassen, Synchronisieren und der Betrieb durchaus selbsttätig verlaufen (auch die Turbine wird über den Hauptumspanner angelassen), wird ein zweites Verfahren der BBC besprochen, bei welchem der Synchrongenerator mit 25 bis 30 vH der normalen Spannung anläuft. Noch einfacher ist das allerdings nur selten verwendbare selbsttätige Anlassen von Asynchrongeneratoren. Der Vortragende weist auf verschiedene zur Verhütung von Fehlschaltungen der Relais und Kontaktapparate vorgesehene Maßnahmen hin. Auch Unterwerke mit Einankerumformern und Motorgeneratoren können selbsttätig betrieben werden. In Deutschland, wo wenig Bedarf für selbsttätige Werke besteht, ist bisher nur ein vollautomatisches Wasserkraftwerk für 300 kW für Kühlwasserbeschaffung an der Eifel errichtet worden, das von der Stadt Trier aus gesteuert wird; viele andere Anlagen sind in Italien, Frankreich, der Schweiz und in Japan.

Buchholz, Berlin, „Die Kurzschlußkräfte bei Reaktanzspulen".

Die schwersten Beanspruchungen durch die Stromkräfte treten zwischen den einzelnen Windungen auf. Die Vorausberechnung wäre daher sehr erwünscht. Die Arbeiten von Hak und Krützner[10]) befriedigen nicht ganz, weil eine ziemlich rohe Formel für die Induktivität benützt und ein willkürliches Gesetz über die Verteilung der Kräfte angenommen wird. Aus Versuchen über Größe und Verteilung der Kurzschlußkräfte an kleinen Modellspulen zieht der Vortragende die Schlußfolgerung, daß die Verteilung der Kräfte auf die einzelnen Windungen einer Reaktanzspule im wesentlichen von der absoluten Größe der Spule unabhängig ist. Man kann also das Verhalten der Modellspule den wirklichen Verhältnissen an einer Reaktanzspule zugrunde legen. Die Messungen an der Modellspule mit und ohne Versteifungen am Umfange haben übrigens ergeben, daß Aluminium zur Herstellung solcher Spulen wegen seiner Weichheit nicht geeignet ist.

von Schaubert, Berlin, „Generatorenschutz besonders bei Erdschluß".

Der Vortragende behandelt das Ansprechen des Schutzes im falschen Augenblick. Je mehr die Schäden durch zeitweilige Überprüfungen im Betriebe verhütet werden, desto mehr müssen auch die Einrichtungen zur Eingrenzung eines eingetretenen Schadens vervollkommnet werden. Dies kann durch hochempfindliche Schutzeinrichtungen mit wattmetrischen Relais erreicht werden. Es wird der Fall erörtert, daß ein Generator unmittelbar auf ein Netz arbeitet, wobei die Erdung für den Schutz von größter Bedeutung ist. Hat das Netz bereits Erdungen, so muß darauf geachtet werden, daß der Erdschlußstrom nicht unnötig vergrößert wird. Der Generatorschutz muß bei möglichst geringem Erdschlußstrom und scharfer Abgrenzung gegenüber dem Netze arbeiten. Da der Erdschlußstrom bei der bekannten Holmgren- oder Unsymmetrieschaltung[11]) ungefähr 0·5 bis 2 vH des Nennstromes der Wandler beträgt, muß das Erdschlußrelais außerordentlich empfindlich sein (auf wenige mA bei voller Erdschlußspannung). Jede Ungleichheit oder Belastung der Wandler ruft einen Strom im Erdschlußrelais hervor, auch wenn kein Erdschluß vorhanden ist. Diesen Strom bezeichnet der Vortragende als „Falschstrom". Von diesen „Falschströmen" (nach Messungen 10 bis 30 mA) ist bisher wenig gesprochen worden. Es werden die Mittel erörtert, um auch bei Anwendung normaler Wandler mit billigen Mitteln Falschströme unwirksam zu machen, und zwar durch Anwendung von Erdungswiderständen, die bei Erdschluß einen Strom durchlassen, der sich mit dem Falschstrom geometrisch zusammensetzt. Man kann bis zu 90 vH der Generatorwicklung gegen Erdschluß schützen; praktisch genügen 40 vH. Die Statistik lehrt, daß die meisten Generatorschäden mit Erdschluß beginnen. Daher sind die besprochenen Maßnahmen zur Bekämpfung der Falschströme wichtig.

II. Elektrische Kraftübertragung.

1. Tag, Einführender: Prof. Dr. Marx, Braunschweig.

Grünholz, Berlin, „Graphische Theorie der Wechselstromübertragung (Fernleitung und Umspannung)".

Da die Berechnung langer Übertragungsleitungen sehr schwierig ist und Näherungsverfahren, die man für kurze Leitungen verwendet, bei den langen Leitungen für Höchstspannung nicht mehr gelten, wurde ein Verfahren ersonnen, nach welchem die Aufgaben der Fernübertragung mit möglichst wenig Rechnungsarbeit gelöst werden können. Diese Möglichkeit besteht, weil sich die Zusammenhänge der Übertragungsgrößen durch einfache und anschauliche Beziehungen darstellen lassen, die allgemein für jeden aus konstanten Scheinwiderständen zusammengesetzten Übertragungskreis Gültigkeit haben. Bei der Besprechung der graphischen Darstellung von phasensymmetrischen Mehrphasenkreisen durch Auftragen der Komponenten der Leitfähigkeit als Koordinaten eines rechtwinkeligen Achsensystemes ergibt sich, daß die wichtigsten Festpunkte des Diagrammes der Leerlauf- und der Kurzschlußpunkt, die Endpunkte der Vektoren der Leerlauf- und Kurzschlußleitfähigkeit sind. Daraus können in einfacher Weise das Verhältnis der Spannungen am Anfang und Ende einer Leitung, die Wirk- und Blindleistungen sowie deren Differenzen und Summen, welche sich durch Paraboloide darstellen lassen, bestimmt werden. Schließlich zeigt der Vortragende die unmittelbare Konstruktion der Belastungsvektoren aus dem Spannungsverhältnis-Diagramm, weiters die Ermittlung des Belastungszustandes bei Reihen- und Parallelschaltung von Übertragungskreisen und die Änderungen, die sich bei unsymmetrischen Übertragungen ergeben.

Piloty, Berlin, „Einphasiges Ansprechen von Überspannungsableitern".

Wenn Reflexionsvorgänge, die beim Auftreffen von Überspannungswellen in einem Drehstromsystem auf Funkenableiter eintreten, untersucht wurden, setzte man immer stillschweigend voraus, daß entweder der Ableiter in allen drei Phasen anspricht oder bei einphasigem Ansprechen keine Rückwirkung von den beiden anderen Leitern ausgeübt wird. Die Registriervorrich-

[10]) E. u. M. 1924, S. 17 und S. 275.

[11]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 613.

Digitized by Google

tungen von Ableitern zeigen, daß das einphasige Ansprechen sehr häufig vorkommt, so daß man auf die elektromagnetische Kopplung der Phasen näher eingehen muß. Während man in Amerika der Ansicht ist, daß der Ableiter alle Überspannungen von den zu schützenden Apparaten abzuhalten habe und aus diesem Grunde die Funkenstrecke ohne Widerstand geerdet wird, nimmt man in Deutschland den Standpunkt ein, daß ein Ableiter eine Wicklung vor Wanderwellen, besonders mit steiler Wellenstirne, überhaupt nicht schützen kann. Schon bei niedrigen Wanderwellen, bei denen die Überschlagsspannung des Ableiters noch nicht erreicht wird, wird die zu schützende Spule bereits gefährdet und auch im Falle des Ansprechens dringt zufolge des Entladungsverzuges ein Teil der Welle ein. Dem Ableiter wird in Deutschland also nur die Aufgabe der Dämpfung hoher Wanderwellen zugewiesen. Die Untersuchungen des Vortragenden befassen sich mit der Beeinflussung des einphasig ansprechenden Ableiters auf die Wanderwellenspannungen der beiden anderen Phasen und darauf, wie viel von der Energie der auftreffenden Wanderwelle bei gegebenem Ableitungswiderstand entzogen wird. Die Wanderwelle, die auf einer Leitung fortschreitet, induziert auf den benachbarten Leitungen sekundäre Wanderwellen, welche auf die erste Leitung zurückwirken. Sind e und i Spannung und Strom der Hauptleitung, $\mathfrak{e}$ und $\mathfrak{i}$ jene der Nebenleitung und Z, $\mathfrak{z}$, z die Wellenwiderstände der Haupt- und Nebenleitung und der gegenseitige Wellenwiderstand, so ist $e = Z.i + z.\mathfrak{i}$ und $\mathfrak{e} = \mathfrak{z}.\mathfrak{i} + z.i$. Mit Hilfe dieser Gleichungen und der Grenzbedingungen kann man jene Veränderungen ermitteln, die eine Wanderwelle gegebener Form beim Auftreffen auf eine Unstetigkeitsstelle erleidet. Der Vortragende benützt diese Grundlage zur Untersuchung der Gesetze, nach welchen ein auf einer Drehstromleitung laufendes, aus drei gleichen Wanderwellen gegen Erde bestehendes Wanderwellensystem reflektiert, durchgelassen und absorbiert wird, wenn es auf eine Stelle der Leitung trifft, an der sich der Wellenwiderstand plötzlich ändert und an der ein einphasig ansprechender Schutzableiter angebracht ist. Zur Lösung des Problems reduziert er zuerst das dreiphasige System auf ein zweiphasiges, indem er die beiden gesunden Phasen zu einem Nebenleiter zusammenzieht. Bei Einführung näherungsweise gültiger Voraussetzungen ist dann $\mathfrak{z} = {}^1/_2 (Z + z)$; das Verhältnis $\mu = z : Z$ nennt er Kopplungsmaß, das identisch ist mit dem Verhältnis der Potentialkoeffizienten der Wechselinfluenz zwischen je 2 oder 3 Drehstromleitungen zum Potentialkoeffizienten der Selbstinfluenz (symmetrische Verdrillung der Leitung vorausgesetzt). Das Kopplungsmaß μ hängt vom Mastbild, besonders vom Abstand der Phasen, Einfach- oder Doppelleitung, Lage und Zahl der Erdseile ab. Es schwankt zwischen 0·2 und 0·6. Aus aufgenommenen Kurven ergibt sich in einer Station, in der mehrere Leitungen ohne Einschaltung von Drosselspulen einmünden, schon durch die freie Wanderwellenreflexion eine erhebliche Spannungsverminderung, die sich für den Fall des einphasig ansprechenden Ableiters noch weiter vermindert. Der Vortragende zeigt, daß für eine Station, in der mehrere Leitungen zusammenkommen und die keine zwischengeschalteten Drosselspulen besitzt, der Wirkungsgrad des Ableiters verhältnismäßig klein ist. Die Höhe der überhaupt möglichen Wanderwellen ist durch die Isolationsfestigkeit der Leitung nach oben begrenzt. Während die Überschlagspannung der Isolatoren äußersten Falles das drei- bis vierfache der Betriebsspannung beträgt, muß die Überschlagsspannung der Funkenstrecke kaum niedriger als auf die 1·5fache Betriebsspannung eingestellt werden. Es ist also in Stationen, in denen mehrere Leitungen zusammentreffen, ein Ansprechen der Ableiter nur bei gröbsten Überspannungen zu erwarten. Die Spannung der Welle vor dem Ansprechen des Ableiters liegt meist knapp über der Zündspannung der Funkenstrecke; zündet eine Phase, so tritt auf den beiden anderen sofort Spannungsabsenkung ein, welche die Zündgrenze unterschreiten kann, so daß in diesen beiden Phasen keine Zündung eintritt. Es wird genaue Beobachtung der Ableiter empfohlen, um die Häufigkeit des einphasigen im Verhältnis zum symmetrischen Ansprechen zu ermitteln. Eine sorgfältige Klärung dieser Frage ist nötig, weil die Dämpfungswiderstände anders bemessen werden müssen, wenn möglichst großer Schutzwert bei einphasigem Ansprechen erreicht werden soll.

Burger, Berlin, „Leistungs- und Spannungsverluste durch Transformatoren, Reaktanzspulen und Spannungsregeleinrichtungen in Drehstromnetzen."[12])

Als bekanntestes und einfachstes Mittel zur Bekämpfung der Kurzschlußleistungen wird die Erhöhung der Induktivität der Stromkreise angegeben. Diese wird erreicht durch Einbau von besonderen Reaktanzspulen, von Transformatoren mit erhöhter Kurzschlußspannung (10 bis 12 vH und auch mehr bei 100 kV), von Isoliertransformatoren mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 beim Zusammenschluß von größeren Netzen gleicher Spannung und von Spannungsreglern, wie Zusatz- und Drehtransformatoren. Im letzten Falle gebührt dem Drehtransformator wegen seiner höheren Streuspannung der Vorzug. Ein weiteres Mittel ist die Verwendung von Einphasenkabeln. Endlich kann der Kurzschlußstrom durch Unterteilung der Netze verringert werden. Diese Mittel bedeuten jedoch andererseits eine Benachteiligung des Betriebes durch Vergrößerung der Spannungsabfälle und Drehung der Spannungsvektoren, sowie durch Erhöhung der Leistungs- und Arbeitsverluste. Die letzteren sind bei Verwendung von eisenlosen Drosseln klein; ein Transformator mit erhöhter Kurzschlußspannung gibt keine Zunahme der Verluste. Isoliertransformatoren vergrößern die Verluste um etwa 0·5 bis 1 vH, wobei aber zu bedenken ist, daß nur geringe Benützungsdauer vorliegt. Die Verluste der Spannungsreguliereinrichtungen darf man schließlich nicht der Herabsetzung der Kurzschlußströme anlasten. Der Drehtransformator ist theoretisch der einfachste Apparat und gestattet kontinuierliche Regelung. Da er aber nur für niedrige Spannungen gebaut werden kann, braucht er meist Zusatz- und Isoliertransformatoren; eine derartige Anlage ist daher gegenüber einer solchen mit Zusatztransformatoren im Zuge der Leitung im Nachteil. Diese höheren Verluste können dadurch wesentlich herabgesetzt werden, daß man den Drehtransformator mit dem Zederbohmschen Anlaßschutzschalter während Zeiten schwächerer Belastung abschaltet. Überdies muß für jeden vorliegenden Fall untersucht werden, ob es nicht zweckmäßiger ist, in den Sekundärnetzen mit 5 bis 6 kV oder in den Niederspannungsnetzen einige kleinere Drehtransformatoren einzubauen, so daß Isolier- und Erregertransformatoren erübrigt werden können. Die durch Bleimantelströme verursachten höheren Verluste von Einfachkabeln gegenüber Drehstromkabeln sind gering und werden durch die Möglichkeit der Verwendung einer höheren Spannung wieder aufgehoben. Es sind also im allgemeinen nur die Spannungsabfälle groß. Um sie zu begrenzen, muß man die induktive Last beim Abnehmer verringern, was durch Kondensatoren in Verbindung mit Asynchronmotoren, kompensierten Motoren, Asynchronmotoren mit Kollektor-Erregermaschinen und Synchronmotoren erreicht wird. Die richtige Verbraucherspannung kann auch durch Spannungsregelaggregate erzielt werden. Den stark angestiegenen Ansprüchen an genaue Einhaltung der Spannung entsprechen die Drehtransformatoren und die neuen Regeltransformatoren mit hoher Stufenzahl. Es muß jedoch immer untersucht werden, ob außer der Einfügung der Zusatzspannung noch eine Verdrehung des Spannungsvektors nötig ist. Dies gilt besonders bei alten Netzen mit vielen Asychronmotoren, die immer mit zu geringer Spannung betrieben wurden.

Regerbis, Hermsdorf, „Neue Freiluftstützer".

Der Bau von Freiluftanlagen stellte an den Isolatorenbau neue Aufgaben, und zwar sowohl für die

[12]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 27, S. 537 ff.

Digitized by Google

Freiluftdurchführungen für Transformatoren, Wandler und Ölschalter[13]) als auch für die Freiluftstützer als Träger der Sammelschienen und Stützpunkte der Trennschalter. Die Konstruktionen der Freiluftstützer konnten dem Freileitungsbau entnommen werden, da die elektrischen Beanspruchungen jenen der Kettenisolatoren gleich sind. Während dagegen die Kettenisolatoren nur hohen Zugbeanspruchungen ausgesetzt sind, werden die Stützer stark auf Biegung und Torsion beansprucht. Dies ist besonders bei den Isolatoren der jetzt fast allgemein verwendeten Drehtrennschalter der Fall, bei denen stoßartige Beanspruchungen auftreten. Um allen Wünschen der Verbraucher gerecht zu werden, wurde aus dem Innenraum-Standisolator ein Standisolator mit Schirmen oder Mänteln für das Freie entwickelt, mehrteilige Stütz-Isolatoren mit aufgekitteten Kappen, der Motor- oder Vollkern-Isolator und Stützer aus Kappenisolatoren, welche sich bei den Versuchen als besonders günstig erwiesen haben. Je nach der Spannung werden Stützer aus mehreren Elementen aufgebaut, wobei der Verbindung zwischen den einzelnen Gliedern besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Bei den Vergleichsversuchen zur Bestimmung der Biege- und Torsionsmomente bei ruhender und stoßweiser Belastung hat sich der Kappenisolator am besten bewährt.

Koch, Berlin, „Über Distanzrelais".

Die Forderung der Großabnehmer nach sicher wirkenden Abtrennmitteln für kranke Leitungsteile, welche den gesamten Betrieb nicht stören, haben eine rasche Entwicklung entsprechender Schutzmittel hervorgerufen. Die Industrie hat energisch an dem Aufbau geeigneter Relais-Systeme gearbeitet und kam zur Ausgestaltung des Distanz- oder Impedanzrelais, dessen Grundgedanke sich bereits in früheren Zeiten vorfindet und an dessen Vervollkommnung noch weiter gearbeitet wird[14]). In vermaschten Netzen, die an mehreren Punkten gespeist werden, genügen gewöhnliche Überstrom-Zeitrelais nicht mehr zur selektiven Abschaltung. Es müssen Relais verwendet werden, die ihren Zeitablauf nach den charakteristischen Begleitumständen eines Kurzschlusses einstellen. Die beiden charakteristischen Merkmale sind der Spannungsabfall im Netz (Spannung an der Kurzschlußstelle am kleinsten) und das Ansteigen des Stromes gegenüber seinem Wert vor dem Fehler. Der Vortragende kommt zu zwei Bedingungen, denen ein Relais entsprechen muß: Die Charakteristik $t = f(E, I)$ muß stets positiven Differentialquotienten besitzen, wobei die Staffelung benachbarter Schalter im Bereiche der Fehlerstelle 0·75 bis 1 sec nicht unterschreiten, anderseits die Schaltzeit von 3 sec möglichst nicht überschritten werden soll. Wenn die Charakteristik für verschiedene Stromstärken nicht gleich ist, so müssen die Auslösezeiten mit wachsendem Strom für gleiche Widerstände am Relais stets kleiner werden.

König, Höchst a. M., „Neue Gesichtspunkte für die Wahl von Überspannungs-Schutzapparaten".

Der Vortrag erstreckt sich nur auf die Ableiter für bewegte Überspannungen, die sich von dem Überspannungs-Umformer zur Abflachung der steilen Wanderwellenstirn und vom Überspannungs-Reflektor (zum Beispiel reine Induktionsspulen) dadurch unterscheiden, daß sie im wesentlichen die Amplitude der Überspannung herabsetzen. Die Schutzapparate müssen nicht nur zweckentsprechend konstruiert sein, sondern auch so eingebaut werden, daß ihr voller Schutzwert zur Geltung kommt. Ausgehend von der Wanderwellenformel $E_v = 2E \frac{W_2}{W_1 + W_2}$ (E_v = Spannung am Übergangspunkt, E vor der Beeinflussung durch den Ableiter, W_1 Wellenwiderstand der Ursprungsleitung, W_2 nach dem Übergangspunkt), deren Richtigkeit durch den Kathodenoszillographen und nach der Schleifenmethode von Binder[15]) nachgewiesen wurde, wird als günstigste Lösung gefunden, die Überspannung in einer Station auf die Hälfte herabzusetzen, wodurch auch die rückläufige Welle den halben Wert erhält. Bezüglich des Einbaues kommt der Vortragende zu dem Ergebnis, daß es am wichtigsten ist, Ableiter in die Kopfstation einzubauen, wobei der Widerstand des Ableiters am günstigsten $W_2 = W_1/3$ gewählt wird. Dann empfiehlt sich der Einbau an der Sammelschiene von Durchgangsstationen ($W_2 = W_1/2$). Große Stationen mit mehreren Leitungen werden am besten dadurch geschützt, daß man einerseits die Leitungen möglichst weit voneinander verlegt, um die Gefahr des gleichzeitigen Auftretens von Wanderwellen in mehreren Leitungen zu vermeiden, und anderseits nicht diese Durchgangsstation, sondern die umliegenden kleineren Stationen mit Ableitern ausrüstet. Die angegebenen günstigsten Widerstandswerte sind aber schwierig auszuführen, da große Stromstärken zu bewältigen sind. Die Ableiter müssen mit einem zusätzlichen Schaltmechanismus versehen werden, der die Folgeerscheinungen raschest unterdrückt, wie zum Beispiel der Bendmann-Ableiter[16]).

2. Tag, Einführender: Prof. Dr. R. Rüdenberg, Berlin.

Pohlhausen, Berlin, „Über die Grundlagen der Bemessung von Starkstromerdern".

Der Vortragende bemängelt, daß die Erder bisher nur qualitativ bemessen wurden, daß man aber in den Haupterdern einen Apparat sehen müsse, der richtig zu dimensionieren und zu berechnen ist. Man muß zwischen der physikalischen und wirtschaftlichen Beurteilung unterscheiden. Die erstere richtet sich nach dem Ausbreitungswiderstande, der Schrittspannung (Potentialgefälle auf 1 m Entfernung in Nähe des Erders) und der Gefahr in der Umgebung, die zweite darnach, daß jener Erder am günstigsten ist, der den kleinsten Ausbreitungswiderstand hat und am billigsten ist. Der Ausbreitungswiderstand ist proportional dem spezifischen Widerstand des umgebenden Erdreiches, welcher zwischen 5×10^3 bei feuchtem, gut leitendem Boden und 10^5 Ohm/cm bei schlechtem Boden schwankt. Es kommen aber bei Felsen, Quarzgestein usw. noch ungünstigere Werte vor. Als Grundlage für die Rechnung wird ein mittlerer Wert von 10^4 Ohm/cm genommen. Weiters ist der Ausbreitungswiderstand der Länge des Erders proportional. Man hat die verschiedensten Formen der Erder: Stäbe, Platten, Kugeln usw. untersucht und gefunden, daß Band- und Rohrerder am günstigsten sind. Eine weitere Verbesserung der Erdung ergibt sich durch Unterteilung, durch das Parallelschalten mehrerer Erder. Nimmt man an Stelle eines Rohres zwei von gleicher Größe, so ergibt sich wegen der gegenseitigen Beeinflussung nicht der halbe Widerstandswert, sondern ein größerer, dessen Höhe sich nach der Entfernung der beiden Rohre richtet. Die Erder sollen nicht näher aneinander gerückt werden als ihre Länge beträgt; dann ist ein Zuschlag von etwa 10 vH zum halben Wert zu nehmen. Modellversuche bei Siemens auf freiem Gelände haben eine gute Übereinstimmung mit der Rechnung ergeben. Die Schrittspannung wird für den Menschen gefährlich, wenn ein Strom von $^1/_{20}$ A zustande kommt. Von Einfluß ist dafür die Eingrabtiefe; im allgemeinen tritt keine Gefährdung ein, wenn der Erder tiefer als 1 m unter der Erdoberfläche eingegraben ist. Als weitere Gesichtspunkte für die Beurteilung von Erdern wurden seine Belastbarkeit durch Dauerstrom (statische Belastbarkeit) und durch stoßweise Belastung (dynamische) besprochen. Eine andere Unbekannte ist außer dem spezifischen Widerstand die spezifische Wärmeleitfähigkeit[17]).

Holm, Berlin, „Einige Gesichtspunkte für Beurteilung von Hartpapieren und ihre Verwendung"[18]).

[13]) Vgl. Wallich, „Mehrrohr-Durchführungen". E. u. M. 1927, Heft 37, S. 744.

[14]) Vgl. Groß, E. u. M. 1927, Heft 39, S. 801.

[15]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 629.

[16]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 491.

[17]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 43, 765.

[18]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 25, S. 512.

Digitized by Google

Früher wurde die Güte eines Isolationsmittels nur nach dem Isolierwiderstand beurteilt, in neuerer Zeit wird sie aber durch die Methode der Verlustmessung bestimmt. Die Verluste können getrennt werden in *a)* reine Leitungsverluste (bei Gleichspannungsbeanspruchung) und *b)* Umelektrisierungsverluste (welche bei Drehstrom noch hinzukommen). Für *a)* sind die Einzelverluste der Rohstoffe als Materialkonstanten und die Reinheit des fertigen Materiales maßgebend. Die Leitungsverluste sind deshalb ein guter Vergleich für die Güte von Platten, wenn die Materialien ähnlich aufgebaut sind. Eine Verschlechterung der Güte tritt durch längeres Lagern ein, weil Spuren von Feuchtigkeit aufgenommen werden; dies spielt wegen der Größe der gewählten Abmessungen bei Niederspannung meist keine Rolle, wohl aber bei Hochspannung. Hartpapier muß durch Lacke oder sonst einen Anstrich gegen die Luftfeuchtigkeit geschützt werden; vorher ist die Feuchtigkeit gut zu entfernen. Die Untersuchung von Isolatoren hat ergeben, daß die Größe der Entladungszeit maßgebend ist bei der Prüfung; dies ist auch bei den Isoliermitteln der Fall[19]). Vergleicht man die Werte der Verluste und Durchschlagsfestigkeit, so findet man, daß die größte Durchschlagfestigkeit mit dem größten Verlustfaktor verbunden ist. Dies ist für die Auswahl der Rohstoffe wichtig; dabei muß noch auf die Methode der Herstellung Rücksicht genommen werden. Es gibt kein Einheitsmaterial für Hartpapier, sondern es muß fallweise entsprechend den vorliegenden Verhältnissen gewählt werden. Lufteinschlüsse sind sehr schlecht; Luft ist zwar bei geringerer Beanspruchung verlustlos, bei größerer aber nicht mehr.

Frensdorff, Dresden, „Die dielektrische Verlustmessung an Hartpapier-Isolation und ihre Bedeutung für Höchstspannungsbetriebe".

Die Methode der Verlustwinkelmessung, wie sie bei Kabeln bereits seit längerer Zeit durchgeführt wird, findet in der Fabrikation der Hartpapiere erst seit dem vergangenen Jahre Verwendung. Man mißt meist den Verlustfaktor, welcher das Verhältnis zwischen Verluststrom und Blindstrom darstellt. Er ist bei Hartpapier fast immer unter 1 vH. Bei der Prüfung verschiedener Materialien mit 58, 100 und 125 kV ergab sich der Ionisationspunkt zwischen 65 und 100 kV. Der Vortragende bespricht auch die Messungen bei gleicher Spannung in Abhängigkeit von der Zeit (bis zu 11 Stunden), sowie die laufenden Messungen während der Fabrikation. Maßgebend ist die Genauigkeit der Messung, welche davon abhängt, daß die Kriechströme abgeschirmt und die größten Strahlungen unterdrückt werden. Die Stellung des Objektes im Raume ist ziemlich belanglos, wenn es nur außerhalb des Einflußbereiches des Vergleichskondensators liegt. Für den Vergleich sind 25 μF ausreichend. Die Veränderungen während der Fabrikation können entweder Veränderungen im Ganzen (im Lack oder im Innern) durch Eintritt von Feuchtigkeit oder durch Altern sein oder Veränderungen eines Teiles durch Lufteinschlüsse. Änderungen der ersten Art und wesentliche der zweiten ergeben starke Änderungen des Verschiebungswinkels, so daß sich wohl Veränderungen des ganzen Materials, nicht aber punktweise Änderungen durch diese Messungen nachweisen lassen. Diese Messungen sollen nicht nur während der Fabrikation, sondern auch nach dem Einbau desselben mit der Betriebsspannung während der Belastung vorgenommen werden, wofür es eigene transportable Meßeinrichtungen gibt. Der Vortragende schlägt zum Schlusse vor, der VDE möge Leitsätze für diese Messungen herausgeben, damit man die verschiedenen Messungen untereinander vergleichen kann. In der Diskussion erklärt Dr. Rüdenberg, daß der Verband der Anregung zur Herausgabe von Leitsätzen sicher Folge leisten werde.

Moldenhauer, Berlin, „Die Freiluftstationen des Märkischen Elektrizitätswerkes".

Das im Jahre 1923 errichtete Umspannwerk ist eine Kopfstation für 50 kV und mit zwei Transformatoren für je 5000 kVA. Alle Apparate und Isolatoren wurden mit 160 kV bei 3 mm Regen von einer Leitfähigkeit von 100 geprüft. Für die Aufhängung der Sammelschienen wurden Verbundisolatoren, als Ölschalter normale der Serie VI a verwendet, die nur einen Überwurf auf die Einführungen erhielten und deren Antriebe in regensicheren Kasten untergebracht wurden. Schlecht bewährt haben sich nur die konzentrischen Klemmen aus Messing, das Risse bekam; sie wurden durch Bronze ersetzt. In den Kesseln der Ölschalter waren Heizwiderstände eingebaut, welche aber nie verwendet wurden. Der Stockpunkt des verwendeten Öles liegt bei — 20°, und man bekommt Öle, bei denen er bei — 50° liegt. Es werden daher künftig keine Heizelemente eingebaut. Im Frühjahre 1925 waren ein neues Umspannwerk für 30 000 kVA und 100/50 kV und ein Schaltwerk zu bauen. Nach den guten Erfahrungen von 1½ Jahren mit der ersten Freiluftstation und da bei jeder Station Mk. 150 000 erspart wurden, entschloß man sich, beide Stationen als Freiluftstationen auszubilden. Der Vortragende bespricht die Vor- und Nachteile der hochgebauten, der mittelhohen und der Flachbau-Stationen. Man entschloß sich, das Umspannwerk als mittelhohe Station und das Schaltwerk wegen Platzmangels als hochgebaute Station auszuführen. Um die Zahl der Apparate und Stützer zu vermindern, erhielten die Leitungen keine Trennschalter; man kann darauf verzichten, wenn eine gute telephonische Verbindung mit den Nachbarstationen vorhanden ist. Die Gerüste wurden teilweise in Beton ausgeführt und zum Teil auf Schwellen fundiert. Man kann auch Transformatoren und Ölschalter auf Schwellen setzen; man muß jedoch genügend starke Kanthölzer vorsehen, um ein gegenseitiges Setzen zu vermeiden. Sämtliche Sammelschienen sind aus 70 mm² Kupferseil, das mit Verbundisolatoren abgespannt ist. Bis zu 40 m Spannweite kann man direkt abspannen, bei größeren verwendet man die Fahrdraht-Aufhängung oder man unterteilt; die letztere Art hat den Nachteil des größeren Raumbedarfes und Vermehrung der Balken und Stützen. Die beiden Transformatoren (je 16 000 kVA) erhielten wegen des geringeren Raumbedarfes und geringerer Fundierung Zimmermannkühler, die sich aber wegen der Empfindlichkeit gegen Frost, wenn die Transformatoren außer Betrieb sind, nicht gut bewährten. Man muß das Wasser sorgfältig entfernen, was bei Kühlschlangen nicht nötig ist. Der Reparaturturm wurde in das Gerüst gesetzt, da man dadurch Raum und Maste spart. Die beiden Stationen sind seit Oktober 1926 in Betrieb, ohne daß nachteilige Erfahrungen gemacht wurden. Zum Schlusse wurde der Kostenvergleich einer gedeckten Station mit einer Freiluftstation ohne Montage gegeben, welcher bei zwei Transformatoren 16 000 kVA, zwei ankommenden Leitungen und Erdungsdrossel eine Ersparnis von Mk. 165 000 zugunsten der Freiluftanlage ergab, wobei der Batterieraum und der Reparaturturm nicht berücksichtigt wurden.

Cramer, Berlin, „Betriebserfahrungen über die Aufteilung von Gleichstromnetzen".

Die Entwicklung der Schutzeinrichtungen für Gleichstromnetze ist erst im Anfangsstadium, weil der Gleichstrom über den Bemühungen, ihn durch Drehstrom zu ersetzen, vernachlässigt worden sei. Man muß jedoch bedenken, daß der Umbau der Netze teuer ist und die Reserve durch Batterien fortfällt. Bei richtiger Einteilung der Netze ist es möglich, die wichtigsten Teile derselben und die Straßenbeleuchtung während einer Störung weiter zu versorgen und die Zeit derselben auf ein Minimum einzuschränken. Schwierigkeiten bereitet die Wiederaufrichtung der Spannung nach einem Zusammenbruche derselben. Man kann diese Schwierigkeiten durch Netzunterteilung, entsprechende Schaltung der Generatoren und durch automatische Netzteilung vermindern. Das Hochfahren mit Umformern erfolgt am schnellsten durch automatische Schalter mit verhältnismäßig einfachen Mitteln. Die Unterteilung der Netze hat den Nachteil ungünstiger Spannungsverteilung nach dem Auf-

[19]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 922.

Digitized by Google

schneiden und es ist keine rasche Wiederaufnahme des Betriebes möglich, wenn eine Speiseleitung herausfällt, weil das Einsetzen von Sicherungen in die Kabelkästen unter Spannung schwierig ist. Daher soll das Netz als Ganzes im Betriebe bleiben und automatisch unterteilt werden, sobald die Spannung zusammenbricht. Wenn der fünf- bis zehnfache Betriebsstrom auftritt, wird der Schalter nach dem Auslösen blockiert. Das Aufheben der Blockierung geschieht bei kleinen Netzen mechanisch von Hand aus, bei größeren elektrisch von der Zentrale aus. Die Apparate müssen wetterfest und unempfindlich gegen Erschütterungen sein. Vor Einbau der Schalter muß der Belastungszustand des Netzes genau bekannt sein und erforderlichen Falles durch Messungen ermittelt werden.

Harteneck, Mannheim, „Der automatische Überstromregler zum Hochfahren von Gleichstromnetzen nach Störungen".

Die Schwierigkeiten der Wiederaufnahme des Betriebes nach einer Störung haben nach allgemeiner Ansicht ihre Ursache in der Verwendung von Metallfadenlampen, die im kalten Zustand einen Widerstand von nur etwa 16 vH des Widerstandes der warmen Lampe bei normaler Spannung haben, so daß beim Einschalten ein maximaler Stromstoß vom sechsfachen Wert auftreten kann. Dieser Stromstoß klingt jedoch sehr rasch ab und erreicht nach etwa $^1/_8$ sec den normalen Wert. Der Vortragende meint daher, daß die Ursache nicht hier gesucht werden kann, sondern daß sie in der Vernachlässigung der Netze liegt. Bei Vergrößerungen wird meist einfach dazu gebaut, ohne auf eine systematische Entwicklung des Netzes mit Rücksicht auf dessen Unterteilung zu sehen. Die Schwierigkeit besteht nun darin, daß ein Netz meist von verschiedenen Umformerstationen gespeist wird und es beim Wiederanfahren nicht möglich ist, alle Nebenschlußregler gleichmäßig zuzuschalten. Man kann sich durch den Einbau von Streckenschaltern helfen, die aber ziemlich hohe Kosten verursachen. Ein weiteres Mittel ist das Anlassen des Netzes über Widerstände; diese werden teuer, weil sie für eine ziemlich lange Einschaltzeit bemessen werden müssen. Die beste Wirkung erzielt man durch den Einbau von automatischen Überstromreglern, die wie eine Kompoundwicklung wirken und eine unzulässig hohe Belastung der Maschine beim Anfahren verhindern. Bei Einankerumformern und Gleichrichtern müssen sie mit Induktionsreglern versehen werden, um die Spannung ändern zu können. Da der Regler eine unzulässige Überlastung der Maschine und das Auslösen der Schalter verhindert, kann jede Station für sich allein in Betrieb gesetzt werden. Die Maschine wird fremd erregt und der Regler schaltet Widerstände im Erregerstromkreis.

III. Maschinen und Transformatoren.

Einführender: Prof. Dr. Kloss, Berlin.

Löbl, Berlin, „Messung der Wirksamkeit von Dämpferwicklungen".

Während Dämpferwicklungen bei Einphasenmaschinen zur Unterdrückung des inversen Feldes nötig sind, sollen sie bei Drehstromgeneratoren, die auf große Netze arbeiten, alle nichtsynchronen Drehfelder vernichten, die bei ein- und zweiphasigen Kurzschlüssen auftreten und Störungen verursachen. Ein geeignetes Maß für die Güte der Dämpfung bildet nach Brüderlin der Dämpfungsfaktor, das Verhältnis des gedämpften Restfeldes zum ursprünglichen ungedämpften Drehfeld, der aus dem Verhältnis Streuimpedanz zur Gesamtimpedanz errechnet wird. Die Berechnung dieses Dämpfungsfaktors und seine Messung mit Prüfspulen und Oszillograph werden eingehend besprochen.

Krieg, Berlin, „Das automatische Anlassen von Einankerumformern".

Die Vorteile des automatischen Schaltens liegen nicht nur in der Ersparnis von Bedienungspersonal (zum Beispiel im Sonntagsverkehr einer Vorortebahn, wenn kein Personal verfügbar ist), sondern auch in der Vermeidung von Schaltfehlern und Verkürzung der Anlaßzeit bei Inbetriebsetzung (die Dauer einer Störung wird hauptsächlich durch die Zeit für das Wiederanlassen bestimmt). Besonders die beiden letzteren Faktoren waren für die Entwicklung eines selbsttätigen asynchronen Anlaßverfahrens für Einankerumformer maßgebend. Dieses Verfahren wird an einem Beispiel erläutert. Bei einem Unterwerk mit zehn Umformern und zwei Mann sei zur Zeit einer Störung zufällig nur ein Mann anwesend. Zum Anlassen von Hand braucht man je zwei, im ganzen 20 Minuten. Beim selbsttätigen Anlassen schließt der Mann einen Ölschalter nach dem andern (in je 5 Sekunden) und überläßt die Umformer sich selbst; man braucht dann reichlich gerechnet höchstens 3·5 Minuten. Eine rote Signallampe zeigt das erfolgte Anlassen an. Leuchten alle Lampen, so darf der Generalumschalter geschlossen werden. Der große Vorteil liegt in der Zwangläufigkeit und organischen Aufeinanderfolge der Vorgänge, weil alle Schaltaufträge von der anlaufenden Maschine gegeben werden. Verwendet werden Anlaßumschaltwalzen mit Nockenscheiben. Es werden nur vier zusätzliche Relais benötigt: ein Spannungsrelais, ein polarisiertes Relais, ein Zeitrelais zur Beruhigung der Gleichstromspannung nach dem Einschalten und ein Erregerschütz. Der Einbau dieser Automatik kann auch in bestehende Anlagen erfolgen. Ein Beispiel ist das von den SSW erbaute Untergrundumformerwerk Leipzig-Mitte[20]) mit 10 Umformern zu 20 000 kW für Licht, Kraft und Bahn. Nach einer Drehstromstörung von fünf Minuten war es gelungen, dort nach zwei Minuten das Unterwerk einzuschalten. Eine zweite Anlage ist im Bau.

In der Aussprache verwies Hansler auf den hohen Blindstrom (60 bis 100 vH des normalen) beim asynchronen Anlassen von Synchronmaschinen. Bei Einankerumformern wird das Bürstenfeuer noch stärker und die Lamellen und Bürsten werden jedesmal angegriffen, allerdings durch den darauffolgenden Lauf zumeist wieder poliert. Er hält bei Umformern für 1000 kW und mehr das Anlassen mit einem in Reihe mit dem Läufer geschalteten besonderen asynchronen Anwurfmotor für besser; neben dem geringeren Anlaufstrom ist es günstig, daß die auf den Hauptmotor entfallende Spannung am Anfang klein ist, daher auch das Bürstenfeuer geringer. Solche die Lebensdauer erhöhende Einrichtungen hat das Sachsenwerk bei einem 2000 kW-Einankerumformer im Elektrizitätswerk Dresden ausgeführt. Die Baulänge ist allerdings etwas größer.

Schüler verweist darauf, daß das letztgenannte Verfahren von Dr. Rosenberg stammt[21]). Der Vortragende bemerkt, daß man auch mit Anwurfmotoren arbeiten kann und es vom jeweiligen Fall abhängt, welches Verfahren billiger ist. Das von ihm gebrachte Verfahren setzt gute Stromwendung voraus.

Pohl, Berlin, „Schnellentregung von Generatoren".

Die selbsttätige Entregung großer Generatoren im Gefahrfalle muß insbesondere bei Turbogeneratoren, deren Feld langsam abklingt, tunlichst beschleunigt werden, weil sonst der Relaisschutz nichts nützt. Es wurden hauptsächlich vorgeschlagen: Widerstandseinschaltung im Läufer oder Verwendung eines besonderen Motors; ein Teil der aufgespeicherten magnetischen Energie wird dadurch in Wärme bezw. in mechanische Arbeit verwandelt. Lahmeyer verwendet für den letzteren Zweck seit 20 Jahren eine Umpolung der Erregermaschine, die dann als Motor läuft. Bei beiden Methoden sinkt die umgewandelte Energie ungefähr mit dem Quadrat des Stromes (bei sinkender Spannung); immerhin wirkt die motorische Methode jedenfalls schneller. Beim Widerstandsverfahren würde eine Feldschwächung im Erregernebenschluß zu langsam wirken; es muß daher außerdem noch ein Dämpfungswiderstand eingeschaltet werden. Für eine Umpolung sind verschiedene Wege vorgeschlagen worden: Gegencompoundwicklung (die normal kurzgeschlossen ist) oder Umwandlung der Nebenschlußwicklung des Erregers in eine Art Hauptstromwicklung oder

[20]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 934.
[21]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 435.

Digitized by Google

Verwendung eines „Schwingungswiderstandes" nach Rüdenberg[22]) und andere. Man muß sich jedesmal überlegen, wie weit man mit der Entregung gehen darf. Die Grenze wird gegeben durch die an den Läuferschleifringen auftretende Überspannung. Bei Turbogeneratoren und ähnlichen Maschinen muß aber auch der bedeutende Einfluß der Dämpfer mitberücksichtigt werden, durch welchen der Läuferstrom bei Kurzschluß plötzlich auf einen verringerten Wert anspringt und von da an nach einer Exponentialkurve abfällt. Bei kleinen Maschinen genügt das alte Verfahren mit Nebenschlußzusatzwiderstand. Bei größeren Maschinen muß man einen einstufigen Widerstand im Läuferkreis dazuschalten; auch dann wird es gut sein, beim Entregen einen Augenblick verstreichen zu lassen, damit die Spannungserhöhung an den Schleifringen nicht gerade mit dem durch den Kurzschluß hervorgerufenen Läuferstromstoß zeitlich zusammenfalle. Diese Erhöhungen werden durch Versuche an einem Generator für 5000 kVA, 500 V, 3000 U/min festgestellt, die eingehend besprochen wurden. Bei noch größeren Maschinen muß man eine zweite Widerstandsstufe dazuschalten oder den Erreger umpolen. Versuche wurden an einem Generator für 3750 kVA, 3000 U/min mit zwei stufenweise einzuschaltenden Dämpfungswiderständen vorgenommen. Dies ist einfacher und mindestens ebenso zweckmäßig wie die Umpolung nach Lahmeyer, die gleichzeitig mit dem Einschalten des Widerstandes erfolgt. Wenn man nicht einen abgeschalteten, also leerlaufenden Generator entregt, sondern zuerst entregt und dann abschaltet, so kommt noch die Verkettung mit dem Ständer dazu. Beim Kurzschluß wird das Generatorfeld ohnehin sehr rasch herabgedrückt und der Zweck des Entregens ist dann eigentlich der, einen allfälligen Kurzschlußlichtbogen im Generator (zum Beispiel bei Erdschluß im Generator) zu vermeiden. Bei der Begrenzung der noch zulässigen Schleifringspannung muß man auch den Fall ins Auge fassen, daß im Augenblick des Beginnes der Entregung ein Generatorerdschluß in einen Kurzschluß übergeht, wobei ein starkes Ausblasen des Feldes, also gerade durch die Entregung, eine starke Überspannung hervorgerufen wird.

Müllner, Berlin, „Neuere Gesichtspunkte für die Umformung von Drehstrom und Gleichstrom".

Das allgemeine Bestreben, die Betriebssicherheit elektrischer Anlagen noch weiter zu erhöhen, stellt an Umformeranlagen höhere Anforderungen als früher. Zu den Wirkungsgrad- und Preisfragen kommen noch die beiden Fragen, wie man mit einer durch Störung außer Betrieb gekommenen Maschine rasch wieder in Betrieb kommt, und wie weit sich Betriebsunterbrechungen trotz gewisser drehstromseitiger Störungen überhaupt vermeiden lassen. Bei der ersten Frage ergeben sich bei Lichtnetzen Schwierigkeiten, weil bei den heutigen Metallfadenlampen der Einschaltstromstoß im kalten Zustand etwa gleich dem zehnfachen Dauerstrom ist; überdies muß man den angelassenen Umformer auf die im Netz gebliebenen Umformer mit stark abgesenkter Spannung parallelschalten. Dem sich daraus ergebenden Wunsch nach einer von Null aus regelbaren Spannung entspricht heute am besten der Motorgenerator, während man den Einankerumformer oft als „Störungsmaschine" bezeichnen hört. Zur Befriedigung der zweiten Forderung soll die Maschine in ihrer Arbeit möglichst gegen Veränderungen nach der Drehstromseite (hauptsächlich gegen Spannungssenkungen und Frequenzsteigerungen) unempfindlich sein; denn beide Umstände verringern das Kippmoment und damit die Stabilität. Versuche, welche die Berliner Elektrizitätswerke mit der Studiengesellschaft für Höchstspannung unternahmen, ergaben, daß auch Einankerumformer genügend stabil sind, daß aber hauptsächlich die geeignete Einstellung der Relais es ist, die den Umformer vor unnötigen Abschaltungen zu schützen hat. Eine Untersuchung der Stabilitätsverhältnisse von Synchronmotor-Generatoren, Asynchronmotor-Generatoren und Einankerumformern bei Spannungssenkungen mit Frequenzsteigerungen ergibt als günstigste Lösung den Asynchronmotor mit Drehstromerreger (Abgabe von Blindleistung).

[22]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 105.

IV. Installationstechnik.

Einführender: Geh. Reg.-Rat Dr. Weber, Berlin.

Klement, Berlin, „Sicherungsfragen".

Für die Beurteilung des Wertes einer Sicherung ist die Strom-Zeit-Kurve maßgebend; es müssen überlastungsträge Sicherungen und Selbstschalter verwendet werden. Wichtige, noch ungelöste Fragen sind die Alterung und das Verhalten der Sicherungen bei Abschalten von Induktivitäten und Kapazitäten, denn die Erfahrung lehrt, daß die besten Sicherungen unter Umständen bei Kurzschlüssen zertrümmert werden können, und bei Überlastung von Motoren kann heftiges, nicht zu löschendes Stehfeuer auftreten; dasselbe gilt beim Schutz von Motor-Generatoren. Es bleibt die Frage offen, ob einpolige Sicherungen oder Selbstschalter imstande sind, Motoren zu schützen und ob sie auch als Leitungsschutz benützt werden können. Weitere Gesichtspunkte für den Entwurf von Sicherungen sind der Bedienungsschutz und die Frage der Kontakte, wobei zu beachten ist, daß die Sicherheit des Stromüberganges durch Erhöhung des Kontaktdruckes leichter erzielt wird als durch Vergrößerung der Kontaktflächen. Es wurde oft die Frage aufgeworfen, ob Selbstausschalter oder Sicherungen zu gefährlichen Überspannungen führen können; bis 500 V ist dies bestimmt nicht der Fall. Einen eigenen Fragenkomplex bildet das Verhalten von Schmelzsicherungen und Selbstschaltern in Hintereinanderschaltung. Während bei der Hintereinanderschaltung von Sicherungen meist keine Schwierigkeiten entstehen, ist Vorsicht am Platze, wenn, wie dies zumeist der Fall ist, eine Sicherung dem Schalter vorgeschaltet ist, weil sie diesen je nach Größe des Kurzschlusses stärker in Mitleidenschaft zieht. Dies löst die Frage der Kurzschlußträgheit aus, ein Begriff, der noch nicht festgelegt wurde.

Schneider, Berlin, „Technische Erfolge der Schaufenster-Lichtwerbung".

Die Werbung soll entsprechend den drei Hauptabsatzzweigen der Elektroindustrie entsprechend erfolgen: Kraft, Licht und Wärme. Es darf aber nicht ein Gebiet für sich allein einseitig bearbeitet werden, sondern immer nur im Zusammenhange mit den anderen. Der Vortragende bespricht eingehend die Lichtwirtschaft und die richtige Art der Schaufensterbeleuchtung, betont, wie anschaulich die Gegenüberstellung der Bilder „richtige" und „falsche" Beleuchtung wirkt und erörtert die Gewährung von Sondertarifen, wodurch diese Art der Beleuchtung sich vorteilhaft auf die Elektrizitätswirtschaft auswirkt. Zum Schlusse bespricht er die Werbetätigkeit der „Zentrale der deutschen Schaufenster-Lichtwerbung" und deren Erfolge[23]).

Born, Berlin, „Einrichtung und Betrieb der Beleuchtungsanlagen für Flugstrecken und Landungsplätze".

Da sich der Luftverkehr immer mehr über größere Strecken ausdehnt, ergibt sich die Notwendigkeit des Nachtfluges. Die Streckenfeuer zwischen dem Ausgangs- und dem Zielhafen sind Scheinwerfer oder Neonröhren, die durch ihr rotes Licht besonders weit erkennbar sind[24]). Als Beispiel wird die Strecke Berlin—Danzig angeführt. Aus den Tabellen von Thilo über Tragweite des Lichtes und erforderlicher Lichtstärke ergibt sich zum Beispiel, daß bei 18·5 km 326 HK bei sichtigem Wetter und 5790 HK bei dunstigem Wetter nötig sind· für die doppelte Reichweite sind 12 100 HK erforderlich, also rund das 40fache. Daher ist es wirtschaftlicher, mehrere Feuer in kürzeren Abständen anzulegen und es ergibt sich unter Berücksichtigung der geographischen und meteorologischen Verhältnisse ein

[23]) Vgl. Die Lichttechnik, 1928, Heft 1, S. 11. Über die Tätigkeit der Schaufenster-Lichtwerbung in Österreich, vgl. Die Lichttechnik, 1927, Heft 7.

[24]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 104.

Digitized by Google

günstigster Durchschnittsabstand von 20 bis 60 km. Sehr wichtig ist die zweckmäßige Beleuchtung des Landungsplatzes, wofür als Beispiel „Le Bourget" und das „Tempelhoferfeld" angeführt werden. Man hat „Ansteuerungsfeuer", um die Lage des Hafens auf weite Entfernung anzuzeigen; sie sind meist mit Blinkkennung angelegt. Dann sind die Flughindernisse zu beleuchten; dies erfolgt durch rote Warnungslichter oder durch „Flutlicht-Scheinwerfer" (Tempelhof). Die Grenzen des Hafens werden meist durch rote Lichter gekennzeichnet. Neuerdings werden Versuche durchgeführt, den Landungsplatz mit starken Scheinwerfern zu beleuchten, wobei die Lichtstrahlen wegen Gefahr des Blendens nach oben stark abgegrenzt werden. Eine wichtige Ergänzung bildet der Bord-Scheinwerfer. Wichtig ist die Frage der Energiequellen. Die Streckenfeuer werden meist in der Nähe von Hoch- oder Niederspannungsleitungen angelegt. Bei Verwendung von Glühlampen, die einen hohen Stromverbrauch besitzen, benützt man Schaltuhren, während die Neonröhren zufolge ihres geringen Stromverbrauches meist pauschaliert werden, wodurch der Betrieb sehr billig ist. Die Aufstellung eigener Erzeugungsanlagen für Streckenfeuer wird wegen der hohen Wartungskosten nach Möglichkeit vermieden. Die Flughafen sind entweder an Netze angeschlossen oder benützen eigene Energiequellen. „Le Bourget" besitzt Anschluß an das städtische Netz und eigene Hilfsstromquellen für einzelne Teile der Beleuchtung. Überdies hat dieser Hafen noch eine große Hilfsstromanlage für die gesamte Stromversorgung (300 PS Benzinmotor, der jedoch nur mit 150 PS ausgenützt wird.) Das Tempelhoferfeld hat nur Netzstrom zur Verfügung.

Schmidt, Dessau, „Ein neues Speicherrelais und seine Rückwirkung auf die Stromtariffrage".

Das Prinzip des Speicherrelais beruht darauf, daß der Strom, nachdem er den Zähler durchflossen hat, sich teilt und einerseits durch die Magnetspule des Speicherrelais zur Beleuchtung, anderseits über den Kontakt einer Quecksilberdampf-Schaltröhre zu Heiz- und Kochkörpern oder Speichern fließt. Bei einem bestimmten Lichtstrom schaltet der Magnet die Schaltröhre aus; diese stellt sich durch ihr eigenes Gewicht wieder in die Einschaltstellung, wenn die Lichtbelastung diesen Wert unterschreitet. Eine verbesserte Schaltung benützt einen Drehfeldmotor (Zählertriebsystem). Das neue Speicherrelais gestattet den Bezug von billigem Strom nur dann, wenn der Anlage kein Strom für Beleuchtungszwecke entnommen wird. Sie werden also für Heiz- und Kochzwecke, für Speicherherde, Raumheizöfen, elektrische Warmwasserspeicher usw. verwendet.

Jellinek, Wien, „Der elektrische Scheintod".

Nur solche Leute werden elektrisch Verunglückte retten können, die wissen welche Schäden und Störungen die menschliche Maschine beim Zusammenstoß mit elektrischer Energie erleidet. Der Vortragende schildert Unfälle und Versuche mit trächtigen Affen. Interessant ist, daß die Wirkung der Narkose bei den Affen durch den elektrischen Stromdurchgang gelöscht wird. Obwohl der ganze Körper von 1 A durchflossen wurde, zeigten sich, abgesehen von lokalen Verletzungen, keine Störungen. Die Versuche wurden mit 400 V Gleich- und 5 kV Wechselstrom durchgeführt. Jellinek kommt zu dem auch in dieser Zeitschrift[25]) schon zum Ausdruck gebrachten Schlußergebnis, daß der Tod durch Elektrizität in den meisten Fällen nur ein Scheintod ist.

V. Elektrophysik.

Einführender: Geh. Reg. Prof. Dr. Orlich, Berlin.

Flegler, Aachen, „Wanderwelle und Überspannungsschutz nach Aufnahmen mit dem Kathodenoszillographen".

Von der endgültigen Lösung der Frage des Überspannungsschutzes ist man noch weit entfernt, da über die Wirkungsweise der verschiedenen Schutzapparate noch wenig bekannt ist; ebenso wenig kennt man die genauen Vorgänge beim Auftreffen von Sprungwellen auf Spulen und Transformatoren. Der Kathodenoszillograph gibt nun die Möglichkeit, die durch Wanderwellen hervorgerufenen Vorgänge bis in alle Einzelheiten zu verfolgen, auch dann, wenn sie nur geringe Bruchteile einer Sekunde dauern[26]). Die Untersuchungen an der Hochschule in Aachen am Blitzventil oder Autovalve-Ableiter der Westinghouse-El. Co. zeigten, daß der Ableiter wohl bei geringen Überspannungen anspricht, aber daß der Widerstand der Scheibenelektroden so groß ist bei Stoßbeanspruchung, daß keine nennenswerten Energiemengen abgeführt werden können. Das Verhältnis bessert sich aber mit steigender Spannung, bedingt durch die Spannungsabhängigkeit des Widerstandes. Als zweites Beispiel wurde die Untersuchung einer einlagigen Spule bei Stoßbeanspruchung gebracht, da die Beurteilung des Schutzwertes von Apparaten (Spulen, Kondensatoren), welche die Wellenstirne abflachen sollen, noch sehr schwierig ist. Man weiß auch noch nicht, ob die Steilheit der Front tatsächlich die Störungsquelle bildet, wie man glaubt. Mit dem Oszillographen wurde der zeitliche Verlauf der Spannung an verschiedenen Punkten der Spule gemessen und daraus die örtliche Spannungsverteilung ermittelt. Diese ändert sich je nachdem man eine Luftspule, eine Spule auf freiem Metallzylinder oder mit Metallzylinder, der mit einem Spulenende verbunden ist, nimmt.

Strigel, Berlin, Über einen Wattmeteroszillographen".

Mit Hilfe dieses Oszillographen ist es möglich, die im Lichtbogen eines Ölschalters verbrauchte Leistung direkt aufzunehmen. Diese Schaltleistung wurde bisher durch Ausmultiplizieren der Ordinaten der oszillographierten Lichtbogenspannungskurve mit denen der Stromkurve ermittelt, ein Verfahren, das viele Fehlerquellen in sich birgt, weil im Augenblick der Zündung die Spannung eine starke Spitze hat, während der Strom nur einen sehr kleinen Wert besitzt; andererseits entsprechen den Maximalwerten des Stromes nur geringe Spannungswerte. Für den Wattmeteroszillographen mußte das gewöhnliche elektrodynamische Wattmeter so umgestaltet werden, daß seine Eigenschwingungszahl ein hohes Vielfaches der Frequenz des zu oszillographierenden Wechselstromes ist. Dies bedingt ein bewegliches System, das in der Art der normalen Oszillographenschleife ausgebildet und mit einem kleinen Spiegel versehen ist. Der Vortragende teilt Versuche mit, die an einem Ölschalter für 25 kV durchgeführt wurden, welcher aus einem 100 kV-Netz gespeist wurde. Von einer 25 kV-Sammelschiene führte über Trennmesser ein 80 m langes Kabel zum Versuchsschalter. Bei geschlossenem Schalter wurde ein Vorschalter geschlossen, also Kurzschluß eingeleitet und fast gleichzeitig der Schalter geöffnet, wodurch erreicht wurde, daß der Abschaltvorgang in der Nähe des Stoßkurzschlußstromes liegt; in die Phase 2 wurde ein Stromwandler, zwischen 2 und 3 ein Spannungsmeßwandler eingeschaltet; ersterer speist den Magneten des Wattmeters; letzterer die Oszillographenschleife desselben. Die ermittelte Ausschaltleistung W war 70 800 kVA, die Schaltarbeit A 460 kWs und die mittlere Lichtbogendauer $= 0{\cdot}1$ sec. Daraus kann man aus der bekannten Formel die Bauersche Konstante ermitteln zu 6·5 vH.

Tamm, Aachen, „Funkenuntersuchungen mit dem Kathodenoszillographen".

Es werden die Oszillogramme besprochen, welche im Auftrage von Prof. Rogowski (Archiv für Elektrotechnik, XVI, S. 469, 1925) mit dem Kathodenoszillographen aufgenommen wurden, um zu sehen, wie sich der Durchschlag von Luft bei verschiedenen Bedingungen ändert. Der Zustand eines Funkens ist bestimmt

[25]) Vgl. Jellinek, „Der elektrische Scheintod", E. u. M. 1918, S. 357.

[26]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 431; 1927, S. 330.

Digitized by Google

durch die Spannung, die an ihm liegt und durch den Strom, der ihn durchfließt. Der ideale Fall wäre, wenn man eine unendlich ergiebige Spannungswelle unmittelbar in die Elektroden legen und den Strom in der Funkenbahn selbst messen könnte. Alle Schaltanordnungen haben aber endliche Abmessungen und wenn auch die Funkenstrecke plötzlich absolut kurz geschlossen werden könnte, so kann der Strom doch nur mit jener Geschwindigkeit anwachsen, die durch die Wanderwellenvorgänge auf den Zuleitungen bestimmt ist; die Spannung an den Elektroden sinkt ab. Strom und Spannung sind durch die Charakteristik des speisenden Kreises gekoppelt. Die Bedingungen für den Versuch wurden so geschaffen, daß Strom und Spannung aus dem Oszillogramme direkt abgelesen werden konnten. Bei den Versuchen wurde eine 60 m lange Freileitung (Doppelleitung) am Ende an eine Funkenstrecke angeschlossen und über Ohmsche Widerstände von der Größe ihres Wellenwiderstandes aufgeladen; die Spannung springt sehr rasch auf ihren vollen Wert und bleibt praktisch konstant. Als Funkenstrecke wurden Plattenelektroden mit richtig ausgebildetem Rand in einem evakuierten und mit Gas gefüllten Glasgefäß verwendet. Die bei atmosphärischem Druck aufgenomenenen Oszillogramme (Oszillograph liegt an der Funkenstrecke) zeigen, daß die plötzlich angestiegene Spannung zuerst ein Stück zusammenbricht, dann wieder etwas ansteigt, bevor sie auf Null abfällt. Wird der Druck vermindert, so erscheint diese Stufe des Wiederansteigens der Spannung als breites Band.

Lübeck, Berlin, „Über eine Quecksilberdampf-Groß-Verstärkerröhre".

Bisher wurden in der Fernmeldetechnik im weitgehendsten Maße Elektronenrelais als Verstärkerröhren benützt, bei denen durch Einschalten eines Potentials am Gitter der von der Kathode zur Anode fließende Elektronenstrom gesteuert wird. Um aber mit den Glühkathoden hohe Stromstärken zu erzielen, muß man hohe Spannungen benutzen, was nicht erwünscht ist; Röhren mit mehr als 10 W Leistung benötigen mehr als 1000 V. Die Spannung läßt sich nach dem Vorschlag von Schottky durch Verminderung der negativen Raumladung durch Einführung positiver Ionen verringern. Solche Röhren sind jedoch für große Stromstärken schwer zu bauen, weil die unselbständige Elektronenentladung leicht in eine selbständige Entladung (Lichtbogen) umschlagen kann. Man kam auf den Gedanken, auf Glühkathoden zu verzichten und aus einem Lichtbogen (Quecksilberdampf) Elektronen herauszuziehen. Bei Verwendung dieses Prinzipes kommt man auf Gleichstromleistungen von etwa 500 W bei 110 oder 220 V Anodenspannung.

Wolman, Aachen, „Über ein Verfahren der Eisenprüfung mit dem magnetischen Spannungsmesser".

Der von Rogowski angegebene Spannungsmesser mißt die Feldstärke direkt an einfachen Blechstreifen. Diese Bestimmung beruht darauf, daß an der Trennschichte zwischen Eisen und Luft ein stetiger Übergang der Tangentialkomponente der Feldstärke vorhanden ist. Wird dafür gesorgt, daß die Feldstärke im Eisen zwischen den Enden des magnetischen Spannungsmessers gleichbleibt, so wird damit die Messung der Feldstärke im Eisen auf die Bestimmung der magnetischen Spannung in der Luft zurückgeführt:

$$\varphi_{fe} \cdot l_{fe} = \int_1^2 \varphi_1 \, . \, ds,$$

welches in bekannter Weise mit dem Spannungsmesser ballistisch gemessen wird (l_{fe} = Entfernung der Enden des magnetischen Spannungsmesser). Der Apparat wird auf die Probe aufgesetzt und hat zwischen seinen Enden Raum zur Aufbringung einer Induktionsspule, welche in wenigen Windungen um den Probestreifen gelegt wird. Die Meßanordnung besteht weiters in einem ballistischen Galvanometer und einer Magnetisierungsvorrichtung (freie Spule oder Joch). Die erreichbare Meßgenauigkeit beträgt 0·5 vH; es ist also diese Methode genauer als die Berechnung aus dem Magnetisierungsstrom mit unsicheren Korrekturen. Die Empfindlichkeit ist so groß, daß man auch die geringe Koerzitivkraft von hochwertigem Eisen messen kann. Das Meßverfahren ist sehr empfindlich gegen elektrische und magnetische Störungen, welche von in der Nähe befindlichen Starkstrom- und Hochspannungsleitungen herrühren.

VI. Fernmeldetechnik.

1. Tag, Einführender: Dir. Dr. Lüschen, Berlin.

Laub, Berlin, „Eine Schaltung zur Übertragung von Signalen auffahrende Züge".

Da viele Unfälle auf das Überfahren von Signalen (Stellung und Farbe der Signale bei Nebel schwer erkennbar, Häufung von Signalen bei Ein- und Ausfahrt auf größeren Bahnhöfen usw.) zurückzuführen sind, versucht man schon lange auf der Lokomotive selbst optische oder akustische Signale zu geben. Mechanische Übertragungen (Anschläge, die in das Lichtraumprofil ragen) kommen wegen der hohen Fahrgeschwindigkeiten und der Schwierigkeit der Einhaltung des Profiles nicht in Frage. Systeme mit permanenten Magneten ohne Stromquelle oder Gleichstrombetätigung haben den Nachteil der Abhängigkeit von der Zugsgeschwindigkeit. Ein Wechselstromsystem, das sich bis zu höchsten Geschwindigkeiten gut bewährte, hat die AEG entwickelt. Die Einführung eines solchen Systemes wird dadurch erleichtert, daß die deutsche Reichsbahn die Aufstellung von kleinen Dampfturbinen auf den Lokomotiven beabsichtigt, die auch die Beleuchtung derselben speisen sollen. Es werden die Stromänderungen benützt, die im Primärkreis eines Transformators (auf der Lokomotive in Form einer Spule, gespeist von einem Wechselstromgenerator mit 2500 Per/s) entstehen, der sekundär in Resonanznähe der Erregerfrequenz belastet wird. Der sekundäre Teil auf der Strecke besteht aus einer gleichartigen Spule, die mit einem Kondensator einen Schwingungskreis bildet und durch Schalter kurzgeschlossen werden kann. Im Moment des Überfahrens sind die beiden Kreise magnetisch verkettet und beeinflussen sich induktiv. Der Schalter wird von der Signalstellung betätigt; er ist bei „Halt" geöffnet und auf der Lokomotive wird ein Warnzeichen gegeben. Die Übertragung auf relativ kleine Abstände zwischen den Übertragungsgliedern bietet keine Schwierigkeit bei großer Betriebssicherheit. Die Anordnung für große Abstände, welche ausführlich erörtert wird, ergibt insoferne Schwierigkeiten, als die Rückwirkung zufolge der wachsenden Streuung sehr bald so klein wird, daß sich die Stromänderungen zur Relaisbetätigung nicht mehr direkt verwenden lassen, will man nicht hochempfindliche Relais benützen, die für Lokomotiven nicht geeignet sind. Es wird deshalb der Effekt durch kompensierte Transformatoren verstärkt.

Küpfmüller, Berlin, „Pupinseekabel".

Für den Entwurf eines Vierdraht-Pupinseekabels sind die Grenzfrequenz und die Dämpfung maßgebend. Sind diese beiden Größen festgelegt, so ergeben sich alle anderen Daten des Kabels und der Spulen aus der Forderung größter Wirtschaftlichkeit. Hinsichtlich des Nebensprechens ist für Seekabel die Herstellung von Pupinspulen mit möglichst kleinen Hystereseverlusten von größter wirtschaftlicher Bedeutung. Gestattet die Wassertiefe an der Fehlerstelle, welche durch elektrische Messung ermittelt wurde, ein Auffinden des Fehlers, so wird das Kabel am Fehlerort unter der Wasseroberfläche durchschnitten, das eine Ende aufgenommen und das andere durch eine Boje gekennzeichnet. Nach Verbindung des einzusetzenden Kabelstückes mit dem ersten Ende, wird diese Verbindungsstelle versenkt, bis zur Stelle der Boje gefahren und das zweite Ende aufgenommen und verbunden. Das Kabel wird dadurch um meist nicht mehr als 300 bis 400 m verlängert. Dieses eingesetzte Kabelstück wirkt wie eine elektrische Unregelmäßigkeit, weil das betreffende Spulenfeld in seinen elektrischen Eigenschaften von den übrigen Feldern abweicht. Es entsteht eine Reflexionsstelle, an der

Digitized by Google

Teile der Sprechströme zum Anfang zurückgeworfen werden; diese Ströme erleiden eine Dämpfung (Echodämpfung), welche von der Größe der Unregelmäßigkeit an der Stoßstelle und der Entfernung vom Leiteranfang abhängt. Zur Verminderung dieser Abweichung wird der Einbau einer Pupinspule in das eingesetzte Kabelstück vorgeschlagen, die so groß gewählt wird, daß das Verhältnis von Induktion zur Kapazität für die Längeneinheit gleich bleibt.

Stahl, Berlin, „Unterlagerungstelegraphie".

Das Rückgrat der modernen Nachrichtentechnik bildet ein ausgedehntes, gut vermaschtes Fernkabelnetz, das von jeder Witterung unabhängig ist und gute Verständigung für die weitesten Verbindungen gewährleistet. Die Telegraphie kann in den Bedingungen der Sprechübertragung angepaßten Fernkabelleitungen arbeiten, indem sie die Frequenzen der Sprache selbst als Trägerfrequenz für ihre niederfrequenten Telegraphenzeichen benützt (Wechselstrom- oder Tonfrequenz-Telegraphie). Sie kann jedoch auch in den Telephonleitungen unmittelbar mit Gleichstrom arbeiten, wenn dafür gesorgt wird, daß die in der Leitung liegenden Fernsprechübertrager und Verstärker überbrückt oder umgangen werden. Praktische Versuche haben ergeben, daß es zur Betätigung des Empfangsrelais ausreicht, die Telephonströme mit einer Frequenz bis zur 1·6fachen Telegraphenfrequenz auf die Leitung zu schicken, so daß die zum Betrieb mit einfachen Apparaten notwendigen Frequenzen in dem beim Sprechen unbenützten Frequenzbereich untergebracht werden können, daher der Name Unterlagerungstelegraphie. Der Vortragende zeigt Kurven über die Aufteilung des Übertragungsbereiches und das Schaltbild, das eingehend besprochen wird, und erörtert die Forderungen für die Unterlagerungstelegraphie. Es werden schließlich noch die praktischen Erfahrungen besprochen, die auf der 150 km langen Srecke Berlin — Magdeburg gemacht wurden und die sehr gute Ergebnisse hatten.

Ollendorf, Berlin, „Abschirmung der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Bäume".

Die VDE-Vorschriften berücksichtigen die Abschirmung durch empirisch gewonnene Faktoren, mit welchen man die ohne Beachtung der Bäume ermittelten Störungsziffern multiplizieren muß. Es wird gezeigt, daß man diese Beeinflussung für eine Reihe von wichtigen Fällen rechnerisch ermitteln kann. Zunächst wird der Einfluß einer einzelnen Baumreihe auf die Influenzwirkung durch eine einfache Leitung, weiters die Wirkung eines Waldes, wobei auf den Unterschied zwischen niedrigem Gehölz und Hochwald verwiesen wird (influenzierende Wirkung wird durch Hochwald bedeutend verringert), besprochen. Zur Berechnung wird der „Durchgriff" eingeführt, eine Größe, die von der Entfernung der Fernmeldeleitung unabhängig ist und die Ladungsänderung auf der Leitung sowie die Wirkung der kompensierten Zusatzladung in sich faßt. Es folgt die Ermittlung der Abschirmung von Doppelleitungen, welche mit der Methode der konformen Abbildungen behandelt wird. An Stelle eines konstanten Durchgriffes wird eine von der Entfernung der Schwachstromleitung unabhängige „Durchgriffsfunktion" gesetzt. Horizontale Leitungen werden nur in einem gewissen Bereich in der Leitungsumgebung geschirmt. Bei vertikalen Leitungen ist das Verhalten von der Baumhöhe abhängig: niedrige Bäume verstärken das ursprüngliche Feld, hohe schwächen es ab. Auch bei der Berechnung des Einflusses von Drehstromleitungen auf Fernmeldeleitungen, welche durch rotierende Dipole dargestellt wird, kann man von einem Einheitsschirmwert nicht sprechen, sondern dieser richtet sich nach der relativen Lage der Leitungen zu den Bäumen. Abschirmende Bäume in der Nähe von Fernmeldeleitungen lassen sich schließlich durch einen analog zu rechnenden Durchgriff erfassen, der sich von dem zuerst definierten Durchgriff durch Fortfall des die Ladungsänderung berücksichtigenden Faktors unterscheidet. Die gleichzeitige Abschirmung von Hochspannungs- und Fernmeldeleitungen läßt sich durch einen resultierenden Durchgriff rechnen, der das Produkt des Durchgriffes beider Leitungen ist.

Mayer, Berlin, „Der Pegelzeiger für Fernsprechverbindungen".

Für die Überwachung von Fernmeldeleitungen wurden in neuerer Zeit besondere Meßverfahren zur Bestimmung der Betriebsdämpfung entwickelt. Für die Betriebssicherheit von Leitungen mit Fernsprechverstärkern muß nicht nur eine genügend kleine Restdämpfung zwischen Anfang und Ende der Leitung bleiben, sondern es muß auch die Dämpfung für alle Zwischenpunkte zwischen Grenzen liegen, die durch die Eigenschaften der Verstärker und des Kabels gegeben sind. Eine solche Einschränkung ist nötig, weil die Verstärker nur eine begrenzte Leistung übertragen können und weil die vorhandenen Störungsströme in einem genügend kleinem Verhältnis zu den Sprechströmen bleiben müssen. Das Pegeldiagramm der Leitung nennt man jene Schaulinie, welche die Betriebsdämpfung oder Verstärkung in jedem Punkte einer Leitung zeigt, wobei die Pegelzahl numerisch der Dämpfungs- bezw. Verstärkerzahl gleich ist (Dämpfung wird —, Verstärkung + gerechnet). Für einfache und schnelle Pegelmessungen hat S. & H. einen Pegelzeiger, ein direkt zeigendes Meßgerät, konstruiert. Sein Vorteil besteht auch darin, daß der Meßbeamte den Pegelzeiger vor den eigentlichen Messungen mit aller Sorgfalt eichen kann und zu den Messungen selbst sehr wenig Zeit benötigt.

2. Tag. Einführender: Prof. Dr. Leithäuser, Berlin.

Eppen, Berlin, „Empfangsergebnisse bei Gleichwellenrundfunk".

Das Bestreben, den Rundfunkempfang möglichst vielen Menschen mit einfachen Mitteln zu ermöglichen, führte zur Errichtung immer neuer Sender, die nicht alle ein eigenes Programm bieten können, sondern häufig das eines anderen Senders mit größerer Teilnehmerzahl übertragen; es wurden deshalb Versuche durchgeführt, beide Sender auf der gleichen Welle arbeiten zu lassen. Dieser sogenannte „Gleichwellenrundfunk" erfordert eine sehr weitgehende Einhaltung gleicher Wellen durch verschiedene Sender über lange Zeit. Der Vortragende teilt die Empfangsbeobachtungen mit, die bei der Steuerung von zwei und auch drei Sendern über Leitungen nach einem besonderen Verfahren gemacht wurden.

Schröter, Berlin, „Bildrundfunk".

Der Vortragende gibt einen Überblick über die neueren Verfahren zur zentralen Bildverbreitung mit besonderer Berücksichtigung des Rundfunkzweckes. Er beschränkt sich auf das in der Entwicklung abgeschlossene System unbewegter Bilder, weil sich die Übertragung kinematographischer Eindrücke („Fernsehen" von Filmen oder räumlichen Objekten) noch im ersten Laboratoriumsstadium befindet. Nach Schilderung der Forderungen, welche an Sender und Empfänger bezüglich geringen Preises, Einfachheit der Bedienung, Güte und Schnelligkeit der Übertragung gestellt werden, folgte eine eingehende Beschreibung des Systems Telefunken-Karolus[27]).

Schäffer, Berlin, „Neues über Rundfunkaufnahmen."

Die bekannten Meßmethoden, um Mikrophone, Verstärker, Leitungen, Sender und Empfangsmittel nebst Telephon auf ihre Frequenzabhängigkeit zu untersuchen, lassen nicht erkennen, ob durch sogenannte ungeradlinige Verzerrungen neue, ursprünglich nicht vorhandene Frequenzen dazukommen. Die Charakteristik eines Verstärkers usw. verläuft nur innerhalb eines verhältnismäßig kleinen Bereiches geradlinig. Eine besonders einfache, leicht anwendbare Untersuchungsmethode der Charakteristik besteht darin, daß der Ausgangswechselspannung eines Verstärkers, an dessen Eingang

[27]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Seite 61.

Digitized by Google

eine sinusförmige Wechselspannung gelegt wurde, ein hochfrequenter Wechselstrom überlagert wird. Versuche, die Fehlerquellen in einem Aufnahmeraum festzustellen, haben bisher noch keine sichere Beurteilung ermöglicht. Die Versuche werden daher fortgesetzt und es ist beabsichtigt, in Aufnahmeräumen, die sich im Betriebe befinden, Untersuchungen mit Hilfe grammophonischer Aufnahmen durchzuführen.

Schuchmann, Berlin, „Das Schalten großer Leistungen mit Quecksilberdampfröhren in der drahtlosen Telegraphie".

Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit und Genauigkeit der Zeichenwiedergabe von Schaltapparaten sind im Laufe der Zeit so gestiegen, daß die bisher üblichen elektromagnetischen oder elektropneumatischen Betätigungen der Relais und Schützen nicht mehr genügen. Es muß zum Beispiel die Energie drahtloser großer Stationen im schnellsten Telegraphiertempo gesteuert werden, wobei die Drehzahl von Maschinensendern auf Bruchteile von 1 vT konstant gehalten werden muß. Außerdem müssen die Schalter Schaltleistungen von mehreren 100 kVA bewältigen, deren Betätigung durch die wenige Watt betragende Schaltleistung der üblichen telegraphischen Relais erfolgen muß. Die Verzögerungen im Ein- und Ausschalten müssen unter $^1/_{200}$ sec gehalten werden. Diese Forderungen erfüllt der in der Wechselstromtechnik als Gleichrichter bekannte Wechselstromlichtbogen. Es werden Anordnungen zum Steuern von Gleich- und Wechselstrom beliebiger Frequenz mit Hilfe dieser Quecksilberdampfröhre erläutert. Aufnahmen mit dem Braun'schen Rohr und mit dem Oszillographen zeigen die Genauigkeit der Zeichenwiedergabe und das Erhalten der Kurvenform des Stromes bei dem Tasten mit Wechselstrom beliebiger Frequenz.

VII. Elektrische Industrieanlagen.

Einführender: Obering. Ritz, Berlin.

Gossow, Dresden, „Eine neue Schaltung für Drehstrom-Kranausrüstungen".

Bei an Drehstromnetze angeschlossenen Hubwerken geben die Regelverhältnisse beim Heben und Senken zu Schwierigkeiten Anlaß. Zu ihrer Behebung wurden im Laufe der Zeit verschiedene Lösungen auf mechanischem und elektrischem Wege gefunden. Der Vortragende bespricht drei Ausführungen elektrischer Schaltungen, die zum Antrieb einen Asynchronmotor verwenden und derzeit am meisten benützt werden: Erregung des Motors mit Gleichstrom beim Senken, Gegenstromsenkbremsschaltung und Schaltung mit zwei Drehfeldmotoren. Außer den Nachteilen, die jede dieser Schaltungen aufweist, haben sie den gemeinsamen Nachteil, daß die Motoren in der Hubrichtung nur durch Verminderung des Widerstandes im Läuferstromkreise geregelt werden können, wobei die Regulierkurven sehr steil verlaufen. Die vom Sachsenwerk in Niedersedlitz bei Dresden gefundene Schaltung soll diese Mängel vermeiden. Ein asynchroner Drehstrommotor und eine Gleichstrom-Hauptstrom-Dynamo arbeiten auf die gleiche Welle und werden nach den Bedürfnissen der verschiedenen Betriebsarten verschieden geschaltet. Diese Ausführungsarten werden an Hand von Lichtbildern eingehend geschildert und die Vorteile der neuen Schaltung hervorgehoben.

Krämer, Berlin, „Fortschritte im Bau von Gleichrichtern".

Der Vortragende schildert die Entwicklung der Gleichrichter von 1910 angefangen, zu welcher Zeit die ersten Modelle mit 300 A und 220 V gebaut wurden. Heute kann man mit Sicherheit Leistungen von 1700 A und 1000 V, überlastbar auf 3500 A, in einer Einheit unterbringen. Der Strom einer Anode konnte bis 1000 A gesteigert werden; es arbeiten gleichzeitig mehrere Anoden über Drosselspulen (Saugdrossel von BBC oder die dreiphasige Ausgleichsdrossel der AEG) oder durch Parallelschalten. Das Parallelschalten zweier Anoden (Verwendung von 12 Anoden bei sechsphasiger Anordnung) wandte zuerst die AEG an, wobei sich eine Inhaltsvergrößerung des Gefäßes und die Verteilung der Wärme auf eine größere Oberfläche ergaben. Für die Steigerung von Stromstärke und Spannung kann man heute keine bestimmte Grenzleistung angeben, man kann nur sagen, daß das Überschreiten einer bestimmten Grenze zu häufigen Rückzündungen führt. Zur Unterdrückung von Rückzündungen versuchte man die Dichtungen und die Isolierung des Lichtbogens vom Gefäß zu verbessern. Dies führte aber zu keinem Ziele. Einen wirklichen Fortschritt brachte die Hoch-Vakuum-Diffusionspumpe nach Gaede (von Leyboldt in Köln hergestellt). Im Unterteil eines Zylinderrohres wird Quecksilber zum Verdampfen gebracht; diese Dämpfe steigen durch ein zentrales Rohr auf, dessen oberes Ende eine Umkehrdüse enthält. Der dort austretende Dampf reißt Luftmoleküle mit und bringt sie zu weiteren Stufen, wo sie bis 25 mm Hg-Säule verdichtet und einer rotierenden Vorvakuumpumpe zugeführt werden. Der Quecksilberdampf wird wieder kondensiert und fließt zum unteren Teil der Pumpe zurück. Diese Pumpe besitzt ein Vielfaches der Leistungsfähigkeit rotierender Pumpen. Durch ihre Verwendung konnten normale Modelle der AEG im Prüffelde mit 10 000 V Gleichstrom betriebssicher durch mehrere Tage geprüft werden. Die Bemühungen nach Vereinfachung der Bedienung werden auch durch Verwendung der Diffusionspumpe erreicht.

Ziv.-Ing. W. **Hahn**, Berlin. Min.-Rat Dr. **Hruschka**, Wien.

Patentbericht.

(Fortsetzung aus Heft 1, Seite 34.)

Quecksilberdampfgleichrichter.

Elektroden.

Im D. R. P. Nr. 432920 ist eine Anode für Vakuumentladungsapparate beschrieben, bei der zwecks Herbeiführung ruhigen Brennens des Lichtbogens mindestens ein Teil der an das Vakuum grenzenden Anodenoberfläche mit Unebenheiten von solcher Form und Tiefe versehen ist, daß an möglichst vielen Stellen dieses Oberflächenteiles die Flächennormale in einem derartigen Abstand die Anodenoberfläche wieder trifft, daß der Höchstwert des durch die Flächennormale gemessenen Oberflächenabstandes der Unebenheiten kleiner ist als die Breite des Crookes'schen Dunkelraumes, welche bei der dem Betriebsvakuum des Gleichrichters entsprechenden Rückzündungsspannung auftritt. Durch eine Erfindung der Firma Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, wird eine besonders einfache Herstellung solcher Anoden ermöglicht, indem die Anode in für andere Anodenformen bekannter Weise aus Einzelteilen aufgebaut wird. Diese Einzelteile können zum Beispiel Bleche sein, die am Anodenkopf auseinandergebogen sind und am Anodenhals zusammengehalten werden. In der Abb. 3 sind *b* die Bleche, die durch die Schienen *e* zusammengehalten werden. Durch die Niete *f* sind die Schienen *e* mit den Blechen *b* und mit der Stromzuführungsschiene *g* verbunden. *h* ist eine Anodenhülse, welche die nicht zur Stromaufnahme dienenden Teile der Anodenoberfläche abschirmt. An Stelle von Blechen können auch Rohre verwendet werden, die zu einem Bündel zusammengefaßt werden und deren freie Stirnenden die wirksame Anodenoberfläche bilden.

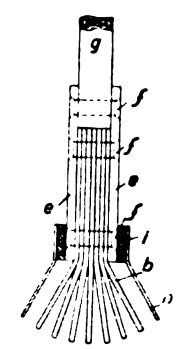


Abb. 3.

(D. R. P. Nr. 435536.)

Wenn Eisenelektroden ungeschützt der Einwirkung des Quecksilberdampfes ausgesetzt werden, werden sie

Digitized by Google

nach Erreichung einer höheren Temperatur nicht nur angegriffen, sondern zerstäuben sogar, wodurch sich im Gleichrichter durch niedergeschlagenes Eisen unerwünschte Stromübergänge bilden, die zu Kurzschlüssen und Rückzündungen führen. Diesen Übelstand soll eine Erfindung der SSW (M. Schenkel) beheben. Sie hat ein Verfahren zur Herstellung von Metallelektroden für Gleichrichter zum Gegenstande, das darin besteht, daß als Kern für die Elektroden ein unter Umständen für sich allein für diesen Zweck nicht geeignetes Material, beispielsweise Eisen oder Stahl, verwendet wird, dieser Kern jedoch vor dem Einsetzen der Elektrode in den Gleichrichter durch Behandlung mit einem Quecksilberlichtbogen im Vakuum an der Oberfläche amalgamisiert wird. Zur Ausübung des Verfahrens wird zum Beispiel eine eiserne Elektrode, vollkommen ungeschützt, einem auf einem Quecksilberbade gebildeten starken Lichtbogen im Vakuum ausgesetzt, und zwar in geringem Abstande von dem Quecksilberbad, damit sie durch die von ihm ausgehenden Dampf- und Wärmestrahlen angegriffen werden kann. Infolge dieser Behandlung bildet sich auf der Eisenelektrode ein silberglänzender Überzug, der sich als sehr widerstandsfähig erweist, insofern er weder durch Reiben entfernt werden kann, noch sich beim Liegen an der Luft verändert. Anscheinend stellt er eine chemische Verbindung zwischen Quecksilber und Eisen dar, die nur unter den genannten Bedingungen entsteht.

(D. R. P. Nr. 444597.)

Eine Erfindung der SSW (v. Kleist) betrifft eine Sicherheitsvorrichtung für Metalldampfapparate. Man kann den Rückzündungslichtbogen dadurch löschen, daß man eine im elektrischen Felde angeordnete Metallhülle auf das Potential der Kathode bringt, oder auch, indem man den Metallbelag mit der zur Kathode gewordenen Anode verbindet. Läßt man diese Verbindung zwischen der Metallhülle und der Anode ständig bestehen, so verhindert man das Entstehen eines Lichtbogens an falscher Stelle und dadurch Kurzschlüsse und Rückzündungen. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß die mit der Anode verbundene Metallhülle selbst einen Teil der Anode bildet und, je weiter sie zwecks Vergrößerung ihres Wirkungsbereiches in den Entladungsraum hineinragt, desto mehr den Abstand zwischen Anode und Kathode verringert. Dieser Abstand darf aber nicht zu klein sein, da mit zunehmender Annäherung der Elektroden aneinander die Rückzündungsgefahr wächst. Die Schutzwirkung der Metallhülle würde also wieder aufgehoben. Um dies zu vermeiden, ist gemäß der Erfindung die die Anode umgebende Metallhülle von Isoliermaterial umgeben, welches die Metallhülle gegen die Kathode abschirmt, ohne ihre elektrostatische Wirkung zu beeinträchtigen.

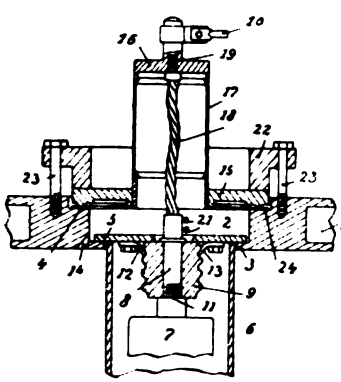


Abb. 4.

(D. R. P. Nr. 432499.)

Eine Elektrodeneinführung für Großgleichrichter mit Metallgefäßen hat die Firma AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft angegeben. Die bekannten Einführungen weisen meist den Nachteil auf, daß das verwendete Isolationsmaterial, zum Beispiel Porzellan, um eine ausreichende Dichtung zu erzielen, unter Druck gegen die Metallwand des Gefäßes gepreßt wird und den Zug der schweren Anode tragen muß. Durch die Erfindung (Abb. 4) werden diese Nachteile vermieden. Zur Aufnahme der Anode 7 ist in der Metallwandung 1 eine Öffnung 2 vorgesehen, an deren Unterkante ein Flansch 3 angebracht ist, der den Verschlußdeckel mit Anodenschirm 6 trägt. 9 ist ein Porzellanisolator, der mittels Schrauben 12, 13 an dem Deckel 5 befestigt ist und dazu dient, die Zuleitung 8 zur Anode 7 zu tragen. Um zu ermöglichen, daß das Quecksilber, das in den Raum oberhalb des Deckels 5 gelangt ist, wieder in das Gefäß zurückfließt, ist eine Öffnung 14 vorgesehen. Die Haube 17 aus glasartigem Material schließt den Gleichrichter luftdicht ab. Sie ist an ihrem oberen Ende durch eine Kappe 16 abgeschlossen, an der die äußere Zuführungsleitung 10 befestigt ist. Am unteren Teil der Haube 17 ist ein Flansch 15 angebracht, der auf der Ausnehmung 4 aufsitzt. Um die Längenänderung der Zuleitung 8 und der übrigen stark erwärmten Teile von der äußeren Dichtung, die aus einem Aluminiumring 24 besteht, fernzuhalten, ist das Verbindungsstück 18 zwischen der Zuleitung 8 und der Leitung 10 aus biegsamen Material hergestellt. Als Material für die Einführung verwendet man zweckmäßig chromhaltiges Eisen oder ein anderes geeignetes Material, das annähernd den gleichen Ausdehnungskoeffizienten besitzt wie Glas und sich leicht mit diesem verschmelzen läßt.

(Ö. P. Nr. 105770.)

Es ist bereits vorgeschlagen worden, die Isolatoren für Gleichrichter aus gewöhnlichem Glas oder aus Porzellan herzustellen. Glasisolatoren haben wegen ihrer mangelhaften mechanischen und thermischen Eigenschaften keinen Eingang in die Praxis gefunden. Bei Porzellan wird die durch den Brennprozeß bedingte Ungenauigkeit der Herstellung als störend empfunden. Auch wenn durch eine besondere Bauart auf die Abweichungen in der Herstellung des Porzellans Rücksicht genommen wird, so wird dadurch doch immer die rasche und exakte Montage serienmäßig hergestellter Fabrikate außerordentlich erschwert. Ein den Gegenstand einer Erfindung von Dr. Ing. Walter Dällenbach in Zürich bildender Isolator kennzeichnet sich dadurch, daß er aus gepreßtem Glas von hohem Quarzgehalt, insbesondere Borosilikatglas, besteht. Das Pressen von Glas kann im Vergleich zum Brennen von Porzellan bis auf Bruchteile eines Millimeters genau und daher bei Serienherstellung sehr gleichmäßig ausgeführt werden.

(D. R. P. Nr. 435362.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

Georg Schmidt †. Am 19. November v. J. starb der Direktor der Abteilung für Telegraphie und Fernsprechwesen der Siemens & Halske A.-G., Berlin, Georg Schmidt.

Schmidt trat im März 1886 bei der Firma ein und leitete seit dem Jahre 1904 die Abteilung für Telegraphie und Fernsprechwesen. Seiner Tätigkeit verdankt die Fernmeldetechnik eine Reihe wichtiger Erfindungen, wie zum Beispiel die Einrichtungen zum Registrieren der Geschwindigkeit fahrender Züge sowie des Überfahrens von Haltesignalen, elektrische Zugabruf- und Zugfolgeanzeiger, die Motorläutwerke mit Lichtsignalen für Bahnübergänge, Streckenfernsprecher mit Zentralbatteriebetrieb, Einrichtungen zum Abgeben und Übermitteln von Zeitsignalen und viele andere. Das Fernsprechwesen für militärische Zwecke verdankt Schmidt manche wichtige Erfindung.

Schmidt war auch als Lehrer und Schriftsteller tätig. Nebst zahlreichen Aufsätzen stammen auch ein Handbuch „Elektrische Telegraphie", sowie Beiträge zu anderen Handbüchern aus seiner Feder.

Gewerbliche Bücherei en. In Wien bestehen Fachbibliotheken, die vermöge ihrer besonderen Einrichtung speziell den Bedürfnissen des Handwerkes zu dienen bestimmt sind. Vom Gewerbeförderungsdienste des Bundesministeriums für Handel und Verkehr ist in seinem Amtsgebäude in Wien, IX., Severingasse 9, durch Zusammenlegung der Bibliotheken des Gewerbeförderungsamtes, des Technologischen Gewerbemuseums und des Technischen Versuchsamtes die „Gewerbliche Zentralbücherei" eingerichtet worden. Sie ist an Sonntagen von 9 bis 13 Uhr und an Werktagen (mit Ausnahme von Montag) von 9 bis 12 und 15 bis 19 Uhr geöffnet. Die Bibliothek umfaßt über 400 gewerbliche Zeit-

Digitized by Google

schriften und über 37 000 Bände Fachliteratur, ferner Vorlagen und Reproduktionswerke, Vorbereitungsbücher für Gehilfen- und Meisterprüfungen, Behelfe für Buchführung und Korrespondenz, Gesetzblätter, Adreßbücher usw. Auch die Bücherei der Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie in Wien, I., Stubenring 8/10, welche von 9 bis 14 Uhr, und zwar ebenso wie die erstgenannte kostenlos zugänglich ist, weist eine reichhaltige Fachliteratur und Fachblätter auf, besonders über Betriebstechnik.

Literaturberichte.

76 **Taschenbuch für Monteure elektrischer Starkstromanlagen.** Von S. Freiherr v. Gaisberg. 88 erweiterte Auflage. 339 Seiten mit 229 Abb., München-Berlin, 1927. Verlag von R. Oldenbourg. Preis geb. Mk. 4·80.

Die Tatsache, daß das Buch jetzt in der 88. Auflage erscheint, ist der beste Beweis dafür, daß es sich eingelebt hat, beliebt und brauchbar ist. Wenn auch für Monteure und Maschinenwärter in Deutschland geschrieben, kann es doch den österreichischen Fachleuten wärmstens empfohlen werden, mit Rücksicht auf die mannigfachen und häufigen Übereinstimmungen zwischen den Vorschriften des VDE, auf die in dem Taschenbuch immer hingewiesen wird, und denen des Elektrotechnischen Vereines in Wien. Eine Ausnahme bilden nur die Abschnitte 240 bis 242 des Taschenbuches, welche die Kennzeichen, die Grundsätze für die Bauart der isolierten Leitungen und die handelsüblichen Bezeichnungen derselben behandeln und für den Gebrauch in Österreich nicht giltig sind. Der reiche Inhalt des Taschenbuches wird Monteuren und Maschinenwärtern elektrischer Starkstromanlagen über die meisten während ihrer Arbeit auftauchenden Fragen genügenden und sicheren Aufschluß geben, wobei das reichhaltige Schlagwortverzeichnis das leichte Auffinden der gewünschten Auskunft ermöglicht.

Trotz dieser Empfehlung sei auf Mängel hingewiesen, die in der nächsten Auflage beachtet werden sollten. In den Abb. 8 a, 9 a und 10 a auf Seite 13, durch welche die Anwendung des so wertvollen Normblattes „DIN, VDE 719" veranschaulicht werden soll, fehlt die Angabe der Leiterzahl für alle Abzweigleitungen durch eine entsprechende Zahl von senkrecht zum Leitungszug angeordneten Querstrichen im Sinne der im Taschenbuch angeführten Normen. — Der wichtige Abschnitt 97 auf Seite 110 über die zulässige Erwärmung der Maschinenteile behandelt nicht die dort gekennzeichnete Erwärmung der Maschinenteile im Sinne der „REM", sondern die Grenzwerte für die zulässigen Temperaturen dieser Teile. Die Beibehaltung der durch die „REM" gekennzeichneten Begriffe für Erwärmung und die im allgemeinen unmittelbar ablesbare Temperatur wäre erwünscht, um Verwechslungen und Irrtümer auszuschließen. Abschnitt 159 auf Seite 171 ist im Sinne der „DIN, VDE 705" vom Jahre 1924 umzuarbeiten, denn die Angaben über die Kennzeichnung geerdeter Leitungen und geerdeter oder ungeerdeter Nulleiter entsprechen nicht mehr dem heutigen Standpunkt in dieser Angelegenheit. Die angegebenen Leitungen sollen sich von der Umgebung abheben und sind nicht schwarz, sondern nach den angegebenen Normen, je nach der Farbe der nächstgelegenen Wandverkleidungen, Schaltgerüste usw. weiß, hellgrau oder schwarz zu streichen und durch grüne (rote) Querstriche als geerdete (ungeerdete) Leitungen zu kennzeichnen. Der letzte Satz des ersten Absatzes auf Seite 182 (Abschnitt 167) soll wohl richtig, wie folgt, lauten: „In Anlagen mit gut geerdetem Nulleiter werden die den spannungsführenden Leitungen nahen Metallteile der elektrischen Einrichtung, soferne sie nicht zum Betriebsstromkreis gehören, mit dem Nulleiter leitend verbunden (Nullung)." Zum Verputzen von in Mauern verlegten Metallrohren (zum Beispiel Peschel-, Stahlpanzer- oder Gasrohren) soll möglichst nur Mörtel oder Zement (Mischverhältnis zwei Teile Zement, ein Teil Sand), auf keinen Fall Gips, wie in Punkt 248 auf Seite 273 gerade umgekehrt angegeben, verwendet werden, weil dieser die Feuchtigkeit aufsaugt und zur Rostbildung Veranlassung gibt. Das Einbetten der Rohre in Zement verhindert das Eindringen der Feuchtigkeit von außen. Ferner wären eine Reihe von stehengebliebenen Druckfehlern zu berichtigen. Trotz der hier angegebenen Mängel wird diese Auflage sicherlich auch in Österreich im Sinne des Herausgebers zur fachgemäßen Ausführung und zur nicht minder wichtigeren guten Instandhaltung der Starkstromanlagen beitragen. Es kann für den gekennzeichneten Zweck als ein wertvolles Hilfsmittel betrachtet und empfohlen werden.

Die Ausstattung des Taschenbuches ist eine gute und der Preis angemessen. Ing. Töply.

3587 **Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb.** Von F. Hymans und A. V. Hellborn. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. 156 Seiten mit 107 Abbildungen im Text. Preis geb. Mk. 15·90.

Die Verfasser bereichern mit diesem Buche das Schrifttum über Aufzüge durch eine leichtfaßliche, theoretische und praktische Behandlung der für diese neue Aufzugbauart in Frage kommenden Entwurfsgrundlagen in ganz vorbildlicher Weise. Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung werden im ersten Abschnitte die hauptsächlichsten Merkmale der Treibscheibenaufzüge eingehend behandelt. Dabei wurde auch ein Vergleich mit der bisher meist angewendeten Trommelbauart gezogen, der die Vorzüge der neuen Bauart mit Treibscheibe und deren besondere Eignung zur Normung, so wie als Hauptvorteil die Möglichkeit anführt, mehrere Seile parallel anzuordnen und so die Seilsicherheit und Betriebssicherheit gegenüber einem Seil bei der Trommelbauart zu erhöhen. Ein Vergleich über die möglichen Arten des Gewichtsausgleiches der Tragseile, die Vorrichtungen für den Spannungsausgleich bei mehrfacher Seilaufhängung und über die Gestaltung von Puffervorrichtungen beschließt diesen Abschnitt. Theorie, Wesen und Eigenart der Kraftübertragung durch Seilreibung werden im zweiten Abschnitt erörtert, eine Darstellung, die nicht nur für den Aufzugtechniker, sondern auch allen planenden Ingenieuren wertvolle Anhaltspunkte für die Berechnung gibt, da sämtliche Ermittlungen und Gleichungen durch graphische Darstellungen und praktische Beispiele ergänzt sind. Eingehende Betrachtungen sind der Spannungsverteilung im Seil über der Treibscheibe bei Stillstand und Bewegung, sowie dem Schleichphänomen, das leichtfaßlich mathematisch behandelt wird, gewidmet. Der Ausdruck „Seilschleichung" wurde von den Verfassern gewählt und ist gleichbedeutend mit dem von Dr. Grashof mit „partielles Gleiten" bezeichnetem Verhalten der Seile. Dadurch ist der Unterschied von dem bekannten Seilgleiten bei ungenügendem Reibungsschluß klar hervorgehoben. In eingehender Weise gibt das Buch reichlich Aufschluß über Flächendruck, die Reibungszahl zwischen Seil und Rille und die sich daraus ergebende Treibfähigkeit; die Ergebnisse sind durch Beispiele und nomographische Tafeln für die praktische Verwendung ausgewertet. Der dritte Abschnitt behandelt Theorie und praktische Berechnung der Feder- und Ölpuffer für Kabine und Gegengewicht. Eine von F. Hymans stammende neue Ausführungsart von Ölpuffern mit Längsrillen verschiedener Länge verdient besondere Beachtung. Den letzten Abschnitt dieses wertvollen Buches bilden ausführliche Richtlinien über gesetzmäßigen Reihenaufbau und Normung des Treibscheibenaufzuges und der erforderlichen Antriebsmaschinen, die durch Beispiele ergänzt, nachahmenswerte sind. Eine ausführliche Abhandlung über Theorie und Aufbau der verwendeten nomographischen Netztafeln bildet den Schluß dieses empfehlenswerten Buches. Ing. Hiecke.

1720 **Costruzioni elettromeccaniche.** Berechnung und Konstruktion elektrischer Maschinen. Von Prof. E. Morelli, Turin. 25 × 16 cm, Verlag des Unione tipografico, Turin.

Digitized by Google

Der nunmehr vorliegende[1]) Abschluß des 3. Bandes bringt in den Seiten 1409 bis 1614 mit 196 Textabb. und 2 Tafeln (Preis geh. 30 L.) den Rest des 9. Teiles über elektrisch betriebene Arbeitsmaschinen, den 10. Teil, welcher die Anwendung der Elektrizität in der Textilindustrie beschreibt, und den 11. Teil, der die Bedeutung der Elektrizität für die Papierindustrie, das Buchdruckwesen sowie verschiedene andere Industrien, wie Zement- und Gummierzeugung, elektrische Uhren usw. erörtert.

Interessante Stromverbrauchskurven und wertvolle Angaben über den Kraftverbrauch werden dem Leser neben den wichtigsten Schaltungen vor Augen geführt. Das umfangreiche Werk behandelt die Anwendung der Elektrizität in den verschiedensten Zweigen der Technik in selten ausführlicher, vorbildlich gegliederter Weise. Dr. Baudisch.

3569 **Elemente des Vorrichtungsbaues.** Von E. Gempe. 132 Seiten mit 727 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis geh. Mk. 6·75; geb. Mk. 7·75.

Im Gegensatze zu dem allgemein gehaltenen Titel des Buches behandelt dieses in der Hauptsache nach nur die Spannvorrichtungen, besonders deren Konstruktionselemente. Es ergänzt damit sehr zweckmäßig die bisherigen Veröffentlichungen auf diesem Gebiete, die meist allgemeiner Art sind, und bringt eine große Zahl wertvoller Winke für den Konstrukteur und auch sehr viele Sonderausführungen. Der Wert des auch in der vorliegenden Form sehr gut verwendbaren Buches würde größer werden, wenn auch die handelsüblichen Dreh- und Bohrfutter besprochen würden und wenn die an sich vorzüglich gewählten und auch ebenso ausgeführten Abbildungen Maß-Angaben oder einen Hinweis auf die verwendeten Maßstäbe enthielten. Besonders sei noch auf den eigentlich nicht zu dem sonst behandelten Stoff gehörenden Abschnitt über Kopiereinrichtungen verwiesen, der auch für den nicht mit Spannvorichtungen beschäftigten Werkzeugmaschinenbauer von Nutzen ist.

Jellinek.

3605 **Lebensbilder führender österreichischer Polytechniker** von Wilhelm Exner. 56 Seiten mit 7 Abbildungen, Wien. Verlag von Julius Springer 1927. Preis S 4·50, (Mk. 2·70).

Das Büchlein bringt die Lebensbilder von sieben Männern, die an hervorragender Stelle in Österreich und zum Teil auch im Deutschen Reiche an der Entwicklung der Technik, etwa von der Zeit der Gründung der Wiener Technik bis zu jenem Zeitpunkte mitgewirkt haben, in welchem die Starkstromtechnik bestimmenden Einfluß auf einen großen Teil der übrigen Technik gewann. Bedauerlicherweise sind die Namen Karmarsch, Prechtl, Aitmüller, Reuter, Burg, Engerth und Redtenbacher der jüngeren Generation der Techniker fast unbekannt und es wird daher gerade diesen Kreisen das Büchlein viel Neues bringen, das mit Rücksicht darauf, daß Karmarsch und Redtenbacher vorwiegend in Deutschland tätig waren, auch dort Interesse finden wird. Zur Abfassung der Lebensbilder war wohl niemand berufener als Dr. Exner, der seit fast 70 Jahren als Vorkämpfer für die Technik unermüdlich tätig ist und die meisten der oben genannten noch persönlich gekannt hat. Aber nicht bloß der sachliche Inhalt, sondern auch die meisterhafte Form des Gebotenen machen die Schrift außerordentlich wertvoll, durch die ein Grundstock für die noch fehlende Geschichte der Technik und Industrie in Österreich gegeben ist. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3450 Magnetismus und Wechselstromtechnik. Von Prof. G. Haberland. 123 Seiten. 151 Abb. Aus „Elektrotechnische Lehrhefte", Band II. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung. Leipzig 1927. Preis Mk. 1·95.

Die elementaren Grundlagen des Magnetismus und der Wechselstromtechnik finden hier eine leichtverständliche, für den Anfänger wohl geeignete Darstellung. Besprochen werden Magnete, Wechselströme, Ausgleichströme, technische Verwendungen der Wärmewirkungen und Leitungen. Angesichts der großen Zahl ähnlicher elementarer Einführungen muß allerdings die Frage aufgeworfen werden, ob deren Vermehrung noch einen Zweck hat. Da das Büchlein einer Reihe von Lehrheften angehört, mag es jedoch seinen Platz immerhin ausfüllen. K. M.

Der energiewirtschaftliche Zusammenschluß Südostdeutschlands und Österreichs. Denkschrift des Fachausschusses für Energiewirtschaft der Deutschösterreichischen Arbeitsgemeinschaft. 20 Seiten mit 1 Übersichtskarte. Bayerische Druckerei und Verlagsanstalt G. m. b. H., München 1926.

Der Inhalt der Schrift deckt sich im Hinblick auf den gleichen Stoff in vielen Teilen mit der an dieser Stelle besprochenen Schrift von Dr. Ellenbogen[1]), bringt aber andererseits mehr die Ansichten der beteiligten deutschen Kreise über die in Betracht kommenden Fragen zum Ausdruck. Besondere Beachtung verdienen die Abschnitte über den Energieabsatz und den gemeinsamen planmäßigen Ausbau der Wasserkräfte beider Länder. Jk.

2970 Österreichisches Montan-Handbuch 1927. Herausgegeben vom Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Verlag für Fachliteratur G. m. b. H., Wien 1927. 212 S. Preis geb. S 20·—.

Das Handbuch enthält, wie die früheren Jahrgänge,[2]) die Mitteilungen über den österreichischen Bergbau für das Jahr 1926, verfaßt im Bundesministerium für Handel und Verkehr, die statistischen Tabellen des Verbandes Österreichischer Hüttenwerke betreffend die Montan-Industrie verschiedener Länder und als wertvolle neue Bereicherung des Inhaltes auch die Ergebnisse der Kohlenwirtschaft im Jahre 1926.

2823 **Werkstattbücher für Betriebsbeamte Vor- und Facharbeiter. Herausgegeben von Eugen Simon.**

Heft 4. Wechselräderberechnung für Drehbänke unter Berücksichtigung der schwierigen Steigungen. Zweite verbesserte Auflage, von G. Knappe. 65 Seiten mit 13 Textfig. und 6 Zahlentafeln.

Heft 9. Rezepte für die Werkstatt. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage, von Dr. F. Spitzer, 72 Seiten. Berlin, Verlag Julius Springer, 1927, Preis je Heft Mk. 1·80.

Der Inhalt von Heft 4 ist gegenüber der ersten Auflage[3]) wenig verändert worden. Heft 9 umfaßt nunmehr 207 Rezepte über die Oberflächenveredelung der Metalle, Rostschutz, Prüfung auf Rostbeständigkeit, Glühen und Härten, Löten und Schweißen, Kitte und Klebemittel und etwa 20 weitere Rezepte aus verschiedenen Gebieten.

Beide Hefte werden in der Werkstatt mit Nutzen verwendet werden. J.

3076 Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. Von Kurt Hegner. I. Band: Systematische Einführung. Zweite, verbesserte Auflage. 188 Seiten mit 107 Bildern. Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure. Bd. II. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 15·—.

Zu der Neuauflage sind gegenüber der ersten Auflage[4]) insbesondere die Zahlenwerte den Fortschritten der Bearbeitungstechnik angepaßt worden. Im übrigen

[1]) Vgl. die früheren Besprechungen in E. u. M. 1925, S. 498, 878; 1926, S. 468, 688; 1927, S. 666.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 108.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 16.

[3]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 311.

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN. S. 4.

Digitized by Google

sind die Anordnung des Stoffes und der Umfang des ausgezeichneten Buches gleich geblieben. Wünschenswert wäre es, wenn auch der zweite Band, der die für die einzelnen spanabnehmenden Arbeiten zu verwendenden Zahlenwerte enthalten soll, bald erscheinen würde. – k

Mitteilungen vom Verband Deutscher Patentanwälte. Sondernummer anläßlich des 50jährigen Bestehens der Deutschen Patentgesetzgebung. Berlin 1927, 226 Seiten. Preis Mk. 7·—.

Der aus Anlaß des 50jährigen Bestandes der reichsdeutschen Patentgesetzgebung[1]) herausgegebene Band bringt 22 Aufsätze von Mitgliedern des Verbandes, welche die verschiedensten Gebiete des Patentwesens betreffen. Zum Teile handelt es sich um eine oft sehr freimütige Kritik der bestehenden Gesetze und ihrer Handhabung und um Reformvorschläge, teils werden allgemeine Fragen besprochen, die von Wichtigkeit für alle am gewerblichen Rechtsschutz interessierten Kreise sind. Niemand, der zu dem Patentwesen in irgendeiner Beziehung steht, sollte es verabsäumen, die für ihn in Betracht kommenden Aufsätze zu lesen, weil man aus jedem derselben Anregungen erhalten wird. Jk.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Schweizerische elektrometallurgische und elektrochemische Industrie verbrauchte nach einem in „The Mining Journal", Nr. 4844 vom 26. November 1927, auszugsweise veröffentlichten Berichte der Schweizerischen Handels- und Industrievereinigung im Jahre 1926 rund 14 vH der gesamten im Lande erzeugten elektrischen Energie und im Gegensatz zum Stromverbrauch für Licht- und Kraftzwecke sowie für die Bahnen ist hier kein wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen. Die Aluminiumwerke waren allerdings voll beschäftigt und führten 18 710 t (+ 1320 t gegen 1925) aus, davon 15 445 t Rohaluminium, vorwiegend nach den V. St. A., Deutschland, Großbritannien, Italien und Japan. Auch die Ausfuhr von Ferrochrom und Ferrosilizium war mit 5940 t etwa doppelt so hoch als im Vorjahr. Hier waren die V. St. A., Deutschland, Frankreich und Großbritannien die Hauptausfuhrländer. Hingegen macht sich bei der Kalziumkarbidausfuhr, wenn auch die Gesamterzeugung im Wachsen begriffen ist, die Entwicklung der im Kriege, besonders in Deutschland und Frankreich gegründeten Fabriken, sowie die Aufnahme der Erzeugung in Belgien geltend. Es wurden daher nur 8500 t (— 5400 t) in erster Linie nach Belgien und Holland ausgeführt. Die Erzeugung von Cyanamid, etwa 30 000 t, und ebenso auch die Ausfuhr nahmen im Berichtsjahre zu.

Der elektrotechnische Außenhandel Italiens im Jahre 1926. Die nachstehenden Zahlen sind einer Zusammenstellung in „The Electrical Review" vom 5. August 1927 entnommen.

Einfuhr in 1000 q: Stromerzeuger und Motoren 38 (24 i. J. 1925), ruhende Umformer 7 (11), Strommesser 6·5 (5·7), Telegraphen- und Telephonapparate einschließlich Radioapparate 6·2 (2·6), davon 1·6 (1·1) Radioapparate, Kohlen 37 (53), Isolatoren und dergleichen 9 (21), Akkumulatoren 0·8 (1·4), andere elektrische Apparate und Bestandteile 15 (14), Glühlampen 16·4 Mill. Stück (16·7), isolierte Drähte und Kabel 4·1 (4).

Ausfuhr in 1000 q: Isolierte Drähte und Kabel 41 (40), Stromerzeuger und Motoren 23·7 (18·6), ruhende Umformer 3·2 (1·7), Akkumulatoren 2·2 (2), Magnetapparate, Strommesser, Telegraphen- und Telephonapparate, Radioapparate, Isolatoren u. dgl. zusammen 2·4 (1·5).

An der Einfuhr sind hauptsächlich die V. St. A., Deutschland und die Schweiz beteiligt, bei den Stromerzeugern auch Ungarn (wohl zum größten Teile die Firma Ganz, die bekanntlich auch eine große Zahl von Kraftwerken in Italien gebaut hat), bei Glühlampen ebenfalls Ungarn und Holland. Österreich hat 1200 q (1400) Stromerzeuger und Motoren, 100 q ruhende Umformer (500) und 1·5 (1·7) Mill. Glühlampen geliefert. Die italienische Ausfuhr an Drähten und Kabeln ging 1926 vorwiegend nach den V. St. A., Argentinien, Rumänien und Brasilien, 1925 nach den V. St. A., Argentinien, Peru, Polen und Kuba. Stromerzeuger und Motoren wurden nach Belgien, Frankreich, Spanien, Indien, Argentinien und Brasilien ausgeführt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 679.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 11. Jänner d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Oberingenieur A. Palm (Frankfurt am Main) über: **„Hochspannungs- und Fernmessungen".** (Mit Lichtbildern und Vorführung einer Fernmeßeinrichtung.)

Inhaltsangabe: 1. Teil: Hochspannungsmessungen: Messung des Effektivwertes; Messung des Scheitelwertes; Verlustmessungen. 2. Teil: Fernmessung: Fernanzeige in großen Räumen; Übertragung des Instrumentausschlages auf kleine und mittlere Entfernungen und auf sehr große Entfernungen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	27. XII. 1927	29. XII. 1927	30. XII. 1927
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	135	135

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 30. Dezember 1927.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	60	15	0	60	16	3
Standard { 3 Monate .	60	16	3	60	17	6
Zinn:						
Engl. ingots	264	0	0	264	10	0
Standard { Kassa . .	265	5	0	265	10	0
Standard { 3 Monate .	261	5	0	261	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	24	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	5	0	26	0	0
Remelted	26	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export. Pf. 175. Platin: Pf. 14, Pf. 13 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag, Herausgeber: Elektrotechn. Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstr. 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 15. Jänner 1928 | Heft 3

Selbstregelnde Dynamo für Gleichstrom-Lichtbogenschweißung.

Von Dr. E. **Rosenberg**, Weiz[1]).

Manche Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines erinnern sich noch an den Vortrag, den ich an der gleichen Stelle vor fast 23 Jahren gehalten habe und in dem ich eine neue Dynamomaschine vorführte, die zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen dient. Seitdem hat diese Maschine in Tausenden von Exemplaren in vielen Ländern sich bewährt. Nach Österreich ist sie nicht eingedrungen. Die gleiche Maschine war auch bald nachher mit Reihenschlußerregung für elektrische Lichtbogenschweißung verwendet worden. Auch in Wien sind damit Geleiseschweißungen vorgenommen worden und es wäre mir lieb, darüber etwas zu hören von Herren, die damals daran beteiligt waren. Die damaligen Maschinen waren groß und konnten in gewissem Grade durch Parallelwiderstände zur Reihenschlußwicklung reguliert werden. Bei weitgehender Regulierung brachte dies naturgemäß eine Unstabilität mit sich, und so dürfte es nicht möglich gewesen sein, die großen Maschinen, die hauptsächlich für Gußwarmschweißung bestimmt waren, auch zu anderen Arbeiten zu verwenden, bei denen kleinere Stromstärken gebraucht wurden. In Österreich wurden diese Maschinen bis zum Jahre 1925 nicht erzeugt. Sofort nach dem Bau der ersten Maschine ergab sich die Möglichkeit, ihre Regulierung durch das nachstehend erläuterte Prinzip des Regulierpoles so auszudehnen, daß der Strom innerhalb beliebig weitgestreckter Grenzen eingestellt werden kann und die Stromspannungscharakteristik dabei stets eine solche bleibt, wie sie der Lichtbogen braucht.

Nur selten wird eine Lichtbogen-Schweißdynamo für eine stets wiederkehrende Arbeit verwendet. Meist wird Anpassungsfähigkeit für ganz verschiedene Arbeiten gefordert. Zum Ausbessern mißlungener oder schadhaft gewordener Gußstücke müssen oft große Metallmassen in die entstandenen Höhlungen eingeschmolzen werden und dies geschieht, indem das mit Holzkohlen- oder Gasfeuer vorgewärmte Gußstück mit einem Pol einer Stromquelle verbunden wird, während von einem Gußeisenstab, der mit dem zweiten Pol der Stromquelle verbunden ist, nach anfänglich erfolgter Berührung mit dem Gußstück ein Lichtbogen gezogen wird, der das Gußstück erhitzt und den Stab zum Abschmelzen bringt, so daß sich die Höhlung mit flüssigem Metall füllt. Dabei werden oft Ströme von 400 bis 600 A und darüber gebraucht bei einer Lichtbogenspannung von etwa 50 V. In früheren Jahrzehnten war dies das Hauptgebiet der Lichtbogenschweißung. Jetzt ist das Hauptgebiet das Zusammenfügen von Flußstahlblechen, Platten und Trägern, wodurch Nietung und autogene Schweißung ersetzt wird. Als Elektroden dienen hier Eisendrähte (Flußstahldrähte) von meist 3 bis 6 mm Stärke und es kommen Stromstärken von etwa 80 bis 200 A bei einer Lichtbogenspannung von etwa 20 V zur Anwendung. Bleche von 1 bis 2 mm Stärke werden auch oft mit Börtelrändern aneinandergefügt, die durch einen Kohlenlichtbogen niedergeschmolzen werden. Dabei kommen etwa 30 bis 35 V und Stromstärken von etwa 50 A zur Anwendung. Kupferplatten können durch Kohlen-Lichtbogen aneinandergeschweißt werden, wobei Füllmaterial aus Kupferdrähten eingeträufelt wird. Dabei sind Lichtbogenspannungen von 40 bis 60 V und Stromstärken von etwa 200 A erforderlich.

Der Lichtbogen hat seine eigene Spannungscharakteristik. Bei bestimmtem Stromdurchgang und bestimmer Länge erfordert er eine gewisse Spannung. Ist diese nicht vorhanden, so löscht er aus. Die Lichtbogenlänge variiert durch Abbrennen des Materials und Zittern der Hand des Schweißers, auch durch Luftbewegung und etwaige magnetische Beeinflussung des Bogens, daher muß die Stromquelle eine rasche Änderung der Lichtbogenspannung in weiten Grenzen erlauben. Eine geeignete Charakteristik kann bei Vorhandensein einer Stromquelle konstanter und genügend großer Spannung durch große Vorschaltwiderstände erhalten werden. Beispielsweise würde eine Compoundmaschine von 100 V beim Vorschalten eines Widerstandes von 0·4 Ohm bei Kurzschluß des Lichtbogens 250 A ergeben, bei einer E. M. K. des Lichtbogens von 20 V dagegen 200 A, bei einer E. M. K. von 40 V 150 A. Die dem Lichtbogen zugeführte Spannung ist also genügend elastisch und

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 23. November 1927.

Digitized by Google

beantwortet Änderungen der Lichtbogenspannung mit zulässigen Änderungen der Stromstärke. Wirtschaftlich ist aber ein solches Schweißen nicht, weil zuviel Energie verschwendet wird, auch ist die Spannung von 100 V, die im Lichtbogen dann entsteht, wenn er abreißt, schon unbequem hoch. Bei einem solchen Verfahren würde die Stromstärke nach Belieben durch die Größe des eingeschalteten Widerstandes eingestellt werden. Eine Spannungsregulierung oder auch eine Spannungsmessung am Lichtbogen ist nicht erforderlich.

Die neue Maschine (Abb. 1) hat becherartige „Regulierpole", in die ein kolbenartiges Stück eingeschraubt werden kann und erregt sich bei jeder Drehrichtung ohne Änderung der Verbindungen. Die Maschine ist mit Hauptstromerregung ver-

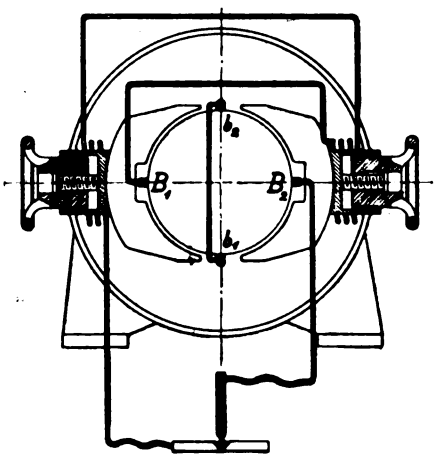


Abb. 1. Schnitt durch Magnetfeld und elektrische Verbindungen.

sehen. Die Nutzbürsten B_1 und B_2 sind gegenüber der normalen Stellung um eine halbe Polbreite verschoben. Ein Paar von Hilfsbürsten b_1 und b_2, die sich in der bei Dynamo-Maschinen üblichen Stellung befinden, sind miteinander kurzgeschlossen und erlauben eine Abweichung von der sonst gültigen, strengen Regel, daß alle Leiter eines Ankers, mit Ausnahme der gerade unter den Bürsten befindlichen Windungselemente gleichen Strom führen. Der Nutzstrom, der den Anker von B_1 nach B_2 durchfließt, sucht ihn bei jeder Drehrichtung so zu magnetisieren, daß die entstehenden Kraftlinien dem von außen aufgedrückten Feld entgegenwirken. Die Zahl der Windungen auf den Magnetspulen ist so groß, daß das durch sie erregte Feld, solange keine Sättigungserscheinungen auftreten, stärker ist als das Gegenfeld des Ankers. Mit dem Regulierpol ist es nun möglich, sehr hohe Sättigung in einem Teil des Feldes hervorzurufen und es tritt bei Steigerung des Magnetstromes bald, und zwar je nach der Stellung der Einsatzstücke bei beliebig kleinem Magnetisierungsstrom der Zustand ein, daß das Feld sich der Sättigungsgrenze nähert. Der stromdurchflossene Anker wehrt sich gegen das Eindringen von Kraftlinien und seine Abwehr wird umso wirksamer, je mehr das Feld gesättigt ist, da dann die begrenzte Zahl von Kraftlinien, die in den Magnetschenkeln erzeugt werden, durch Streuung von den großen Polschuhen in das Joch gedrängt werden oder von einem Polschuh zum anderen durch die Luft strömen, ohne in den Anker eindringen zu können. Bei einem gewissen Stromdurchgang und zwar immer bei einem verschiedenen, je nach der Stellung der Regulierpole, wird das Primärfeld durch das Gegenfeld fast ganz aufgehoben, sodaß das Restfeld fast auf 0 reduziert wird. Ein Restfeld ist aber erforderlich, damit überhaupt ein Strom durch die Verbindung der Hilfsbürsten fließt. Nur wenn ein solcher Strom fließt, erfolgt eine Quermagnetisierung des Ankers, die Kraftlinien durch die starkgehaltenen Polschuhe durchtreiben kann. Solche Kraftlinien können dann, da sie senkrecht zur Richtung der Nutzbürsten den Anker durchfließen, eine Spannung zwischen den Nutzbürsten erzeugen. Die Spannung zwischen den Nutzbürsten ist annähernd proportional dem Hilfsstrom und dieser wieder annähernd proportional dem Restfeld und der Drehzahl.

Bei der belasteten Maschine wirkt sich der Hilfsstrom dahin aus, daß Strom beispielsweise vom ersten Ankerviertel in das dritte transportiert wird. In diesen beiden Ankerteilen ist bei einer zweipoligen Maschine der Strom gleich der Summe aus dem halben Nutz- und halben Hilfsstrom, in den anderen Ankervierteln ist er gleich

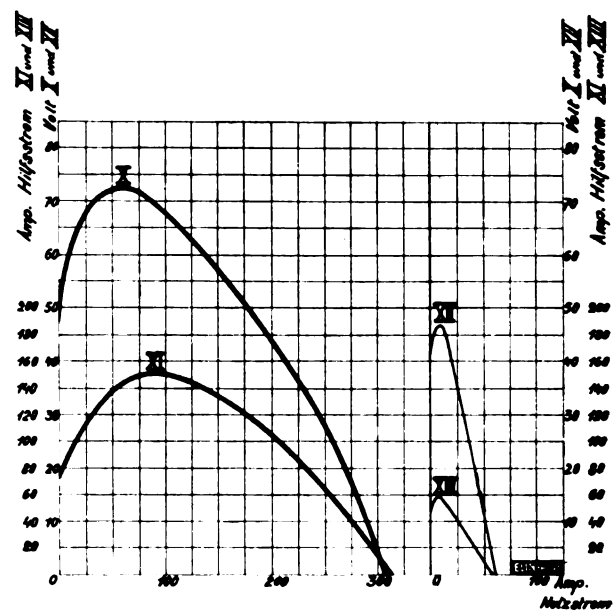


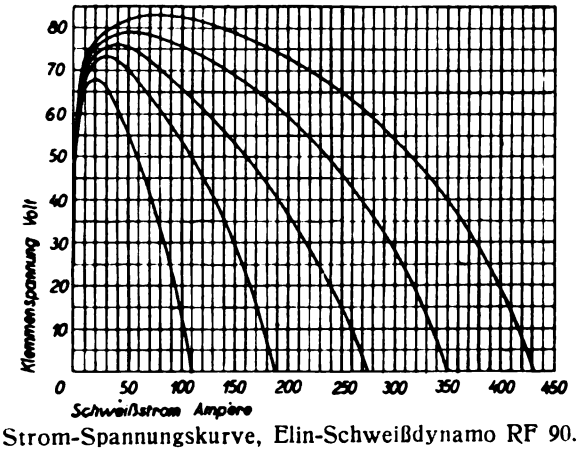
Abb. 2. Spannung und Hilfsstrom abhängig vom Nutzstrom.

der Differenz vom halben Nutz- und Hilfsstrom.

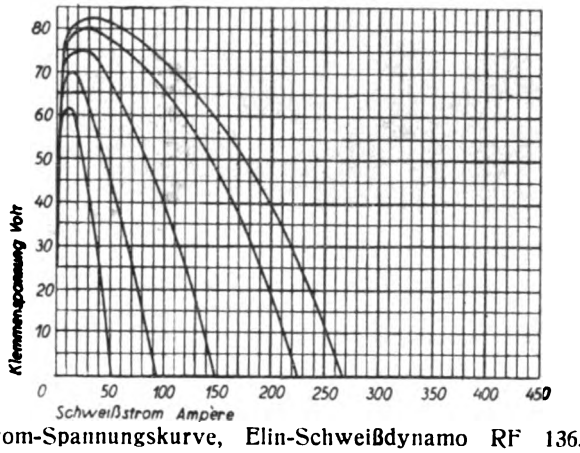
Abb. 2 zeigt die Charakteristik für zwei Stellungen des Regulierpoles bei der im Vortrag gezeigten zweipoligen Maschine, deren Normalstrom 200 A und deren normale Drehzahl 1400 ist. Für diese Vorführung wurde, um die vorzügliche Kommutierung der Maschine auch bei 50 vH

Digitized by Google

Überlastung der Maschine und eine über das praktisch notwendige Maß hinausgehende Regulierfähigkeit zu zeigen, der Pol mit seinen sonst den Regulierbereich fixierenden Hubbegrenzungen so abgeändert, daß für die eine Grenzstellung mehr als 300 A, für die andere Grenzstellung etwa 60 A bei vollständigem Kurzschluß des äußeren Stromkreises erhalten wurden. Die starkausgezogene Kurve X zeigt die Spannung, XI den Hilfsstrom, beide in Abhängigkeit vom Nutzstrom. Für die andere Grenzstellung des Poles gelten



Strom-Spannungskurve, Elin-Schweißdynamo RF 90.



Strom-Spannungskurve, Elin-Schweißdynamo RF 136.

Abb. 3.

die schwachausgezogenen Kurven XII und XIII. Bei Kurzschluß des äußeren Stromkreises, Spannung 0, ist der Nutzstrom bei „starkem" Regulierpol 310 A, der Hilfsstrom sehr klein. Beim Ziehen eines Lichtbogens vermindert sich der Strom und steigt die Spannung. Selbst bei 40 V ist der Strom noch über 210 A und die Spannung kann bis zum Werte von 73 V steigen, ehe der Lichtbogen auslöscht. Beim vollständigen Erlöschen des Lichtbogens sinkt aber die Spannung wieder herunter und hat einen ganz unschädlichen Wert. Der Hilfsstrom ist stets verhältnismäßig gering; seine Kurve hat einen ganz ähnlichen Charakter wie die der Spannung, doch ist weder das Maximum noch der Nullpunkt in genauer Übereinstimmung mit der Spannung, infolge der Wirkung des inneren Widerstandes, der mit steigender Belastung etwas sinkenden Drehzahl des antreibenden Drehstrommotors und der sekundären Wirkungen der Felder und Ströme. (Beim Vortrag wurden alle möglichen Belastungszustände in Bezug auf Spannung und Stromstärke vorgeführt und zum Zwecke der genauen Beobachtung der Kommutierung der Saal zeitweise verdunkelt. Es konnte in keinem Fall irgend ein Funken an den Bürsten beobachtet werden).

Die Maschine hat eine unendliche Anzahl von Charakteristiken, je nach der Stellung des Regulierpoles. Büschel solcher Kurven sind bei den meistgebräuchlichen Maschinengrößen in Abb. 3 herausgezeichnet.

Die Maschinen für 200 und 300 A Normalstrom werden zweipolig ausgeführt. Bei größeren Maschinen ist die Ausführung vierpolig, doch hat sich ergeben, daß die kleineren Maschinen, die in beliebiger Zahl parallelgeschaltet werden können, dem praktischen Bedürfnis auch für Warmschweißung am besten entsprechen, weil fast in allen Werkstätten der Wunsch vorliegt, an einer größeren Zahl von Schweißstellen getrennt arbeiten zu können, wenn gerade nicht der ganze Strom für eine einzige Guß-Warm-Schweißung benötigt wird. Behufs Parallelschalten der Maschine ist die Klemmbrücke mit drei Klemmen versehen, da es ebenso wie bei anderen reihenschlußerregten Maschinen notwendig ist, eine Ausgleichsleitung zum Ausgleiche der Ströme in der Reihenschlußwicklung anzuwenden. Abb. 4 zeigt die Parallelschaltung von drei Schweiß-Dynamos. Bei parallelgeschalteten sowie bei einzeln laufenden Dynamos ist die unabhängige Betätigung jedes einzelnen Regulierpoles zulässig. Durch das Herausschrauben

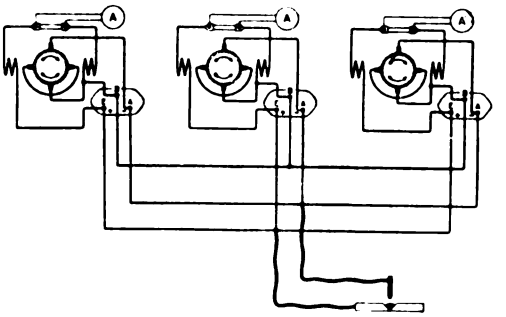


Abb. 4. Parallelschaltung von drei Schweißdynamos.

eines einzelnen Einsatzstückes wird die Stromstärke aller parallellaufenden Maschinen mitbetätigt, da ja die Schwächung eines einzelnen Feldes durch Herabsetzung des Ankerstromes der einen Maschine auch den Summenstrom, daher auch den Erregerstrom jeder einzelnen Maschine herabsetzt. Normale Maschinen sind beim Parallellauf bekanntlich gegen Felderregung sehr empfindlich, weil eine geringe Veränderung der Spannung eine große Veränderung der Stromstärke mit sich bringt. Hier aber ist eine Maschine, die in der Spannung ganz

Digitized by Google

elastisch ist und die auf beliebige Veränderung der aufgedrückten Spannung mit bescheidener Veränderung der Stromstärke antwortet. Wenn mehrere Maschinen parallel arbeiten und die Regulierpole verschieden eingestellt werden, so wird die „stark" eingestellte weniger Strom, die „schwach" eingestellte mehr Strom geben, als bei Einzellauf und gleicher Polstellung.

Bei der Maschine werden keinerlei Regulierwiderstände und mit Ausnahme eines in die Ma-

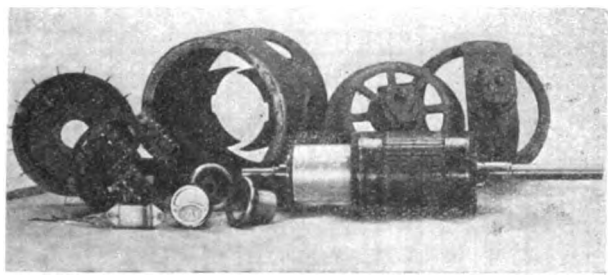


Abb. 5. Teile einer Schweißmaschine.

schine eingebauten Strommessers keine Instrumente oder Apparate verwendet.

Abb. 5 zeigt die Teile der Schweißmaschine. Abb. 6 einen fahrbaren Schweiß-Umformer mit dem sogenannten Robaxmotor der „Elin", zum Anschluß an Drehstromnetze. Der Motor hat geschweißten Käfiganker und angebauten Stern-

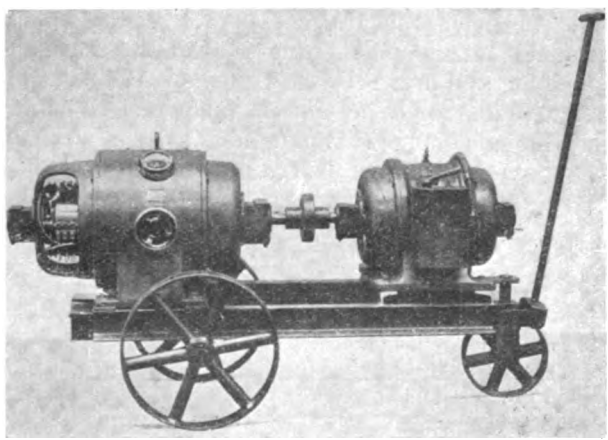


Abb. 6. Fahrbarer Schweißumformer.

dreieckschalter, der einen Dauerlauf sowohl in Stern- als in Dreieckschaltung erlaubt, zum Zwecke, um bei geringer Belastung vorzüglichen Leistungsfaktor und Wirkungsgrad zu ermöglichen. Der Anlaufstrom in der Sternschaltung ist nicht größer als der eines Schleifringmotors und die Elektrizitäts-Werke, insbesondere auch das Städtische Elektrizitäts-Werk Wien, haben in Erkenntnis der großen Vorzüge für Werke und Verbraucher den Anschluß dieses Motors auch bei großen Leistungen nach Untersuchung der Sachlage in jedem einzelnen Fall gestattet.

Abb. 7 zeigt ein Doppel-Schweiß-Aggregat mit Walzenschalter für Einzel- und Parallelschaltung. Der Motor ist wieder ein Robax-Motor. Die Kleinheit der Antriebsmotoren ist infolge des Entfalles aller energieverzehrenden Widerstände und des dadurch bedingten vorzüglichen Wirkungsgrades des Aggregates gegeben.

Im Vortrage wurden im Lichtbild zahlreiche Anwendungen der Schweißung bei Flußeisen-Konstruktionen gezeigt, wie zum Beispiel Gleichstrom-Maschinen aus gerolltem Walzeisen mit Füssen aus Flacheisen und gestanzten Blechen, Transformatorkästen aus starken Blechen geschweißt, die flußeiserne Grundplatte einer großen Doppel-Kollektor-Gleichstrom-Maschine. Bemerkenswert ist das Schweißen schmiedeiserner Fundamentschienen. Zuerst erhoben sich Bedenken, daß die an die schweren Gußeisenformen gewöhnten Abnehmer die geschweißten Konstruktionen ablehnen werden. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Annahme unrichtig ist. Der Abnehmer will das

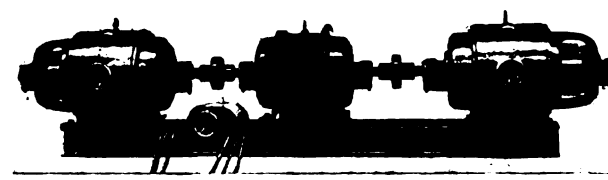


Abb. 7. Doppelschweißaggregat mit Walzenschalter für Einzel- und Parallelschaltung.

Beste haben und braucht nur durch Versuche überzeugt zu werden, um wie viel stärker und dauerhafter die leichten, flußeisernen Konstruktionen sind, um sich diesen gerne zuzuwenden. In früherer Zeit hat es Brücken und Bauwerke aus Gußeisen gegeben und, so wie es heute niemanden gibt, der nach einer gußeisernen Brücke verlangt, so wird es in wenigen Jahren niemand geben, der eine gußeiserne Grundplatte dort nimmt, wo er eine flußeiserne haben kann. Im Dynamobau war es möglich, durch die Lichtbogenschweißung zum besten Material zurückzukehren, das schon ursprünglich für Magnetgestelle verwendet, wegen seiner damals kostspieligen Formung aber aufgelassen werden mußte.

Das Feld, das die Lichtbogenschweißung sich erobert, ist ein großes und ihre Anwendung vervielfältigt sich mit jedem Tage.

Digitized by Google

Anwendung der Kathodenröhre für Wechselstrommessungen.

Dozent Dipl. Ing. Frau Zinaida **Tscherdanzev**, Moskau.

Bekanntlich haben die Kathodenröhren in der von Braun und Zenneck angegebenen Form eine Anwendung bei der Aufnahme von Hochfrequenzstromkurven gefunden. Der Zweck dieses Aufsatzes ist zu zeigen, wie auch gewöhnliche Wechselstrommessungen mit Hilfe einer solchen Kathodenröhre ausgeführt werden können.

1. Messungen von Spannung, Stromstärke, ihrer Komponenten und der Leistung.

Die Ablenkungen eines Kathodenstrahles in einem magnetischen oder elektrischen Felde, das senkrecht auf der Richtung des Strahles steht, sind der Feldstärke proportional.

Wenn die vertikalen Spulen $a - a'$ (Abb. 1) mit einem sinusförmigen Strom $i = A \sin(\omega\ )$ gespeist werden, beschreibt der Lichtfleck auf dem fluoreszierenden Schirm eine horizontale Gerade: seine größte Entfernung vom Mittelpunkt nach der Seite ist das Maß für die Amplitude des Stromes. Wegen der erwähnten Proportionalität zwischen der Ablenkung und der Feldstärke braucht man nur eine einzige Beobachtung mit Gleichstrom, um den Schirm in der horizontalen Richtung zu eichen.

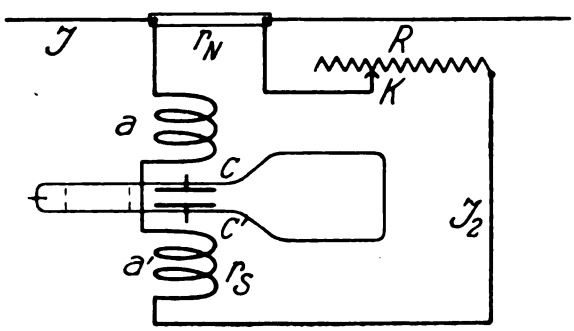


Abb. 1.

Legt man an die Kondensatorplatten c—c' eine Spannung $e = B \sin(\omega t + \varphi)$, so erhält man die Ablenkung des Kathodenstrahles in der vertikalen Richtung. Die Eichung wird auch mit Gleichspannung ausgeführt.

Falls die Spannung des Wechselstromes zu klein ist, um ein elektrisches Feld von genügender Stärke zwischen den Platten $c - c'$ zu erzeugen, benutzt man ein zweites Paar Spulen mit horizontaler Achse; die Spulen werden unter Zwischenschaltung eines passenden Widerstandes an die zu messende Spannung angeschaltet.

Wenn die beiden Felder gleichzeitig auf den Kathodenstrahl wirken, so beschreibt der Lichtfleck eine Kurve, deren Gleichung aus den Gleichungen

$$x = A \sin(\omega t),\ y = B \sin(\omega t + \varphi)$$

hervorgeht, indem man aus diesen beiden die Zeit t eliminiert.

Man erhält

$$y = \frac{B}{A} x \cos\varphi + B \sin\varphi \cos(\omega t),$$

also

$$\frac{y - \frac{B}{A} x \cos\varphi}{B \sin\varphi} = \cos(\omega t),$$

$$\frac{x}{A} = \sin(\omega t)$$

und daraus die gesuchte Gleichung der Kurve.

$$A^2 y^2 - 2 A B \cos\varphi\, x y + B^2 x^2 = A^2 B^2 \sin^2\varphi \quad (I).$$

Das ist die Gleichung einer Ellipse mit dem Zentrum im Koordinatenanfang (Abb. 2).

Die Berührungspunkte M und N der horizontalen bezw. der vertikalen Tangente mit der Ellipse bestimmen die Amplituden B der Spannung und A der Stromstärke.

Allerdings ist es zweckmäßig, bei der Eichung der y- und x-Achsen die Größen der Stromstärke und Spannung durch $\sqrt{2}$ zu dividieren und dadurch die Möglichkeit zu erhalten, bei Wechselstrom die effektiven Werte direkt abzulesen.

Wenn $y = B$, folgt aus der Gleichung (I), indem man nur den positiven Wert beachtet

$$x = x_1 = A \cos\varphi,$$

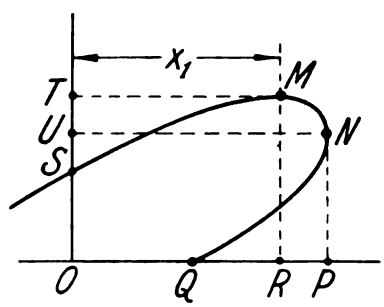


Abb. 2.

das heißt, x_1 ist gleich der Wattkomponente des Stromes.

Daraus ergibt sich

$$\cos\varphi = \frac{x_1}{A} = \frac{\overline{OR}}{\overline{OP}} = \frac{\overline{TM}}{\overline{UN}}.$$

Die Spulen $a - a'$ liegen im allgemeinen im Nebenschluß zum Widerstand r_N. Durch den regulierbaren Serien-Widerstand R (Abb. 1) kann man die Ablenkung $\overline{UN}$ längs der X-Achse immer zu 100 mm machen. Wenn aber $\overline{UN} = 100$ mm ist, wird x_1 oder $\overline{TM}$ (in mm gemessen) direkt dem cos φ gleich

$$\overline{TM} \text{ in mm} = \cos\varphi.$$

Ferner erkennt man aus Gleichung (I), daß bei

$$x = A,$$

$$y = y_1 = B \cos\varphi;$$

$y_1 = \overline{PN} = \overline{OU}$ ist also die Wattkomponente der Spannung.

Setzt man in der Gleichung (I) x bezw. y

Digitized by Google

gleich 0, so erhält man (wir wollen wieder nur die positiven Zeichen beachten)

$$y_2 = \overline{OS} = B \sin \varphi,$$
$$x_2 = \overline{OQ} = A \sin \varphi.$$

y_2 und x_2 stellen uns also die wattlosen Komponenten der Spannung und des Stromes dar.

Wir erfahren somit aus unserer Ellipse nicht nur die Spannung und den Strom selbst, sondern auch ihre wattlosen und Watt-Komponenten und außerdem cos φ (oder sin φ, wenn das gewünscht wird).

Falls der Schirm für effektive Werte geeicht worden ist, ist die Leistung

$$P = AB \cos \varphi = B x_1 = A y_1$$

dem Inhalt des Rechteckes $ORMT$ oder des Rechteckes $OPNU$ gleich.

Statt x_1 und B während der Messungen zu multiplizieren, können wir, wie folgt, verfahren.

Während der Messung stellt man den Schiebe-Kontakt K des Rheostaten R (Abb. 1) so ein, daß die maximale horizontale Ablenkung des Strahles $\overline{UN}$ (Abb. 2) immer 100 mm gleich wird.

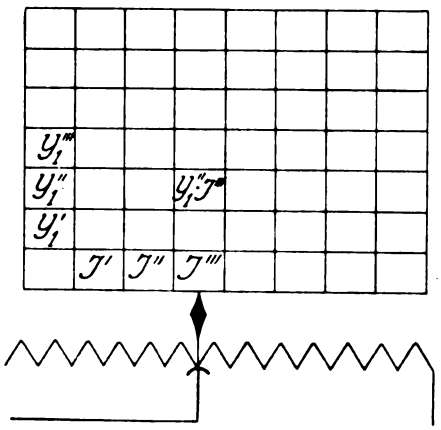


Abb. 3.

Es bedeute: I_2 in A die Stromstärke in den Spulen $a - a'$, R, rs und r_N die Widerstände des Rheostaten bezw. der Spulen und des Nebenschlusses; dann ist der Ausdruck für die ganze Stromstärke in der Linie oder im Haupt-Stromkreise

$$I = I_2 \left(1 + \frac{R + rs}{r_N}\right) \quad \ldots\ldots \text{(II)}.$$

Am Schiebekontakt K ist ein Zeiger befestigt, der uns die betreffende, nach der Formel (II) vorausberechnete (oder experimentell gefundene) und auf einer Tabelle gegenüber den entsprechenden Stellen des Kontaktes K angegebene Stromstärke I zeigt, wie die Abb. 3 darstellt. Da die Stromstärke I_2 immer dieselbe ist, entspricht jeder Stelle des Kontaktes K ein besonderer bestimmter Wert von I.

Längs der darauf senkrechten Richtung sind auf der Tabelle verschiedene Werte der Spannung y aufgetragen; in den Kreuzungsstellen der horizontalen Reihen mit den vertikalen Spalten finden wir die vorausberechneten und angegebenen Werte der Produkte der entsprechenden Stromstärke und Spannung.

Nachdem wir bei einer Messung die Stromstärke I_2 mit Hilfe des Rheostaten R so eingestellt hatten, daß $\overline{UN} = 100$ mm geworden ist, lesen wir auf dem Röhrenschirm den Wert y_1 ab und auf der soeben beschriebenen Tabelle das Produkt von I und y_1.

(Die Spulen $a - a'$ müssen möglichst wenige Windungen haben, damit ihre Selbstinduktivität nicht eine merkbare Phasenverschiebung von I_2 gegen I hervorrufe).

sin φ und cos φ werden dabei direkt auf dem Schirm abgelesen (zum Beispiel wenn $x_1 = 75$ mm, so ist cos $\varphi = 0{\cdot}75$). Will man nicht nur die Werte cos φ und sin φ kennen, sondern die Stromkomponente I cos φ und I sin φ, so muß man wie folgt verfahren:

Nachdem wir die Stromstärke I auf der Tabelle abgelesen haben, verschiebt man den Kontakt K so weit, bis die maximale Ablenkung $\overline{UN}$ in mm gemessen numerisch gleich dieser Stromstärke in A wird (oder einem Zehntel derselben, wenn sie zu groß ist, zum Beispiel wenn $I = 1070$ A, macht man $\overline{UN} = 107$ mm); dann geben $\overline{OR}$ und $\overline{OQ}$ uns in diesem Maßstabe die Werte von I cos φ und I sin φ (wenn zum Beispiel $\overline{OQ} = 43$ mm, dann ist I sin $\varphi = 430$ A). Die Werte der Spannung V, V cos φ und V sin φ sind auf dem Schirm ohne weiteres ablesbar.

Bei zu hoher Spannung erfolgt eine Teilung durch Hintereinanderschalten von mehreren gleichen Kondensatoren; an die Röhrenkondensatorplatten wird dann nur eine Teilspannung angelegt.

2. Frequenzmessung.

Frequenzmessung mit der Kathodenröhre kann in folgender Weise ausgeführt werden. Man legt in Reihe mit den Spulen $a - a'$ einen Kondensator von passender Kapazität C_0 und schließt an die Spannung V_0 an.

Wenn man den Wattwiderstand rs und den Blindwiderstand ωLs der Spulen vernachlässigbar klein gegen den Blindwiderstand $\frac{1}{\omega C_0}$ macht, so wird der Strom in diesem Stromzweige durch die Formel

$$I = \omega C_0 V_0 = 2 \pi C_0 V_0 f$$

bestimmt. Wenn V_0 immer konstant gehalten wird, ist die maximale Ablenkung des Lichtfleckes der Frequenz f proportional.

Zwei andere Spulen mit auf die ersten Spulen senkrecht gerichteten Achsen dienen dazu, die Größe der Spannung V_0 zu kontrollieren, während der Frequenzmessung sind sie aber stromlos.

Wenn einer Frequenz, zum Beispiel 50 Per/s, eine maximale Ablenkung des Lichtfleckes von 100 mm entspricht, so ruft eine Veränderung der Frequenz um 1 vH, das ist um 0·5 Per/s eine Verlängerung oder Verkürzung der hellen Linie um 1 mm hervor. Da der Lichfleck keine scharf abge-

Digitized by Google

grenzten Ränder hat, ist die Ablesung einer solchen Veränderung der Linienlänge auf dem Schirm schwer oder unmöglich. Diese Anordnung eignet sich also nur für den Fall großer Frequenzänderungen.

Um kleinere Frequenzänderungen messen zu können, muß man die Ablenkungen vergrößern. Sogar bei einer niedrigen Spannung V_0 (zum Beispiel 120 V) des zu untersuchenden Stromes kann man mit einer Kapazität $C_0 = 100\ \mu F$ die maximale Ablenkung des Lichtfleckes zu 600 mm erhalten, wobei die Bedingungen für die angenäherte Proportionalität zwischen I und f noch erfüllt werden. Dabei würde eine Veränderung der Frequenz um 0·5 Per/s, eine Veränderung der Länge der hellen Linie von 6 mm hervorrufen, was ganz leicht abgelesen werden kann.

Um dabei den Lichtfleck auf dem Schirm zu behalten, stellt man koaxial mit den zwei ersten Spulen $a - a'$ noch zwei neue ein und speist diese letzteren mit einem Gleichstrom von passender Stärke. Die durch das Feld dieser Spulen hervorgerufene Ablenkung beträgt zum Beispiel 500 mm. Nach einer Richtung wird die maximale resultierende Ablenkung des Strahles 1100 mm sein und man erhält das Ende der hellen Linie nicht mehr auf dem Schirm; nach der anderen Richtung wird die Länge dieser Linie (vom Zentrum bis zum anderen Ende) nur $600 - 500 = 100$ mm sein, so daß man dieses Ende und seine Verschiebungen beobachten kann.

3. Frequenzvergleichung.

Mit zwei Paar Spulen mit auf einander senkrechten Achsen kann man die Frequenzen zweier Ströme vergleichen.

Wenn die horizontalen Ablenkungen

$$x = A \sin(2\pi f t)$$

und die vertikalen

$$y = B \sin(2\pi f_1 t)$$

sind, so wird der Lichtfleck Lissajoussche Figuren beschreiben. In dem Falle der genauen Gleichheit der Frequenzen f und f_1 ist die beschriebene Figur eine Ellipse, oder eine Gerade, wenn keine Phasenverschiebung zwischen den beiden Strömen vorhanden ist.

Auf diese Weise kann man die Tourenzahlen zweier Wellen, die zum Beispiel genau gleich sein sollen, vergleichen; dafür braucht man zwei ganz kleine Synchronmaschinen (der Sinusinduktor von Kohlrausch eignet sich für diesen Zweck sehr gut), die je auf einer Welle sitzen.

Die Phase einer der EMKe kann man dabei durch Verschiebung des Stators regulieren, so daß man auf dem Schirm bei Gleichheit der Frequenzen eine Gerade erhält. Diese Methode der Frequenzvergleichung scheint sehr genau zu sein.

4. Andere Anwendungen.

Die beschriebene Methode der Wechselstrommessungen mit einer Kathodenröhre könnte erstens bei Untersuchungen verschiedener neuer Schaltungen und ihrer Arbeitsweise eine Anwendung finden; zum Beispiel bei Prüfung eines neuen Kollektor-Motors kann man sich sehr rasch ein anschauliches Bild machen, wie sein $\cos\varphi$ und andere Größen sich mit der Belastung ändern usw. Zweitens, kann die beschriebene Meßeinrichtung bei Demonstrationen gute Dienste leisten. Man kann zum Beispiel dem ganzen Auditorium anschaulich zeigen, welche Rolle bei der Arbeit einer Synchronmaschine ihre Erregung spielt — und viele andere Erscheinungen.

Dabei müssen die Spannungs- und Stromkurven sinusartige Form haben.

5. Berücksichtigung der Oberschwingungen.

Wenn in den Kurven Oberschwingungen enthalten sind, braucht man einen kleinen Hilfsgenerator mit sinusförmiger Spannung (zum Beispiel Sinusinduktor nach Kohlrausch), dessen Periodenzahl durch Einstellen eines Zahnradvorgeleges zwischen Hilfsgenerator und der Maschine (oder mit einem kleinen Synchronmotor, falls die Messungen weit von der Maschine ausgeführt werden) und dessen Phase durch Drehung des Stators verändert werden können, genau so, wie es bei der Methode von Des Coudres hinsichtlich der experimentellen Analyse von Wechselstromkurven erfolgt. Durch die MMKe zweier neuen Spulen, die horizontale Achsen haben und an den Hilfsgenerator angeschlossen sind, wird die Wirkung der Grundschwingung des elektrischen Feldes zwischen den Platten $c - c'$, kompensiert, indem man die Stromstärke in den neuen Spulen durch einen Widerstand und die Stromphase durch Drehung des Stators reguliert. Wenn die Kompensation erfolgt, so ist die Ablenkung des Strahles in der vertikalen Richtung minimal. Dann schaltet man beide Ströme aus und kompensiert auf dieselbe Weise die Wirkung der Grundschwingung des Stromes in den Spulen $a - a'$ durch zwei andere Spulen, die mit den Spulen $a - a'$ koaxial sind; dabei reguliert man aber die Phase nicht durch Drehen des Stators, sondern durch Einführung einer Selbstinduktion (oder Kapazität) und eines Widerstandes von passender Größe in diesen Stromzweig. Hierauf schaltet man den zu untersuchenden Strom aus und läßt die Hilfsströme die beiden Stromzweige durchfließen; sie erzeugen dann auf dem Schirm eine Ellipse, die den Grundschwingungen der Spannung und der Stromstärke des zu untersuchenden Stromes entspricht; dabei kann man — wie vorher — die Spannungs- und Stromkomponenten, $\cos\varphi$ und die Leistung auf dem Schirm ablesen.

Verändert man die Umdrehungszahl des Hilfsgenerators mittels des Zahnradvorgeleges, so kann man auf dieselbe Weise die höheren Schwingungen kompensieren und kann die entsprechenden Ellipsen erhalten.

Bei der Kompensation muß man aber dabei

Digitized by Google

nicht einfach die minimale Ablenkung des Strahles suchen, sondern die Veränderung des Kurvenbildes in einem rotierenden Spiegel beobachten.

Das ganze Verfahren erscheint somit als eine angenäherte Methode experimenteller Analyse von Wechselstromkurven, vielleicht etwas einfacher als die bekannten Methoden von Des Coudres und Pupin-Armagnat; die erste Methode erfordert ja ziemlich viele Rechnungen und die zweitgenannte — einen Oszillographen. Eine Braunsche Röhre mit einer passenden Influenz-Maschine und zwei kleinen synchronen Hilfsmaschinen zusammen ist aber gewiß nicht teurer als ein Doppeloszillograph.

Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkstrom.

Im Rahmen der „IV. Tagung der Internationalen Konferenz der Hochspannungsnetze in Paris" von Ende Juni d. J. wurde über Versuche berichtet, welche M. G. Viel[1]) zum Studium der Schutzwirkung geerdeter Drähte angestellt hat. Da das Gebiet der Schwachstrombeeinflussung theoretisch weitgehend geklärt ist, sind Mitteilungen über Messungsergebnisse zur Prüfung der Berechnungen jederzeit wichtig und willkommen.

Die ersten Versuche, über die hier berichtet werden soll, fanden an Betriebsfernsprechleitungen am Starkstromgestänge statt; der Abstand zwischen beiden Systemen betrug 2 bis 3 m, dazwischen liegende Schutzdrähte beliebigen Materials (Cu, Fe) senkten die im Fernsprechkreis induzierte Spannung, besonders wenn ihre Enden geerdet waren. Weitere Messungen fanden an einem Fernsprechdraht in 1·15 m senkrechtem Abstand von einem Hochspannungskabel statt, wobei sich die Schutzdrähte in wagerechten Ebenen in 70 cm Abstand vom Fernsprechdraht befanden. Die Spannungssenkung betrug, bezogen auf die Spannung bei Nichtvorhandensein von Schutzdrähten:

mit 1	geerdeten	Schutzdraht:	50 vH
„ 2	„	Schutzdrähten:	60 „
„ 3	„	„	65 „
„ 4	„	„	69 „

Ausführlichere Messungen benutzten folgende Leitungsanordnung: Eine Drehstromdoppelleitung (6 Cu-Leiter von 50 mm² Querschnitt) mit zwei senkrechten Leiterebenen von 1·3 m gegenseitigem Abstand besaß mit ihren untersten Phasen 6·5 m Bodenhöhe: die Leiter waren ebenfalls 1·3 m in senkrechter Richtung voneinander entfernt. Parallel dazu verlief eine Fernsprechdoppelleitung von 0·5 mm Schleifenbreite, 3 mm Drahtstärke und 6 m Bodenhöhe: der horizontale Abstand beider Systeme sei d. Auch die Schutzleiter waren 3 mm starke Cu-Drähte. Zur Spannungsmessung diente ein Quadranten-Elektrometer, die Frequenz betrug 50 Hertz. Die Ergebnisse waren folgende:

1 *a*) Influenz bei Einphasenerdschluß und isoliertem Nullpunkt. $d = 2$ m, V = verkettete Spannung. Die induzierte Spannung der parallel geschalteten Zweige der Fernsprechleitung betrug 0·117 V wenn die unterste, und 0·145 V wenn die oberste Phase geerdet und nur die nahe benachbarte Drehstromleitung unter Spannung war. Wurde auch die zweite Drehstromleitung eingeschaltet, so stiegen obige Spannungen um 22 vH. Für andere Werte von d wurden bei Erdschluß der obersten Phase folgende Höchstbeträge der Induktionsspannung festgestellt:

$d =$ 0·4 m	0·27 V
= 2 „	0·145 „
= 10 „	0·042 „

Die vorteilhafteste Lage eines Schutzdrahtes war diejenige in der Ebene der Fernsprechschleife dicht neben dieser und zwischen beiden Systemen, für den zweiten und dritten Schutzdraht in der Vertikalebene des ersten mit 20 bezw. 40 cm Abstand von ihm. Die obigen Spannungen sanken

bei einem	Schutzdraht	um	33 vH
„ zwei	„	drähten „	48 „
„ drei	„	„ „	53 „

[1]) Revue Générale de l'Electricité 1927, Bd. 22, Heft 7, S. 264.

Dabei scheint es auf den Abstand d nur wenig anzukommen. In der Praxis, wo $d > 2$ m, ist die Spannungssenkung der Länge des Schutzleiters proportional.

1 *b*) Influenz im normalen Betriebe: $d = 2$ m, Nullpunkt isoliert, kein Schutzdraht; höchste Induktionsspannung

0·015 V, wenn nur eine Leitung
0·018 V, wenn beide Leitungen

unter Spannung. Messungen bei verschiedenen Lagen des Schutzleiters lieferten keine eindeutigen Ergebnisse.

1 *c*) Influenz bei Nullpunktserdung und Erdschluß der höchstgelegenen Phase: Die Spannungswerte unter 1 *a*) sanken um 80 vH. Dieses Ergebnis ist bemerkenswert, da rechnungsmäßig nur 67 vH Senkung zu erwarten sind.

2. Magnetische Induktion. Rein qualitative Messungen zeigten eine merkliche Schwächung des Störgeräusches in einem Fernhörer, wenn ein Schutzdraht in Wirkung war. Verfasser hält nach den Ergebnissen seiner Messungen Schutzdrähte für ein wirksames, einfaches und billiges Mittel zur Erreichung des hier angestrebten Zweckes.

S. Mayeharra und E. Fukawo (Japan) legten einen Bericht[2]) über Messungen vor, welche sie an Näherungen von Starkstrom- und Fernmeldeleitungen in Japan veranstaltet haben, um eine Nachprüfung der von Shibusawa und andererseits vom VDE zur Berechnung der vom Magnetfelde des Starkstromes erzeugten Spannung in der Fernmeldeleitung aufgestellten Formeln vornehmen zu können.

Bezeichnet b den Leitungsabstand in m, V_1 die je km Näherungslänge von einem 50 periodigen Strom von 1 A in der Schwachstromleitung induzierte, nach Shibusawa berechnete Spannung und V_2 diejenige gemäß der Formel[3]) vom VDE, so erhält man folgende Auswertung beider Formeln:

$b = 20$	50	100	300	500	1000	2000	3000
$V_1 = 0{\cdot}415$	0·265	0·185	0·067	0·032	0·008	0·002	0·001
$V_2 = 0{\cdot}197$	0·124	0·088	0·051	0·039	0·028	—	—

Es wurden Messungen an verschiedenen Hochspannungsleitungen zwischen 66 und 134 kV bei 50 und 60 Hertz und Näherungslängen zwischen 42 und 220 km durchgeführt; die Erdungspunkte der Fernmeldeleitung lagen weit außerhalb der Parallelstrecke, die Messung geschah elektrostatisch, die induzierte Spannung lag je nachdem zwischen 2 bis 21·5 V/1A.

Als Hauptergebnisse werden genannt:

1. Die Induktionsspannung ist dem induzierenden Strom streng proportional, nicht dagegen seiner Frequenz; zum Beispiel verhielten sich die bei 40 und 50 Hertz gemessenen Spannungen wie 1 : 1·07. (An dieser Stelle wird auf die theoretischen Untersuchungen von R. Rüdenberg hingewiesen.)

2. Für eine bestimmte Strecke der Fernmeldeleitung variiert die Induktionsspannung bei konstanter Stromstärke mit der Länge des Starkstromleitungsabschnittes, welcher den Erdstromkreis schließt.

[2]) Revue Générale de l'Electricite 1927, Bd. 22, Heft 7, S. 266.

[3]) Diese ist nur für $b \leqq 1000$ m anwendbar.

Digitized by Google

3. Oszillogramme bestätigen die theoretisch bereits erwiesene Phasenabhängigkeit der Induktionsspannung vom gegenseitigen Leitungsabstand.

4. Die vom Erdschlußstrom herrührende Induktionsspannung kann halb so groß wie die vom Kurzschlußstrom erzeugte angenommen werden, wenn beide Leitungen gleich lang und durchweg parallel sind.

Die folgende Zahlentafel stellt die Messungen V den nach den vorerwähnten Formeln berechneten Werten gegenüber; leider sind für die einzelnen Versuche (Spalte 1) die näheren Versuchsbedingungen nicht mitgeteilt.

Versuch Nr.	V Volt	V_1 Volt	V_2 Volt	V/V_1	V/V_2
1	2·47	3·38	2·42	0·73	1·02
2	4·10	5·74	3·76	0·71	1·09
3	3·10	3·82	3·99	0·81	0·78
4	2·90	4·11	2·63	0·71	1·10
5	16·50	11·79	8·90	1·40	1·85
6	2·65	2·65	1·51	1·00	1·75
7	0·35	0·35	0·49	1·00	0·72
8	1·03	0·66	0·68	1·56	1·32
9	0·59	0·59	0·32	0·83	1·53
10	3·15	1·57	1·84	2·0	1·71
11	21·5	22·73	13·2	0·95	1·63
12	2·3	1·02	1·31	2·25	1·76
13	5·1	3·86	2·73	1·32	1·87
14	6·7	2·08	2·08	4·35	3·22
15	12·8	10·02	4·90	1·30	2·65
16	1·6	0·27	0·23	5·93	6·95
17	2·24	0·81	0·92	2·76	2·44
18	3·68	3·20	2·78	1·15	1·32

Man sieht, wie wenig die Vergleichswerte übereinstimmen. Mit Einführung eines mittleren, äquivalenten Abstandes

$$b = \frac{100}{\sum \frac{p_1}{b_1}},$$

worin p_1 die Länge geradliniger Abschnitte, ausgedrückt in vH der Gesamtlänge, und b_1 das arithmetische Mittel der beiden Endabstände jeder Strecke bedeuten, gelangen die Verfasser zu folgender empirischen Formel der Induktionsspannung bei Erdschluß:

$$V = K f I \sum \frac{l_1}{b_1}.$$

f ist die Frequenz, l_1 die Streckenlänge der Starkstromleitung in m und b_1 der gleichbleibende Abstand oder bei schrägen Näherungen $b = 0{\cdot}5\ (b_1 + b_2)$. Der Faktor K berücksichtigt die geologischen Verhältnisse; er ergab sich zu

$K = 0{\cdot}5\ .10^{-3}$ i. Osten der Japan. Alpen i. Gebirgsgelände
$= 0{\cdot}8\ .10^{-3}$ „ Westen „ „ „ „ „
$= 0{\cdot}25.10^{-3}$ „ Osten „ „ „ in der Ebene
$= 0{\cdot}4\ .10^{-3}$ „ Westen „ „ „ „ „ „

Der Bericht schließt mit der Feststellung, daß das Einhalten eines hinreichend großen Leitungsabstandes mit Rücksicht auf die geographischen Bedingungen oft unmöglich ist, daß aber trotzdem Schwierigkeiten nicht aufgetreten wären, wenn man die Abstände so groß als irgend möglich wählte, zuvor Messungen der voraussichtlich zu erwartenden Induktionsspannungen anstellte und schließlich den Erdungswiderstand des Nullpunktes zweckentsprechend bemaß.

Eggeling.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Neches-Kraftwerk bei Beaumont (Texas). Von H. R. Sharpless. Bei dem Bau dieses Werkes, das zur Stromversorgung von Südost-Texas und Südwest-Louisiana bestimmt ist und bis auf eine Maschinenleistung von 200 000 kW ausgebaut werden soll, ist die Richtschnur die Erzielung einer möglichst großen Betriebssicherheit gewesen. Als Brennstoff ist in erster Linie Erdgas von 8200 WE/m³ vorgesehen, das dem Werk mit rund 7 at Druck zugeleitet und vor dem Eintritt in die Brenner der Kessel auf etwa 0·7 at abgedrosselt wird. Daneben ist aber eine vollständige Ölfeuerungsanlage vorhanden und auch der Übergang auf Kohlenstaubfeuerung leicht möglich. Das Öl wird durch eine besondere Leitung unmittelbar von der Raffinerie zugeführt, erforderlichenfalls kann es aber auch Tankwagen entnommen werden. Es sind 4 Ölbehälter von je 100 000 l Fassungsraum vorhanden, die mit Dampf geheizt werden können. Auch die Leitungen zu den Kesseln werden geheizt und die Dampfzufuhr wird dabei zunächst so geregelt, daß die Viscosität des Öles die gleiche bleibt, und erst in zweiter Linie auf unveränderliche Öltemperatur. Zur Ölförderung von den Behältern zu den Kesseln dienen drei Schraubenpumpen, von denen eine von einer Dampfturbine, die beiden anderen von 440 V Schleifringmotoren mit veränderlicher Drehzahl angetrieben werden. Bemerkenswert sind bei der Ölförderungsanlage, wie überhaupt im ganzen Werk, die vielen Meß- und Anzeigevorrichtungen und die Einrichtungen zum Schutze gegen Feuersgefahr. Die beiden 1500 HP Babcock- & Wilcox-Kessel, die zunächst aufgestellt wurden, sind jeder mit 11 kombinierten Gas- und Ölbrennern in zwei Reihen übereinander ausgerüstet, der Übergang von einem Brennstoff zum anderen ist in wenigen Minuten möglich. Der Verbrennungsraum von 250 m³ hat wassergekühlte Wände und die Anlage hat sich bei etwa 3000 h Betrieb bei Durchschnittsbelastungen von 30 bis 35 kg Dampf je m² Kesselheizfläche und h (wie in den Ver. Staaten üblich, auf Normaldampf umgerechnet) und Höchstwerten von etwa 45 kg/m² bisher recht gut bewährt. Die Verbrennungsluft wird je Kessel von 2 Unterwindgebläsen von 850 m³/min Leistung geliefert, die von 50 PS, 2300 V Schleifringmotoren mit veränderlicher Drehzahl angetrieben werden. Durch die mechanische Kupplung der Kontroller für die beiden zu einem Kessel gehörenden Motoren können 61 verschiedene Drehzahlen erreicht werden. Gewöhnlich geschieht die Einstellung der Drehzahl der Gebläsemotoren und der Rauchschieber durch selbsttätige Regler, der Heizer hat nur noch die Brennstoffzufuhr entsprechend der Dampfleistung einzustellen. Für später ist aber auch hiefür selbsttätige Regelung vorgesehen. Die Regler können mit einem einzigen Schaltgriff außer Wirksamkeit gesetzt werden. Bei der Handregelung werden die Motoren und die Betätigungseinrichtungen für die Rauchschieber mittels Druckknöpfen gesteuert. Auch die Gas- und Ölabsperrventile werden durch Elektromotoren betätigt und bei Unterschreiten eines bestimmten Gas- oder Öldruckes selbsttätig geschlossen, außerdem aber auch, wenn die Gebläsemotoren keinen Strom erhalten. Die Kessel liefern überhitzten Dampf von 28 atü und 370° C. Luftvorwärmer und Saugzugeinrichtungen werden jetzt eingebaut. Der einzige bisher aufgestellte Maschinensatz besteht aus einer Westinghouseturbine für 24·6 atü und 370° C, die mit einem 25 000 kVA, 13 200 V, 1800 U/min Drehstromerzeuger und einem 1250 kVA, 2300 V Hilfsstromerzeuger samt zugehörigen Erregermaschine unmittelbar gekuppelt ist. Die Turbine

Digitized by Google

kann an 4 Stellen bei Drücken von 10, 4·2, 1·1 und 0·275 at angezapft werden. Alle Stromerzeuger sind mit Umlaufluftkühlung ausgerüstet. Die zwei Turbinenkondensatoren haben je 3150 m² Kühlfläche und können jeder 95 000 kg Dampf je h bei 0·04 atü niederschlagen, wobei rund 165 000 l Kühlwasser von 21° C erforderlich sind. Das Kühlwasser wird von zwei Zentrifugalpumpen von je 100 000 l/min Leistung geliefert. Zu deren Antrieb dienen 200 PS Schleifringmotoren. Die nichtkondensierbaren Dämpfe und Gase werden durch zweistufige Dampfstrahlejektoren entfernt. Von den drei Kesselspeisepumpen werden zwei durch 2300 V Schleifringmotoren angetrieben, die dritte von einer Auspuffdampfturbine. Da das Speisewasser in geschlossenem Kreislauf durch die Anlage fließt, müssen täglich nur etwa 15 000 l Wasser ersetzt werden, die durch einen zweistufigen Verdampfer geliefert werden. Zur Entlüftung des Speisewassers dient eine Anlage von 135 000 kg stündlicher Leistung, die ein praktisch vollkommen sauerstoffreies Wasser gibt. Besondere Vorkehrungen sind auch getroffen, um jederzeit Erregerstrom zur Verfügung zu haben. Für gewöhnlich wird zur Erzeugung des Erregerstromes ein von einem 2300 V Induktionsmotor angetriebener 250 V Gleichstromerzeuger verwendet. Eine weitere Gleichstrommaschine ist mit einem 300 PS 2300 V Induktionsmotor und einer gleich starken Auspuffturbine gekuppelt. Der 2300 V Generator verfügt, wie erwähnt, über eine eigene Erregermaschine, erforderlichenfalls kann aber auch dessen Erregerstrom den Hauptmaschinen-Erregerstromsammelschienen entnommen werden. Ein Durchgehen der Erregersätze wird durch Rückstromrelais und überdies durch Zentrifugalschalter verhindert. 2300 V Strom für den Werksbedarf kann auch noch durch einen 2250 kVA 13 200/2300 V Transformator geliefert werden, der von den Hauptsammelschienen gespeist wird. Die Schaltanlage für die 2300 V Hilfsantriebe ist so eingerichtet, daß jedenfalls eine der beiden 2300 V Stromquellen zur Verfügung steht. Alle Hauptschalter und etwa die Hälfte der 2300 V Hilfsantriebe werden ferngesteuert. Alle 2300 V Induktionsmotoren, ausgenommen die Antriebsmotoren für die Erregerstromerzeuger, werden mit voller Spannung angelassen, ebenso alle 440 V Induktionsmotoren. Die 2300 V Schleifringmotoren werden in üblicher Weise angelassen, doch wird bei Ausbleiben der Spannung während des Laufes ein Teil des Anlaßwiderstandes selbsttätig eingeschaltet und, wenn die Normalspannung wieder erreicht ist, wieder kurzgeschlossen.

J.

(El. World, Bd. 90. Nr. 11, 1927.)

Das Speicherkraftwerk Reutlingen ist nach J. Hallinger, München, an ein Neckarlaufwerk mit 6 bis 25 m³/s angeschlossen, das bei 6·8 m Gefälle 400 bis 1800 PS in zwei 950 PS Doppelzwillingsturbinen mit Hebereinbau bei 300 U/min erzeugt. Die Hochdruckspeicherung erfolgt über eine 540 m lange, 1000/800 mm weite Eisenleitung in ein 120 m über Maschinenhausfußboden liegendes Speicherbecken mit 300 000 m³ Inhalt für Wochenspeicherung, für welches die Füllung der Unterlieger halber aus einem eigenen Tiefbecken mit 40 000 m³ Inhalt für Tagesausgleich, der Rest aus dem Neckar, genommen wird. Ein Hochdruckmaschinensatz, bestehend aus einer 1500 PS Speicherpumpe, einer 2000 PS Spiralturbine und Motorgenerator gestattet die Speicherung bei großem Kraftüberschuß und mit Fremdstrom, während bei kleinem Kraftüberschuß eine 800 PS Speicherpumpe über Stirnradgetriebe von einer Turbine des Laufwerkes unmittelbar angetrieben wird. Beide Pumpen besitzen verstellbare Leitschaufeln, sie fördern bei 1000 U/min je 665 bezw. 350 l/s auf 135 m Höhe. Die Speicheranlage erhöht die Jahreserzeugung von 4 auf 6·5 Mill. kWh[1]).

(Wasserkr. u. Wasserwirtsch., 22. Jahrg., Heft 17, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 797, 870.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Einfluß der Abwärmeverwertung auf die Krafterzeugungskosten. Von Ing. P. Grondorf. Auf Grund von Dampfverbrauchsschätzungen wird bei kombinierten Kraft- und Wärmeanlagen in der Regel angenommen, daß eine solche Anlage wirtschaftlicher ist, als wenn der Kraftbedarf durch Fremdstrom gedeckt wird. Genaue Messungen des Dampfverbrauches der Kraftmaschinen und des Abdampfbedarfes ergeben jedoch zunächst ein anderes Bild über das Verhältnis der beiden genannten Dampfmengen, als man gewöhnlich annimmt. Der Dampfverbrauch der Kraftanlage bleibt nach einer durch das Einlaufen der angetriebenen Maschinen bedingten Spitze während des ganzen ferneren Betriebes ziemlich gleich, der Abdampfbedarf nimmt, wenn einmal die Dampfverbraucher auf die erforderliche Temperatur gebracht sind, langsam ab, weil nur mehr die Wärmeverluste zu ersetzen sind. Zeitweise ist der Abdampfbedarf größer als der Kraftmaschinendampfbedarf, so daß für die Dampfverbraucher Frischdampf zugeführt werden muß. (Es ist angenommen, daß kein Dampfspeicher zwischen Kraft- und Wärmeanlage eingebaut ist. Der Ber.) Dabei ist aber oft schon im Winter und in viel größerem Maße noch im Sommer der gesamte Abdampfverbrauch kleiner als der Maschinendampfverbrauch. Es soll daher in jedem einzelnen Falle auf Grund genauer Dampfmessungen eine Wirtschaftlichkeitsberechnung angestellt werden. In dieser Beziehung ist ein vom Verfasser durchgerechnetes Beispiel lehrreich: In einer Spinnerei mit Färberei soll mit Rücksicht auf die geplanten Erweiterungen der Anlage und das Alter der bestehenden Kraftanlage eine 350 PS Dampfmaschine samt Stromerzeuger und eine Kesselanlage für 13 atü und 350° von 4000 kg/h Dampfleistung aufgestellt werden, da der Höchstdampfbedarf der Kraftwärmeanlage 1600 kg/h und jener der Färberei 2400 kg/h beträgt, bezw. 350 000 und 510 000 kg im Monatsdurchschnitt. Diese Neuanlage kostet 116 000 M, der Wärmepreis ist 0·40 M je 100 000 kcal. Unter Berücksichtigung der Erzeugungsverhältnisse kann der Wert der nutzbar verwendeten Abwärme im Winter mit 700 Mk., im Sommer mit 308 Mk. und im Jahresdurchschnitte mit 504 Mk. je Monat, das sind 57·2, 25·2 und 41·2 vH der bei 225 Arbeitsstunden im Monat mit 1225 Mk. berechneten Brennstoffkosten veranschlagt werden. Die gesamten Kraftkosten im Monat (außer den Brennstoffkosten noch jene für Öl und Putzwolle, Reparaturen, Versicherungen usw., Bedienung, Kapitalskosten und schließlich 10 vH der Kohlenkosten des Färbereibetriebes, da auch für die Färberei überhitzter Dampf benötigt wird) betragen 3464 Mk. Bei einem Monatsdurchschnittsstrombedarf von 43 000 kWh ergibt sich ein Preis für die kWh bei der Neuanlage von $\frac{3464 - 700}{43\,000} \times 100 = 6{\cdot}44$ Pf. im Winter, bezw. 7·33 Pf. im Sommer und 6·88 Pf. im Durchschnitt. Zu den errechneten Kosten der Kraftwärmeanlage kommen aber noch die Kosten des Dampfes für die Färberei und im Winter ein Zuschlag von 18 vH der Kohlenkosten des Kraftbetriebes für Anheizen und Kraftbetriebsstillstände. Vergleicht man nun die gesamten Kosten des Kraft- und Wärmebetriebes mit jenen, die erforderlich sind, wenn die vorhandene Anlage zur Nutzdampferzeugung weiter verwendet und Fremdstrom zum Preise von 6 Pf./kWh bezogen wird, so sind diese Kosten in beiden Fällen etwa die gleichen. Damit ist aber keineswegs erwiesen, daß beide Anlagen gleich wirtschaftlich arbeiten, denn der Fremdstrombezieher kann das Kapital, das für die neue Anlage erforderlich wäre, zur Vermehrung seiner Erzeugungsmaschinen verwenden und wird hiedurch sicherlich ganz bedeutende Vorteile bei seiner Erzeugung erzielen. Wenn selbstverständlich die Ergebnisse der angestellten Berechnungen bei anderen Betriebsverhältnissen andere sein werden, insbesondere bei hohem Kesseldruck oder bei Zwischendampfentnahme, so gibt doch schon das vorstehende Beispiel einen Fingerzeig für die Überlandwerke, wo die Bemühungen einzusetzen

Digitized by Google

haben, um auch Betriebe der besprochenen Art als Abnehmer zu gewinnen.

(ETZ. 48. Jg., Heft 41, 1927.)

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Erweiterte Geschwindigkeitsgleichungen der Vollstrahlturbinen[1]) werden von Prof. Baudisch, Wien, entwickelt. Ist $\eta = 1 - \varrho - \frac{c_3^2}{2gH}$ der hydraulische Wirkungsgrad einer Turbine, so gilt für dieselbe im Falle drallosen Wasseraustrittes aus dem Laufrade mit ηH als Geschwindigkeit erzeugendem Gefälle die Gleichung

$$\eta = \frac{1}{g} c_1 u_1 \cos \alpha_1 \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

Die absolute Laufradaustrittsgeschwindigkeit c_3 wird im Saugrohr auf c_3 ermäßigt; der damit verbundene Rückgewinn kann sowohl auf statischem, als auch auf dynamischem Wege erfolgen. Wird von der pro kg Wasser zurückzugewinnenden Energiemenge $\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g}$ der Teil $s\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g}$ auf statischem Wege, der Rest $(1-s)\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g}$ auf dynamischem Wege zurückgewonnen, so wird erstere Energiemenge hinter dem Laufrade vernichtet, um vor demselben in statische Pressung verwandelt zu werden; sie muß daher vom ursprünglichen Geschwindigkeit erzeugenden Gefälle ηH in Abzug gebracht werden, im Gegensatz zur Energiemenge $(1-s)\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g}$, welche das ursprüngliche Geschwindigkeit erzeugende Gefälle ηH vermehrt. Das gesamte Geschwindigkeit erzeugende Gefälle beträgt somit

$$\varphi H = \eta H - s\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g} + (1-s)\frac{c_3^2 - c_3^2}{2g} \quad . (2).$$

Gleichung (1) geht hiedurch in

$$\varphi H = \frac{1}{g} c_1 u_1 \cos \alpha_1 \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

über. Eine Vereinigung mit der Beziehung

$$c_1 : u_1 : w_1 = \sin \beta_1 : \sin(\alpha_1 + \beta_1) : \sin \alpha_1 \quad \ldots (4)$$

führt zu den erweiterten Geschwindigkeitsgleichungen der Vollstrahlturbinen mit drallosem Wasseraustritte aus dem Laufrade

$$\left.\begin{aligned} c_1 &= \sqrt{g\varphi H}\sqrt{\frac{\sin \beta_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)\cos \alpha_1}} \\ u_1 &= \sqrt{g\varphi H}\sqrt{\frac{\sin(\alpha_1+\beta_1)}{\sin \beta_1 \cos \alpha_1}} \\ w_1 &= \sqrt{g\varphi H}\sqrt{\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)\sin \beta_1}} \end{aligned}\right\} \quad . (5).$$

Für $s = 0$, also für rein dynamischen Rückgewinn ergibt sich

$$\varphi_{max} = \eta + \frac{c_3^2 - c_3^2}{2gH},$$

für $s = 0{\cdot}5$ erhält man $\varphi_m = \eta$, für $s = 1$, also für rein statischen Rückgewinn ergibt sich

$$\varphi_{min} = \eta - \frac{c_3^2 - c_3^2}{2gH}.$$

φ_{min} kann unter Umständen sehr klein werden, ja sogar den Wert 0 annehmen. Dies ist der Fall, wenn einerseits $\alpha_1 = 90°$, wenn andererseits

$$c_3 = \sqrt{\frac{2gH(1-\varrho) + c_3^2}{2}}.$$

(Die Wasserwirtschaft, 20. Jahrg. Heft 22, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 289, 491; 1925, S. 262; 1927, S. 168.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Entwurf von Reaktanzen und Transformatoren, die Gleichstrom führen. C. R. Hanna gibt eine Methode für den Entwurf von Reaktanzen an, die von Gleichstrom durchflossen werden und eine bestimmte Induktanz zum Abdrosseln von überlagerten Wechselströmen haben sollen. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei die Größe des Luftspaltes, worüber bisher Berechnungsmethoden überhaupt gefehlt haben und es nur durch Probieren, bezw. Durchrechnen verschiedener Annahmen möglich war, den annähernd richtigen Wert zu finden. Die Berechnung setzt die genaue Kenntnis der Permeabilität des betreffenden Materials für den Eisenkern voraus, und zwar wird benötigt die Größe für Gleichstrommagnetisierung (μ) und die der zusätzlichen Permeabilität $\left(\mu_\Delta = \frac{\Delta B}{\Delta H}\right)$ für den überlagerten Wechselstrom.[1]) Der Wechselstrom darf bei Anwendung der dargelegten Methode nur vergleichsweise klein sein, um genaue Resultate zu erlangen. Der Verfasser leitet, von den magnetischen Grundgleichungen ausgehend, zwei Gleichungen ab, die eine Gleichung ersetzen und bei denen die Induktion B als Parameter erscheint.

$$\frac{LJ^2}{V} = \frac{B^2\left(\frac{1}{\mu} + \frac{a}{l}\right)^2 \times 10^{-8}}{0{\cdot}4\,\pi\left(\frac{1}{\mu_\Delta} + \frac{a}{l}\right)}$$

$$\frac{NJ}{l} = \frac{B}{0{\cdot}4\,\pi\left(\frac{1}{\mu} \times \frac{a}{l}\right)}$$

Dabei bedeutet: L die Selbstinduktion für den Wechselstrom, J den Gleichstrom, V das Eisenvolumen der Reaktanz, a die Größe des Luftspaltes (cm), l die Länge des Eisenpfades der Kraftlinien (cm) und N die Windungszahl. Die beiden Gleichungen geben zusammen für einen bestimmten Wert von $\frac{a}{l}$ je eine Kurve, wenn als Koordinaten $\frac{N.J}{l}$ und $\frac{LJ^2}{V}$ gewählt werden. Die aus diesen Kurven gebildete Kurvenschar besitzt eine Enveloppe, und zwar stellt der Berührungspunkt einer Kurve mit der Einhüllenden den jeweils günstigsten Wert der ganzen einzelnen Kurve dar, da dort für ein angenommenes Verhältnis $\frac{a}{l}$ und einen sich ergebenden Wert für die AW pro Länge des Eisenpfades $\left(\frac{NJ}{l}\right)$ die größte Selbstinduktion erreicht wird. Diese Erkenntnis läßt sich praktisch so verwerten, daß die Enveloppe zum Entwurf benützt wird und diese eine Skala für das Verhältnis $\frac{a}{l}$ erhält. Damit gestaltet sich aber der Entwurf solcher Reaktanzen sehr einfach. Die Dimensionen des Eisenkörpers, damit auch V und l müssen angenommen werden; J ist gegeben, ebenso muß L vorgeschrieben sein. Mit Hilfe der Kurve kann N bestimmt werden und auch $\frac{a}{l}$ direkt abgelesen werden. Wenn die Windungszahl N nicht mehr unterzubringen ist oder aber die Spule den Raum nicht ausnützen würde, so ist eine andere Annahme für den Eisenkern zu treffen. Die oben dargelegte grundlegende Kurve kann auch experimentell aufgenommen werden durch Messung der Selbstinduktion einer von Gleichstrom mit überlagertem Wechselstrom durchflossenen Eiseninduktivität, deren Luftspalt verändert werden kann. Für jede Größe des Luftspaltes ergibt sich je eine Kurve, deren Enveloppe sofort erhalten wird. Die angegebene Methode hat sich als recht genau erwiesen.

B. G.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 7, Febr. 1927.)

[1]) Siehe auch T. Spooner, Physical Review, Febr. 1925.

Digitized by Google

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten von Überspannungsschutzapparaten gegenüber Wanderwellen beschreibt E. M. K. Sommer unter Beschränkung auf 1. den Glimmschutz der Dr. Paul Meyer A. G.; 2. den Oxydfilm-(OF-)Ableiter der General Electric Co. und 3. den Ventilableiter (Autovalve Arrester) der Westinghouse Co. Der Glimmschutz[1]) besteht wie bekannt aus zwei Elektroden, die aus parallelen Blechstreifen (Rechen) zusammengesetzt und durch zwei mit ihren Böden aneinanderliegenden Glasschalen sowie einen Luftzwischenraum von einander getrennt sind. Der OF-Ableiter[2]) wird aus einzelnen scheibenförmigen Elementen aufgebaut, die aus einem Porzellanring mit peripherischer Nut und oben sowie unten aufliegenden Dichtungsringen bestehen. Das Innere des Porzellanringes wird mit einem braunen Pulver aus Bleioxyden ausgefüllt und durch zwei über die Ränder des Ringes übergebörtelte Blechkappen verschlossen. Durch die Füllmasse wird nach dem bei einer gewissen Spannung eintretenden Funkenübergang die Isolation für geringere Spannungen wieder hergestellt. Bei einem solchen Ableiter für 25 bis 37 kV Drehstrom lagen zwischen zwei Phasen oder einer Phase und Erde je 154 Elemente; zwischen jeder Phase und dem zugehörigen Ableiterstapel lag ferner noch eine auf etwa 37 kV eingestellte Funkenstrecke. Der Westinghouse-Ableiter[3]) wird ebenfalls aus scheibenförmigen Elementen zusammengesetzt. Diese bestehen aus einem zylindrischen Porzellankörper mit 8, der Achse parallelen zylindrischen Bohrungen, in die Mehrfachfunkenstrecken aus je 18 durch Glimmerringe getrennten Metallscheiben eingebaut werden. Die Grundflächen des Porzellankörpers werden wieder durch überbörtelte Blechscheiben verschlossen. Ein Ableiter für 37 kV Drehstrom enthält zwischen zwei Phasen je 16 Elemente und zwei auf etwas über 37 kV eingestellte Funkenstrecken; zwischen je einer Phase und Erde liegen eine Funkenstrecke, acht Elemente und eine Parallelschaltung von drei Säulen zu je 5 Elementen. Die Versuche, die größtenteils nach der Binderschen Schleifenmethode durchgeführt wurden,[4]) ergaben für alle drei Schutzvorrichtungen in betriebsmäßiger Schaltung keine Erniedrigung der schließenden Wellenhöhe, sondern nur eine Abflachung der Wellenstirn. Die Abflachung beginnt ersichtlich schon, bevor die Welle ihre größte Steilheit erreicht hat, ist anfänglich gering und erreicht in der oberen Hälfte der Wellenstirn ein Maximum. Die Untersuchung erstreckte sich beim Glimmschutz auf Rechenabstände von 8, 18 und 28 mm. Es ergaben sich folgende Schleifenspannungen in kV:

Wellenhöhe in kV:	82			75			51		
Schleifenlänge in m:	2	24	49	2	24	49	2	24	49
Rechenabstände in mm: ∞	130	738	818	104	640	720	90	464	490
28	120	688	784	102	624	702	—	—	—
18	110	592	750	99	600	670	—	—	—
8	90	450	720	78	416	636	78	328	474

Die erste Horizontalreihe stellt die Steilheit der ursprünglichen Welle dar. Wie man sieht, wächst die prozentuelle Wirkung mit der Wellenhöhe; sie beträgt bei einer Wellenhöhe von 82 kV und 18 mm Elektrodenabstand etwa 20 vH und wird erst bei einem geringeren als dem betriebsmäßigen Abstand von 17 mm beträchtlicher. (Bei dem einfachen Aufbau des Apparates könnte aber ohne wesentlichen Kostenaufwand durch Parallelschaltung mehrerer Einheiten eine erhebliche Verbesserung der Wirkung erzielt werden, was bei den beiden anderen Ableitertypen wegen des verwickelteren Aufbaues mit viel höheren Kosten verbunden wäre. Der Ber.). Die Wirkung des Glimmschutzes wird auf die Erhöhung der Kapazität zurückgeführt, die infolge der wachsenden Ionisierung der Luft an der Oberfläche der Glasglocken eintritt. Durch weitere Versuche mit einer etwas abgeänderten Schaltung wurde ferner festgestellt, daß sich die prozentuelle Wirkung durch Überlagerung einer Betriebsspannung von 30 kV bei 50 Per/s nicht wesentlich ändert. Die beiden anderen Ableiter (OF- und Ventil-Ableiter) setzen im Prinzipe auch die Wellenhöhe herab, da sie eine ausgesprochene Ventilwirkung besitzen. Allerdings tritt diese Wirkung wegen der großen Zahl der betriebsmäßig in Reihe geschalteten Elemente beim OF-Ableiter für 37 kV erst bei 193 kV; beim Ventilableiter für die gleiche Betriebsspannung erst bei 117 kV Überspannung, also erst bei einer Überspannung vom 6- oder 3-fachen der Betriebsspannung auf, so daß ihr praktischer Wert sehr fraglich ist. Durch die vorgeschalteten Funkenstrecken wird die Verminderung der maximalen Steilheit, das ist der bei 2 m Schleifenlänge gemessenen, verschwindend gering. In der oberen Hälfte der Wellenstirn wächst die Abflachung beim betriebsmäßigen OF-Ableiter ebenfalls nur bis auf 20 vH, wie beim Glimmschutz; beim Ventilableiter tritt überhaupt keine nennenswerte Abflachung ein. Der Verfasser nimmt dessenungeachtet an, daß man bei den beiden amerikanischen Typen wegen der wenigstens im Prinzipe vorhandenen Ventilwirkung sicherlich auf dem richtigen Wege sei, wenn es im Laufe der Zeit gelänge, die Zahl der Zellen zu verringern. R. H.

(Arch. f. Elektr., Bd. 18, H. 4, 1927).

Prüfung von Gummihandschuhen. Die Duquesne Light Co. verwendet für die Prüfung ihrer Gummihandschuhe einen Schrank, in dem gleichzeitig sechs Handschuhe geprüft werden können. Hinter der Rückenwand stehen sechs Einphasentransformatoren 110/11 000 V, die zur Regelung der Spannung noch mit einem Spartransformator in Verbindung stehen. Ein Ende derselben liegt an Erde, das andere führt durch die Wand über einen kleinen Selbstschalter nach vorn zu einer Kette, die in den mit Wasser gefüllten, in einer kupfernen Tasche befindlichen Handschuh eingehängt wird. Schlägt der Handschuh durch, so öffnet sich der Selbstschalter und eine grüne Lampe leuchtet auf. Die Prüfungsdauer wird durch eine Schaltuhr begrenzt. Der Kasten ist nach vorne durch ein Gitter abgeschlossen, das nur dann aufgezogen werden kann, wenn ein Hauptschalter für alle Transformatoren geöffnet ist, was durch eine Lampe angezeigt wird. Der durch den Prüfling durchgehende Strom wird durch ein, wegen des möglichen Durchschlages besonders stark gebautes Milliamperemeter gemessen, das bei einem zu prüfenden Handschuh von 20 mA auf 5 A, bei sechs zu prüfenden von 200 mA auf 5 A übersetzt. Es wird ein Durchgangsstrom von 10 mA je Handschuh zugelassen. Die geprüften Stücke werden mit warmer Luft getrocknet, in Seifenpulver eingelegt und in einer Hanfhülle verpackt, nachdem sie noch einen Prüfstempel erhalten haben. Vor Vornahme der Prüfung werden sie von einer matten Lampe zur Feststellung von groben Fehlern durchleuchtet. Auf diese Weise werden monatlich 1200 Paar Handschuhe geprüft. V. H.

(Electrical World, Bd. 90, Heft 12, Sept. 1927).

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Ein Versuchskessel mit elektrischer Heizung für 120 at Betriebsdruck, der in erster Linie bei den Versuchen zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes bis zum angegebenen Drucke dienen soll, ist nach einer Mitteilung von E. Rauch und W. Koch in der „ZVDI", Nr. 30 von 1927, im Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München aufgestellt worden. Um bei nicht zu hohen Anschaffungs- und Betriebskosten einen Kessel zu erhalten, der bei Dampfentnahme den Druck

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 85; 1924, S. 205, 575; 1927, S. 28, 176.
[2]) Vgl. E. u. M. 1918, S. 463, 538; 1924, S. 25, 393.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 515.
[4]) Vergl. E. u. M. 1927, S. 629.

Digitized by Google

möglichst unverändert hält, aber für einen weiteren Versuch eine rasche Umstellung des Druckes ermöglicht, wurde ein einfacher Zylinderkessel mit eingebauter elektrischer Heizung gewählt. Der Kesselkörper besteht aus einer nahtlosen, aus einem Stück geschmiedeten und an beiden Seiten zugekümpelten Trommel von 915 mm Außendurchmesser, 1750 mm Höhe, 70 mm Wand und 110 mm Bodenstärke aus Flußstahl von etwa 46 kg/mm² Festigkeit und 25 bis 25 vH Dehnung. Der Kessel faßt bei normaler Füllung etwa 0·6 m³ Wasser, er ist mit einer 120 mm dicken Schichte von Isoliersteinen verkleidet und ruht auf einem Trägergestell, mit dem er gemeinsam an beliebiger Stelle aufgestellt werden kann. Dem Kessel können durch 16 Patronenheizkörper je 1·2 kW, zusammen demnach 19·2 kW zugeführt werden. Jede Patrone ist in einem besonderen quer zur Kesselachse liegenden, in die Kesselwand eingewalzten und an dem innerhalb des Kessels liegenden Ende geschlossenen Siederohr von 34 mm l. W. untergebracht und füllt das Rohr zur Erzielung eines guten Wärmeüberganges satt aus. Alle Patronen können auch während des Betriebes ausgewechselt werden, sie sind nicht in Berührung mit dem Kessel und auch nicht dem Kesseldruck ausgesetzt. Die Patronen werden mit 220 V Gleichstrom gespeist, zur Erzielung einer weitgehenden Regelbarkeit sind je vier Patronen zu einer Gruppe zusammengefaßt, deren Stromaufnahme vom Schaltbrett aus in drei Stufen verändert werden kann, außerdem kann zur Feineinstellung durch einen Schiebewiderstand auch die Stromaufnahme einer Stufe der einen Gruppe vermindert werden. Zur Kesselspeisung dient eine einfachwirkende, elektrisch angetriebene Tauchkolbenpumpe mit 15 mm Zylinderdurchmesser und 60 mm Hub, sowie 50 l/h Leistung bei 80 U/min. Zur Einstellung der Fördermenge wird in erster Linie die Drehzahl des Motors verändert, der zur Erzielung eines völlig mäßigen Ganges an eine Akkumulatorenbatterie angeschlossen werden kann. Zur Feineinstellung der Pumpenleistung dient ein Umlaufnadelventil. Zwischen dem Kessel und der Pumpe ist ein elektrisch beheizter Speisewasservorwärmer eingebaut, so daß man dem Kessel nötigenfalls auch mehr Dampf entnehmen kann, als mit der elektrischen Heizung allein erzeugt werden kann. J.

Patentbericht.

(Fortsetzung aus Heft 2. Seite 56.)

Quecksilberdampfgleichrichter.

Dichtung.

Gemäß einer Erfindung von Dr. E. Weintraub in Neuilly wird die Verbindung der Metallflächen durch eine Glas- (Glasur-) Schicht bewirkt, die annähernd den gleichen Ausdehnungskoeffizienten besitzt wie das Metall, wobei das Haften der Metallflächen am Glas durch Zusammenpressen bei der Erweichungstemperatur des Glases erzielt wird. Eine oder beide Flächen, zum Beispiel Eisenplättchen, werden mit einer Glasur (Emaille) überzogen, deren Ausdehnungskoeffizient annähernd der gleiche ist wie der des Metalls, dann mit dem Glasurüberzug übereinandergelegt und dieser zweckmäßig unter gleichzeitigem Zusammenpressen durch Erwärmung erweicht. Bei Stücken aus Wolfram, Molybdän usw., überzieht man die Oberfläche der Platte, der Halbkugel, des Zylinders, Kegels usw., mit schwer schmelzbarem Glas, zum Beispiel Pyrex, von entsprechendem Ausdehnungskoeffizienten. Sollen die beiden Metalloberflächen vakuumdicht gegen Hochspannung isoliert sein, so wird unter Umständen die durch das Zusammenfließen der beiden Glasurschichten erzielte Isolierung nicht genügen, da die Dicke einer Emailleschicht auf Stahlblech 1 bis 1·5 mm nicht wesentlich übersteigt. Man kann nun die Dicke der Glasurschicht dadurch erhöhen, daß man ein Glas- oder Emaillenplättchen auf die Glasurschicht auflegt und unter Druck damit verschweißt. Auf diese Weise kann man den Emailleüberzug jeder Platte auf eine Dicke von mehrereren Millimetern bringen, ohne ihn zerbrechlich zu machen. (D. R. P. Nr. 424187.)

Es ist bekannt, daß bei Quecksilberdampfgleichrichtern mit Metallgefäß weiche Zwischenlagen verwendet werden, um Elektrodeneinführungen, Gefäßdeckel, Rohranschlüsse und dergleichen gegen das im Gefäßinneren herrschende Hochvakuum zu dichten. Alle bisher bekannten Zwischenlagen haben jedoch irgendwelche Nachteile. Blei muß gegen die Quecksilberdämpfe durch vorgelagerte Dichtungsringe aus Aluminium geschützt werden. Gummi wird mit der Zeit bei Temperaturen von 40 bis 80° spröde, gibt Gase ab und dichtet nicht mehr gut. Mit Bakelit getränktes Asbestgewebe wird in der Wärme hart und spröde, verzieht sich auch leicht. Andere Dichtungen sind umständlich, erfordern teure bauliche Anordnungen oder eine besondere Wartung im Betriebe. Das von der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie angegebene Dichtungsmaterial besteht aus einem an sich bekannten, porösen, schmiegsamen Stoff, der erfindungsgemäß in einem überwiegend aus Leinöl bestehenden Lack getaucht ist, der bekanntlich auch nach jahrelanger Erwärmung bis 70° C nie ganz trocknet. Die Oberfläche des Lackes wird in einem Ofen bei 100 bis 120° C getrocknet; sie oxydiert durch den Trocknungsprozeß an der Luft und verhindert so, daß der Kern der Lackschicht austrocknet. Die Dichtung bleibt also immer weich und plastisch und dichtet, ohne daß es nötig wäre, eine flüssige Dichtungsmasse, wie Öl, Lack, Picein, Quecksilber usw. vorzulagern. Als poröser Stoff kommt Leinen, Baumwolle, Seide oder auch ein Filz aus diesen Stoffen oder aus Asbest oder Papiermasse in Frage. Da im Laufe der Zeit irgend welche flüchtigen Bestandteile des Leinöllackes in den Vakuumraum gelangen können, lagert man auf der Vakuumseite der Dichtung einen federnden Metallring vor.

(D. R. P. Nr. 438639.)

Die gegen das Gefäß des Gleichrichters isolierten Einführungsbolzen der Anoden pflegt man federnd gegen die Stirnseite des Einführungsisolators abzustützen, damit sie den Ausdehnungen infolge von Erwärmungen folgen können. Werden die Federn, wie bisher, an der Außenseite der Einführungsstelle angeordnet, so muß die erhebliche Reibung der Quecksilberdichtung bei der Bewegung des Anodenbolzens mit überwunden werden. Dieser Nachteil wird durch eine Erfindung der vorgenannten Firma überwunden (Abb. 5). Der Absatz *b* der Anode *a* ist in den Durchführungsbolzen *k* eingeschraubt. Gegen die obere Stirnseite des Einführungsisolators *c* wird die Mutter des Bolzens *k* gepreßt. Die Abdichtung des unwirksamen Raumes *g* gegen den wirksamen, von Quecksilberdampf erfüllten Vakuumraum *h*, der durch die Gefäßwandung *m* von der Außenluft getrennt wird, erfolgt durch eine Dichtungshülse *d*. Der Isolator *c* ist gegen die metallische Hülse *d* geschliffen, und zwar an seiner Stirnseite. Ferner ist die Hülse *d* an den Stellen *i* genau passend in der Eindrehung der Anode *a* geführt, damit auch hier kein Quecksilberdampf eindringen kann. In dieser dem Isolator zugekehrten Eindrehung ist die Feder *e* untergebracht, durch welche die Dichtungshülse *d* gegen ihre Dichtungsfläche am Isolator *c* gepreßt wird. Die Anode ragt mit einer kolbenartigen Verdickung *f* in den Hohlraum des Isolators *c* hinein, so daß nur ein enger Spalt zwischen *c* und *f* verbleibt, der nach Art einer Labyrinthdichtung wirkt.

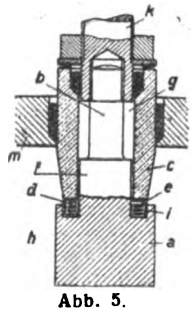


Abb. 5.

(D. R. P. Nr. 437414.)

Chronik.

Die IV. Tagung des Internationalen beratenden Komitees für den Weltsprechverkehr (Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à grande distance. C. C. I.) in Como, 1927.

Die Feierlichkeiten, die anläßlich des hundertsten Todestages des Physikers Alexander Volta abgehalten wurden, gaben die Veranlassung, daß die Tagung des

Digitized by Google

C. C. I., September 1927, von Paris nach Como in die Villa Margharita verlegt wurde[1]).

Die Beratungen des C. C. I. wurden das erstemal auf Grund der im Juni 1926 aufgestellten Geschäftsordnung durchgeführt, wonach von der Vollversammlung (AP = Assemblé Plenière) nur die von den Berichterstatterkommissionen (CR = Commission de Rapporteur) vorbereiteten Anträge zur Prüfung gelangten und von der Vollversammlung entweder genehmigt oder an die Kommission zur neuerlichen Bearbeitung zurückgewiesen wurden.

Zunächst wurde die schon lange schwebende Frage über die Bezeichnung der Dämpfungseinheiten auf Fernsprechleitungen einer vorläufigen Lösung zugeführt. Leider konnte eine Einigung in der allgemeinen einheitlichen Bezeichnung für die Dämpfung nicht erzielt werden; es bleiben die beiden Bezeichnungen auch weiterhin aufrecht, und zwar die auf den natürlichen Logarithmen des Verhältnisses zweier Leistungen, Spannungen oder Strömungen beruhende Dämpfungseinheit

$$n = \log_e \frac{J_a}{J_e}$$

und die auf den Briggschen Logarithmen beruhende Einheit

$$N = 2 \log_{10} \frac{J_a}{J_e}$$

Erstere steht bei uns und in Deutschland, letztere in England und Amerika in Anwendung.

Als Bezeichnung für die nach dem natürlichen Logarithmus bestimmten Dämpfungseinheit wurde „Neper" gewählt, nach der französischen Schreibweise des Namens des Erfinders der natürlichen Logarithmen, des Engländers John Napier, für die auf den Briggschen Logarithmen beruhende Einheit wurde der Name „Bel" zur Ehrung des amerikanischen Erfinders des Telephons Graham Bell bestimmt. Für die Praxis wird jedoch der Bruchteil dieser Einheit „Decibel", die der früher in Verwendung gestandenen Einheit der „transmission unit" entspricht, angewendet[2]). Das Verhältnis dieser beiden Einheiten ergibt sich aus dem Verhältnis der natürlichen zu den Briggschen Logarithmen und ist daher 1 Neper = 0·87 Bel = 8·7 Decibel oder 10 Decibel = 1 Bel = 1·15 Neper.

Weitere Anregungen des C. C. I. beziehen sich auf den Grenzwert der Dämpfung einer Fernsprechverbindung zwischen zwei Teilnehmern. Die sich ergebende Dämpfung setzt sich zusammen aus der auftretenden Dämpfung der beiden Teilnehmerleitungen bis zu den Hauptfernämtern, der Dämpfung auf der Fernsprechleitung zwischen den beiden Hauptfernämtern. Für die gesamte Dämpfung war seinerzeit der Grenzwert von 4 Neper festgesetzt worden; er wurde nunmehr auf 3·3 Neper = 29 Decibel herabgemindert. Da auf den internationalen Fernleitungen im Endamte mit einer Restdämpfung von 1·3 Neper gerechnet wird, ergibt sich aus der Festsetzung der gesamten Dämpfung, daß vom Hauptamt, das ist der Endpunkt der internationalen Leitungen, bis zum Teilnehmer nur eine Dämpfung von 1 Neper vorhanden sein darf, gleichgültig ob dieser Teilnehmer direkt an das Hauptamt angeschlossen ist oder für seinen Anschluß noch ein weiteres Vermittlungsamt herangezogen werden muß; in letzterem Falle darf die Dämpfung auf der Teilnehmerleitung und der Vermittlungsleitung vom Vermittlungsamte bis zum Hauptamte ebenfalls den Wert von 1 Neper nicht übersteigen. Diese Entscheidung ist von besonderer Wichtigkeit, da darauf bei der Herstellung der Ortsnetze sowie der Fernsprechleitungen im Inlandsverkehr besondere Rücksicht genommen werden muß, um diesen Wert nicht zu übersteigen. In allen jenen Fällen, wo infolge der Länge der Inlandsfernleitungen dieser Wert aber überschritten wird, muß der sich ergebende Überschuß an Dämpfung durch Einschaltung von Verstärkern wieder aufgehoben und auf den Wert 1 Neper gebracht werden. In jenen Fällen, wo für die Verbindung eines Teilnehmers mit einem Hauptamte auch noch die Vermittlung eines weiteren Fernamtes in Anspruch genommen wird, soll die auftretende Dämpfung in diesem Fernamt den Wert von 0·2 Neper nicht übersteigen, wovon auf die Schaltung des Schlußzeichens 0·05, auf die Mithörschaltung 0·09 und auf die Verdrahtung im Amte 0·06 Neper entfallen.

Eine eingehende Erörterung hat auch die Frage des Zusammenschlusses von Freileitungen mit Kabeln erfahren, wie sich dies ja in der Praxis vielfach ergibt, wo zur Herstellung der Verbindung vom Hauptamte zum Teilnehmer verschiedene Frei- und Kabelleitungen herangezogen werden müssen. Zunächst sind es die Ortskabelleitungen selbst, die zu den Teilnehmern führen; dann die bei großen Verbindungen sogenannten Bezirkskabeln, die von den Hauptämtern zu den Nebenämtern führen, um dort an die Teilnehmerfreileitungen angeschlossen zu werden. Infolge der verschiedenen Wellenwiderstände der gewöhnlichen Kabel gegenüber den pupinisierten und gegenüber den Freileitungen ergeben sich an den Zusammenschlußstellen Reflexionen, die eine Vergrößerung der Dämpfung im ganzen System zur Folge haben. Um diese Reflexionserscheinungen so viel als möglich zu vermeiden, wurde der Grundsatz aufgestellt, daß für die zusammengeschalteten Stücke der Widerstand, die Induktivität und die Kapazität pro 1 km im gleichen Verhältnis stehen muß, das heißt der Widerstand R_1 der Freileitung muß sich zum Widerstand R_2 der Kabelleitung genau so verhalten, wie die Induktivität J_1 der Freileitung zur Induktivität J_2 der Kabelleitung bezw. die Kapazität C_1 der Freileitung zur Kapazität C_2 der Kabelleitung. Durch entsprechende Verwendung von Krarupkabeln oder leicht pupinisierten Kabeln soll getrachtet werden, die Grenzfrequenz der Kabelleitung so hoch zu legen, daß die Unterschiede in den Wellenwiderständen von Kabel- und Freileitungen nicht größer als 5 vH im Bereiche von 300 bis 2500 Hertz sind. Trifft diese Voraussetzung bei vorhandenen Kabeln nicht zu, so sind die entsprechenden Kabel- und Freileitungsstrecken bei ihrem Zusammenschluß durch entsprechende Übergangsübertrager mit einem entsprechenden Übersetzungsverhältnis, die einen reflexionsfreien Übergang ermöglichen, abzuschließen.

Schließlich wurden auch Anregungen gegeben, in welcher Art die Freileitungen auszuführen sind, um eine große Sprechübertragung und eine Anpassung an die Fernkabellinie zu erreichen. Als Mindestdurchmesser wird 3 mm empfohlen, Material Kupfer oder Legierungen daraus, deren Leitfähigkeit höchstens um 10 vH von der des besten Kupfers abweicht.

Die weiteren zur Erörterung gekommenen und weniger wichtigen Fragen betreffen die Aufstellung eines Verzeichnisses der internationalen Leitungen und die Ausarbeitung einer europäischen Fernsprechkabelkarte, die Anleitung für die Inbetriebnahme und Erhaltung der internationalen Leitungen, das Zusammenarbeiten von Telegraphie und Telephonie im gemeinsamen Kabel, sowie die vom C. C. T. (Comité Consultatif pour Télégraphie) in Berlin aufgestellten Vorschläge, die einer eingehenden Prüfung unterzogen wurden. Weiters wurde die Aufstellung eines gemeinsamen Wörterbuches besprochen, das die Fachausdrücke in den verschiedenen Sprachen enthält und wo einheitliche Fachausdrücke geschaffen werden sollen. Schließlich wurde ein eigener Ausschuß aufgestellt, der sich mit der Aufstellung eigener Symbole zu befassen hat. Diese Aufstellung soll in engster Fühlungnahme mit der J. E. C. geschehen, woselbst bereits umfangreiche Arbeiten in dieser Hinsicht geschaffen wurden[3]).

Eine eingehende Behandlung haben in der Vollversammlung auch die Fragen betreffend die Korrosion der Kabel und den Schutz der Fernsprechleitungen gegenüber den Induktionserscheinungen aus

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 367.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 482; 1927, S. 386, 954.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 978.

Digitized by Google

Hochspannungsanlagen erfahren[4]). Die in dieser Hinsicht von der Commission mixte und von einzelnen Verwaltungen vorgeschlagenen Richtlinien sind jedoch noch nicht so weit ausgearbeitet, daß seitens des C. C. I. bestimmte Vorschläge gemacht werden konnten und wurde daher den einzelnen Staaten empfohlen, diese Fragen auch weiterhin zu studieren. Eine besondere Erörterung wurde dem Fernsprecheichkreis zugewendet und hier vom Vollausschuß die Notwendigkeit anerkannt, ein Eichsystem zu schaffen, um eine dauernde gleichbleibende Grundlage für die Übertragungsmessungen zu schaffen, um die Übertragungswerte der in den verschiedenen Ländern verwendeten Fernsprechsysteme vergleichen zu können. Es wurden in eingehender Weise die Bedingungen besprochen, die das Eichsystem für die Fernsprechübertragung erfüllen muß und die Eigenschaften des Senderteiles, des Empfängerteiles und der künstlichen Leitungen festgesetzt. Weiters wurden verschiedene Methoden für die Vornahme von Eichungen vorgeschlagen sowie die Organisation des Fernsprech-Eichlaboratoriums.

In der Kommission für Betrieb und Tarif wurden als die wichtigsten Fragen behandelt: Die Zulassung von Abonnementsgesprächen auf internationalen Leitungen, die Festsetzung der Stunden für den Sprechverkehr, die einheitliche Bezeichnung der internationalen Fernsprechverbindungen, die Verteilung der Voranrufe und die Vermietung der Fernsprechleitungen.

Wichtig erscheint die Empfehlung des C. C. I., „daß alle Verwaltungen sich verpflichten, diese Vorschläge genau zu beachten und daß Abänderungen, die von Zeit zu Zeit wünschenswert erscheinen, nur im allgemeinen Einvernehmen durchgeführt werden dürfen, keinesfalls aber von einzelnen Verwaltungen allein", um hier ein gleichmäßiges Vorgehen zu erzielen.

Die nächste Vollsitzung findet im Mai 1928 in Paris statt. ——— R. Heider.

Literaturbericht.

Eingelaufene Bücher.

Die deutsche Elektrizitätsindustrie. Herausgegeben von Gebr. Veit & Co., Berlin W 56. 59 S.

Die kleine Schrift bespricht sehr anregend die Aufgaben der Elektroindustrie, die elektrotechnische Erzeugung in Deutschland, die Stromerzeugung, den Aufbau und die wirtschaftliche Lage der beiden deutschen Großkonzerne und die übrigen wichtigen deutschen Erzeugungs-, Betriebs- und Finanzierungsgesellschaften und schließlich die internationalen Beziehungen auf diesem Gebiete.

363: Moderne Zeitkalkulation. Aus der Praxis des allgem. Maschinenbaues bearbeitet von O. Sauerwald. 126 S. mit 69 Abb. und 42 Tabellen. Berlin, Verlag von Julius Springer 1927. Preis geheftet. Mk. 6·—, gebunden Mk. 7·50.

Das Schrifttum über die Bestimmung der Bearbeitungszeiten von Werkstücken ist in den letzten Jahren sehr reichhaltig geworden, so daß man sich wohl bereits in allen vorkommenden Fällen aus einem der vorhandenen Bücher Rat holen kann. Trotzdem wird auch das vorliegende — nur etwas zu breit geschriebene — Buch für den Betriebsmann von Nutzen sein, weil es alle spanabnehmenden Werkzeugmaschinen, unter anderem auch jene zur Herstellung von Zahnrädern und die Schleifmaschinen behandelt und neben vielen Arbeitsbeispielen ausführliche Tabellen über Schnittgeschwindigkeiten, Vorschübe usw. enthält. —k.

357 Die Teilung der Zahnräder und ihre einfachste rechnerische Bestimmung von G. Hönnicke. 115 Seiten mit 26 Abb. Berlin, Verlag Julius Springer, 1927. Preis Mk. 6·—.

In dem Büchlein sind die bisher üblichen Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung der Teilung von Zahnrädern in Zahlentafeln verarbeitet und dadurch kann die Rechenarbeit auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Ein besonderer Abschnitt behandelt die Hochleistungsgetriebe (Turbinengetriebe u. dgl.), über deren Berechnung bisher noch nicht viel bekannt wurde. Die Schrift kann als Ergänzung der vorhandenen Literatur über Zahnräder empfohlen werden. —k.

[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 14, 18, 74, 116; 1928, Heft 3, S. 68.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Außenhandel Österreichs an elektrotechnischen Erzeugnissen im Jahre 1926.

Aus dem von Kommerzialrat E. Honigmann an die Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie erstatteten ausführlichen Bericht über die elektrotechnische Industrie Österreichs entnehmen wir die nachstehenden auf den Außenhandel bezüglichen Angaben.

Aus den Tabellen I und II ist die Handelsbewegung elektrotechnischer Erzeugnisse im Verkehr mit dem Alt- und Neuausland in den letzten zwei Jahren ersichtlich[1]). Zu berücksichtigen ist, daß in den früheren Jahren die Werte geschätzt wurden, jetzt aber auf Grund der Wertdeklarationen, zu denen jeder Sender verpflichtet ist und die im allgemeinen auch als zutreffend angenommen werden können, errechnet werden. Ferner gaben früher die Ausfuhrmengen Bruttogewichte an, während die Ziffern im Jahre 1925 und 1926 bereits die Reingewichte verzeichnen. Dies spielt natürlich bei Artikeln wie bei Glühlampen, deren Tara recht bedeutend ist, eine gewisse Rolle.

Tabelle I enthält die Einfuhrziffern: sie haben sich gegen das Vorjahr von 46 128 auf 48 385 q, also um eine Kleinigkeit erhöht, sind aber seit 1922, wo sie noch 56 076 q betrugen, von Jahr zu Jahr zurückgegangen. Die Werte sind aber erheblich gestiegen, und zwar von 1923, dem ersten Jahr mit stabiler Währung, von 14 856 Millionen Goldkronen auf 23 154 Millionen Goldkronen im Jahre 1926. Der Einheitswert pro Doppelzentner ist also von 271 auf 478 gestiegen.

Tabelle III. Durchfuhrmengen in Meterzentnern 1925 und 1926.

Aus bezw. nach	1925		1926	
	Eingang	Ausgang	Eingang	Ausgang
Deutschland .	29 565	5 898	30 752	1 758
Italien	6 119	39 203	711	29 820
Polen	175	6 209	1 236	526
Rumänien . . .	15	3 474	21	4 751
Schweiz . . .	4 094	4 305	3 725	3 091
Jugoslawien . .	24 360	12 884	5 791	15 426
Tschechoslow.	21 813	19 848	15 605	4 101
Ungarn	9 170	3 002	4 955	3 018
Diverse	2 942	3 430	1 646	1 951
	98 253	98 253	64 442	64 442

Die Einfuhrmenge der elektrischen Maschinen, die im Jahre 1925 ihren Tiefpunkt erreicht hatte, hat sich 1926 ungefähr wieder auf die Höhe der früheren Jahre geschwungen. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß das Maschinengewicht im Verhältnis zur Leistung immer geringer geworden ist. Der Import von Schwachstromapparaten ist stark gestiegen, was hauptsächlich auf die Entwicklung der radio- und elektromedizinischen Technik zurückzuführen ist. Hingegen ist die Einfuhrmenge der Meß- und Zählapparate wesentlich geringer geworden, was wenigstens zum Teil auf die Entwicklung der einheimischen Fabriken zurückzuführen ist. Ihr Einheitswert ist gestiegen. Das gleiche gilt für die Sammelposition 447, in der Pöttgenröhren, Bogen-, Quarz- und Quecksilberdampflampen gegen Glühlampen stark zurücktreten. Aber auch deren Einfuhr bleibt in den beiden letzten Jahren gegenüber den früheren zurück, wobei allerdings beachtet werden muß, daß das Assortiment wohl Gewicht und Wert beeinflußt, in den Sammelzahlen aber nicht zum

[1]) Die Orginaltabellen enthalten die Zahlen von 1922 angefangen, die hier wegen Raummangel nicht aufgenommen werden konnten. Diesbezüglich muß auf den Originalbericht verwiesen werden. (Vgl. übrigens E. u. M. 1927, Seite 118). Im Text sind aber die Verhältnisse der früheren Jahre berücksichtigt.

Digitized by Google

Ausdruck kommt. Die wichtige Position 448, in der die meisten Installationsmaterialien und Verbrauchsgeräte enthalten sind, zeigt keine konstante Bewegung. Die Einfuhr von Leitungsmaterial zeigt eine rückgängige Tendenz; von den übrigen Positionen interessiert noch Nummer 453, „Isolations- und Montierungs-Bestandteile", deren Menge im letzten Jahr ganz außerordentlich gesunken ist. Auch das Verhältnis zwischen Menge und Wert ist hiebei recht schwankend. Das erklärt sich aus der besonderen Schwierigkeit der Schätzungen dieser Fabrikate, bei denen Gewicht und Preis der einzelnen Artikel ganz außerordentlich differieren. Nach wie vor steht Deutschland weitaus an der Spitze der Lieferländer, doch sind auch die Bezüge aus der Tschechoslowakei nicht unbedeutend, die aus Ungarn gehen seit 1924 von Jahr zu Jahr zurück, hingegen sind die aus der Schweiz beträchtlich gestiegen; das ist darauf zurückzuführen, daß bei der Finanzierung hydroelektrischer Kraftwerke Schweizer Finanzkapital eine Rolle gespielt hat.

Tabelle II zeigt den steten Rückgang der Exporte, besonders der Menge nach, deutlich auf. Bedeutend ergibt sich der Rückgang unserer Ausfuhr bei Elektrische Maschinen, Meß- und Zählgeräten, Lampen und in starkem Maße auch bei Installationsmaterialien (Posit. 448), während Schwachstromapparate (Radioartikel und dergleichen), Leitungsmaterialien und Isolierrohre günstiger abschneiden. Im Berichtsjahre stand Jugoslawien als Käufer elektrischer Materialien an erster Stelle, wenngleich es auch die Ziffern der Inflationszeit noch nicht wieder erreicht hat. Alle anderen Länder zeigen zum Teil ganz auffallende Rückgänge, besonders Polen, Ungarn und die Tschechoslowakei.

Auch der Durchfuhrhandel (Tabelle III) hat 1926 beträchtlich abgenommen. Allerdings ist in den Zahlen auch der Transitverkehr mit inbegriffen, der ohne Mitwirkung österreichischer Vermittler sich vollzogen hat. Das beweist unzweideutig, daß auch in anderen Ländern das Auslandsgeschäft bedeutend im Rückgange begriffen ist, daß also nicht allein unsere Republik, sondern ganz Europa unter der gleichen Depression zu leiden hat.

Tabelle I. Einfuhrstatistik, nach Herkunftsländern geordnet.

Zolltarif-Nummer	Bezeichnung	Wert in 1000 GK		Mengen in Meterzentnern insgesamt		Mengen in Meterzentnern — hievon entfallen auf															
						Deutsches Reich		Italien		Schweiz		Jugoslawien		Tschechoslowakei		Ungarn		Polen		Ver. St. v. Amerika		Andere Länder	
		1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925
442—443	Elektrische Maschinen	6 332	4 740	10 448	7 697	5 815	4 189	26	28	2045	1931	4	—	1171	198	983	1244	4	7	76	22	324	78
	Telegraphen-, Läute-, Signal- u. Eisenbahnsicherungsapparate	224	266	147	226	111	223	—	—	—	1	—	—	—	—	2	1	—	—	—	1	34	—
444—445	Telephone und Mikrophone .	1 555	1 863	457	416	417	392	1	—	3	—	—	—	3	2	10	4	—	—	—	—	23	18
	Apparate für drahtlose Fernvermittlung	922	914	194	248	91	169	2	9	1	2	—	—	—	—	10	3	—	—	6	10	84	55
	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte	558	359	332	252	328	249	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	3	1
	Zwischensumme . . .	3 259	3 402	1 130	1 142	947	1 033	4	9	4	4	—	—	3	3	22	8	—	—	6	11	144	74
446	Elektrizitätsmeß- und Zählapparate	1 591	1 744	910	1 312	762	1 135	—	—	111	155	—	—	2	3	26	13	—	—	—	—	9	6
447	Bogenlampen, Quarzlampen u. Quecksilberdampflampen, Glühlampen	2 305	2 399	1 593	1 536	1 065	1 074	—	58	4	4	—	—	3	2	511	394	—	—	3	—	7	4
	Röntgenröhren usw.	55	42	7	3	7	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Zwischensumme . . .	2 360	2 441	1 600	1 539	1 072	1 077	—	58	4	4	—	—	3	2	511	394	—	—	3	—	7	4
448	Luster, Heiz- u. Kochapparate, Schalt- und Kontaktvorrichtungen und andere elektrische Apparate	6 433	4 342	6 436	5 342	5 532	3 912	12	13	290	366	1	2	153	438	310	418	3	—	12	14	123	179
450	Kabel und isolierte Drähte . .	202	417	314	405	142	257	34	39	46	51	—	—	7	8	43	9	—	—	2	—	40	41
451	Akkumulatoren	113	83	270	301	163	228	1	2	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	8	2	95	69
452	Elektrische Beleuchtungskohle	33	40	75	77	55	54	—	—	—	—	—	—	1	4	—	3	—	—	—	—	19	16
	Elektroden	917	579	14 406	11 632	11 824	6 459	394	—	12	1	888	4168	422	553	2	—	—	—	782	232	82	219
	Elektrische Kohlen, andere .	186	268	116	167	66	103	—	—	3	2	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	47	60
	Zwischensumme . . .	1 136	887	14 597	11 876	11 945	6 616	394	—	15	3	888	4168	423	558	2	4	—	—	782	232	148	295
449	Isolierrohre	138	85	1 116	625	1 064	578	—	—	20	—	—	—	25	38	7	1	—	—	—	—	—	8
453	Isolations- und Montierungsbestandteile	1 590	2 193	11 564	15 889	6 529	11 886	1	1	197	49	—	2	4807	3865	19	71	—	2	9	—	2	13
	Gesamtsumme . . .	23 154	20 334	48 385	46 128	33 971	30 911	472	150	2733	2563	893	4172	6594	5113	1924	2162	8	9	898	281	892	767

Digitized by Google

Tabelle II. Ausfuhrstatistik, nach Bestimmungsländern geordnet.

Zolltarif-Nummer	Bezeichnung	Wert in 1000 GK		Mengen in Meterzentnern insgesamt		Mengen in Meterzentnern — hievon entfallen auf																			
						Deutsches Reich		Italien		Schweiz		Jugoslawien		Tschecho-slowakei		Ungarn		Polen		Rumänien		Ver. St. v. Amerika		Andere Länder	
		1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925	1926	1925
442—443	Elektrische Maschinen	7 049	7 762	22 928	27 357	2614	2622	896	2705	45	23	4 402	3 376	4500	7 193	965	1285	1381	4 128	3605	3402	26	34	4 494	2 589
	Telegraphen-, Läute-, Signal- u. Eisenbahnsicherungsapparate .	450	509	571	593	2	6	33	7	22	15	14	17	312	195	6	5	39	136	14	141	15	4	114	67
444—445	Teleph. u. Mikrophone	3 428	4 507	1 542	1 838	257	477	102	192	5	—	58	59	519	468	19	26	49	93	56	74	—	—	477	449
	Apparate für drahtlose Fernvermittlung . .	3 810	1 985	1 114	607	235	72	49	80	15	4	106	36	190	41	96	20	68	51	36	50	6	1	313	252
	Röntgen- und elektromedizin. Apparate u. Hilfsgeräte	874	592	645	489	132	104	3	—	—	2	117	126	97	78	50	17	12	23	114	63	4	—	116	76
	Zwischensumme .	**8 562**	**7 593**	**3 872**	**3 527**	**626**	**659**	**187**	**279**	**42**	**21**	**295**	**238**	**1118**	**782**	**171**	**68**	**168**	**303**	**220**	**328**	**25**	**5**	**1 020**	**844**
446	Elektrizitätsmeß- und Zählapparate	1 350	1 307	1 291	1 875	28	115	7	20	1	—	117	43	36	91	66	71	8	48	71	150	—	—	957	1 337
447	Bogenlampen, Quarzlampen, Quecksilberdampflampen, Glühlampen	13 935	12 581	10 225	12 129	1043	2387	754	446	148	106	56	56	246	258	79	95	45	46	77	34	1645	129	6 132	8 572
	Röntgenröhren usw. .	190	269	6	27	—	—	—	1	—	—	2	4	4	10	—	1	—	2	—	2	—	—	—	7
	Zwischensumme .	**14 125**	**12 850**	**10 231**	**12 156**	**1043**	**2387**	**754**	**447**	**148**	**106**	**58**	**60**	**250**	**268**	**79**	**96**	**45**	**48**	**77**	**36**	**1645**	**129**	**6 132**	**8 579**
448	Luster; Heiz- u. Kochapparate, Schalt- und Kontaktvorrichtungen u. and. elektr. Appar.	4 331	5 804	9 318	11 302	553	588	393	333	53	70	2 024	2 151	1686	2 469	779	606	815	1 433	1154	884	82	51	1 779	2 717
450	Kabel und isolierte Drähte	3 479	4 422	16 215	18 733	669	68	167	166	3	110	6 341	4 682	410	508	562	558	1375	6 108	2515	2522	—	—	4 173	4 011
451	Akkumulatoren . . .	392	342	1 666	1 269	4	9	5	71	7	—	1 436	792	30	111	10	19	67	196	60	33	—	—	47	38
452	Elektr. Beleuchtungskohle	87	32	478	56	11	—	51	—	8	5	3	4	18	8	1	5	3	1	2	2	—	—	381	31
	Elektroden	168	655	941	5 089	140	401	302	584	17	594	57	72	131	651	25	86	63	401	2	277	4	251	200	1 772
	Elektr. Kohlen, andere	48	100	20	48	2	—	—	—	2	—	5	11	9	24	—	6	2	5	—	2	—	—	—	—
	Zwischensumme .	**303**	**787**	**1 439**	**5 193**	**153**	**401**	**353**	**584**	**27**	**599**	**65**	**87**	**158**	**683**	**26**	**97**	**68**	**407**	**4**	**281**	**4**	**251**	**581**	**1 803**
449	Isolierrohre	237	301	2 273	2 731	2	4	2	—	—	—	880	718	24	8	253	23	27	70	26	104	—	—	1 060	1 804
453	Isolations- und Montierungsbestandteile .	698	555	992	1 580	45	140	37	69	7	25	382	298	70	48	178	102	31	100	17	154	16	—	209	644
	Gesamtsumme .	40 526	41 723	70 225	85 723	5737	6993	2801	4674	333	954	16 000	12 445	8282	12 161	3088	2925	3985	12 841	7749	7894	1798	470	20 452	24 366

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Entwurf von Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Starkstromanlagen in Theatern, wie auch in Rauch- und Saaltheatern, Singspielhallen Zirkussen u. dgl.

Für die Ausführung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern und diesen gleichzuhaltenden Versammlungsräumen gelten derzeit noch die im März 1915 beschlossenen und mit Erlaß des ehemaligen k. k. Ministeriums für öffentliche Arbeiten vom 14. Februar 1916, Zahl 68554/VI/1915, genehmigten Sondervorschriften, welche als 3. Anhang der mit 31. August d. J. außer Kraft getretenen früheren „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" herausgegeben worden waren. Es ist schon berichtet worden[1]), daß im Zusammenhange mit der Herausgabe der ab 1. September d. J. geltenden neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" auch eine Neubearbeitung der „Sondervorschriften für Theater" beabsichtigt ist; ein Arbeitsausschuß des Regulativkomitees des Vereines — Ziviling. Perl (Obmann) und die Mitglieder Ministerialrat Dr. Ing. Czeija, Direktor Ing. Rupp, Obering. Samwald, Oberstadtbaurat Ing. Schlögl, Oberinspektor Stadler, Oberbaurat Ing. Marx und Bohland — hat nun einen Neuentwurf solcher Sondervorschriften ausgearbeitet, welcher im Nachfolgenden zur Stellungnahme veröffentlicht wird.

Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge wollen bis spätestens **15. Feber** 1928 dem Vereinssekretariate, Wien VI., Theobaldgasse 12, übermittelt werden; Sonderabdrücke des Vorschriftenentwurfes können bei dieser Stelle bezogen werden.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

I. Ausführungsvorschriften.

Außer den jeweils gültigen allgemeinen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" haben noch folgende Sonderbestimmungen Anwendung zu finden.

1. Allgemeine Bestimmungen für elektrische Licht- und Kraftinstallationen.

a) Für Theaterinstallationen dürfen im allgemeinen Betriebspannungen über 300 V bei Wechselstrom oder 600 V bei Gleichstrom nicht verwendet werden. Diese Grenzspannung gilt bei Drehstromanlagen mit geerdetem Sternpunkt erst bei einer Dreieckspannung über 380 V, bei verketteten Zweiphasenanlagen mit verkettetem Phasenpunkt schon bei Phasenspannungen über 220 V. Werden für szenische Effekte auf der Bühne höhere Spannungen benötigt, so ist vorher die behördliche Genehmigung einzuholen.

b) In Orten mit zwei Stromquellen müssen die Lampen der allgemeinen Beleuchtung in allen Teilen des Theaters auf beide Stromquellen derart aufgeteilt sein, daß bei Versagen einer Stromquelle noch eine ausreichende Beleuchtung durch die andere verbleibt.

An dem Hausanschluß des Theaters dürfen keinerlei theaterfremde Installationen angeschlossen werden.

c) Von der Hauptverzweigungsstelle ab muß die elektrische Leitungsanlage mindestens in folgende voneinander unabhängige Gruppen geteilt werden:

1. Bühnenbeleuchtung,
2. Bühnennebenräume und Umkleideräume,
3. Zuschauerraum,
4. Nebenräume des Zuschauerraumes,
5. Sogenannte ewige Lampen, das sind Lampen, die auch außerhalb der Zeitdauer der Vorstellung in Gebrauch sind,
6. Kraftanlagen,
7. Reklamebeleuchtung.

d) In Räumen mit mehr als einer Lampe, dann in sämtlichen Korridoren, Kleiderablagen, Umkleideräumen, Treppenhäusern und Ausgängen sind bei Vorhandensein von nur einer Stromquelle die Lampen an mindestens zwei getrennt gesicherte Zweigleitungen anzuschließen, damit bei Versagen einer Zweigleitung diese Räume noch immer ausreichend beleuchtet sind.

e) Mehrleiteranlagen sind ab Hauptverteilungsstelle in Zweileiterzweige (zum Beispiel bei Mehrleiteranlagen mit Nulleiter aus Außenleiter und Nulleiter bestehend) zu unterteilen.

Bei gleichzeitiger Verwendung verschiedener Stromarten sind die Verteiler- und Abzweigkästchen für jede Stromart zu trennen.

Es wird empfohlen, die Hauptleitungen, insbesonders die Zuleitungen zu den Hauptverteilern in armiertem Bleikabel auszuführen.

An der Hauptschalttafel ist ein Erdschlußanzeiger zur Feststellung des jeweiligen Isolationszustandes der Anlage vorzusehen.

f) Sicherungen sind gruppenweise zu vereinigen und dürfen den Besuchern nicht zugänglich sein. Die Sicherungen für die Beleuchtung des Zuschauerhauses und der Nebenräume des Bühnenhauses müssen außerhalb der Bühne angebracht sein.

Die Sicherungen sind derart anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel leicht erreichbar und gegen unbefugte Berührung durch Abschluß geschützt sind.

g) Schalter für die Beleuchtung aller Verkehrswege und Nebenräume im Bühnen- und Zuschauerhause müssen außerhalb der Bühne angebracht und gegen unbefugte Betätigung durch Abschluß geschützt sein.

h) Beleuchtungskörper jeder Art, die an der Decke des Zuschauerraumes angebracht sind, haben mindestens zwei voneinander unabhängige Tragvorrichtungen zu erhalten, deren jede für sich allein geeignet ist, den Beleuchtungskörper zu tragen und deren jede eine mindest 10-fache Bruchsicherheit besitzt. Bei Bruch einer der beiden Tragvorrichtungen darf keine Lageveränderung des Beleuchtungskörpers eintreten.

Bogenlampen müssen derart versichert sein, daß ein Herausfallen von Kohleteilchen ausgeschlossen ist. In gefahrdrohender Höhe angebrachte Lampen, Glashüllen u. dgl. sind mit einem am Fassungsträger befestigten Drahtnetz einzuschließen.

Lusterdrähte an oder in Beleuchtungskörpern müssen einen Mindestkupferquerschnitt von 0·75 mm² aufweisen.

Als Fassungsträger der Glühlampen, namentlich bei Kerzenlampen sind nur feuersichere Baustoffe zu verwenden.

Die ortsveränderlichen Zuleitungen zu Orchesterlampen sind in Leder einzunähen oder in gummiisolierter Werkstattleitung JW auszuführen.

Elektrische Öfen dürfen nur dann verwendet werden, wenn sie behördlich zugelassen sind.

i) Dampfmaschinen, Verbrennungs- und Explosionsmotoren für den Betrieb von Licht- und Kraftanlagen sind außerhalb des Theatergebäudes unterzubringen.

j) Transformatoren, Gleichrichter und Ölschalteranlagen dürfen sich nur in Räumen befinden, die so gelegen sind, daß bei Brand oder Explosion dieser Anlagen eine Gefährdung von Personen nicht stattfinden kann.

Motoren für Luftzufuhr sind so auszuführen und anzubringen, daß bei Kurzschluß oder Heißlaufen ein Brandgeruch nicht in den Bühnen- und Zuschauerraum gelangen kann.

2. Notbeleuchtung.

a) Außer der allgemeinen Beleuchtung ist eine von dieser vollkommen unabhängige elektrische Notbeleuchtung durch Akkumulatoren einzurichten, bei der ein Laden während des Betriebes der Notlampen nicht möglich ist.

Im Zuschauerraum und auf der Bühne, sowie in den äußeren Verkehrswegen des Theaters (Fluren, Stiegen,

[1]) E. u. M. 1927, S. 610.

Digitized by Google

Höfen, Durchfahrten) müssen die Notlampen derart angebracht sein, daß die Wege zu den Ausgängen gut beleuchtet und die Ausgangstüren von weitem zu erkennen sind, auch wenn die Hauptbeleuchtung versagen sollte.

b) Die an einem Stromkreis angeschlossenen Glühlampen sind parallel zu schalten.

An jeder Notbeleuchtungstelle sind die Notlampen paarweise anzuordnen und die ein Paar bildenden Lampen an verschiedene voneinander unabhängige Akkumulatorenbatterien (bei Vermeidung von Steckkontakten) anzuschließen. Jede Ausgangstür gilt als Notbeleuchtungstelle; zwei unmittelbar nebeneinander liegende Ausgangstüren können als eine einzige Notbeleuchtungsstelle aufgefaßt werden. Jede Akkumulatorenbatterie darf nur zwei Glühlampen speisen und soll möglichst nahe mindestens einer dieser beiden Lampen aufgestellt sein.

Jede Notlampe muß mindestens 3 Kerzenstärken (HK) besitzen.

c) Die Leitungen der Notbeleuchtung sind in Rohren mit metallischem Überzug oder in Metallrohren nach den „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" zu verlegen und unmittelbar bei der Akkumulatorenbatterie allpolig abzusichern.

d) Die bei den Ausgangstüren aus dem Zuschauerhause und aus dem Bühnenhause angebrachten Notlampen sind durch rote Streifen an den Schutzgläsern kenntlich zu machen.

e) Außer den für die Notbeleuchtung erforderlichen Gruppenakkumulatoren sind noch rund weitere 6 v. H. der Gesamtanzahl, mindestens aber 2 Stück in Bereitschaft zu halten; ihr Zustand muß den etwa erforderlich werdenden Austausch unbrauchbar gewordener Gruppenakkumulatoren jederzeit gestatten.

f) Die Notlampen im Bühnenraum sind durch entsprechend starke Eisenbügel gegen Beschädigungen durch Dekorationsstücke zu schützen.

g) Die Akkumulatoren der Notbeleuchtung dürfen nicht gleichzeitig für andere Zwecke (wie Betätigung einer Signalleitung usw.) verwendet werden. Ihre Kapazität muß dem Betriebsverhältnis entsprechend angepaßt werden.

3. Bestimmungen für das Bühnenhaus.

Für Installationen des Bühnenhauses (Bühne, Unterbühne, Arbeitsgallerien und Schnürböden, Umkleideräume und sonstige Nebenräume im Bühnenhause) gelten noch folgende Zusatzbestimmungen:

a) Schalttafeln und Bühnenregulatoren sind so anzuordnen, daß eine unbeabsichtigte Berührung durch Unbefugte ausgeschlossen ist. Auf Endausschalter von Bühnenregulatoren findet die Bestimmung des § 31, Abs. 1 der „Sicherheitsvorschriften" keine Anwendung.

Verteiler und Sicherungen auf der Bühne abseits vom Beleuchterstand sind möglichst zu vermeiden und müssen andernfalls feuersicher abgedeckt sein.

Die Widerstände von Bühnenregulatoren sind bei Mehrleiteranlagen in die Außenleiter zu legen.

Beim Bühnenregulatorstellwerk dürfen nur jene Einrichtungen untergebracht werden, welche für die Regelung der Beleuchtung der Bühne und des Zuschauerraumes dienen.

b) Bei Beleuchtungskörpern mit Farbenwechsel muß der Querschnitt der gemeinsamen Rückleitung hinsichtlich der Feuersicherheit der höchstmöglichen Betriebstromstärke angepaßt sein.

c) Betriebsmäßig stromführende blanke Leitungen sind nicht zulässig. Flugdrähte und dergleichen dürfen weder zur Stromführung, noch als Erdungsleitung benützt werden.

d) Festverlegte Leitungen müssen gegen mechanische Beschädigung geschützt sein; es ist der Verlauf der Leitungen, soweit sie unter Verputz liegen, durch Farbstreifen zu kennzeichnen und dauernd kenntlich zu erhalten.

e) Mehrfachleitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Bühnenbeleuchtungskörper müssen biegsame Kupferseelen mit wasserdichten Isolierhüllen haben und durch eine starke, schmiegsame nichtmetallische Schutzhülle (Lederhülle, Gummischlauchleitung in schwerer Ausführung JW sch) gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein. Zuleitungen zu herablaßbaren Beleuchtungskörpern, wie Oberlichtern, Horizontallaternen, Spielflächenlaternen usw. müssen eine schmiegsame Metall- oder Lederschutzhülle erhalten. Außerdem sind Vorkehrungen zu treffen, um ein Knicken der Leitungen zu verhindern.

Die Kupferseele der Gummiaderlitzen muß aus einzelnen Drähten von nicht über 0·3 mm Durchmesser bestehen.

Die Befestigung der biegsamen Leitungen muß derart sein, daß auch bei rauher Behandlung ein Bruch an der Anschlußstelle nicht zu befürchten ist.

Ortsveränderliche Leitungen und deren Anschlußstellen müssen von Zug entlastet sein; Steckkontakte müssen innerhalb widerstandsfähiger, nicht stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, daß eine zufällige Berührung der stromführenden Teile verhindert wird.

f) Für vorübergehend gebrauchte Szenerieinstallationen kann für die Verlegung von Leitungen von der Erfüllung der „Sicherheitsvorschriften" dann abgesehen werden, wenn hiezu gut erhaltene Leitungen mit wenigstens Isolation „G" verwendet werden, die Verlegungsart jegliche Verletzung der Isolierung ausschließt und diese Installation während des Gebrauches unter besonderer Aufsicht steht. In diesem Falle sind Schellen für Einzelleitungen zulässig und Durchführungstüllen entbehrlich.

g) Die Sicherungen der Anschlußleitungen für Bühnenbeleuchtungskörper (Oberlichter, Kulissen-, Rampen-, Horizont-, Spielflächen-, Versatz- und Scheinwerferbeleuchtung) sind im festverlegten Teil der Leitung anzubringen; in diesem Falle genügt für jeden Körper je eine Sicherung für alle Lampen einer Farbe.

Der Querschnitt ortsveränderlicher Leitungen ist der Nennstromstärke der Sicherungen des höchstbelasteten Versatzstromkreises anzupassen. Soweit dieses nicht tunlich ist, sind besondere Zwischensicherungen anzuordnen; für ordnungsmäßige Verkleidung dieser Sicherungen ist zu sorgen.

Die Sicherungen dürfen nicht für eine höhere Stromstärke bemessen sein, als jene ist, mit welcher der Stecker belastet werden darf. In den Bühnenbeleuchtungskörpern selbst sind Sicherungen nicht zulässig.

h) Regulierwiderstände müssen in gut zugänglichen, feuersicheren, zuverlässig abschließbaren und ventilierten Räumen außerhalb der Bühne (einschließlich Ober- und Unterbühne) aufgestellt werden.

Räume für Widerstände, Transformatoren und Motoren sind ins Freie zu entlüften; Durchgangsöffnungen für Seilzüge und Leitungen sind abzudichten, bezw. möglichst eng zu halten.

Die Stufenschalter für den Bühnenregulator müssen unmittelbar bei den Regulierwiderständen selbst angebracht sein und durch Übertragung betätigt werden.

i) Die festangebrachten Glühlampen auf der Bühne sowie sämtliche Glühlampen in Arbeitsräumen, Umkleideräumen, Treppen und Korridoren müssen mit Schutzkörben oder Schutzgläsern versehen sein, welche nicht an den Fassungen, sondern an den Beleuchtungskörpern befestigt sind. Jene Beleuchtungskörper im Bühnenraum, die leicht Beschädigungen durch Dekorationsstücke ausgesetzt sind, müssen durch entsprechend starke Bügel geschützt sein.

j) Die Spannung zwischen irgend zwei Leitern eines Bühnenbeleuchtungskörpers (Oberlichter, Kulissen-, Rampen-, Effekt- und Versatzbeleuchtungen) darf 250 V nicht überschreiten. Diese Bühnenbeleuchtungskörper sind mit einem Schutzgitter für die Glühlampen im entsprechenden Abstand von diesen zu versehen. Innerhalb der Bühnenbeleuchtungskörper sind blanke Leiter nicht zulässig.

Hängende Bühnenbeleuchtungskörper sind, auch wenn sie geerdet werden, gegen ihre Tragseile zu isolieren.

Holz ist nur bei vorübergehend gebrauchten Büh-

Digitized by Google

nenbeleuchtungskörpern und nur als Baustoff (ausgenommen Fassungsträger) zulässig. Die Verlegung der Leitungen hat womöglich getrennt voneinander zu erfolgen.

Das Streichen der Leitungsdrähte mit elektrisch leitenden Farben ist verboten.

Ortsveränderliche Widerstände auf der Bühne müssen in einem entsprechenden Abstand vom Fußboden und von den Bühneneinrichtungsgegenständen aufgestellt werden; andernfalls sind entsprechende Abschirmungen gegen die strahlende Wärme vorzusehen. Die Widerstände sind, so lange sie unter Spannung stehen, ständig zu beaufsichtigen.

II. Betriebsvorschriften.

Für Theater und diesen gleichgestellte Versammlungsräume haben außer den allgemein gültigen Betriebsvorschriften (Dritter Teil der „Sicherheitsvorschriften", EVW 1) noch folgende Betriebsvorschriften Geltung:

Zur Beaufsichtigung, Bedienung, Instandhaltung und Überwachung der elektrischen Anlage ist eine sachkundige, verläßliche Person (Beleuchter genannt) zu bestellen.

Der Beleuchter ist auch für die elektrische Anlage außer der Zeit, in der die Vorstellungen stattfinden, verantwortlich.

Der Beleuchter hat während der Proben und Vorstellungen stets im Theater anwesend zu sein.

Die gesamte Notbeleuchtung und ein genügender Teil der Hauptbeleuchtung sind vor Einlaß der Besucher einzuschalten. Notbeleuchtung und Hauptbeleuchtung dürfen erst nach vollständiger Entleerung des Theaters ausgeschaltet werden.

Wenn bei verfinstertem Zuschauerraum aus irgend einem Grunde unter den Besuchern eine Beunruhigung entsteht oder eine Gefahr eintritt, ist sofort die gesamte Beleuchtung des ganzen Hauses einzuschalten. Im Falle eines Brandes darf die Beleuchtung erst nach vollkommener Entleerung des Theaters ausgeschaltet werden.

Der Hauptschaltraum, bei kleineren Theatern die Hauptschaltkästen, sind immer versperrt zu halten und es muß der Schlüssel an einem bestimmten Platze aufbewahrt werden.

Die elektrische Anlage ist vor Beginn der Spielzeit, ferner während derselben mindestens jedes Halbjahr durch Sachverständige zu überprüfen. Außerdem ist eine jährliche einmalige Überprüfung durch die Behörde zu veranlassen. Der mit der Überprüfung betraute Sachverständige hat an die Behörde einen Befund über den Zustand der elektrischen Anlage einzusenden, woraus ersichtlich sein muß, daß die gesamte elektrische Starkstromanlage einer genauen Besichtigung, Überprüfung und einer Messung des Isolationswiderstandes unterzogen wurde und inwieweit die Anlage in allen ihren Teilen mit den durch Wissenschaft und Erfahrungen gebotenen Sicherheitsvorkehrungen ausgestattet und betriebsicher ist.

Gleichzeitig hat sich der Sachverständige anläßlich der Überprüfung der Anlage die Überzeugung zu verschaffen, ob der Beleuchter den an ihn zu stellenden Anforderungen entspricht und seinen Befund der Theaterverwaltung zur Kenntnis zu bringen.

Der Beleuchter hat eine tägliche Überprüfung des Isolationszustandes der Anlage vorzunehmen und hiezu den Erdschlußanzeiger zu benützen; das Ergebnis ist in ein fortlaufend zu führendes Buch einzutragen. Hervortretende Mängel sind in angemessener Frist, bei drohender Gefahr sofort, zu beheben.

Die im § 74, Abs. 1, der „Sicherheitsvorschriften" (EVW 1) vorgeschriebene Überprüfung der Anlage ist mindestens alle sechs Monate vorzunehmen.

Die für fliegende Installationen auf der Bühne in Verwendung stehenden Leitungen hat der Beleuchter wöchentlich einmal auf ihre Betriebsicherheit zu untersuchen und fehlerhafte Stellen sofort auszubessern, bezw. schadhafte Stücke auszuscheiden.

Das Überbrücken der Sicherungseinsätze mit Metalldrähten ist strengstens untersagt; Reserveeinsätze müssen stets in genügender Menge und Auswahl vorrätig sein.

Die der Verstaubung besonders ausgesetzten Teile der elektrischen Anlage (Rampenbeleuchtung, Fußbodensteckkontakte, Rückwände der Schalttafeln und Verteiler) sind staubfrei zu halten.

Über die gesamte Beleuchtungsanlage ist eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage entsprechend dem § 72 der „Sicherheitsvorschriften" (EVW 1) sowie Anhang EVW 2 herzustellen und dauernd in Ordnung zu halten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Donnerstag, den 19. Jänner d. J., um ½7 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Hern Dipl.-Ing. E. König (Frankfurt am Main) über: **„Das Experiment im Dienste des Fortschrittes."** (Mit Lichtbildern und Filmvorführung.)

Inhaltsangabe: Befruchtung der Technik durch experimentelle Arbeiten; Eigenschaften des induktiven und des deduktiven Experimentes; Überspannungserscheinungen, ihre Auswirkung und ihre Bekämpfung; Beispiel des deduktiven Experimentes; Schaltvorgang; Grundlagen einer Theorie des Wechselstrom-Ausschaltvorganges unter Öl; Anwendung der theoretischen Grundlagen auf Ölschalter-Konstruktionen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	2. I. 1928	4. I. 1928	6. I. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135	135	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 6. Jänner 1928)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	15	0	67	5	0
Wire bars	67	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	62	0	0	62	1	3
Standard { 3 Monate .	62	0	0	62	1	3
Zinn:						
Engl. ingots	256	0	0	256	10	0
Standard { Kassa . .	256	15	0	257	0	0
Standard { 3 Monate .	255	15	0	256	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	2	6	26	0	0
Remelted	26	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 14, Pf. 14 9 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag, Herausgeber: Elektrotechn. Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstr. 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 22. Jänner 1928 | Heft 4

Gemeinsame Regelung von Motoren und Generatoren.

Von Oberingenieur H. Korn, Elbing.

Jede Änderung der Leistung, die ein Drehstrom- oder Wechselstromnetz einem Maschinensatz abnimmt, bedingt:

a) eine vorübergehende und eine dauernde Änderung der Frequenz des ganzen Netzes und der Drehzahl des Maschinensatzes,

b) eine Verstellung der Treibmittelmenge, zum Beispiel bei Turbinen der Wassermenge,

c) eine Änderung, Verstärkung oder Schwächung der Erregung des Generators.

Drehzahländerung *a* und Leistungsänderung *b* stehen durch den Turbinenregler immer in fester Beziehung zu einander, nachdem man die Versuche, mehrere Maschinensätze für alle Belastungen auf genau gleiche Drehzahl bezw. Frequenz zu regeln, also völlig isodrom, aufgegeben hat.

Wie die Erfahrung gelehrt hat, ist eine gleichmäßige Verteilung der Belastung auf parallel arbeitende Maschinensätze nicht gesichert, sobald isodrom, das heißt auf gleiche Drehzahl, bei allen Belastungen geregelt wird. Die notwendige feste Beziehung zwischen Drehzahl und Leistung besteht sofort, wenn man zwischen Leerlauf und Vollast einen kleinen Drehzahlabfall zuläßt. Praktisch kommt Leerlauf nur beim Anfahren des Netzes in Frage. Im übrigen wird man eine Zahl von Maschinensätzen in Betrieb halten, die zwischen voll und etwa halb belastet wird. Es genügt also für die Betriebszwecke durchaus, wenn für Dreiviertelbelastung der Maschinen mit 50 Per/s (Frequenzbasis), Vollast mit 49·5 Per/s und Halblast mit 50·5 Per/s gefahren wird.

Wird diese Regel innegehalten und sind genügend empfindliche Frequenzmesser vorhanden, so ist in jedem einzelnen Kraftwerk schon aus der Frequenz zu ersehen, wenn weitere Maschinensätze zur Zuschaltung bereitzustellen sind.

Man kann die Frequenzbasis der einzelnen Maschinensätze verlegen von Hand oder mit Hilfe der kleinen Motoren an den Reglern und macht davon in erster Linie bei der Parallelschaltung Gebrauch, indem man die Leerlaufdrehzahl der zuzuschaltenden Maschine mit der augenblicklichen Frequenz des Netzes in Übereinstimmung bringt. Nach erfolgtem Parallelschalten wird die Frequenzbasis (50 Per/s für Dreiviertellast) eingestellt oder eine sich aus einer besonderen Belastungsverteilung ergebende Frequenz.

Solange in einem Netz nur Anlagen mit voller Bedienung vorhanden sind, läßt es sich leicht durchführen, die Frequenz für alle Leistungen auf 50 nachzustellen. Dies geht auch dann noch, wenn einzelne Laufwerke halb selbsttätig arbeiten, das heißt, wenn sie von Hand angelassen und parallelgeschaltet werden und im übrigen eine Einrichtung haben, die die Leistung nach dem jeweiligen Wasserzufluß einstellt.

Bei fernbedienten Anlagen kann die Frequenzverlegung genau so erfolgen, wie im Werk mit örtlicher Bedienung, sofern nur die erzeugte Leistung und der Oberwasserstand genügend genau an der Schaltstelle sichtbar gemacht werden.

Anders liegt die Sache bei den ganz selbsttätigen Anlagen, sofern diese speicherfähige Spitzenwerke sind. Hier ist die Frequenz das für die Belastung der betreffenden Maschinensätze allein Maßgebende. Die Anlage setzt sich beispielsweise in Betrieb, wenn die Frequenz auf 49·25 gesunken ist und bleibt in Betrieb, bis die Frequenz 50·5 in einer einstellbaren Anzahl von Sekunden überstiegen wird. Die einzigen notwendigen Fernmeldungen sind dann die des Wasserstandes und etwaiger Störungen, die beide über die Telephonleitungen gehen können. Je mehr man dazu übergehen wird, einzelne Werke und nicht nur Laufwerke möglichst automatisch zu betreiben, desto mehr wird man sich des Mittels fester Zusammenhänge zwischen Belastung und Frequenz bedienen und wir werden im Laufe der weiteren Ausführungen sehen, daß wir damit den ganzen Maschinensatz auch hinsichtlich der Erregung beherrschen können. Über die Zusammenhänge zwischen der Genauigkeit der Regelung und den Frequenzunterschieden wird später noch zu sprechen sein.

Im Turbinen- und Reglerbau ist es üblich, diese Drehzahlunterschiede durch den Ungleichförmigkeitsgrad der Regelung δ_r zu bezeichnen. Wenn man die Drehzahl bei Vollast mit n_V, also die zugehörige Frequenz mit F_V, die bei Leerlauf mit n_L bezw. F_L bezeichnet, so ist

$$\delta_r = 2 \cdot \frac{n_L - n_V}{n_L + n_V} \text{ oder } 2 \frac{F_L - F_V}{F_L + F_V}.$$

Während also die Leistungsverteilung auf die Antriebsmotoren durch den Ungleichförmigkeits-

Digitized by Google

grad δ_r, also den Drehzahlabfall zwischen Leerlauf und Vollast, gesichert ist, versucht man heute noch immer wieder, die Erregung parallel arbeitender Generatoren von der für alle Maschinensätze eines Kraftwerkes doch gleichen Spannung zu steuern mit der Erwartung, daß die Leistungsverteilung nicht gestört werde. Dieses Ziel läßt sich aber ebensowenig erreichen, wie gleiche Lastverteilung auf mehrere Turbinen, die auf konstante Drehzahl bei allen Belastungen geregelt werden. Ein einzelner Maschinensatz kann ebensowohl auf konstante Drehzahl bei allen Belastungen, wie

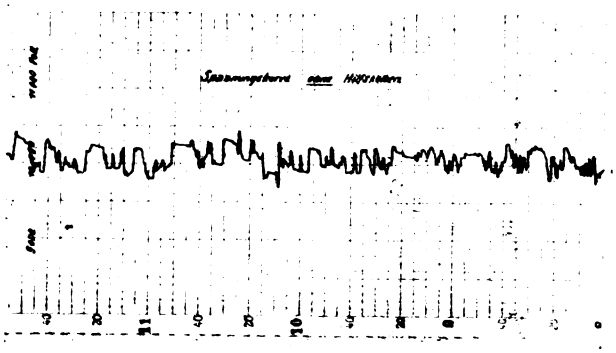


Abb. 1.

seine Erregung von der Spannung abgeleitet geregelt werden. Sobald aber die Belastungsverteilung auf eine Anzahl Maschinensätze nötig wird, muß auf den Drehzahlabfall bezw. Ungleichförmigkeitsgrad δ_r zurückgegriffen werden und zwar zweckmäßigerweise auch für die Erregerregelung.

Der Erfolg einer solchen Regelungsmethode sei vorerst durch die Abb. 1 und 2 erwiesen, von denen die Abb. 1 aufgenommene Spannungskur-

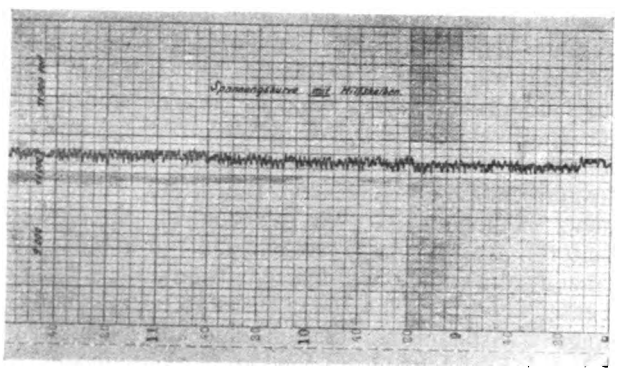


Abb. 2.

ven eines Netzes mit einer starken Belastungsänderung darstellt, die in zwei Kraftwerken von fünf Maschinensätzen verschiedener Größe und bis 5500 PS Gesamtleistung aufgenommen werden müssen. Abb. 1 stellt die Spannung mit Handregelung der Erregung dar, Abb. 2 und 3 die Spannung bei Betrieb der im Folgenden zu beschreibenden selbsttätigen Erregungsregelung. Die Abb. 3 stellt die Verhältnisse nach Schluß des Gewerbebetriebes in einer Zeit dar, in der außer dem sonst versorgten Netz noch ein zweites größeres Netz mit vier weiteren Kraftwerken mit Spitzenstrom beliefert wird.

Abb. 4 stellt mittlere Beziehungen zwischen Erregerstrom und Leistung eines Generators bei verschiedenen cos φ dar.

Es ist notwendig, zu ermitteln, welche Erhöhung des Erregerstromes durch die Steigerung

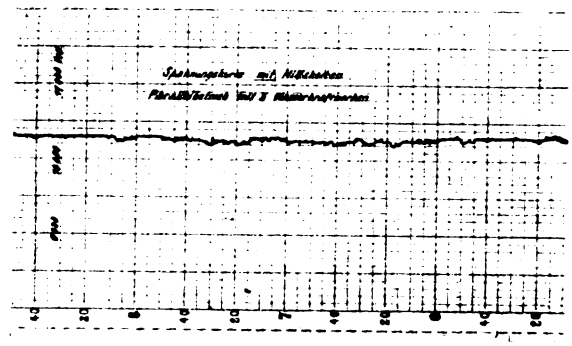


Abb. 3.

der Leistung und welche durch die Änderung von cos φ bedingt ist. Der Erregerstrom für 100 vH Leistung und cos $\varphi = 1$ sei zu 100 vH gesetzt und alles auf diesen Wert bezogen. Dabei wolle man noch beachten, daß nach den vorerwähnten Annahmen die Vollast bei Frequenz 49·5, also bei 1 vH unter Normaldrehzahl zu leisten ist.

Selbst wenn man von diesem besonderen Vorschlage zur Betätigung der Erregungsregelwiderstände absieht, ist es ein Mangel der heutigen Ausführung dieser Widerstände, daß sie zu grob und verschieden unterteilt sind, sodaß mit einer

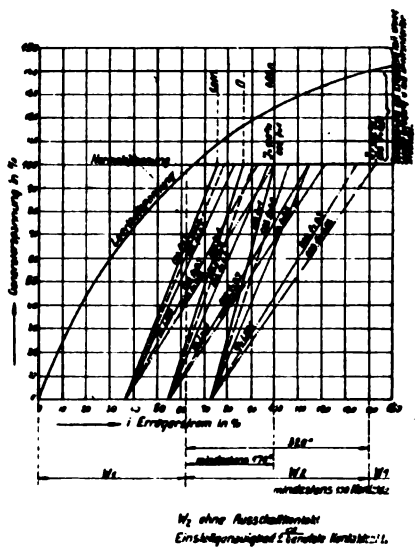


Abb. 4.

Bewegung bei verschiedenen Maschinen verschiedene Änderung der Erregung stattfindet. Im folgenden wird deshalb ein Normungsvorschlag für die Gestaltung und Einteilung der Widerstände gemacht, die den Widerstand enthalten, der zwischen Leerlauf mit Spannung und Vollast, also

Digitized by Google

bei der automatischen Regelung auszuschalten ist. Dieser Widerstand wird mit W_2 bezeichnet. Widerstand W_1 an der Schalttafel dient der ersten Einstellung der Spannung und etwaigen Sondermaßnahmen und erscheint in Abb. 4 in zwei Abschnitten zu beiden Seiten von W_2.

Solche normalisierte Widerstände W_2 wären auch zu benutzen, wenn man die bisherige Methode der sogenannten Eilregelung verbessern will. Die am Kopfe und Fuße der folgenden Tabelle angegebenen fett gedruckten Werte wären als Normen zu betrachten, der zwischenliegende Teil würde sich je nach den einzelnen Generatoreigenarten ändern. Auf 0 bis 15° sind Widerstände unterzubringen, die zur vorübergehenden Schwächung der Erregung bei plötzlicher Entlastung dienen, (siehe später auf S. 85 unter *b*).

Normungsvorschlag für Erregungsregelwiderstände W_2.

	Leistung	0	Leerl. mit Spannung.	0·25	0·5	0·75	1 Vollleistung
	Frequenz				50·5	50	49·5
Normal	Bogen des Widerstandes W_2	**0°**	**15°**	**65°**	**115°**	**165°**	**215°**
(z. B. jen. Generatoraust.	cos. $\varphi = 1$	65 vH		70	75	87	100 vH Erregerstr. normal
	$= 0{\cdot}9$			73	78	91	106 „ „
	$= 0{\cdot}8$			77	82	98	114 „ „
	$= 0{\cdot}7$			87	92	114	135 „ „
	$= 0{\cdot}65$			94 -	-100-	121·5	142 „
	max.						150 „
Normal	Bogen des Erreger-Widerstandes W_2			**180°**	**215°**	**258°**	**299°**
	max.						**315°**

Mindestzahl der Kontakte 100 zwischen 15° und 215°
150 „ 15° „ 315°.

Bei einfachen Turbinen wird man mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad nicht längere Zeit unter Halblast fahren, bei einzelnen abschaltbaren Zweifachturbinen im allgemeinen nicht unter Einviertelleistung des Generators, zumal bei kleineren Belastungen desselben auch sein Wirkungsgrad rasch absinkt. Wird von einer Zweifachturbine die eine Hälfte abgeschaltet durch Schließen des Schützens oder Wasserschiebers, so entspricht Vollbeaufschlagung der Turbine erst halber Leistung des Generators, was beim Antriebe des Erregungs-Regelwiderstandes durch entsprechende Umschaltung Berücksichtigung finden muß.

Beispiel 1: Der mit einer einfachen Turbine verbundene Generator ist für $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ gebaut, er soll mit Rücksicht auf die Netzverhältnisse bei 0·25 und 0·5 Belastung $\cos\varphi = 0{\cdot}65$, bei 0·75 Belastung $\cos\varphi = 0{\cdot}70$ und bei Vollast $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ haben. Der Antrieb hat also dementsprechend zu erfolgen.

In der Tabelle ist durch die punktierte Linie der Verlauf der Bewegung angedeutet. Von diesem mittleren Verlauf des cos φ können Abweichungen nach oben und unten auftreten. Die hierdurch bedingten Abweichungen der Erregung sind aber nur noch so gering, daß sie für den praktischen Betrieb bedeutungslos werden, was sich schon ohne weiteres aus dem Vergleich der Gesamtänderung des Erregerstromes zu den möglichen Fehlern ergibt. In jedem größeren Netz wird mindesten ein Kraftwerk volle Bedienung haben oder mit einem Maschinensatz mit Schnellregler ausgerüstet sein, der diese verbleibende kleine Erregungsdifferenz übernimmt und ausgleicht.

Heute ist in der Regel auch in jedem Netz nur ein Maschinensatz mit Schnellregler verbunden und die übrigen werden von Hand geregelt.

Beispiel 2: In einem Netz tritt eine Steigerung der Belastung von 0·5 auf 0·75 des betrachteten Maschinensatzes auf; cos φ ist 0·8 unverändert. Nach der Tabelle ist eine Verstellung der Erregung von $98 - 82 = 16$ vH erforderlich.

Beispiel 3: Bei der im vorigen Beispiel zugrunde gelegten Belastungssteigerung soll gleichzeitig cos φ von 0·8 auf 0·85 steigen. Die erforderliche Erregungsänderung beträgt dann: $94 - 82 = 12$ vH, ist also vom Beispiel *2* verschieden um $16 - 12 = 4$ vH.

Bezeichnet man das Kraftwerk eines Netzes, das für Spannung, Periodenzahl, Blindstromverteilung usw. maßgebend ist, als taktgebendes oder Hauptwerk, die anderen als Nebenwerke, so wird man vor allen Dingen für bedienungslose Nebenwerke eine Einrichtung begrüßen, die die Erregung auf nach der Erfahrung festgelegte Werte, zum Beispiel im Sinne der punktierten Linie der Tabelle, automatisch regelt. Das Gleiche gilt für die Maschinensätze des Hauptwerkes, die nicht dem unmittelbaren Einflusse eines Schnellreglers unterliegen.

Mit dieser selbsttätigen Einstellung der Erregung in Nebenwerken wird die letzte Vorbedingung für deren halb oder ganz automatischen Betrieb geschaffen. Der Betrieb von Laufwerken regelt sich meist durch eine Schwimmereinrichtung nach dem Wasserzuflusse und bedarf deshalb auch einer der Leistung angepaßten Erregungsregelung.

Bevor wir uns nun mit den besonderen Einrichtungen zur Verstellung der Erregungsregelwiderstände befassen, ist noch eine Betrachtung anzustellen über die Beziehungen zwischen dem Ungleichförmigkeitsgrad δ_r der Regelung und der Unempfindlichkeit der Regler, die mit ε bezeichnet sei. Abb. 5 zeigt den Zusammenhang zwischen der bereits weiter vorne behandelten Größe des Ungleichförmigkeitsgrades und der Unempfindlichkeit der Regler. Lediglich der Deutlichkeit halber ist eine Linie L mit 10 vH Ungleichförmigkeitsgrad und 0·4 vH Unempfindlichkeit bezeichnet. Die Drehzahl fällt also von Leerlauf auf Vollast in dieser Darstellung um 10 vH ab und die Höhe des schwarzen Doppeldreieckes stellt die Unempfindlichkeit von 0·4 vH dar. Die Länge λ dieses Doppeldreiecks kennzeichnet die mögliche

Digitized by Google

Ungenauigkeit in der Einstellung der Leistung. Gewöhnlich werden sowohl die Unempfindlichkeit wie auch der Ungleichförmigkeitsgrad nur ein Viertel so groß, also $\delta_r = 2{\cdot}5$ vH und $\varepsilon = 0{\cdot}1$ vH. Die gegenseitigen Verhältnisse sind also dann die gleichen. Die Ungenauigkeit der Einstellung in beiden Fällen

$$\lambda = \frac{100 \cdot \varepsilon}{\delta_r},$$

also für $\delta_r = 2{\cdot}5$ vH und $\varepsilon = 0{\cdot}1$ vH

$$\lambda = \frac{100 \cdot 0{\cdot}1}{2{\cdot}5} = 4 \text{ vH, das heißt } \pm 2 \text{ vH.}$$

Die Linie *L* stellt die Beziehungen zwischen einem Ungleichförmigkeitsgrad $\delta_r = 10$ vH, einem Unempfindlichkeitsgrad $\varepsilon = 0{\cdot}4$ vH und der Leistung, die Linie *S* dieselben Verhältnisse, jedoch bei einem Ungleichförmigkeitsgrad δ_r von nur 2 vH dar. Die mit *P* bezeichneten schwarzen Doppeldreiecke kennzeichnen das Gebiet, in dem eine

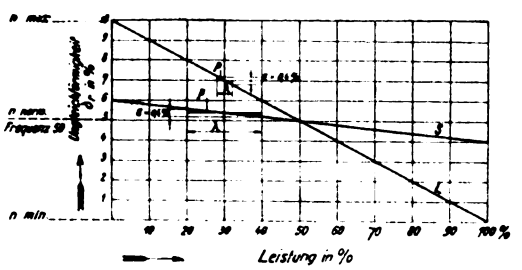


Abb. 5.

Verstellbewegung nicht stattfinden kann, sowohl in bezug auf die Drehzahl, wie auch in bezug auf die Leistung.

Wählt man den Ungleichförmigkeitsgrad bei gleicher Unempfindlichkeit nur zu 1 vH, so würde die Unempfindlichkeit der Einstellung sein

$$\lambda = \frac{100 \cdot 0{\cdot}1}{1} = 10 \text{ vH, das heißt } \pm 5 \text{ vH.}$$

Die im Beispiel vorgeschlagene Frequenzänderung von 50·5 bei Leerlauf auf 49·5 bei Halblast entspricht einem Ungleichförmigkeitsgrad von 4 vH und mithin einer Einstellungsgenauigkeit von

$$\lambda = \frac{100 \cdot 0{\cdot}1}{4} = 2{\cdot}5 \text{ vH, also } \pm 1{\cdot}25 \text{ vH.}$$

Die Einstellung der Erregung muß also in diesem Falle schon in kleineren Stufen als 1·25 vH der Leistung erfolgen. Die Tabelle (S. 83) sieht deshalb mindestens 100 Kontakte vor. Wird ein Ungleichförmigkeitsgrad von nur insgesamt 2 vH verlangt, so muß, wenn die Regelung stabil sein soll, die Einstellung der Erregung schon über 200 Kontakten erfolgen. Jede gröbere Unterteilung muß sich mindestens in einem Verschieben der Blindströme unerwünscht äußern. Die Erfahrung hat gezeigt, daß 50·5 Per/s bei Vollast und 49·5 bei Halblast den praktischen Bedürfnissen vollständig zu genügen vermögen. Es kann vielfach beobachtet werden, daß im Ringen der einzelnen Zentralen um die Lieferung der Wirkleistungen auch 51, sogar auch 52 Per/s gefahren werden, ohne daß irgend welche merklichen Nachteile eintreten.

Die meisten heute noch gelieferten Widerstände umfassen das Anlassen und Einstellen der Erregung für Leerlauf, die Veränderung für die verschiedenen Leistungen auf insgesamt 50 bis 60 Kontakten, von denen etwa 20 für das Einstellen der Leerlaufspannung und von dem verbleibenden Rest je etwa die Hälfte für Erhöhung der Wirkleistung und Änderung von cos φ verbraucht werden. Es entfallen also dann tatsächlich auf 100 vH Leistungsänderung zirka 20 Kontakte, also auf jeden Kontakt etwa 5 vH Leistungsänderung. Diese Abstufung der Erregungsregelung ist zu grob und für jede automatische Regelung ungeeignet, wie aus der Tabelle zu ersehen ist. Entsprechend der gesteigerten Empfindlichkeit der Motorenregler müssen auch entsprechend feiner unterteilte Erregungswiderstände zur Ausführung kommen und zwar am zweckmäßigsten unterteilt in einen Widerstand W_1, der sich immer an der Schalttafel befindet, der für erste Einstellung der Spannung zum Parallelschalten und etwaige Sondermaßnahmen dient, und in einen Teil W_2, der den Widerstand auf mindestens 100 Kontakten enthält und zwischen Leerlauf mit Spannung und Vollast mit cos $\varphi = 1$ auszuschalten ist. Dieser Widerstand W_2 ist für den automatischen Betrieb, sei es in der hier vorgeschlagenen Weise oder durch Eilregler oder auch nur zur gemeinsamen Betätigung für verschiedene Maschinensätze bestimmt.

Die Abb. 4 gibt die Einteilung der Widerstände unten mit an.

Abb. 6 stellt ein Erregungsrelais dar, wie es dem Verfasser in den meisten Ländern geschützt, bezw. zum Schutz angemeldet ist. Der Hebel *H* oder dessen Welle werden von der Turbinen-

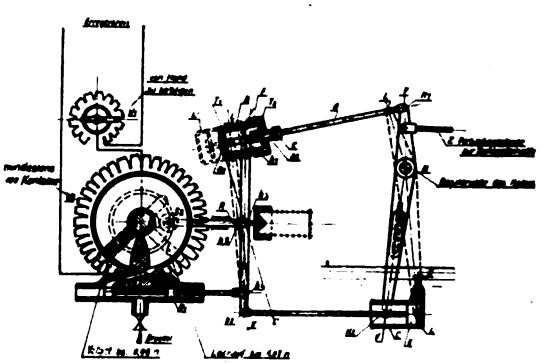


Abb. 6.

regelung betätigt. Am kürzeren Hebelende ist eine Federbüchse angebracht, in der eine vorgespannte Feder in beiden Bewegungsrichtungen weiter zusammengedrückt werden kann. Diese Feder legt sich mit Federtellern beiderseits an die Büchse an. Macht die Welle *M* bezw. der Hebel eine Bewegung, so macht das Hebelende H_2 einen größeren Weg als H_1. Der Kolben *K* kann sich im Zylinder *L* nur mit einer durch die Schraube *D* ein-

Digitized by Google

stellbaren Geschwindigkeit bewegen. Bei einer Bewegung von M wird also zunächst das ganze Gestänge eine durch die Länge des Hebels H_2 bedingte Bewegung machen und dabei der Hebel h_1 h_2, sich um h_3 drehend, die Feder in der Büchse spannen. Der Druck der gespannten Feder wird eine Bewegung des Kolbens K im Zylinder L herbeiführen und nach einer gewissen Zeit wird der Federteller nicht mehr, wie punktiert gezeichnet, von der Federbüchse abgehoben sein, sondern er wird wieder an der Federbüchse anliegen und so die Stellung des Steuerkolbens K_1 bestimmen; dabei wird der Kolben K sich im Zylinder L verschieben. Der Steuerkolben K_1 wird also zunächst beschleunigt bewegt und dann langsam, das heißt verzögert in diejenige Stellung gebracht, die durch das kürzere Hebelende H_1 mit der Federbüchse eingestellt wird. Infolgedessen wird auch der Flügelkolben K_2 eine entsprechende Bewegung des Kontaktfingers des Widerstandes herbeiführen, das heißt erst beschleunigt, dann verzögert. Diese Bewegungen lassen sich am besten verfolgen, wenn sie über der Zeit aufgetragen werden, wie dies in Abb. 7 geschehen ist. Die ausgezogene, mit ϱ bezeichnete Linie stellt in Abb. 7 die Bewegung des in Abb. 6 dargestellten Relais für den Widerstand W_2 dar.

Abb. 6 zeigt das Schaltungsschema eines vom Turbinenkegel betätigten Erregungsregelwider-

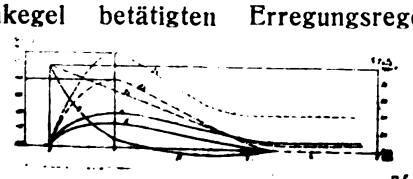


Abb. 7.

standes W_2. Für die Konstruktion des Antriebes haben folgende Gesichtspunkte Beachtung gefunden:

a) Bei kleinen Änderungen der Leistung erfolgt die Einstellung der neuen Drehzahl aperiodisch. Bei großen Änderungen der Leistung tritt bei Anwendung der üblichen Schwungmassen eine vorübergehende stärkere Drehzahländerung ein, deren Einfluß durch eine beschleunigte Verstellung der Erregung nach Möglichkeit auszugleichen ist.

b) Die Veränderung, Stärkung oder Schwächung eines magnetischen Feldes wird durch die magnetische Trägheit verzögert und verkleinert. Wird zum Beispiel ein Drehstromgenerator mit bestimmter Drehzahl und Spannung im Leerlauf betrieben und die Stellung des Kontaktfingers des Erregerwiderstandes bezeichnet, dann auf Vollast V belastet und wieder auf Leerlauf L entlastet unter gleichzeitiger Einstellung der Erregung auf den bezeichneten Punkt und bei der früheren Drehzahl des Leerlaufes, so ergibt sich eine höhere Spannung der Maschine als ehedem. Wird der Erregerstrom aber nur vorübergehend weiter geschwächt und dann wieder auf den gleichen bezeichneten Kontakt eingestellt, so wird auch die gleiche anfänglich beobachtete Leerlaufspannung eintreten.

c) Beim Abschalten durch den Schutz ist es häufig erwünscht, daß die Zentrale zur Erhaltung ihrer Beleuchtung bei abgeschalteten Fernleitungen mit etwas unter normaler Spannung weiterläuft, die auf die Abschaltung aufmerksam macht.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer anfänglich stark beschleunigten, dann aber verzögerten Bewegung des Kontaktfingers, die durch die Konstruktion so vollkommen erreicht wird, daß auch bei Totalentlastung die Forderung unter *c)* anstandslos erfüllt wird. Die Wirkung dieser Bewegung läßt sich in den Auftragungen der Abb. 7 erkennen. Die mit n bezeichnete Linie gibt für alle in der Abb. betrachteten Fälle den gleichen Verlauf der Drehzahl wieder und zwar in einem großen, auf der Horizontalen aufgetragenen Zeitmaßstabe. Der senkrechte Maßstab links ist für die Drehzahlen und die Spannung E in Prozenten gewählt. Der Maßstab rechts mißt die Bewegung des Kontaktfingers des Widerstandes, die durch die Linien dargestellt wird. Die Linie E_1 stellt die Spannungen dar, die bei unveränderter Erregung und dem Drehzahlverlauf n auftreten. E_2 stellt den Verlauf der Spannungen dar, wenn der Kon-

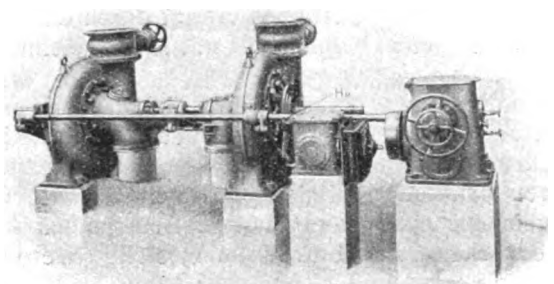


Abb. 8.

taktfinger des Widerstandes mit der durch ϱ_2 bezeichneten Geschwindigkeit gleichmäßig verläuft und E die Spannung, wenn sich der Kontaktfinger anfangs beschleunigt, gegen Ende verzögert nach der Linie ϱ bewegt. Der Abb. ist die Vollentlastung mit verhältnismäßig kleiner Schwungmasse zugrunde gelegt, um eine möglichst große Deutlichkeit zu erhalten.

Die Betriebsergebnisse unter normalen Verhältnissen sind in den Abb. 1, 2, 3 bereits gezeigt. Besonderes Interesse wird der Zusammenarbeit zwischen Schnellregler und dieser Regelungsart zuzuwenden sein.

Schnellregler läßt man meist nur auf einen Maschinensatz eines Kraftwerkes wirken und selten werden in einem Netz mehrere gleichzeitig arbeiten. Wenn nun die anderen Maschinensätze nur von Hand und infolge dessen oft nicht rechtzeitig nachgeregelt werden, hat die mit Schnellregler versehene Maschine verhältnismäßig große Unterschiede der Erregung auf sich zu nehmen, die um so größer werden, je kleiner der Anteil dieser Maschine an der Gesamtleistung des Netzes

Digitized by Google

ist. Dies führt dazu, wenige große Maschinensätze anzuwenden. Bei 2 Sätzen ist die Hälfte, bei 3 Sätzen nur ein Drittel der gesamten Erregungsleistung durch Schnellregler beherrscht. Andere Betriebsrücksichten lassen vielfach 3 und mehr Sätze wünschenswert erscheinen.

Findet das vorbeschriebene Verfahren zur Erregungsregelung Anwendung, so genügt die Schnellregelung eines verhältnismäßig kleinen Maschinensatzes für ein großes Netz, weil, wie früher festgestellt, nur noch kleine Bruchteile der Verstellung als Reste vom Schnellregler zu übernehmen sind, sofern eine derartige Regelung angesichts der Abb. 2 und 3 überhaupt noch für erforderlich gehalten wird.

In der Abb. 8 ist zwischen den beiden Spiralturbinen und dem Regler der Erregungsregler mit dem auf der Seite angebauten Widerstand W_2 zu sehen. Die geringen erforderlichen Mengen Drucköl bezieht der Erregungsregler vom Turbinenregler, sodaß sich besondere Pumpen für diesen Regler erübrigen. Die Einstellung auf die verschiedenen Bedingungen des Betriebes erfolgt durch das auf der linken Seite befindliche mit H_R bezeichnete Handrad.

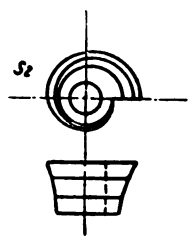


Abb. 9.

Die Regelung enthält eine Rückführung mit einem Kurvenkörper (Abb. 9). Jede einzelne Abwicklung dieses Kurvenkörpers entspricht einer anderen punktierten Linie der Tabelle, sodaß für verschiedene cos φ und für alle Belastungen die erforderlichen Erregungen eingestellt werden können mittels des am Erregungsregler aussen sichtbaren kleinen Handrädchens H_R. Neben dieses Handrädchen kann auch ein Antrieb durch einen kleinen Elektromotor gesetzt werden, wie er zur Betätigung der Tourenverstellungen der Regler von der Schalttafel aus im Gebrauche ist.

Nach diesem Regelverfahren sind ein halbes Hundert Anlagen im Betriebe und haben die anfangs bestehenden Bedenken gegen die Anwendung dieses Verfahrens besiegt. Der Vorzug der Einfachheit hat sich als wichtiger erwiesen als der Mangel eines unmittelbaren Einflusses der Spannung. Läßt man ein Spannungsrelais auf eine mechanische Verbindung der kleinen Handräder H_R, also auf deren gleichmäßige Bewegung wirken, so ist auch dieser Mangel beseitigt. Das Bedürfnis hat eine solche Ausführung aber noch nicht gezeitigt.

Für die weitere Entwicklung und Verbesserung der Erregungsregelung erscheint es erforderlich, normalisierte Regelwiderstände einzuführen, bei denen die erregte Leistung dem Bewegungsbogen des Kontaktfingers proportional ist unter Berücksichtigung des Frequenzabfalles von 50·5 bei Halblast auf 49·5 bei Vollast. Die Unterteilung dieser Widerstände muß so fein sein, daß der Leistungsunterschied von Kontakt zu Kontakt geringer ist als die in Leistung ausgedrückte Unempfindlichkeit der mechanischen Regelung, also kleiner als $\frac{\lambda}{2}$ in Abb. 5. Die Tabelle kann für cos φ kapazitiv nach der anderen Seite fortgesetzt werden, doch liegt dem Verfasser hierfür kein ausreichendes Material vor, um Mittelwerte bilden zu können.

(Eingelaufen am 16. September 1927.)

Die Regeneration gebrauchter Transformatoren-, Schalter- und Turbinenöle.

Von Dr. **Typke**, chem. Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik.

Inhaltsübersicht. Von den drei in der Praxis ausgeführten Regenerationsverfahren, der Behandlung mit Bleicherde, der Behandlung mit Schwefelsäure und Bleicherde, und der Behandlung mit Lauge, Schwefelsäure und Bleicherde hat sich nach dem Urteil einer Reihe von Autoren die Behandlung mit Bleicherde allein als unzureichend erwiesen. Die Behandlung mit Schwefelsäure und Bleicherde ergibt bei vielen Ölen gute Ergebnisse, am sichersten sind gute und gleichmäßige Ergebnisse durch eine Behandlung mit Lauge, Schwefelsäure und Bleicherde, wie sie auch in der AEG-Transformatorenfabrik ausgeführt wird, zu erzielen. Die regenerierten Öle sind auf Verteerungszahl nach der Schiedsmethode und — bei Turbinenöl — Emulgierung zu prüfen.

Die Regeneration gebrauchter Öle ist ein Problem, das heute stark im Vordergrunde des Interesses steht, und zwar, wie gleich vorweg gesagt werden soll, mit Recht, denn die Ersparnisse, die durch die Regeneration und Wiederverwendung der gebrauchten Öle gemacht werden können, sind sehr bedeutend. Im folgenden sollen die Verfahren, die zu einer wirkungsvollen Regeneration gebrauchter Transformatoren-, Schalter- und Turbinenöle geeignet sind, besprochen, und einiges über die damit erreichbaren Resultate mitgeteilt werden.

Unter der Regeneration (Wiederaufbereitung) eines gebrauchten Öles hat man im Gegensatz zu einer bloßen Reinigung, bei der das Öl nur von mechanischen Verunreinigungen und Wasser befreit wird, die Wiederherstellung desjenigen Zustandes zu verstehen, in dem das Öl sich vor seiner Benutzung befand. Eine Regeneration gebrauchter Öle ist also niemals durch einfache Filtration oder Zentrifugieren möglich. Wenn ein Öl dieselben Eigenschaften wie vor seiner Benutzung aufweisen soll, so müssen außer den mechanischen Verunreinigungen auch die im Öl gelösten Veränderungsprodukte entfernt werden, und das ist nur durch einen Raffinationsprozeß möglich.

Digitized by Google

Drei Verfahren sind es nun, die bis jetzt für die Regeneration gebrauchter Transformatoren-, Schalter- und Turbinenöle praktisch in Benutzung gewesen sind: die Behandlung mit Bleicherde, die Behandlung mit Schwefelsäure und Bleicherde, und die Behandlung mit Lauge, Schwefelsäure und Bleicherde. Von diesen darf die Bleicherdebehandlung allein wohl als ein überholtes Verfahren angesehen werden. Wenn die Ausführung hier trotzdem mit einer gewissen Ausführlichkeit geschildert wird, so geschieht es deshalb, weil eine Bleicherdebehandlung auch bei den beiden anderen Verfahren als letzte Operation vorgenommen wird.

Die Bleicherdebehandlung kann in zweierlei Art und Weise ausgeführt werden, nach dem Misch- und nach dem Filtrationsverfahren. Beim Mischverfahren wird das Öl in einem Rührbehälter 1 Stunde oder länger mit der Bleicherde durchgemischt, und dann in einer Filterpresse oder Zentrifuge von der Bleicherde getrennt. Beim Filtrationsverfahren wird die Bleicherde in genügender Schichthöhe in einen Filtrierapparat gefüllt, und das Öl hindurchfiltriert. Es ist bei beiden Verfahren vorteilhaft, das Öl auf 80° bis 110° anzuwärmen. Der Vorteil des Mischverfahrens ist die größere Durchsatzmöglichkeit und die Möglichkeit der Verwendung der weit besser ausnutzbaren feinpulverigen Bleicherde, der Vorteil des Filtrationsverfahrens ist seine leichtere Ausführbarkeit. Den Veröffentlichungen, in denen bisher mit dem Bleicherdeverfahren erzielte Resultate bekanntgegeben wurden[1]), die ungünstig waren, steht kaum ein bekanntgegebenes Ergebnis gegenüber, von dem man befriedigt sein kann. So lautet denn das Urteil, das von verschiedenen Autoren, Förster[2]), Hana[3]), Heyden und Typke[4]), Typke[5]), über die Bleicherdebehandlung als Mittel zur Regeneration unbrauchbar gewordener Öle abgegeben wird, recht ungünstig und man darf wohl annehmen, daß man auch dort, wo es in Gebrauch ist, in absehbarer Zeit wieder davon abkommen wird[6]).

Mittels Schwefelsäure und Bleicherde lassen sich auch weitgehend veränderte Öle in vielen Fällen vollkommen befriedigend regenerieren. Das Öl wird zuerst mit Schwefelsäure in einem Rührbehälter gut durchgemischt, wobei die Temperatur zweckmäßig niedrig gehalten wird. Dann läßt man absitzen, dies kann in dem gleichen oder einem anderen Behälter geschehen. Das so behandelte Öl kann man dann sowohl im Misch- wie im Filtrationsverfahren mit Bleicherde nachbehandeln, wobei das oben über die beiden Bleicherdebehandlungsverfahren gesagte auch hier gilt. Die Temperatur läßt man allerdings beim Mischverfahren am besten zunächst niedrig und rührt mit einem Teil der Bleicherde, bis die Schwefelsäure abgestumpft ist und heizt dann unter allmählicher Zugabe der übrigen Bleicherde langsam hoch. Beim Filtrationsverfahren dürfte man am besten bei niedriger oder nur mäßig erhöhter Temperatur arbeiten. Die Behandlung mit Schwefelsäure und Bleicherde ergibt, wie aus den darüber gemachten Veröffentlichungen hervorgeht[7]), bei einer Reihe von Ölen durchaus befriedigende, bei anderen Ölen wieder unzureichende Ergebnisse. Wie hoch der Prozentsatz an gebrauchten Transformatoren-, Schalter- und Turbinenölen ist, bei denen der Erfolg gut ist, und wie hoch der, bei denen die Methode versagt, muß erst die Erfahrung lehren[8]).

Die sicherste Gewähr für ein gutes Ergebnis der Regeneration gewährleistet die Raffination mit Lauge und Schwefelsäure, zweckmäßig verbunden mit einer Bleicherdenachbehandlung. Dies Verfahren wird in der AEG-Transformatorenfabrik seit längerer Zeit mit gutem Erfolg ausgeführt. Die von der Firma Salge, Berlin, gelieferte Anlage besteht aus einem laugefesten und zwei säurefesten Rühragiteuren, einer Filterpresse, sowie den notwendigen sonstigen Behältern, Rohrleitungen usw. Der Arbeitsgang richtet sich nach der Beschaffenheit des zu reinigenden Öles. Je nachdem wird zuerst die Laugung oder die Schwefelsäureraffination vorgenommen. Wenn die Laugung vor der Schwefelsäureraffination erfolgt ist, kann die Stumpfung der Säure, wie vorstehend bei der Regeneration mit Schwefelsäure und Bleicherde beschrieben, nach dem Absitzen des Säureharzes mit Bleicherde vorgenommen werden. So schwierig das Verfahren vielleicht auf den ersten Blick aussehen mag, so sicher ist es bei sachgemäßer Anleitung auszuführen und zu überwachen. Die mit diesem Verfahren erzielten Erfolge sind außerordentlich gute und gleichmäßige. Im bisher eineinhalb jährigen Betrieb der Anlage in der AEG-Transformatorenfabrik wiesen (bei über 250 regenerierten Ölen) nur 2 bis 3 vH Verteerungszahlen über 0·3 und etwa 4 bis 5 vH zwischen 0·21 und 0·3 auf; bei der Mehrzahl dieser Öle wurde ein Teerölgehalt festgestellt. Sonst wurden nur

[1]) Baum, Allg. Öl- und Fettzeitung 1927, 108; Hawira, Ölmarkt 1927, 38; Förster, Elektrizitätswirtschaft 1927, 318; Hana, Elektrizitätswirtschaft 1926, 261; 1927, 322, 326.

[2]) a. a. O.

[3]) a. a. O.

[4]) Elektrizitätswirtschaft 1926, 149; Allg. Öl- und Fettzeitung 1927, 329.

[5]) Seifensiederzeitung 1926, 803; Erdöl und Teer 1927, 282.

[6]) Für denjenigen, der sich näher für die Materie interessiert, sei als Literatur über die Bleicherdebehandlung gebrauchter Öle außer der bereits angeführten noch angegeben: Evers, Ang. Chemie 38, 661; Heyden und Typke, Erdöl und Teer 1925, Heft 28. 1926, 139; ZVDI 1926, 401; Wischin, Allg. Öl- und Fettzeitung 1926, 487, 512; ZVDI 1927, 102; Erdöl und Teer 1926, 483; Petroleum 1927. 546; Typke, Allg. Öl- und Fettzeitung 1926, 453.

[7]) Baum, Allg. Öl- und Fettzeitung 1927, 108; Hana, Elektrizitätswirtschaft 1926, 263; 1927, 321; Heyden und Typke, Elektrizitätswirtschaft 1927, 319.

[8]) An Literatur über die Behandlung mit Schwefelsäure und Bleicherde sei außer der bereits angeführten noch genannt: Wischin, Allg. Öl- und Fettzeitung 1926, 489; Erdöl und Teer 1926, 685; Petroleum 1927, 550; Heyden und Typke, Allg. Öl- und Fettzeitung 1927, 329; Typke, Ölmarkt 1927, 109.

Digitized by Google

Verteerungszahlen unter 0·2, zu einem wesentlichen Teil sogar unter 0·1 festgestellt.

Das Ergebnis muß als sehr günstig bezeichnet werden.[9])

Die Eigenschaften, die regenerierten Transformatoren- und Schalteröle aufweisen sollen, sind vor einiger Zeit bereits in dieser Zeitschrift erörtert worden.[10]) Es sei hier nur noch einmal eindringlichst darauf hingewiesen, daß nur die Bestimmung der Verteerungszahl nach der Schiedsmethode (70 stündiges Erhitzen unter Sauerstoffeinleiten) einen Maßstab für die Widerstandsfähigkeit des Öls geben kann. Die Verteerungszahl ohne Sauerstoffeinleiten, oder gar die Superoxydzahl sind zur Beurteilung dessen, ob ein regeneriertes Öl brauchbar ist, wertlos.

Wegen Erreichung der nötigen Durchschlagsfestigkeit der Öle braucht man bei der Regeneration nicht in Sorge zu sein. Wenn das Öl vollkommen trocken und frei von mechanischen Verunreinigungen ist, so besitzt es ohne weiteres ausreichende Durchschlagsfestigkeit. Es ist bei früheren Versuchen sogar bei sehr schlechten gebrauchten Ölen festgestellt worden, daß sie ohne jegliche eigentliche Reinigung, nur nach Trocknung und Filtrieren zur Entfernung mechanischer Verunreinigungen sehr hohe Durchschlagswerte aufwiesen.[11]) Bei Turbinenölen verlange man von einem guten Regenerat, daß es hinsichtlich seiner Eigenschaften, insbesondere Verteerungszahl und Emulgierungsprobe, den in den „Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln"[12]) für neues Turbinenöl geforderten Bedingungen entspricht. Das ist, wie sich in der Anlage der AEG-Transformatorenfabrik gezeigt hat, bei sorgfältigem Arbeiten bei Ölen, die vor ihrer Ingebrauchnahme diesen Bedingungen entsprochen hatten, möglich.

[9]) An Literatur über die Regeneration gebrauchter Öle mit Lauge und Schwefelsäure seien noch genannt: Heyden und Typke, Elektrizitätswirtschaft 1926, 150, 151; Allg. Anz. d. Chem. Industrie 1926, 45; Typke, Seifensiederzeitung 1926, 820, 839; Allg. Öl- und Fettzeitung 1926, 453; Ölmarkt 1927, 110; Erdöl und Teer 1927, 284; Hornstein, Seifensiederzeitung 1926, 910; Hana, Elektrizitätswirtschaft 1927, 326.

[10]) Heyden und Typke, E. u. M. 1927, Heft 15, S. 289.

[11]) Heyden und Typke, ETZ 1924, S. 1059.

[12]) Vierte Auflage, Verlag Stahl und Eisen.

Selbstregelnde Dynamo für Gleichstrom-Lichtbogenschweißung.

Von Dr. E. **Rosenberg**, Weiz.

(Schluß aus Heft 3, Seite 61.)

Diskussion.

Ing. **Herrmann:** Herr Direktor Dr. Rosenberg hat in ausführlicher Weise über die Durchbildung seiner Querfeldmaschine aus den Jahren 1904/5 für Zwecke der Lichtbogenschweißung berichtet. Wie Herr Dr. Rosenberg erwähnt hat, wurde seinerzeit die vorwiegend für Zugsbeleuchtung angewendete Erfindung von der damaligen Patentinhaberin, der AEG, in Einzelfällen auch als Schweißdynamo ausgeführt, doch wurde später von ihrer Verwendung für Schweißzwecke abgegangen und die Krämerschaltung vorgezogen. Ursache hiefür waren wesentliche Vorteile letzterer, bezw. Nachteile der alten Querfeldmaschine für den Schweißbetrieb. Es wäre von Interesse zu erfahren, wie weit die seinerzeitigen, unten aufgeführten Nachteile bei der Neuausführung vermieden werden. Diese waren:

1. Regulierung. Die Querfelddynamo gestattet lediglich eine Regulierung des Kurzschlußstromes, während die Leerlaufspannung und die Form der Strom-Spannungscharakteristik durch die Auslegung der Maschine ein für allemal festgelegt ist. In der Praxis hat es sich jedoch erwiesen, daß für die Erzielung hochwertiger Schweißungen eine Änderung der Leerlaufspannung, bezw. der Strom-Spannungscharakteristik, unabhängig vom Dauerkurzschlußstrom, zweckmäßig ist.

2. Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad der Querfeldmaschine muß ungünstig beeinflußt werden durch die zusätzlichen Ankerverluste, sowie die Übergangsverluste an den Kurzschlußbürsten, infolge der notwendigen Ankererregung. Wenn auch angenommen werden kann, daß der Wirkungsgrad der neuen Rosenbergdynamo besser ist, als bei den bisher bekannten fremderregten Schweißmaschinen, erscheint es mit Rücksicht auf die erwähnte Ankererregung fraglich, ob dieser Vorsprung auch gegenüber neuen selbsterregten Schweißmaschinen mit normalen Felderregungen bestehen bleibt.

3. Kommutierung. Die von Herrn Dr. Rosenberg vorgeführte Maschine hat einwandfrei kommutiert. Es sind jedoch mehrfach Gerüchte bekannt geworden, wonach bei den Rosenbergmaschinen Kommutierungsschwierigkeiten beobachtet wurden. Es ist selbstverständlich möglich, daß diese Schwierigkeiten auf Fabrikationsunregelmäßigkeiten oder unsachgemäße Behandlung im Betriebe zurückzuführen sind. Es wäre jedoch nicht unmöglich, daß die Ursache an dem Fehlen einer Wendefeldzone für die Kurzschlußbürsten liegt.

4. Maschinen großer Schweißleistung. Die beschriebenen neuen Querfeldmaschinen sind durchwegs zweipolig ausgeführt. Die Ursache hiefür dürfte darin liegen, daß bei vierpoligen Maschinen die gezeigte einfache Reguliermöglichkeit verloren geht. Vermutlich dürfte infolge der zweipoligen Bauart die Ausführung von Maschinen großer Schweißleistung Schwierigkeiten bieten und hiefür nur die Verwendung mehrerer kleinerer Maschinen in Parallelschaltung in Frage kommen. Diese Mehrfachaggregate haben aber dort, wo sie für größere Schweißleistungen an einem Arbeitsplatz benützt werden, zweifellos den Nachteil größerer Abmessungen und Gewichte, sowie schlechteren Wirkungsgrades gegenüber einem gleichleistenden Einfachaggregat.

Es ist zweifellos als besonderes Verdienst von Herrn Dr. Rosenberg zu bezeichnen, daß er dem Bedürfnis der Praxis nach einer kleinen, billigen Schweißdynamo auch für die Mittel- und Kleinindustrie in vorzüglichem Maße entgegengekommen ist. Hierdurch ist sicherlich eine allgemeinere Verwendung der Lichtbogenschweißung in der metallverarbeitenden Industrie ermöglicht worden. Es muß jedoch bei dieser Gelegenheit festgestellt werden, daß außer seiner Firma, der „Elin", auch andere Firmen, SSW, AEG, BBC, seit langem, auch vor dem Jahre 1925, sich um die Verbreitung der Lichtbogenschweißung bemüht haben. Bis vor Kurzem haben diese jedoch nur schwere fremderregte Maschinen aus-

Digitized by Google

geführt. Das Bedürfnis nach einer kleinen, leichten und billigen Maschine wurde allgemein empfunden; so hat zum Beispiel die AEG-Union eine neue selbsterregte Maschinentype auf den Markt gebracht, welche diesem Bedürfnis vollkommen entspricht, ohne aber auf die Vorteile der bisher verwendeten fremderregten Maschinen mit unabhängiger Strom- und Spannungsregelung zu verzichten.

Ing. **Ellmann:** Herr Dr. Rosenberg hat in seinem Vortrag wiederholt hervorgehoben, daß die Lichtbogenspannung für den Schweißer von keinerlei Interesse sei. Demgegenüber muß aber besonders betont werden, daß diese Annahme nicht zutreffend ist. Die Lichtbogenspannung ist von ganz wesentlichem Einfluß auf das Ergebnis der Schweißung. In erster Linie werden die physikalischen Eigenschaften der Schweiße und damit die erzielten Festigkeiten stark beeinflußt. Ausführliche Versuche haben beispielsweise ergeben, daß bei einem bestimmten festgehaltenen Kurzschluß- und Schweißstrom Spannungsänderungen im Lichtbogen zwischen 15 und 35 V Festigkeitsunterschiede von 40 vH ergeben. Aus diesen Werten geht wohl eindeutig hervor, daß das Einhalten einer bestimmten Spannung wesentlich ist.

Herr Dr. Rosenberg bezeichnet seine Schweißdynamo als selbstregelnd. Diese Bezeichnungsweise erweckt den Eindruck, als ob die Maschine sich automatisch die für jede Arbeit notwendige Lichtbogenspannung selbst einstellen würde. Dies trifft aber meines Erachtens nach nicht zu.

Die Lichtbogenspannung ist bekanntlich eine Funktion der Länge des Lichtbogens bei gegebenem Elektrodenmaterial und bestimmtem Lichtbogenstrom. Es ist daher dem Schweißer überlassen, durch verschieden langes Ausziehen des Lichtbogens dessen Spannung zu verändern und damit die vorerwähnten Qualitätsunterschiede der Schweißung zu verursachen, soferne dies die Strom-Spannungs-Charakteristik der Maschine zuläßt. Wie aus dem vorgeführten Kurven bezw. Versuchen zu ersehen war, gestattet die Rosenbergmaschine, den Lichtbogen in weitesten Grenzen auszuziehen, ohne daß ein Abreißen desselben auftritt.

Um die Gefahr einer falschen Lichtbogenlänge zu vermeiden bezw. möglichst abzuschwächen, gibt es nur ein Mittel, nämlich die Maschinen derart zu bauen, daß sie bei einer bestimmten Einstellung nicht nur die Schweißstromstärke einhalten, sondern auch den Schweißer verhindern mit unrichtiger Lichtbogenlänge bezw. Lichtbogenspannung zu arbeiten. Dies geschieht durch unabhängige Strom-Spannungs-Regelung, das heißt also durch Wahl der fallweise zweckmäßigen Strom-Spannungs-Charakteristik. Wenn auch der Schweißer während der Arbeit nicht die Möglichkeit hat, das Voltmeter zu beobachten, so ist er doch imstande vor Beginn der Arbeit durch Einstellung auch der Leerlaufspannung außer dem Dauerkurzschlußstrom diejenige Charakteristik festzulegen, welche ihn verhindert, mit falscher Lichtbogenlänge zu arbeiten. Die Unterweisung des Schweißers, an Hand einer einfachen Tabelle für die verschiedenen Arbeiten die richtigen Verhältnisse einzustellen, scheint mir leichter, als dem Manne das Verständnis für die richtige und für verschiedene Arbeiten verschiedene Lichtbogenlänge beizubringen.

Ing. **Titscher:** Als Schweißpraktiker, welchem unter anderem die Aufgabe übertragen wurde, die Schweißerei eines Eisenbahnausbesserungswerkes modern auszugestalten und zu leiten, glaube ich auf Grund der hiebei gesammelten Erfahrungen die Kriterien, welche die Güte einer elektrischen Schweißmaschine bestimmen, wie folgt zusammenfassen zu können.

1. Leichte und gedrungene Bauart.
2. Ruhiger, stabiler Lichtbogen.
3. Geringer Stromverbrauch, das ist hoher Wirkungsgrad.
4. Leichte Regelbarkeit von Spannung und Stromstärke.
5. Genügend große Zünd- oder Anfangsspannung.

Man wird nicht erwarten können, daß eine Konstruktion allen Punkten gerecht wird; ich erinnere an den Kampf zwischen Transformator und Gleichstromumformer, der heute wohl als beendet zu betrachten ist, indem Wechsel- und Gleichstrom getrennte Gebiete der Schweißung beherrschen, somit mit voller Berechtigung nebeneinander bestehen können. Ähnlich ist es nunmehr mit den Gleichstromumformern verschiedener Konstruktion, welche bei richtiger Verteilung jeweils für eine bestimmte Gruppe von Schweißarbeiten am zweckmäßigsten zu verwenden sind. In unseren Ausbesserungswerken arbeiten Umformer von sieben verschiedenen Typen und Bauformen vollkommen zufriedenstellend. Was den Wirkungsgrad anbetrifft, steht unter acht bisher untersuchten Typen die Rosenbergmaschine an erster Stelle. Ihre Regelbarkeit ist äußerst einfach, jedoch zeigten sich bei dem großen Aggregat RF 136 bei Übergang von stärkeren auf schwächere Elektroden geringfügige Remanenzwirkungen[1]).

(Schriftlich überreicht.) Es liegt weiters im Wesen der Hauptschlußcharakteristik dieser Maschine, daß bei Schweißbeginn erst die Schweißspannung durch Eigenerregung geschaffen werden muß, somit die eigentliche Zündspannung gering ist. Es liegt die Frage nahe, ob nicht örtlich an Lokomotivstangen aufgetretene harte Stellen welche im Betrieb beim Abfräsen der Schweißraupe zuweilen bemerkt wurden, durch den Umstand bedingt sind, daß das erste abgeschmolzene Stabelement infolge zu geringer Anfangserregung der Maschine zu rasch erstarrt und dadurch abgeschreckt und hart wird[2]). Es muß noch hervorgehoben werden, daß die Kommutierung dieser Maschine auch bei bedeutender Belastung eine ausgezeichnete ist und ein Funken des Kollektors niemals zu bemerken war.

Ing. **Kranner:** Mit der Rosenbergdynamo, wie eine solche schon seit längerer Zeit bei der Grazer Tramway-Gesellschaft in angestrengtestem Betrieb steht, hat man dort sowohl hinsichtlich der Betriebssicherheit als auch Einfachheit der Bedienung die besten Erfahrungen gemacht. Der überaus einfache Aufbau, besonders das Fehlen von Nebenschluß- oder Vorschaltwiderständen, die erfahrungsgemäß oft zu Störungen Anlaß geben, erweist sich im Betrieb als außerordentlich schätzenswert. In der Möglichkeit der feinstufigen, nahezu kontinuierlichen Regelung der Stromstärke in Abstufungen von zirka 5 zu 5 A liegt ein Vorteil, der besonders bei den Schweißern sehr gewertet wird: die weitgehende Anpassungsmöglichkeit der Stromstärken an die Art der Schweißungen, bezw. die Dimensionen der zu verschweißenden Materialien bildet nämlich eine große Erleichterung für den Schweißer und wird naturgemäß auch die Güte der Schweißung günstig beeinflußt. Tatsächlich können bei der Grazer Tramway Ges. jetzt zum Beispiel Nahtschweißungen an Blechen mit einer Stärke bis herunter von 2 mm mit 3 mm starken Elektroden einwandfrei ausgeführt werden, während früher solche Schweißungen nur nach dem Autogenverfahren zur Ausführung kamen. Eine weitere wertvolle Eigenschaft der Rosenbergdynamo liegt darin, daß durch ihre elektrischen Eigenschaften das Schweißen auch mit nicht ummantelten Elektroden, das erfahrungsgemäß schlackenfreiere und damit bessere Schweißung ergibt, selbst dem ungeübten Schweißer keine Schwierigkeiten macht. Hervorzuheben ist noch das klaglose Verhalten der Schweißdynamo im Dauerbetrieb; die in Graz in Betrieb

[1]) Die etwas störende, praktische Auswirkung dieser Erscheinung konnte inzwischen Dank der Mithilfe der Lieferfirma vollkommen beseitigt werden, so daß sie nunmehr für den Schweißbetrieb belanglos ist.

[2]) Inzwischen konnte dieser Mangel durch Verwendung von B W-Schweißdraht an Stelle der bisher verwendeten Marke B W 7 behoben werden, ein Umstand, welcher zeigt, wie wichtig die richtige, dem Grundmaterial entsprechende Drahtauswahl ist.

Digitized by Google

befindliche Maschine für 200 A Nennschweißstrom steht zeitweise Tag und Nacht mit oft nur dreistündiger Pause in angestrengtestem Betrieb, ohne daß je eine wesentliche Erwärmung der Maschine festgestellt worden wäre.

Zum Schlusse sei noch auf die Verwendung der Rosenbergdynamo bei der Überprüfung von Schienenrückleitungen bei elektrischen Bahnen aufmerksam gemacht. Dabei wird an der Schiene, bei einem konstanten, dem normalen Betriebsstrom ungefähr größengleichen Meßstrom aus einer mitgeführten Stromquelle der Spannungsabfall gemessen, wobei sich eine schadhafte Schienenverbindung durch einen abnormalen Ausschlag am Spannungsmesser anzeigt. Die Grazer Tramway hat sich für diese Zwecke einen Meßzug mit einfachen Mitteln selbst zusammengestellt. Dieser besteht aus einem Triebwagen, weiters einem Bahnwagen, auf welchem die Rosenbergdynamo als Meß-Stromquelle aufgestellt ist, und dem eigentlichen Meßwagen, einem einfachen Holzrahmen, auf vier einzelnen Rädern in Holzbüchsen lagernd; jedes der vier Räder ist also für sich isoliert und trägt seitlich je einen Kupferring, auf welchem Kohlenbürsten schleifen, an welche die Pole der Dynamo angeschlossen sind, und zwar jeweils immer nur an den zwei Rädern einer Rahmenseite, um jeden Schienenstrang für sich messen zu können. Zwischen den Rädern einer Rahmenseite sind dann noch in 1 m Abstand mit dem Spannungsmesser (Millivoltmeter) verbundene Kontaktbürsten vorgesehen. Die Maschine arbeitet während der mehrstündigen Dauer der Messung ununterbrochen auf einen Kurzschluß von 150 A. Eine Störung oder ein Anstand hat sich bisher nie ergeben, ja es wurde nicht einmal eine besonders erhebliche Erwärmung der Maschine wahrgenommen.

Dr. **Rosenberg:** Viele von den theoretischen Bedenken, die einige Herren vorgebracht haben, sind durch die Mitteilung der Erfahrungen der Herren Ing. Titscher und Kranner widerlegt, auch durch das, was die Zuhörer des Vortrages mit eigenen Augen gesehen haben. Zu den Behauptungen, daß „unabhängige" Strom- und Spannungsregelung zweckmäßig wäre, muß man auf die Entstehung dieser Forderung eingehen. Es gibt Maschinen mit Fremderregung und gegenwirkender Hauptstromwicklung, bei denen man das Maximum des auftretenden Stromes dadurch reguliert, daß man die Fremderregung verringert. Dadurch verringert sich auch die Leerlaufspannung, und solche Maschinen haben den großen Nachteil, daß beim Schweißen mit kleiner Stromstärke die höchst erreichbare Spannung sehr klein, beim Einregeln auf hohe Stromstärke aber übermäßig groß ist. Bei solchen Maschinen kann die unabhängige Strom- und Spannungsregelung dadurch erzielt werden, daß man außer dem Regelwiderstand in der Fremderregung noch einen Nebenwiderstand zur Gegenerregung anbringt. Solche Maschinen haben also mindestens zwei, in vielen Fällen sogar drei Regulierwiderstände, die nicht nur schwer zu handhaben sind, sondern auch viel Anlaß zu Betriebsstörungen geben, weil leider Widerstände und Kontaktplatten viel unsicherer sind als Maschinen selbst. Hat man eine Maschine, die solche Regelwiderstände nicht benötigt, so ist dies an sich ein großer Vorteil und, da alle Charakteristiken meiner Maschine das Gemeinsame haben, daß die maximal erreichbare Spannung für jede eingestellte Stromstärke über der nötigen Schweißspannung liegt, so braucht sich der Schweißer um die Spannung niemals zu kümmern. Die Behauptung, die Praxis hätte erwiesen, daß für die Erzielung hochwertiger Schweißungen eine Änderung der Leerlaufspannung zweckmäßig wäre, gilt nur für solche Maschinen, bei denen die Leerlaufspannung mitbestimmend ist für eine ganz andere Funktion. Gewiß ist die Güte der Schweißung von Stromstärke und Spannung abhängig, aber der Schweißer kann während seiner Arbeit weder den Strommesser noch den Spannungsmesser beobachten, sondern nur den Lichtbogen und man kann nicht zwei unabhängige Beobachter zu den Instrumenten stellen, die fortwährend Strom und Spannung ablesen und dem Schweißer zurufen. Es ist ganz unrichtig, daß durch Einstellung der Leerlaufspannung der Schweißer gezwungen würde, oder auch nur befähigt würde, ohne Beobachtung des Lichtbogens mit der richtigen Spannung zu schweißen.

Herr Ing. Ellmann glaubt, daß der Schweißer vor Beginn der Arbeit durch Einstellung einer niedrigen Leerlaufspannung diejenige Charakteristik festlegen wird, die ihn verhindert, mit falscher Lichtbogenlänge zu arbeiten. Das ganze Argument ist aber hinfällig bei einer Maschine die auch auf große Leerlaufspannung eingestellt werden kann, denn ein Schweißer, der seine Arbeit nicht richtig gelernt hat, wird sich helfen wie er kann und bei der von den zwei Herren propagierten Maschine scheint es nach den veröffentlichten Kurven, daß er viel mehr Möglichkeiten hat, falsche Spannungen einzustellen als die richtige. Es als Vorzug zu bezeichnen, daß man bei einer Maschine je nach der vorzunehmenden Arbeit die Leerlaufspannung sorgfältig einstellen muß, erinnert an den unglückseligen Vorzug, den wir jetzt im Postwesen haben, daß man jeden Brief mit einer anderen Marke versehen muß, je nachdem in welches Land er geht. Beim Einheitsporto braucht man sich um dergleichen nicht zu kümmern, und so habe ich noch keinen Praktiker gefunden, der mit der heute gezeigten Maschine geschweißt hat und der sich nach dem „Vorzug" der unabhängigen Strom- und Spannungsregelung gesehnt hätte. Man erzieht einen Schweißer nicht durch Voltmeter, sondern dadurch, daß man ihm richtige Arbeit vorführt und bei den Arbeiten, die er mit zu großem oder zu kleinem Lichtbogen ausführt, die Fehler zeigt. Die Praxis hat längst über die Haltlosigkeit der vorgebrachten papierenen Argumente entschieden.

Die zusätzlichen Ankerverluste und die Übergangsverluste an den Kurzschlußbürsten, von denen Herr Ing. Herrmann spricht, werden durch die geringfügigen Verluste in den Magnetspulen wettgemacht, sodaß der Wirkungsgrad der Maschine ein vorzüglicher ist. Alle Verluste in Vorschalt- und Erregerwiderständen entfallen. Die beste Antwort auf diese theoretische Vorbringung ist in den Untersuchungen des Herrn Ing. Titscher gegeben, der unter acht bisher untersuchten Typen bei dieser Maschine den besten Wirkungsgrad gefunden hat.

Betreffs der Kommutierung spricht Herr Ingenieur Herrmann die Meinung aus, daß das Fehlen einer Wendefeldzone schlechte Stromwendung bei den Hilfsbürsten verursacht. Dabei vergißt er ganz, einen wie kleinen Strom diese Bürsten bei allen Belastungsverhältnissen führen und daß Millionen von Dynamomaschinen für Spannungen bis 100 V und darüber ohne Wendepole ihren vollen Strom bei neutraler Bürstenstellung einwandfrei abgeben. Gerade weil ich die „Gerüchte" kenne, von denen Herr Herrmann spricht, so habe ich heute die Maschine einem großen Auditorium unter allen Belastungsverhältnissen vorgeführt, damit alle mit eigenen Augen die gute Kommutierung aller Bürsten bei jeder Spannung und Stromstärke bis zu 50 vH Überlastung sehen.

Daß die Maschine nicht vierpolig ausgeführt werden könnte, ist ein Irrtum. Schon die Parallelschaltung mehrerer zweipoliger Maschinen und die Möglichkeit, jeden einzelnen Regulierpol unabhängig zu betätigen, ist ein Beweis, daß die mehrpolige Ausführung und unabhängige Betätigung jedes Regulierpoles in einer vier- oder sechspoligen Maschine möglich ist. Wir wären ohne weiteres bereit, Einzelmaschinen für 1000 A zu entwickeln, wenn dafür ein genügender Bedarf vorhanden wäre. Die Benutzer ziehen aber parallel schaltbare kleinere Maschinen vor, weil sie viel allgemeiner verwendbar sind.

Beweis für die Bedürfnisse der Praxis ist, daß große Maschinen dadurch für die gleichzeitige Benützung mehrerer Schweißstellen verwendbar gemacht werden, daß jeder Schweißstelle ein großer Widerstand vorgeschaltet wird, der oft auch verschämt als Induktions-

Digitized by Google

spule bezeichnet ist, in Wirklichkeit aber nur durch seinen Ohm'schen Widerstand wirkt und meist mehr Leistung verzehrt als der Lichtbogen selbst. Es ist sehr viel zweckmäßiger, kleine Maschinen ohne energiefressende Widerstände zu verwenden und sie für Ausführung einer großen Gußwarmschweißung parallel zu schalten.

Die Leerlaufspannung der Maschine kann man durch Anbringen einer ganz schwachen Nebenschlußwicklung auch auf höhere Werte einstellen und wir haben einige solcher Maschinen ausgeführt, zum Beispiel in Fällen, wo es sich um das Schweissen sehr schmutziger und miniumgestrichener Bleche handelt. Aber in weitaus der Mehrzahl aller Fälle hat sich gezeigt, daß die Charakteristik der nur hauptstromerregten Maschine gerade erwünscht ist und daß die ungefährliche Leerlaufspannung besonders gewürdigt wird.

Aus eigener und fremder Erfahrung weiß ich, daß die Anlernung von Schweißern durch die einfache Regelbarkeit und Charakteristik dieser Maschine sehr erleichtert wird. Während ich aus Schweißerschulen gehört habe, daß sich bei anderen Maschinen nur ein mäßiger Prozentsatz der Schüler als verwendbar gezeigt hat, ist in der Schweißerschule der ELIN bei mehr als 100 abgerichteten Schülern kaum ein einziger Mißerfolg zu verzeichnen gewesen. Die Leute erlernen das Schweißen leicht, ob sie nun früher Autogenschweißer waren oder Schlosser oder auch nur Hilfsarbeiter.

Die Mitteilungen der Herren Ingenieure Titscher und Kraußner sind sehr wertvoll. Von besonderem Interesse ist die neue Verwendung, die Herr Ing. Kraußner der Maschine gegeben hat, die normal bei Straßenbahnen zur Ausbesserung abgenützter Weichen und Kreuzungsstücke verwendet wird.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Wirkungsgradbestimmung an Turbogeneratoren. H. Rihli zieht die $\cos\varphi$-Belastungsmethode zur Bestimmung des Wirkungsgrades an Turbogeneratoren der Methode der Einzelverlustmessungen vor, da bei dieser die aus dem Kurzschlußversuch zu bestimmenden Zusatzverluste einigermaßen höher sind, als es dem Belastungsfall bei voll erregter Maschine entsprechen würde, wenn magnetische Teile des Streupfades bereits durch das Hauptfeld gesättigt sind. Die Belastung der Generatoren erfolgt bei Betriebsspannung unter Verwendung von Drosselspulen als wattlose Belastung. Die Gesamtverluste sind am verläßlichsten durch thermometrische Messung zu bestimmen. Hiezu werden die Ein- und Austrittsöffnungen der Kühlluft durch gespannte Felder geteilt. In jedes Feld des Austrittsquerschnittes wird die eine Lötstelle eines Thermoelementes, in jedes Feld der Eintrittsöffnung die andere Lötstelle des betreffenden Elementes gebracht und die Elemente sämtlich in Serie geschaltet, so daß sofort der Mittelwert der Temperaturdifferenz abgelesen werden kann. Durch Beobachtung dieser Ablesung kann so auch die Temperaturkurve während des Belastungslaufes und die Erreichung der Endtemperatur bestimmt werden. Für die Verlustbestimmung ist noch eine Messung der Luftmenge, zum Beispiel mittels geeichtem Schalenkreuz-Anemometer, nötig. Die durch die Kühlluft abgeführte Verlustleistung beträgt dann, da das Produkt aus spezifischer Wärme der Luft bei konstantem Druck und dem mechanischen Wärmeäquivalent ungefähr gleich 1 ist,

$$L_t \text{ in kW} = Q_L \cdot \gamma \cdot \Delta t,$$

wenn unter Q_L die Luftmenge in m³/s, unter γ das spezifische Gewicht der Luft am Austritt unter Berücksichtigung der Austrittstemperatur und des Barometerstandes und ferner unter Δt die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austritt verstanden wird. Zu diesem Wert müßte noch die der Kühlluft infolge der Austrittsgeschwindigkeit innewohnende kinetische Energie in Anrechnung gebracht werden, doch kann dieser Betrag wegen seiner Kleinheit (kleiner als 0·5 vH der Gesamtverluste) vernachlässigt werden. Für die Wärmestrahlung und -Ableitung sind 8 bis 10 W/m² erwärmter Gehäuseoberfläche und 1° Temperaturdifferenz gegen die umgebende Luft zuzurechnen, die Größenordnung dieses Betrages bewegt sich in der Regel zwischen 1 und 1·5 vH der Gesamtverluste. Ferner lassen sich die Lagerreibungsverluste durch Bestimmung von Ölmenge und Ölerwärmung leicht berechnen. Sollen die Wirkungsgrade für einen bestimmten Leistungsfaktor angegeben werden, so sind die der Übererregung bei $\cos\varphi = 0$ (voreilend) entsprechenden Mehrbeträge für Erregerverluste und Statoreisenverluste in Abschlag zu bringen.

—hw—.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 76, 1927.)

Große Motoren mit Wirbelstromanker. Von Dr. Ing. Liwschitz. Wegen des großen Vorteils der einfachen Bedienung und wegen des geringen Preises konnten sich im rationellen Amerika die Kurzschlußankermotoren biz zu beträchtlichen Leistungen durchsetzen. Einen Übergang vom Schleifringankermotor zum Kurzschlußankermotor bedeutet der Wirbelstromankermotor, der auf der Stromverdrängung in hohen Leitern bei höherer Periodenzahl beruht[1]). Während der Anlaufstrom beträchtlich heruntergesetzt wird, tritt im Lauf, wo die Periodenzahl im Läufer ganz gering ist, keine Stromverdrängung auf. Es werden zwei große Motoren beschrieben: der eine ist für 1200 kW bei 6000 V und 2970 U/min. Bei dieser Spannung beträgt das Anlaufmoment das 1·5-fache, der Anlaufstrom das 6·6-fache. Zum Anlassen wird ein Anlaßtransformator verwendet. Bei Anlauf mit 50 vH der Nennspannung beträgt der Anlaufstrom das 1·55-fache des Nennstromes, das Anlaufmoment das 0·37-fache des Nenndrehmomentes. Als zweiter Motor wird ein 480 kW-Motor mit 122 U/min angeführt. Bei der Nennspannung von 6000 V beträgt das Anlaufmoment das 1·18-fache des Nenndrehmomentes, der Anlaufstrom das 3·8-fache des Nennstromes. Auch dieser Motor wird mit 70 vH der Nennspannung durch einen Anlaßtransformator angelassen und sein Anlaufmoment beträgt dabei das 0·58-fache des normalen, der Anlaufstrom das 1·86-fache des Nennstromes.

Humb.

(Siemens-Zeitschrift, Jahrg. 7, Heft 9.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Neues Maximal-Selektivrelais zum Schutz gegen Überstrom. R. Dubusc beschreibt das neue Selektivrelais R. S. 4, das von der Comp. pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz herausgebracht wurde. Das Relais ist ein abhängiges Überstromzeitrelais mit getrennter Strom- und Zeiteinstellung. Der Verfasser stellt die Vorzüge der unbegrenzt abhängigen Charakteristik (Temps limite décroissant) gegenüber der begrenzt abhängigen (Temps limite constant) dar. (Aus den Kurven ist aber zu ersehen, daß das Relais eigentlich trotzdem eine begrenzt abhängige Charakteristik besitzt, bei welcher nur die Grenzzeiten bei verschiedener Stromeinstellung sich um kleine Zeitintervalle unterscheiden. Der Ber.) Als einfaches Überstromzeitrelais ist es für sich allein nicht in allen Fällen zum Selektivnetzschutz geeignet, sondern muß bei vermaschten Netzen oder Kuppelleitungen noch mit einem separaten Energierichtungsrelais, wie üblich, kombiniert werden (Relais double). Es wird auch dafür eine besondere Regel angegeben, in welchen Fällen einfache Relais und Doppelrelais verwendet werden müssen. Als

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 527; 1924, S. 385; 1926, S. 355.

Digitized by Google

Staffelung aufeinander folgender Relais werden als unterste Grenze 0·5 sec angegeben und auf die Notwendigkeit hingewiesen, den Rücklauf der Relais zu blockieren, solange der Schalter nicht ausgelöst hat.

Das Relais ist ein Ferrarisrelais mit Triebscheibe, durch deren eigentümliche spiralige Begrenzungskurve ein Durchlaufen der Relais entgegen dem linear wachsenden Federgegendrehmomente erzwungen wird. Dadurch wird also erreicht, daß das Relais durch den Anlaufstrom einmal zum Anlaufen gebracht, seinen Kontakt sicher schließt. Durch einen kleinen Verriegelungsmagneten wird der Kontakt so lange geschlossen gehalten, bis der Schalter gefallen ist. Das Relais ist mit Doppelkontakt versehen, so daß es sowohl für Arbeits- wie auch für Ruhestrombetrieb geeignet ist. Die Veränderung des gewünschten Anlaufstromes erfolgt durch Anzapfungen eines eingebauten kleinen Triebwandlers, der durch seine Streuung das Relaissystem vor Stromüberlastung auch bei heftigen Kurzschlüssen schützt. Die Einstellung erfolgt durch einen Schraubstöpsel in sieben Stufen, die nach einer geometrischen Reihe gestuft sind, im Gesamtverhältnis 1 : 4. Die Umschaltung kann unter Strom erfolgen, da ein besonderer automatischer Kurzschlußkontakt vorgesehen ist, der beim Herausschrauben des Stöpsels die Wicklung kurzschließt. Die Zeiteinstellung erfolgt durch Verdrehung des Gegenkontaktes, wodurch der Schaltweg verändert wird. Die gewünschten Grenzzeiten und Stromwerte sind einer am Relais angebrachten Tabelle zu entnehmen. Das Systemgewicht beträgt nur 29 g bei einem Gegendrehmoment von 2·7 g cm. Durch die Streuung des Triebwandlers wird auch das Drehmoment in engen Grenzen gehalten, das bei 50fachem Überstrom zum Beispiel unter 18 g cm bleibt. Das System läuft mit Stahlspitzen in Saphirlagern. Zur Verhinderung von Klemmen durch Fremdkörper sind die Schlitze der Trieb- und Bremsmagneten groß gehalten und betragen 4 bezw. 3 mm. Der Eigenverbrauch des Relais wird mit 5·5 W bei 50 Hertz angegeben.

Interessant sind ferner die Versuche, welche die Abhängigkeit der Auslösezeiten davon zeigen, ob das Relais direkt in den Stromkreis oder an Wandler geschaltet ist. Diese Abhängigkeit besteht bei allen Ferrarisrelais und hat in der verschiedenen Sättigung des Eisenkerns durch geänderte Stromkurvenform ihre Ursache, bleibt aber, wie gezeigt wird, dann verschwindend klein, wenn die Gesamtbelastung des Wandlers zirka 25 W beträgt.

(Revue gén. de l'Electricité, Bd. 22, Nr. 6. 1927.)

Unglücksverhütung in Hochspannungsanlagen. Ing. Hofmann und Ing. Heide weisen darauf hin, daß in Hochspannungsanlagen selbst die Anwendung aller modernen Verriegelungen Unfälle nicht ausschließt. Insbesondere treten die Fälle ein, daß der Arbeiter fälschlich glaubt, einen Apparat spannungsfrei gemacht zu haben oder daß ein Trennschalter unter Strom gezogen wird. Da außerdem zu bedenken ist, daß das Versagen einer Verriegelung doppelt gefährlich ist, daß ferner die Gewöhnung das Bewußtsein der Gefahren abschwächt, sind weitere Vorsichtsmaßregeln dringend zu empfehlen. Vor allem müssen die vorgeschriebenen Schaltpläne deutlich mit kräftigen Strichen gezeichnet sein und an leicht zugänglichen Stellen angebracht sein. Sehr empfehlenswert ist der „Lebensretter" nach Prof. Zipp, welcher ein mit einem Kondensator in Reihe geschaltetes Neonröhrchen enthält. Ein Kondensatorbelag wird mit Erde verbunden, so daß die Berührung des Metallstiftes am Leuchtstab mit einem Hochspannung führenden Teil Leuchten hervorruft. Ein weiteres Schutzmittel bilden auffällige Aufschriften an richtiger Stelle, zum Beispiel am Treppenaufgang zum Sammelschienenraum „Hast Du den Leuchtstab mit?", am Aufgang „Überlege nochmals", im Schaltraum bei der Schaltstange „Schaltstange abwischen" usw. Um Unfälle beim Ziehen der Trennschalter zu vermeiden, empfiehlt sich ein abnehmbarer Betätigungshebel, der so lang ist, daß der Schaltwärter bei seiner Handhabung vor der Nachbarzelle stehen muß. Auch das Aufmalen von Totenköpfen an richtiger Stelle in Schaltanlagen, ebenso in den Transformatorhäusern der Überlandzentralen ist von Nutzen. Ho.

(„Arbeiterschutz", 1927, Heft 9.)

Elektrische Meßkunde.

Kleinabnehmer-Maximalzeiger für den Grundgebührentarif. Von Baltzer. Ein Mittel zur Verbrauchssteigerung durch den Anschluß von Haushaltungsgeräten ist ein billiger und zum Verbrauch anregender Stromtarif. Als solcher wird immer mehr der Grundgebührentarif angewendet. Die Bemessung der Grundgebühr wird am gerechtesten durch den Höchstverbrauch vorgenommen, der aber bisher nur bei Großverbrauchern wirtschaftlich gemessen werden konnte. Um ihn auch bei Kleinabnehmern leicht feststellen zu können, ist von den SSW ein Höchstverbrauchsanzeiger geschaffen worden, der trotz seiner Einfachheit genügend genau zeigt. Da für die Grundgebührbemessung nur der während der Belastungsspitze auftretende Verbrauch wegen der bereitzustellenden Maschinenleistung maßgebend ist, wurde die Einrichtung getroffen, daß dieser Anzeiger zu bestimmten (Hochbelastungs-)Zeiten eingeschaltet werden kann, und zwar durch Uhrwerk, Fernsteuerung auf eigenen Steuerkabeln oder durch überlagerten höherfrequenten Strom auf den gewöhnlichen Leitungen. Die Einrichtung des Anzeigers besteht darin, daß ein Bimetallstreifen durch eine vom Gebrauchsstrom durchflossene Heizwicklung erwärmt wird und damit eine parallel geführte Zahnstange betätigt. Diese überträgt ihre Bewegung über ein Ritzel auf einen Mitnehmer, der einen Höchstwertzeiger über einer Skala einstellt. Die Zeigerbewegung wird erst dann eingeleitet, wenn ein Strom von einem bestimmten Wert durch eine Viertelstunde eingewirkt hat, ein Strom von geringerer Stärke bleibt ohne Einfluß. Der Eigenverbrauch beträgt nur 2·5 W. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 37, 1927.)

Messungen des Eisenverlustwinkels beschreibt G. Hauffe, Dresden. Induktivität und Verlustwiderstand eines als Drosselspule bewickelten Eisenkörpers aus Dynamoblech werden nach einer Brückenmethode bestimmt, bei der in gegenüberliegenden Zweigen ungleichartige Wechselstromwiderstände, also Induktivität und Kapazität oder umgekehrt verwendet werden, wobei die Notwendigkeit von Induktionsnormalen von hoher Strombelastbarkeit entfällt. Abb. 1 stellt die Meßanordnung dar. L_d und R_d bezeichnen die eisengeschlossene Drossel, R_N einen Normalwiderstand, R und R_c veränderliche Widerstände, C eine veränderliche Kapazität. Die Spannung P_{ges} an der Brücke wird gemessen, J_1 und J_2 seien die Ströme im oberen und unteren Brückenzweige bei abgeglichener Brücke. Dann gelten die Gleichungen

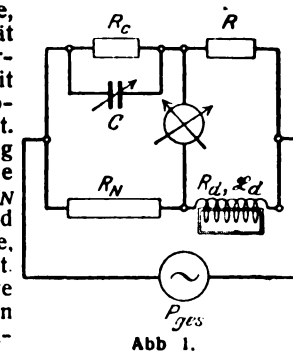


Abb 1.

$$J_1 q \cdot R_c (1 - j\omega C R_c) = J_2 R_N; \quad q = 1/(1 + \omega^2 R_c^2 C^2);$$
$$J_1 R = J_2 (R_d + j\omega L_d); \quad R_d = R \cdot R_N / R_c; \quad L_d = C R_N R;$$

ferner

$$\operatorname{tg}\delta = R_{dFe}/\omega L_d = (R_d - R_{dCu})/\omega L_d,$$

und für die Eiseninduktion B_0:

$$B_0 = E \cdot 10^8/4{\cdot}44\, Q_e \cdot f \cdot N;$$
$$E = J_2 \omega L_d/\cos\delta =$$
$$= P_{ges}\sqrt{R_d^2{}_{Fe} + \omega^2 L_d^2)/[(R_d + R_N)^2 + \omega^2 L_d^2]}.$$

(Q_e = Eisenquerschnitt, f = Frequenz, N = Windungszahl der Drossel, δ = Verlustwinkel.) Bei den Messungen war $Q_e = 10{\cdot}74$ cm², $N = 616$, $f = 50$ Per/s, $R_N = 10\,\Omega$, $R_{dCu} =$

Digitized by Google

$= 0{\cdot}373\,\Omega$. Der Kondensator C war nach Erfordernis zwischen 4 und 5 μF; R zwischen 1150 und 700 Ω; R_c zwischen 10000 und 16700 Ω. Die nachstehende Zusammenstellung gibt einen Auszug aus den für diesen besonderen Fall erhaltenen Meßergebnissen

E in Volt	Z in Gauß	ωL in Ω	R_{ar} in Ω	δ in Graden
17·3	1 160	125·6	86·9	34·5
43·2	2 890	175·6	168·8	43·8
63·5	4 250	205·0	206·6	45·2
85·3	5 610	234·8	238·4	45·4
128·0	8 570	258·5	246·3	43·6
164·2	10 980	269·2	214·2	38·5

R. H.

(Arch. f. Elektrot. Bd. 18, H. 6, 1927.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Eine automatische Unterstation von 21000 kVA der Kansas City Power and Light Company beschreibt D. W. Ellyson. Die Energie wird mit 13200 V zugeführt und in vier Transformatorgruppen ($1 \times 7500 + 1 \times 7500 + 2 \times 3000 + 2 \times 3000$ kVA) auf 4400/2540 V umgespannt. Die Unterspannungssammelschiene kann durch zwei Ölschalter in drei Teile geteilt werden. Bei schwacher Last arbeitet nur der erste Umspanner auf die (ungeteilte) Sammelschiene. Bei steigender Belastung werden die weiteren Gruppen selbsttätig zugeschaltet, gleichzeitig wird jedoch die Sammelschiene in zwei bezw. drei Teile getrennt um unnötigen Parallelbetrieb zu vermeiden. Die vierte Umspannergruppe wird ebenfalls selbsttätig an Stelle einer betriebsunfähig gewordenen Gruppe als Ersatz eingeschaltet. Die Umspanner sind durch Differentialschutz und Temperaturrelais geschützt. An die 4400/2540 V Schiene sind insgesamt 22 Vierleiterkabel angeschlossen, die in allen drei Phasen durch Relais gegen Überlast geschützt sind. Fällt ein Ölschalter, so wird er nach einiger Zeit noch zweimal selbsttätig eingeschaltet. Ist die Störung dann noch vorhanden, so bleibt der Stromkreis abgeschaltet, bis er von Hand aus eingeschaltet wird. Die Station ist seit Jänner 1924 in Betrieb und hatte nur zu Beginn drei auf Mängel des automatischen Systems zurückzuführende Anstände. Die günstigen Erfahrungen veranlaßten die Gesellschaft nunmehr sämtliche Unterstationen in Kansas City (Gleich- und Wechselstromstationen) von zusammen 132000 kVA automatisch zu betreiben bezw. dafür umzubauen. f. f.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46; Nr. 8, August 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Über den Einfluß der Decklagenbeschaffenheit von Hochspannungsleitern auf die Höhe der Glimmverluste. Von J. Biermans. Für die Hohlseile der 220 kV Leitung des RWE wurden Flachkupfer-Profildrähte genommen, um die bei Runddrähten befürchteten Glimmverluste zu vermeiden. Im Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik wurden Messungen mit der Scheringschen Meßbrücke vorgenommen, die ergaben, daß, im Gegensatz zur herrschenden Meinung, das Flachdrahtseil größere Glimmverluste aufweist als das Runddrahtseil, und zwar zeigte der Verlustwinkel, der bei 60 kV bei beiden Seilen noch gleich war, bei Spannungen zwischen 100 und 170 kV für erstere den doppelten Wert. (Der weitere Verlauf der Kurve ist wegen des außerordentlichen steilen Anstieges für den Vergleich nicht mehr geeignet.) Diese Erscheinung dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Flachdrähte nicht genau aneinander schließen und die so freiliegenden Kanten zu Glimmentladungen Anlaß geben. Bestärkt wird diese Annahme noch dadurch, daß eine einzige kleine Unebenheit von 4·5 mm Höhe an einem 5 m langen Seile die Verluste auf das Dreifache steigen ließ. Und gerade kleine Unebenheiten, Aufrauhungen usw. können beim Verlegen des Seiles leicht auftreten, da die glatte Oberfläche der Flachdrähte den äußeren Einflüssen mehr ausgesetzt sind als die der Runddrähte. Gegen die Verwendung von Flachdrähten spricht auch noch die schwierige Herstellung. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 37, 1927.)

Festigkeitsuntersuchungen zur Normung der Stahl-Aluminium-Seile. Die in Deutschland mit Normblatt VDE 8202 bereits erfolgte Normung der Stahlaluminiumseile[1]) für elektrische Freileitungen erforderte umfangreiche Vorarbeiten, welche von einer Unterkommission des VDE zusammen mit den Firmen AEG, Felten & Guilleaume und SSW ausgeführt wurden. Einen ausführlichen Bericht über die Durchführung und die Ergebnisse der zur Feststellung der Berechnungsgrundlagen für derartige Seile vorgenommenen Messungen und Versuche sowie die Ableitung der für die mechanische Berechnung in Betracht kommenden Formeln[2]) veröffentlichen Dr. Ing. G. Berling und Ing. W. Rössler in dem vom VDE herausgegebenen Heft 293 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens (Berlin VDI-Verlag 1927). Die Versuche wurden zum Teil auf einer Zerreißmaschine, zum Teil in einem 100 m langen freien Spannfelde durchgeführt und bezweckten einerseits die Ermittlung der für die zahlenmäßige Spannungs- und Durchhangsberechnung von Stahlaluminiumseilen notwendigen Festwerte sowie andererseits die Nachprüfung der Richtigkeit des entwickelten Berechnungsverfahrens. Gleichzeitig wurden Parallelversuche mit Hartkupferseilen vorgenommen, um festzustellen, ob sich die Stahlaluminiumseile wesentlich anders verhalten als die nur aus einem einheitlichen Baustoff bestehenden Seile. Die Versuchsergebnisse sind kurz zusammengefaßt folgende:

Das Elastizitätsmaß kann bei den praktisch in Betracht kommenden Beanspruchungsgrenzen als unveränderlich angesehen werden und beträgt im Mittel für Stahlaluminiumseile 7450, für 19-drähtige Hartkupferseile nach Dehnungsmessungen in der Zerreißmaschine 10550, nach Versuchen im ausgespannten Seil 11130 kg/mm². Demgegenüber wurden die Elastizitätsmaße für Einzeldrähte aus Hartkupfer mit 12640, aus Aluminium mit 6790 und aus Stahl von 120 kg/mm² Festigkeit mit 19960 kg/mm² als Mittelwerte festgestellt. Für die siebendrähtige Stahlseele wurde durch Messungen $E = 18580$, für die zweilagige Aluminiumhülle $E = 5340$ ermittelt. Die Wärmedehnungszahl ergab sich für Kupferseile zu $1{\cdot}704 \cdot 10^{-6}$, für die genormten Stahlaluminiumseile zu $1{\cdot}918 \cdot 10^{-6}$. Die tatsächliche Seilbruchlast beträgt bei den Kupferseilen im Mittel 97·2 vH, bei den Stahlaluminiumseilen jedoch nur 87·4 vH der Summe der Bruchlasten aller Einzeldrähte, weil bei letzteren die Aluminiumdrähte schon vor Erreichung der Bruchspannung der Stahldrähte reißen. Die Versuche haben gezeigt, daß die von Berling unter der Annahme des Mittragens der Aluminiumdrähte abgeleiteten Formeln für die Berechnung der Spannungen und Durchhänge von Stahlaluminiumseilen mit den praktischen Verhältnissen übereinstimmende Resultate ergeben, wenn folgende Festwerte eingesetzt werden: Elastizitätszahl für Aluminium 5400, für Stahl 18600 kg/mm², Wärmedehnungszahl für Aluminium $2{\cdot}351 \cdot 10^{-6}$, für Stahl $1{\cdot}2 \cdot 10^{-5}$.

Eine unter Verwendung der vorstehenden Festwerte sowie bei Einhaltung der Bedingung, daß das Seil beim Auftreten einer Höchstbeanspruchung von 9 kg/mm² im Aluminium noch eine 2·5fache Fuchsicherheit aufweisen soll, durchgeführte Berechnung ergibt als günstiges Verhältnis zwischen Aluminium- und Stahlquerschnitt den Wert von zirka 6, welcher dem-

[1]) Die Zahlenangaben der im Entwurf von Vorschriften für Freileitungen, E. u. M. 1927, Heft 12, S. 240, abgedruckten „Zahlentafel 2, Stahlaluminiumseile" sind die gleichen wie jene des Normblattes VDE 8202.

[2]) Die abgeleiteten Formeln sind die gleichen wie jene in einer früher unter dem Titel „Versuche und Richtlinien für die Konstruktion und Berechnung von Stahlaluminium-Freileitungsseilen" veröffentlichten Arbeit von Direktor Dr. Berling der Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G. enthaltenen, über welche in dieser Zeitschrift, Jahrgang 1923, Heft 7 auf S. 117 ff, berichtet ist.

Digitized by Google

nach als Grundlage für die Normung der Stahlaluminiumseile gewählt wurde. Den Schluß der Arbeit bildet ein praktisches Zahlenbeispiel, in welchem die bei verschiedenen Temperaturen zu erwartenden Durchhänge eines den Normen entsprechenden Stahlaluminiumseiles sowohl genau als auch überschlägig berechnet werden.

Krautt.

Spannungsverteilung an Isolatoren. Von Frank E. Reeves. Die gebräuchlichen Verfahren zur Bestimmung der Spannungsverteilung an Isolatorketten wie an mehrteiligen Stützisolatoren haben den Nachteil, daß sie für die Messung einen verhältnismäßig hohen Anteil des an sich sehr geringen Verschiebungsstromes beanspruchen und durch die Zuleitungen usw. das Feld um den Isolator erheblich stören, wodurch unrichtige Meßergebnisse erzielt werden. Das neue „Gleichgewichtsverfahren" sucht dem Idealfall, keinen Strom zu verbrauchen und das Feld nicht zu stören, nahe zu kommen. Es wird die Spannung an der Isolatorkette mit einer, von einem Widerstand abgenommenen Spannung verglichen. Dieser Widerstand wird so lange abgetastet, bis zwischen beiden kein Spannungsunterschied mehr auftritt. Als Spannungsanzeiger dient eine Neonröhre, die am Ende eines Stockes befestigt ist, der mit einer Spitze mit dem zu messenden Isolator in Verbindung gebracht wird und durch eine Leitung mit einem anderen Stock verbunden ist, dessen Spitze mit dem Vergleichswiderstand in Berührung gebracht wird. Herrscht kein Spannungsunterschied, so tritt beim Anlegen oder Abheben kein Funken auf, und die Neonröhre bleibt dunkel. Das verwendete Gerät benötigt also keinen Strom. Die erhaltenen Spannungen sind in der Phase fast genau um 90° gegen den Strom im Vergleichswiderstand verschoben ist in der Kette ein fehlerhaftes Glied, so ist dessen Spannung nicht mehr phasenverschoben, sondern fast phasengleich. Für eine beiläufige Messung genügt der bloße Ohmsche Widerstand, für genauere muß eine den guten Gliedern entsprechende Kapazität oder eine dem fehlerhaften Glied entsprechende Selbstinduktion parallel geschaltet werden. Schwierigkeiten bereiten die höheren Harmonischen, die durch einen, nur zur Hälfte erregten Transformator unterdrückt werden. Liegt das fehlerhafte Glied in der Mitte, so erweist sich die Überbrückung durch die Selbstinduktion als der beste Weg, für die aber eine besondere Schaltung notwendig ist. An Instrumenten wird Watt-, Volt- und Amperemeter hochspannungsseitig benötigt. Die mit diesem Verfahren erhaltenen Meßergebnisse stimmen mit den auf bekannten Wegen erzielten überein. Das Verfahren ist theoretisch richtig und, trotzdem es verhältnismäßig einfach ist, nur im Laboratorium durchführbar. V. H.

(El. World, Bd. 90, Heft 8, 1927).

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Neuere Antriebe von kontinuierlichen Walzenstraßen beschreibt L. A. Umansky. Der Einmotorenantrieb, bei dem ein Motor über eine durchlaufende Welle und Kegelräder die einzelnen Gerüste treibt, ist kaum anpassungsfähig. Wo man es also mit wechselndem Walzprogramm zu tun hat, wählt man Einzel- oder Gruppenantrieb mit drehzahlregelbaren Motoren. Für großen Regelbereich werden Gleichstrommotoren verwendet, die von Synchron-Motorgeneratoren gespeist werden. Wo ein Generator nur einen Motor speist, wird die Drehzahl durch Nebenschlußregelung des Generators, eventuell verbunden mit der des Motors, eingestellt; sonst kommt reine Nebenschlußregelung des Motors in Betracht. Eine große Straße zeigt folgenden Aufbau: Drei Vorgerüste über Stirnräder von einem Motor 3000 PS, 200/360 U/min angetrieben, dieser gespeist von Generator I des Umformers I; zwei Mittelgerüste mit je einem Motor 1700 PS, 90/204 U/min, beide in Parallelschaltung vom Generator II des Umformers I gespeist; zwei weitere Mittelgerüste mit je einem Motor 2100 PS, 150/460 U/min von je einem Generator des Umformers II getrennt gespeist; zwei Fertiggerüste mit je einem Doppelmotor 2 × 1000 PS, bis 800 U/min, dessen Anker in Reihe oder parallel geschaltet werden können, von je einem Generator des Umformers III getrennt gespeist. Die angegebenen Regelbereiche können durch Leonard-Steuerung, durch die auch angelassen wird, unter Herabsetzung der Dauerleistung vergrößert werden. Für Gerüste, die nur einen kleineren Regelbereich erfordern, kann die Anwendung von Drehstromregelsätzen vorteilhaft sein, bei denen nur die Schlupfleistung mehrmals umgesetzt wird, die daher mit geringeren Verlusten bei der Umformung der Drehstrom- in mechanische Leistung arbeiten; so entstehen die gemischten Antriebe. Dort, wo mit der Drehzahl auch die Leistung sinkt, wird die Schlupfenergie nicht der Welle des Motors, aus der sie entstammt, zurückgeführt, auch nicht dem Netz, sondern auf kürzerem Wege den Antrieben der folgenden Gerüste. Folgende Anlage mit Krämer-Regelsätzen ist an ein Drehstromnetz 2000 V, 60 Per/s angeschlossen; die zwei Vorgerüste treibt über Kegelräder gemeinsam ein Asynchronmotor von 3600/1960 PS, 290/156 U/min, die zwei Mittelgerüste ebenso einer von 7500/4040 PS 250/136 U/min; die Schlupfenergie des ersten Motors wird von einem, die des zweiten von zwei drehstromseitig parallel geschalteten Einankerumformern in Gleichstrom verwandelt; weiters sind drei Umformersätze aufgestellt, jeder bestehend aus einem von je einem der Einankerumformer gespeisten Gleichstrommotor, einem am Netz hängenden Synchronmotor und einem Gleichstromgenerator; die drei Fertiggerüste haben je einen eigenen Gleichstrommotor, von denen jeder von einem der Gleichstromgeneratoren gespeist wird, sodaß also die Schlupfenergie der Asynchrongeneratoren über die Umformer den Gleichstrommotoren zugeführt wird und nur die darüber hinaus benötigte Energie durch die Synchronmotoren dem Netze entnommen wird. Eine andere Anlage (Drehstromnetz 6600 V, 25 Per/s besitzt zwei Synchronmotoren 4000 PS, 83 U/min bezw. 6500 PS 187 U/min, deren erster über Stirnräder die drei Vorgerüste, der zweite ebenso die vier Mittelgerüste treibt (hiermit sind bereits drei große Synchron-Walzmotoren in Amerika in Betrieb.[1]) Der. Ber.); drei der Fertiggerüste erhalten ihren gemeinsamen Antrieb durch einen Drehstrommotor 5000 PS, 375 U/min, dessen Rotorwicklung offen ist und sechs Schleifringe besitzt, an die zwei Scherbiusmaschinen angeschlossen sind, wodurch die Drehzahl um ± 33 vH regelbar ist; die Scherbiusmaschinen sind untereinander, mit einem am Netz hängenden Synchronmotor und einem Gleichstromgenerator gekuppelt, der den Gleichstrommotor 2600 PS, 275/320 U/min des letzten Fertiggerüstes speist, dessen Regelbereich durch Leonardsteuerung noch erweitert wird.

Leng.

(Journ. A. I. E. E., Bd. 46, Heft 9, Sept. 1927.)

Gleisfahrbare Untertage-Elektrokompressoren der Demag A. G. sind in Nr. 2 der „Demag-Nachrichten" beschrieben. Für die kleineren Ausführungen werden stehende ein- und zweistufige Kolbenkompressoren benutzt, die von den Motoren mittels Riemen angetrieben werden und mit diesen sowie den Anlaßapparaten und Schaltern zusammen auf einem niedrigen Wagen untergebracht sind, während auf einem zweiten Wagen der Windkessel aufgestellt ist. Solche Anlagen sind unter anderem mit einem einstufigen Kompressor, der 1·8 bis 2·1 m³/min auf 5 bis 9 atü drückt und einem offenen Drehstrommotor mit Schleifringanker von 17·5 PS mit 450 U/min, bezw. mit einem zweistufigen Kompressor für den gleichen Druck und einer Leistung von 3·1 bis 3·7 m³/min und einem Motor von 28·5 PS bei 440 U/min ausgeführt worden. Für größere Anlagen werden zweistufige Rotationskompressoren kurzer Bauart (die beiden Stufen liegen, durch eine Kupplung verbunden, unmittelbar nebeneinander) mit den Antriebsmotoren direkt gekuppelt und alle Teile der Anlage einschließlich des

[1]) Vergl. E. u. M. 1927, H. 12, S. 231.

Digitized by Google

Windkessels auf einem einzigen Fahrgestell untergebracht. Vor derartigen Ausführungen sind solche für eine stündliche Ansaugeleistung von 480 m³ bei 6 atü Enddruck mit 55 PS Motoren zu erwähnen. —K.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektrische Lokomotive für hohe Geschwindigkeit der Paris-Lyon-Mediterranée-Bahn. R. Birckel und J. Burdin beschreiben eine von der Société Alsacienne für die P. L. M.-Bahn gelieferte Lokomotive, die als Probelokomotive bestellt wurde. Sie soll bei einer Fahrdrahtspannung von normal 1500 V Gleichstrom (maximal 2000 V, minimal 800 V) arbeiten und ist imstande, andauernd mit 110 km/h Fahrgeschwindigkeit zu fahren, während die Geschwindigkeit bei Stundenleistung 75 km/h beträgt. Die Achsanordnung ist 2 Bo + Bo 2, der Antrieb demnach Einzelachsantrieb. Die Lokomotive besitzt zwei Drehgestelle, die an den Enden aufgebaut Vorbauten besitzen und auf zwei (gegenüber der normalen Bauart verkehrten) Drehzapfen den Lokomotivkasten tragen. Die zwei Laufachsen eines Drehgestelles sind wieder zu einem führenden Drehgestell vereinigt. Entsprechend der Bestellung als Probelokomotive sind bei den zwei Drehgestellen zwei verschiedene Einzelachsantriebsysteme verwendet worden, die beide jedoch in der Verwendung eines Hohlwellenantriebes (Triebraddurchmesser 1600 mm) und Doppelmotoren übereinstimmen. Bei dem einen Drehgestell gelangt im wesentlichen der bekannte Westinghouse-Antrieb mit Schraubenfedern zur Verwendung, beim zweiten erfolgt die Verbindung von der im Rahmen festgelagerten Hohlwelle und dem dem Federspiel folgenden Radsatze durch ein System von Triebstangen. Die Triebmotoren sind fremd gelüftete Doppelmotoren mit einer Einstundenleistung von 550 PS bei 630 U/min. Das Zahnradvorgelege ist als einseitiges Getriebe (1 : 3·87) ausgebildet. Die Lokomotive besitzt zwei Scherenstromabnehmer mit Druckluftbetätigung und acht Schleifstücke für dritte Schiene, welch letztere normalerweise nur Federspannung besitzen, aber auch einen zusätzlichen Anpreßdruck mittels Druckluft zur Zerstörung von Rauhreifbildungen erhalten können. Die Steuerung der Lokomotive erfolgt in 15 Serien-, 10 Serienparallel- und 10 Parallelstufen, mit im ganzen 3 × 2 Shuntstellungen, sowie in 15 Nutzbremsstufen. Die Schaltungen besorgen drei verschiedene Arten von Hüpfern: 1. elektromagnetische Einzelhüpfer mit kräftiger magnetischer Funkenblasung, die den Strom bei voller Netzspannung oder einem beträchtlichen Teil dieser unterbrechen müssen; 2. durch Nockenscheiben betätigte Hüpfer mit magnetischer Funkenlöschung, die nur geringe Spannungsstufen unterbrechen; der Antrieb der Nockenwelle erfolgt teils elektropneumatisch (Hüpfer zum Überschalten von Serie auf Parallel) oder durch einen vom Steuerstrom gespeisten kleinen Elektromotor über ein Schneckengetriebe (Widerstandshüpfer); 3. durch Nocken betätigte Hüpfer ohne Blasspulen. Diese haben niemals einen Strom zu unterbrechen (Fahrtwender) und werden elektropneumatisch betätigt. Unzulässiges Ansteigen des Motorstromes, übermäßige Erhöhung oder Senkung der Fahrdrahtspannung, unzulässige Drehzahl oder Belastung des Nutzbremsumformers, sowie Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit bewirken durch Relais die Unterbrechung aller Stromkreise. Alle Relais sind mechanisch vereinigt und besitzen eine gemeinsame Verriegelung, die in der Nullstellung des Kontrollers durch eine Entriegelungsspule entriegelt werden kann. An Hilfsmaschinen sind nebst zwei direkt vom Fahrdraht gespeisten Motorventilatoren und zwei in gleicher Weise gespeisten Motorkompressoren ein Hilfsstromumformer (1500/64 V) und ein Nutzbremsumformer, sowie zwei Erregermaschinen hiezu vorhanden. Der Hilfsumformer besteht aus Motor, Generator und Erregermaschine auf gemeinsamer Welle und hält auf zweifache Weise bei variabler Fahrdrahtspannung die Sekundärspannung konstant: 1. Durch den Motor; dieser besitzt außer einer Serienwicklung eine von der Erregermaschine gespeiste Hilfswicklung und hält dadurch die Tourenzahl bei schwankender Spannung konstant; 2. durch den Generator; seine Haupterregung liegt im Nebenschluß und besteht aus zwei in Serie gegeneinander geschalteten Wicklungen, die aber magnetisch infolge eines besonderen magnetischen Nebenschluses parallel arbeiten; außerdem besitzt er eine besondere Hilfserregung, die von der Erregermaschine gespeist wird; die Spannung dieses Generators zeigt weitgehende Unabhängigkeit von der Tourenzahl. Als Reserve ist für den Hilfsstrom noch eine Batterie alkalischer Akkumulatoren vorgesehen. Der Nutzbremsumformer besteht aus einem sehr überlastungsfähigen Nebenschlußmotor, der Kompentationswicklung besitzt und über einen ständig eingeschalteten Vorschaltwiderstand an der Fahrdrahtspannung liegt, sowie aus zwei Dynamos (je eine für eine Motorgruppe), die alle auf einer Welle sitzen und von einer kleinen von einer Laufachse angetriebenen Erregerdynamo erregt werden. Eine Induktivität im Nutzbremsstromkreise soll Bremsstöße bei Spannungsschwankungen abdämpfen. Geregelt wird bei der Nutzbremsung mit dem Feldwiderstand der Erregerdynamo. Die Nutzbremseinrichtung ist mit der Druckluftbremse in der Weise verbunden, daß die Druckluftbremse der Lokomotive bei Nutzbremsung nicht zur Tätigkeit kommen kann, der Führer gleichwohl die zur Betätigung notwendigen Handgriffe durchführen kann, so daß die vorbereitete Druckluftbremse bei etwaigem Versagen der Nutzbremsung sofort in Tätigkeit tritt. Anderseits wird durch eine besondere Einrichtung auch ohne Vorbereitung bei Versagen der Nutzbremse in der durchgehenden Bremsleitung eine Druckverminderung von 0·75 at erzeugt und so eine mechanische Bremsung eingeleitet. B. G.
(Bull. Soc. Alsacienne Con. Méc, 5. Jahrg., Nr. 17, 1927).

Vierachsiger Straßenbahnwagen für Überland-Schnellverkehr. Die Indianopolis Service Corporation hat für die rund 225 km lange Strecke zwischen Indianopolis und Ft. Wayne Triebwagenzüge in Dienst gestellt, welche den Weg in vier Stunden zurücklegen. Die Zweiwagenzüge bestehen aus einem Personenwagen mit Quersitzen und einem Küchen-, Unterhaltungs- und Aussichtswagen. Beide Wagen haben zweiachsige Drehgestelle und motorische Einrichtung mit nur einem Führerstand. Die Personenwagen haben vier, die Küchenwagen zwei Motoren von 100 kW und Rollenstromabnehmer. Sie sind 18·6 m lang, haben ein stählernes Untergestell mit Mittellängsträgern und Kastengerippe aus Stahl. Die Querträger und Kastensäulen bestehen aus gepreßtem Blech. Die Kasten sind auf alle Seiten gegen Wärme und Geräusch isoliert und haben Endeinstiege. Das Innere ist elektrisch und mit Warmwasser geheizt, die Küche elektrisch belüftet. Die Abfederung des Wagenkastens besteht aus Kegelfedern, die bei geringer Belastung wirken und bei größerer Belastung durch Zusammenpressung unwirksam werden, so daß die stärkeren Spiralfedern zu wirken beginnen. Die Abfederung bleibt somit auch bei wechselnder Belastung gleich weich. W l.
(Z. V. D. I., Bd. 71, Heft 36, 1927.)

Gleichrichter.

Vergleichende Betrachtungen über Ventil-Kondensatorschaltungen zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom stellt M. Brenzinger an. Es werden betrachtet: 1. die gewöhnliche Halbwellengleichrichtung (Ventilschaltung) mit einer Gleichrichterzelle und einem Kondensator C_1 parallel zur Gleichstrombelastung; 2. die Vollwellengleichrichtung mit zwei Gleichrichterzellen (Ventilen) in den Sekundärzuleitungen eines Transformators und der Gleichstrombelastung mit Parallelkondensator in der Zuleitung zur Mittelanzapfung der Sekundärwicklung. Hinter den beiden Ventilen und der Gleichstrombelastung sind alle drei Zuleitungen miteinander verbunden. 3. die bekannte Graetzsche Brückenschaltung mit vier ent-

Digitized by Google

sprechend gepolten Ventilen in den vier Zweigen einer Wheatstonebrücke; in einer Brückendiagonale liegt die Wechselstromquelle, in der anderen die Gleichstrombelastung mit ihrem Parallelkondensator C_G; 4. die Delon-Greinacherschaltung; sie ist analog der vorhergehenden, es sind jedoch nur zwei Ventile vorhanden, die in den beiden mit dem einen Pol der Wechselstromquelle verbundenen Brückenzweigen liegen; in den anderen beiden Brückenzweigen liegt je ein Kondensator von der Kapazität $2C$. Die Gleichstrombelastung liegt wieder in der zweiten Brückendiagonale, dagegen fehlt der Parallelkondensator. Die Schaltung unter 2. ist mit der Grätzschaltung bezüglich der elektrischen Verhältnisse vollkommen gleichwertig; im Nachstehenden wird daher nur die Graetzschaltung behandelt.

Der Verfasser legt seinen Ermittlungen vereinfachte Verhältnisse zugrunde, und zwar: 1. Konstante sinusförmige Wechselspannung; 2. ideale Ventile mit dem Widerstand Null in der einen und unendlich in der anderen Richtung; 3. Kondensatorentladung mit konstanter Stromstärke, was zum Beispiel durch eine Coolidgeröhre als Gleichstromlast nahe erreicht wird. Bezeichnet nun A die Amplitude und T die Periodendauer der Wechselspannung, B die Spannung, bis zu welcher der Kondensator entladen wird, t_1 die Zeit von Beginn der Halbwelle der Wechselspannung an gerechnet, bis die Ordinate der Sinuskurve von der Scheitelspannung A den Wert B erreicht, ist ferner

$$\alpha = B/A = \sin \omega t_1, \quad \beta = 2\omega t_1/\pi = (2/\pi) \arcsin \alpha,$$

so liefern die Schaltungen 1, 3 und 4 folgende Höchst- und Mindestspannungen:

1. Ventilschaltung:

$V_{max} = A \qquad V_{min} = B$

3. Graetzschaltung:

$V_{max} = A \qquad V_{min} = B$

4. Delon-Greinacherschaltung:

$V_{max} = 2A(2 + \alpha + \beta)/(3 + \beta); \; V_{min} = 2A[\alpha + (1 - \alpha)/(3 + \beta)]$

Für eine bestimmte Entladestromstärke i der Kondensatoren entsprechen zugelassenen Werten von α bestimmte Kapazitäten, die durch folgende Formeln gegeben sind:

1. Ventilschaltung:

$$C_V = (i \,.\, T/4A)(3 + \beta)/(1 - \alpha);$$

3. Graetzschaltung:

$$C_G = (i \,.\, T/4A) \,.\, (1 + \beta)/(1 - \alpha);$$

4. Delon-Greinacherschaltung:

$$C_D = (i \,.\, T/4A) \,.\, (3 + \beta)/(1 - \alpha).$$

Es ist daher $C_G/C_V = (1 + \beta)/(3 + \beta)$;

$$C_D/C_V = 1.$$

Der Betrag $V_{max} - V_{min}$ weicht bei der Delon-Greinacherschaltung von den entsprechenden Werten bei den beiden anderen Schaltungen, die gleich $A - B$ sind, ab; auf gleiche Werte dieser Größe bezogen ergeben sich daher folgende Kapazitätsverhältnisse:

$$C_D = (i \,.\, T/4\, V_{max}) \,.\, (1 + \beta)/(1 - \alpha);$$

$$C_D/C_V = (1 + \beta)/2(2 + \alpha + \beta);$$

$$C_D/C_G = (3 + \beta)/2(2 + \alpha + \beta).$$

Im allgemeinen liegt C_G/C_V etwa bei 0·4 und C_D/C_V nach den letzteren Formeln etwa bei 0·47. Setzt man ferner $A = 1$ und bezeichnet als relative Strombelastung die Größe $i \,.\, T/4C = i/C'$, so wird:

$$i/C'_V = i/C'_D = (1 - \alpha)/(3 + \beta); \quad i/C'_G = (1 - \alpha)/(1 + \beta).$$

Die nachstehende Tabelle gibt die Werte von i/C' und die zugehörigen Werte von V_{min}/V_{max}, letztere für die Delonschaltung wieder; für die Ventil- und Graetzschaltung ist $V_{min}/V_{max} = B/A = \alpha$.

		Werte von $\alpha = B/A$							
		0·0	0·2	0·4	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0
i/C'	Ventil und Delon	0·333	0·256	0·184	0·118	0·086	0·056	0·027	0·000
	Graetz	1·000	0·710	0·476	0·285	0·200	0·126	0·058	0·000
V_{min}/V_{max}	Delon	0·5	0·61	0·71	0·80	0·84	0·89	0·96	1·00

Die Delon-Greinacherschaltung bleibt sonach gegenüber der Graetzschaltung hinsichtlich des Verhältnisses V_{min}/V_{max} etwas zurück. Dieses Bild ändert sich jedoch ins Gegenteil, wenn man bei der Delonschaltung die Spannung je nach der Strombelastung erhöht, so daß stets $V_{max} = 1$ bleibt, das ist gleich der Maximalspannung bei Leerlauf. Da die Strombelastung i unverändert bleibt, muß die Entladegerade des Kondensators bei erhöhter Spannung parallel der bei konstanter Spannung auftretenden liegen, woraus die Gleichung

$$(A - B)/(3\pi/2 + \omega t_1) = (A' - B')/(3\pi/2 + \omega t_1') =$$
$$= A(1 - \alpha)/(3 + \beta) = A'(1 - \alpha')/(3 + \beta') = k$$

hervorgeht, in der die Werte A', B', t_1', α' und β' sich auf die Verhältnisse bei erhöhter Spannung beziehen und k eine Konstante bezeichnet. Da ferner

$$V_{max} = 2A'(2 + \alpha' + \beta')/(3 + \beta') =$$
$$= 2k(2 + \alpha' + \beta')/(1 - \alpha') = 1$$

ist, kann man einerseits den Betrag von $(2 + \alpha' + \beta')/(1 - \alpha')$ für verschiedene Werte von α', andererseits $^1/_2 k$ in Abhängigkeit von α berechnen. α' ist dann der Wert, für den die obige Bedingung erfüllt ist. Mit diesem Werte von α' kann man dann

$$V_{min} = 2A'[\alpha' + (1 - \alpha')/(3 + \beta')] = 2k[(3 + \beta')/(1 - \alpha') + 1]$$

berechnen. Man erhält:

α	0·0	0·2	0·4	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0
i/C'	0·333	0·256	0·184	0·118	0·086	0·056	0·027	0·000
α'	0·21	0·34	0·49	0·64	0·72	0·81	0·91	1·00
$V_{min}:V_{max}$	0·62	0·69	0·76	0·83	0·87	0·91	0·97	1·00

In diesem Falle ist die Delon-Greinacherschaltung selbst der Graetzschaltung überlegen.

R. H.

(Arch. f. Elektrotechnik, Bd. 18, Heft 4, 1927.)

Elektrische Apparate.

Die Verwendung einer Elektronenröhre bei der Spannungsregelung eines Gleichstromgenerators hat F. C. Turner gelegentlich einer Untersuchung, bei der konstante Spannung der speisenden Stromquelle erforderlich war und die sonst üblichen Regler wegen zu hoher Kosten nicht in Betracht kamen, mit Erfolg versucht. Der Generator selbst ist Spannungsquelle für Heizfaden, Anoden- und Gitterkreis der Röhre, doch ist ihm im Gitterkreis eine Hochspannungsbatterie gegengeschaltet, die ungefähr die konstant zu haltende Spannung besitzt, so daß nur die Schwankungen der Generatorspannung als Gitterspannung auftreten und ein im Anodenkreis gelegenes Relais steuern, das den Stromkreis eines zweiten, vom Generator selbst gespeisten Relais schaltet; letzteres verstellt dann den Feldregler oder eine ähnlich wirkende Regelung. Der Grundgedanke der Anordnung ist der, daß durch die Hochspannungsbatterie nur der schwache Gitterstrom geht, so daß ihre Ah-Kapazität — im Vergleich zu der einer Pufferbatterie — klein ist (daher auch ihr Anschaffungspreis und Stromverbrauch), daß aber andererseits der volle Betrag der Spannungsschwankungen unabhängig von der Höhe der mittleren Spannung die Regelung steuert; die trägheitslose Relaiswirkung einer Elektronenröhre kommt jedoch in der Schaltung nicht zur Geltung, da die Wirkung auf andere, träge Relais übertragen wird. Auch eine analoge Zweiröhrenschaltung, welche die Spannung noch enger regelt, wurde erprobt, jedoch braucht die zweite Röhre noch je eine eigene Heiz- und Hochspannungsbatterie. Frd.

(Engg., Bd. 124, Nr. 3223, Okt. 1927.)

Digitized by Google

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Beweis der Determinantenbeziehung der Vierpoltheorie mit Hilfe von Umwandlungssätzen. Von Julius Wallot. Sind in einem Vierpol, der ein beliebiges Netzwerk aus Widerständen, Induktivitäten, Gegeninduktivitäten und Kapazitäten bildet, $\mathfrak{B}_1$ und $\mathfrak{J}_1$ Spannung und Strom an den Eingangsklemmen; ferner $\mathfrak{B}_2$ und $\mathfrak{J}_2$ desgleichen an den Ausgangsklemmen, so gilt, wenn $\mathfrak{J}_1$ gegen den positiven Spannungssinn von $\mathfrak{B}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ im positiven Spannungssinne von $\mathfrak{B}_2$ positiv gerechnet wird,

$$\mathfrak{B}_1 = \mathfrak{A}_1 \mathfrak{B}_2 - \mathfrak{B}\mathfrak{J}_2; \quad \mathfrak{J}_1 = \mathfrak{C}\mathfrak{B}_2 - \mathfrak{A}_2\mathfrak{J}_2 \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

wobei die Beziehung

$$\begin{vmatrix} \mathfrak{A}_1 & \mathfrak{B} \\ \mathfrak{C} & \mathfrak{A}_2 \end{vmatrix} = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gilt, die einerseits aus den für jedes Netzwerk schon von J. Cl. Maxwell[1]) als gültig erkannten Umkehrungssätzen folgt und andererseits auch von L. R. Wilberforce[2]) mathematisch bewiesen wurde. Hiebei wurde allerdings auf die Gegeninduktivitäten nicht ausdrücklich Rücksicht genommen. Der Verfasser zeigt daher zunächst, daß man beim Ersatz des einfachen Transformators mit den Leerlaufsimpedanzen $\mathfrak{R}_1$ und $\mathfrak{R}_2$ und der Gegeninduktivität $\mathfrak{M}$ durch die bekannte Sternschaltung mit den Zweigen $\mathfrak{R}_I = \mathfrak{R}_1 - \mathfrak{M}$; $\mathfrak{R}_{II} = \mathfrak{R}_2 - \mathfrak{M}$ und $\mathfrak{R}_{III} = \mathfrak{M}$, wobei die Eingangsklemmen an $\mathfrak{R}_I$ und $\mathfrak{R}_{III}$, ferner die Ausgangsklemmen an $\mathfrak{R}_{II}$ und $\mathfrak{R}_{III}$ liegen, bei verkehrter Einzeichnung der Sternschaltung, zum Beispiel in das Schema des Spartransformators, zu sinnlosen Ersatzschaltungen gelangen kann. Die richtige Ersatzschaltung wird aber auch mit Hilfe desselben Transformatorersatzes gewonnen, nur wird dieser Ersatz wie in Abb. 2 im richtigen Sinne eingefügt, so daß der Kurzschluß der Ausgangsklemmen vermieden wird. Da nun für die zu ersetzende Sternschaltung die Determinantenbeziehung (2) gilt, wie sich leicht mittels der Kirchhoffschen Sätze zeigen läßt, so gilt sie auch für den Autotransformator oder den Transformator überhaupt. Der Verfasser schlägt zum strengen Beweise den Umweg über das vollständige Viereck mit Impedanzen in den vier Seiten und den beiden Diagonalen ein, worin die Eckpunkte, die im selben Umlaufssinne fortschreitend mit 1, 2, 3, 4 beziffert werden, die Eintrittstellen der zu berechnenden vier Ströme $\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$, $\mathfrak{J}_3$ und $\mathfrak{J}_4$ darstellen, während zwischen den Punktpaaren 1 — 4, 1 — 2 und 2 — 3 drei von einander unabhängige Spannungen $\mathfrak{B}_{14}$, $\mathfrak{B}_{12}$ und $\mathfrak{B}_{23}$ wirken. Diese genügen zur Berechnung der vier Ströme, da zwischen diesen die Bedingung $\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_2 + \mathfrak{J}_3 + \mathfrak{J}_4 = 0$ herrscht. Man erhält mit den komplexen Leitwerten

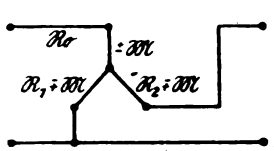


Abb. 2.

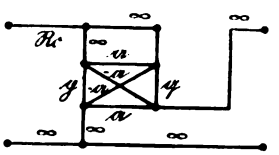


Abb. 3.

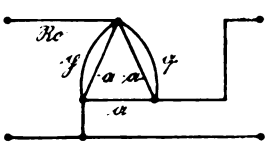


Abb. 4.

a der Seite zwischen 1 u. 2; c der Diagonale zwischen 1 u. 3
b „ „ „ 3 „ 4; b „ „ „ 2 „ 4
p „ „ „ 1 „ 4;
q „ „ „ 2 „ 3;

$$\mathfrak{J}_1 = (\mathfrak{a} + \mathfrak{c})\mathfrak{B}_{12} + \mathfrak{p}\mathfrak{B}_{14} + \mathfrak{c}\mathfrak{B}_{23},$$
$$\mathfrak{J}_2 = -(\mathfrak{a} + \mathfrak{b})\mathfrak{B}_{12} + \mathfrak{b}\mathfrak{B}_{14} + \mathfrak{q}\mathfrak{B}_{23},$$
$$\mathfrak{J}_3 = -(\mathfrak{b} + \mathfrak{c})\mathfrak{B}_{12} + \mathfrak{b}\mathfrak{B}_{14} - (\mathfrak{b} + \mathfrak{c} + \mathfrak{q})\mathfrak{B}_{23},$$
$$\mathfrak{J}_4 = (\mathfrak{b} + \mathfrak{b})\mathfrak{B}_{12} - (\mathfrak{b} + \mathfrak{b} + \mathfrak{p})\mathfrak{B}_{14} + \mathfrak{b}\mathfrak{B}_{23} \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Im Falle des gewöhnlichen Transformators mit den Primärklemmen 1, 4 und den Sekundärklemmen 2, 3 gilt ferner $\mathfrak{J}_1 = -\mathfrak{J}_4$; $\mathfrak{J}_2 = -\mathfrak{J}_3$; setzt man dies in die Gl. (7) ein, so erhält man:

$$(\mathfrak{a} + \mathfrak{b} + \mathfrak{c} + \mathfrak{b})\mathfrak{B}_{12} = (\mathfrak{b} + \mathfrak{b})\mathfrak{B}_{14} - (\mathfrak{b} + \mathfrak{c})\mathfrak{B}_{23} \quad . \quad (10),$$

was wegen der Unabhängigkeit der Spannungen von einander nur durch $\mathfrak{a} = \mathfrak{b} = -\mathfrak{c} = -\mathfrak{b}$ erfüllt werden kann. Beim Autotransformator erscheinen die Klemmen 1 und 2 kurzgeschlossen, man erhält daher das Ersatzschema Abb. 3, das durch den Kurzschluß von a, der der Bedingung $\mathfrak{B}_{12} = 0$ entspricht, die Beziehung $(\mathfrak{b} + \mathfrak{b})\mathfrak{B}_{14} = (\mathfrak{b} + \mathfrak{c})\mathfrak{B}_{23}$ und daher analog wie oben $\mathfrak{b} = -\mathfrak{b} = -\mathfrak{c}$ liefert, wobei man auch mit Rücksicht auf die allgemeine Beziehung $\mathfrak{a} = \mathfrak{b}$ nach Gl. (10) statt b ebensogut a setzen kann. Hiemit geht Abb. 3 in Abb. 4 über, in der der Transformator durch eine Dreieckschaltung ersetzt ist, die wieder nach bekannten Sätzen[3]) in eine Sternschaltung Abb. 1 verwandelt werden kann. Die komplexen Sternleitwerte sind:

senkrechter Schenkel $\mathfrak{a}/(\mathfrak{p}\,\mathfrak{q} - \mathfrak{a}^2)$,
linker Schenkel $(\mathfrak{q} - \mathfrak{a})/(\mathfrak{p}\,\mathfrak{q} - \mathfrak{a}^2)$,
rechter Schenkel $(\mathfrak{p} - \mathfrak{a})/(\mathfrak{p}\,\mathfrak{q} - \mathfrak{a}^2)$.

Die Gleichungen des gewöhnlichen Transformators sind:

$$\mathfrak{B}_{14} = \mathfrak{R}_1\mathfrak{J}_1 \pm \mathfrak{M}\mathfrak{J}_2,$$
$$\mathfrak{B}_{23} = \pm\mathfrak{M}\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{R}_2\mathfrak{J}_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12),$$

worin sich das Doppelzeichen auf die beiden möglichen Wicklungssinne bezieht. Die Gleichungen (12) können nach $\mathfrak{J}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ aufgelöst und das Ergebnis mit den aus Gl. (7) und Gl. (10) abgeleiteten Gleichungen

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{p}\mathfrak{B}_{14} - \mathfrak{a}\mathfrak{B}_{23}$$
$$\mathfrak{J}_2 = -\mathfrak{a}\mathfrak{B}_{14} + \mathfrak{q}\mathfrak{B}_{23} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

verglichen werden, woraus man a, p und q und für die Impedanzen der Sternschaltung Abb. 2

im senkrechten Schenkel $\pm\mathfrak{M}$.
„ linken Schenkel $\mathfrak{R}_1 \mp \mathfrak{M}$,
„ rechten Schenkel $\mathfrak{R}_2 \mp \mathfrak{M}$

erhält. Hiemit ist bewiesen, daß man jede induktive Kupplung durch eine direkte Schaltung ersetzen kann. Nach Rosen[4]) kann man nun jedes Netzwerk mit *n* Knotenpunkten, von denen *r* durch äußere Ströme gespeist werden, durch ein vollständiges *r*-Eck mit allen möglichen Diagonalen, also auch jeden Vierpol durch ein Viereck mit seinen beiden Diagonalen ersetzen. Die Benutzung des Vierpols mit zwei Eingangs- und zwei Ausgangsklemmen bedingt wieder $\mathfrak{J}_1 = -\mathfrak{J}_4$; $\mathfrak{J}_2 = -\mathfrak{J}_3$, wodurch sich die drei unabhängigen Spannungen auf zwei, und zwar $\mathfrak{B}_{14}$ und $\mathfrak{B}_{23}$ reduzieren und wieder Gl. (10) erfüllt sein muß. Es gelten also auch wieder die Gl. (14). Da diese letzteren einer Dreieckschaltung entsprechen, gilt für sie auch der Determinantensatz; nur daß jetzt mit Rücksicht auf die der ursprünglichen entgegengesetzte Festlegung des positiven Sinnes von $\mathfrak{B}_{23}$ und $\mathfrak{J}_2$ der Wert der Determinante gleich -1 ist. Hiemit ist der beabsichtigte Beweis zu Ende geführt. Es folgen noch aus den Gl. (14) die beiden bekannten Umkehrungssätze für Kurzschluß und Leerlauf:

$$(\mathfrak{J}_1/\mathfrak{B}_{23})\,\mathfrak{B}_{14} = 0 = (\mathfrak{J}_2/\mathfrak{B}_{11})\,\mathfrak{B}_{23} = 0;$$
$$(\mathfrak{B}_{14}/\mathfrak{J}_2)\,\mathfrak{J}_1 = 0 = (\mathfrak{B}_{23}/\mathfrak{J}_1)\,\mathfrak{J}_2 = 0.$$

Verstärkerröhren folgen nicht der Determinantenbeziehung, da bei ihnen der Strom zwischen zwei Punkten nicht der Spannung zwischen diesen Punkten proportional ist.

R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern; Bd. V, H. 3, 1927.)

[1]) A Treatise on Electricity and Magnetism.
[2]) Phil. Mag. (6), Bd. 5, S. 489; 1903.
[3]) Zum Beispiel bei K. Küpfmüller, ETZ 1920, S. 850.
[4]) Journ. of J. E. E., Bd. 62, S. 916; 1924.

Digitized by Google

Patentbericht.

(Fortsetzung aus Heft 3, Seite 73.)

Quecksilberdampfgleichrichter.

Entlüftung.

Um in Quecksilberdampfgleichrichteranlagen die zeitweise Verschlechterung des Vakuums durch die Pumpen hindurch zu vermeiden, hat man zwischen die Vakuumpumpen und den Absperrhahn des Gleichrichters eine Verzögerungseinrichtung eingesetzt, so daß bei Inbetriebsetzung der Entlüftungseinrichtung der Absperrhahn erst dann geöffnet wird, wenn die Vakuumpumpen eine Zeit lang gelaufen sind. Man verwendet zwei Pumpen in Hintereinanderschaltung, eine Feinpumpe und eine Vorpumpe, deren erstere neuerdings durchwegs als Quecksilberdampfstrahlpumpe ausgeführt wird, während die letztere eine umlaufende Pumpe ist. Mit der Wirkungsweise der Quecksilberdampfstrahlpumpen hängt es nun zusammen, daß sie nicht gleich bei ihrer Inbetriebsetzung ihre Pumpwirkung ausüben können, denn zunächst muß das Betriebsquecksilber eine zeitlang erhitzt werden, bis es in Dampfform übergeht; dies dauert bei der für Großgleichrichter üblichen Type etwa 10 bis 15 Minuten. Die Vorpumpe hingegen ist in viel kürzerer Zeit betriebsbereit. Um nun den höchsten Nutzwert und die größte Sicherheit im Betriebe der Gleichrichteranlagen zu erzielen, werden nach einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, bei jeder Inbetriebsetzung der selbsttätigen Entlüftungseinrichtung die beiden Pumpen nicht gleichzeitig eingeschaltet, sondern es wird zunächst die Feinpumpe, nach einer gewissen Zeit die Vorpumpe angelassen und nach einer weiteren Zeit der Absperrhahn geöffnet. Die Reihenfolge der Schaltvorgänge wird durch elektrisch voneinander abhängige Kontaktrelais und die zeitlichen Verzögerungen werden durch Zeitwerke an einigen dieser Relais gewährleistet. Das Relais zur Einleitung der In- und Außerbetriebsetzung der Entlüftungseinrichtung kann durch einen Kontaktvakuummesser in Tätigkeit gesetzt werden.

(D. R. P. Nr. 442834.)

Es sind verschiedene Abschlußvorrichtungen für Vakuumgefäße bekannt, bei welchen zwei kommunizierende Lufträume durch Quecksilber gegeneinander abgesperrt werden. Die bekannten Ausführungen werden in der Weise betätigt, daß ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß gehoben und gesenkt wird, so daß das Quecksilber beim Heben in die beiden kommunizierenden Räume eintritt und ihre Verbindung unterbricht und beim Senken wieder zurückfließt und die Verbindung frei gibt. Durch eine Erfindung der vorgenannten Firma wird es ermöglicht, einen ventilartigen Quecksilberabschluß durch eine viel kleinere Bewegung eines viel weniger schweren Körpers herzustellen als bei den bekannten Ausführungen (Abb. 6). Die Scheidewand *c* zwischen den beiden kommunizierenden Lufträumen, *a*, *b* erhält die Form einer Glocke und wird beweglich angeordnet, so daß durch Eintauchen derselben in eine im wesentlichen in Ruhe befindliche Quecksilbermenge der Abschluß bewirkt wird. Wenn dieses Abschlußorgan in die Leitung zwischen einem Vakuumgefäß (bei *e*) und einer elektrisch betriebenen Luftpumpe (bei *d*) eingebaut ist, so wird man seine Steuerung (Elektromagnet *g*, *h*) in bekannter Weise von der Spannung am Pumpenmotor abhängig machen. Die Vorrichtung wird also geschlossen werden, wenn der Betriebsstrom der Pumpe ausbleibt, und wieder geöffnet werden, sobald die Pumpe wieder Strom erhält. Um bei einer Inbetriebsetzung der Pumpe nach längerem Stillstand zu verhindern, daß das Abschlußventil geöffnet wird, ehe der Raum zwischen ihm und der Pumpe genügend evakuiert ist, wird bei bekannten Vorrichtungen ein Zeitrelais verwendet, durch welches der Magnet, der das Öffnen des Ventils bewirkt, erst einige Zeit später Strom erhält, als der Motor der Luftpumpe. Dieses Zeitrelais kann entbehrt werden, wenn gemäß der Erfindung das Austauchen der Glocke durch den Auftrieb eines an der Glocke befestigten Schwimmers *i* bewirkt wird. Will man das Ventil schließen, so drückt man durch eine den Auftrieb des Schwimmers überwiegende Gegenkraft die Glocke in das Quecksilber hinein, so daß die Ventilöffnung *k* vom Quecksilber bedeckt ist.

Abb. 6.

(D. R. P. Nr. 442277.)

Eine Einrichtung zur elektrischen Heizung der Vakuumpumpe bei Metalldampfgleichrichtern hat dieselbe Firma angegeben. Man hat vorgeschlagen, den Heizwiderstand in den Erregerkreis des Gleichrichters einzuschalten, wo er als Vorschaltwiderstand wirkt. Dies hat den Nachteil, daß das Auspumpen des Gleichrichters nur bei eingeschalteter Gleichrichtererregung, also im wesentlichen beim Betrieb des Gleichrichters, vorgenommen werden kann, nicht aber in dem besonders wichtigen Fall, wenn der Gleichrichter nicht arbeitet. Um den Heizwiderstand auch bei ausgeschaltetem Gleichrichter einschalten zu können, hat man eine Umschaltvorrichtung vorgesehen, mittels deren während der Betriebspausen der Heizwiderstand allein, das heißt bei ausgeschalteter Gleichrichtererregung, an eine Hälfte des Erregertransformators angeschlossen werden kann. Dieser umschaltbare Heizwiderstand hat wesentliche Nachteile. Zunächst kann der Heizwiderstand der Pumpe während des Gleichrichterbetriebes, wo im allgemeinen eine Fortsetzung des Leerpumpens nicht erforderlich ist, nicht ausgeschaltet werden, da er ja in Reihe mit den dauernd eingeschalteten Erregeranoden liegt. Da aber die Pumpe während des Gleichrichterbetriebes nicht abgestellt werden kann, muß sie auch dauernd gekühlt werden. Dazu kommt, daß der Heizwiderstand der Pumpe beim Hochpumpen, also vor der Einschaltung der Erregeranoden, von Wechselstrom, nach Umlegen des Schalters, also nach der Einschaltung der Erregeranoden, dagegen von gewelltem Gleichstrom gespeist wird; in letzterer Schaltung ist aber seine Klemmenspannung infolge des Spannungsabfalls im Erregerlichtbogen geringer. Nach der Erfindung treten nun die sämtlichen genannten Nachteile nicht auf. Danach wird bei Gleichrichtern mit besonderem, vom Wechselstrom gespeisten Erregerstromkreis der Heizwiderstand der Hochvakuumpumpe parallel zum Erregerstromkreis an die sekundären Wicklungen des Erregertransformators angeschlossen, die praktisch annähernd gleiches Potential wie die Kathode, also ungefähr gleiches Potential wie das Gehäuse des Gleichrichters, besitzt.

(D. R. P. Nr. 441492.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3568 **Physikalisch-technische Elektrizitätslehre.** Von F. F. Martens. VIII und 808 Seiten mit 642 Abbildungen. 2. Aufl. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn A. G., Braunschweig 1927. Preis geb. M 46—.

Lehrbücher, die das Gesamtgebiet einer Wissenschaft erfassen wollen, haben gegenüber den Spezialdarstellungen von Teilgebieten ihre generellen Vorzüge und Nachteile. Erstere bestehen in der Möglichkeit einer systematischen, einheitlichen Behandlung des ganzen Stoffes und der Darlegung der Zusammenhänge; letztere beruhen auf der kaum vermeidbaren, gewöhnlich vorhandenen Inhomogenität der Ausführungen, bisweilen — wie im vorliegenden Falle — auch in der Schwierigkeit, einen großen Stoff auf verhältnismäßig engem Raum ohne Flüchtigkeit zu behandeln. Diese Vorzüge und Nachteile sind auch an dem vorliegenden Buche, das nach der Bemerkung des Autors den Charakter eines Lehrbuches besitzt, zu sehen. Die Fülle des Gebotenen ist groß. Nach der Einführung in die Theorie des elektrischen und magnetischen Feldes, werden die elektrischen Maschinen und Transformatoren, der Durchgang des elektrischen Stromes durch Leiter, elektrische Meßge-

Digitized by Google

räte und Meßschaltungen behandelt. Es folgen Kapitel über elektromagnetische Schwingungen und Strahlungsvorgänge, über Atombau, körperliche Strahlen, elektrolytische Leitung und Spannung, die Entstehung kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung, über physikalische Größen und Einheiten. Mathematische und funktechnische Ergänzungen, sowie ein Namens- und Sachregister, schließen das Buch ab. Es ist gewiß dankenswert, wenn die physikalische und technische Seite der Elektrizitätslehre in so großzügiger Weise umfaßt wird. Dieser Vorzug bleibt einem Werk unbenommen, das dem Leser die Theorie und ihre Anwendungen in so reichhaltiger Weise übermittelt. Den erwähnten Gefahren konnte das Buch jedoch gleichfalls nicht entrinnen. Zunächst fällt auf, daß die physikalische Seite bedeutend eingehender behandelt ist als die technische; geht doch die häufig ausführliche, mathematische Darstellung der physikalischen Vorgänge in eine mehr qualitative Beschreibung über, sowie es sich um technische Fragen handelt. Ferner macht sich die erwähnte, hier allerdings kaum überwindbare Schwierigkeit bemerkbar, den gegebenen Stoff auf einem verhältnismäßig engen Raum ohne Flüchtigkeit zu behandeln. Wer wollte sich zum Beispiel mit der Mitteilung einiger Folgerungen aus der Relativitätstheorie begnügen, ohne von derem gedanklichen Inhalt das Geringste zu erfahren? Ähnlich geben viele Kapitel nur dürftig das Wesentlichste in kurzer Mitteilung wieder. Hier tritt ein auf der Anlage des ganzen Buches beruhender und daher wohl unvermeidlicher Nachteil zutage. Von der Möglichkeit, diesen durch ausführliche Literaturangaben zu mildern, macht der Autor leider keinen Gebrauch, indem er im Gegenteil auf solche vollständig verzichtet. Dies ist um so bedauerlicher, als gerade durch Literaturangaben ein so umfassendes Werk wertvoll werden kann. So wird man das Buch, das als Lehrbuch aufgefaßt mit den erwähnten Schwierigkeiten kämpft, auch nur bedingt als Nachschlagewerk oder als Vorbereitungswerk für Spezialfragen bezeichnen können. Empfehlenswert ist es für denjenigen, der mit mathematischen Kenntnissen einen Überblick über das Gesamtgebiet der Elektrizitätslehre sucht; hier wird er von den Atommodellen bis zu den elektrischen Maschinen eine zuverlässige Führung finden. Kneissler-Maixdorf.

3593 **Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen.** Im Einverständnis mit dem VDE herausgegeben von Dr. Ing. E. h. G. Dettmar. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis M 7·50, geb. M 8·75.

Das vorliegende Buch soll zum Unterschiede von den „Erläuterungen" von Dr. C. L. Weber, die über die Entstehung und die Auslegung der einzelnen Bestimmungen Aufschluß geben, einen „Wegweiser" auf dem Gebiete der VDE-Vorschriften bieten, der an jeder Stelle auf die einschlägigen Sondervorschriften, deren Menge einerseits zu einer gewissen Unübersichtlichkeit geführt hat und deren Existenz vielen Betriebsleitern und Anlagenbesitzern, die nicht gerade elektrotechnisch vorgebildet sind, unbekannt ist, sowie auch auf sonstige wichtige Literaturbehelfe hinweist und die vielen und komplizierten Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Einzelgebieten der Elektrotechnik bestehen, aufzeigt und klarlegt. Der Wegweiser bezieht sich vorläufig nur auf Starkstromanlagen einschließlich der Bergwerke, jedoch ausschließlich der elektrischen Bahnen und der Fernmeldeanlagen, soferne sie nicht mit Starkstromanlagen in Verbindung stehen. Als Leitmotiv dienen die „Errichtungsvorschriften", die im Teile II im vollen Wortlaute mit abgedruckt wurden. Teil III behandelt die landwirtschaftlichen Anlagen, Teil IV die Symbole, die Betriebsvorschriften des VDE, die VDE-Prüfstelle, Merkblätter über das Verhalten gegenüber Freileitungen, Leitsätze zur Bekämpfung von Bränden, Anleitung zur ersten Hilfe, Leitsätze für Monteurkurse, Anschlußvorschriften der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Grundsätze für die Zulassung von Installateuren, die Meisterprüfung von Installateuren und schließlich Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft über Innenbeleuchtung, Beleuchtung im Freien und Fabriksbeleuchtung. Der Wortlaut der Errichtungsvorschriften und der im Abschnitt III behandelten VDE-Veröffentlichungen ist durch Antiqualettern von den in Fraktur gedruckten Hinweisen des Verfassers unterschieden. Abschnitt IV beschränkt sich auf die Anführung der offiziellen Texte der vorerwähnten Vorschriften. Der Zweck des mit großer Sorgfalt und Sachkenntnis zusammengestellten Buches darf als durchaus erreicht gelten. Es soll daher als ein wichtiges Hilfsmittel allen Ingenieuren, Fabriksleitern und Betriebstechnikern, die irgendwie mit elektrischen Anlagen zu tun haben, wärmstens empfohlen werden. Dr. Rich. Hiecke

Eingelaufene Bücher.

1689 Die Zylinder ortsfester Dampfmaschinen. Von Ing. H. Frey. (Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau. Erstes Heft. Herausgegeben von Dipl.-Ing. C. Volk.) Zweite, erweiterte Auflage. 42 S. mit 131 Abb., Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 3·—.

Unter Anführung vieler Beispiele von Ausführungen großer deutscher Maschinenfabriken werden in dem Hefte die allgemeinen Gesichtspunkte erörtert, die beim Entwurfe von Dampfmaschinenzylindern maßgebend sind, und sodann deren Einzelteile besprochen, wobei auch Konstruktionen für Höchstdruck- und Gleichstrommaschinen aufgenommen sind. Da, wie der Verfasser des Heftes und der Herausgeber der Sammlung sehr richtig hervorheben, die Kolbendampfmaschine neben der Dampfturbine für Sonderzwecke ihre Bedeutung beibehalten hat, ist es auch weiterhin notwendig, den Einzelteilen der Kolbenmaschine Aufmerksamkeit zuzuwenden, und im Hinblick darauf stellt das Heft für den Dampfmaschinenkonstrukteur eine wichtige Ergänzung der allgemeinen Werke auf diesem Gebiete dar. J.

Die Bedeutung der Kerbschlagprobe. Von W. Schwinning und K. Matthaes. Druckschrift Nr. 78 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. 13 Seiten mit 45 Abb. o. J. (1927) Preis Mk. 2·—.

Die für den mit Materialprüfungen Beschäftigten sehr wertvolle Arbeit — eine erweiterte Wiedergabe eines Vortrages von Prof. Schwinning auf dem Amsterdamer Materialprüfungskongresse — beschreibt umfangreiche Versuche der Verfasser und kommt zu dem Ergebnis, daß die Kerbschlagprobe geeignet ist, die üblichen Prüfverfahren durch Feststellung besonderer Eigenschaften, die aus dem Zerreißversuch usw. nicht hervorgehen, zu ergänzen. Insbesondere gibt der Kerbschlagversuch sehr wichtige Aufschlüsse über das Verhalten eines Materials gegen Gewaltbeanspruchungen; auch kann damit der Einfluß fehlerhafter Wärmebehandlung geprüft werden. —k.

3567 Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung wissen? Von Ing. G. W. Meyer. 182 Seiten mit 74 Abb. Meyer's Technischer Verlag, Bodenbach a. d. Elbe und Schöna (Sächs. Schweiz) 1927. Preis Mk. 5·—.

Die Schrift behandelt nach einer Einleitung, in welcher das Wesen der Phasenverschiebung besprochen wird, die zentralisierte und gruppenweise Phasenkompensation, die kompensierten Motoren und Schieberkondensatoren, sonstige Einflüsse auf die Gestaltung der Phasenverschiebung und der Strompreise und schließlich die Messung und Verrechnung der Blindarbeit und die darauf beruhenden Tarife. Die sehr klaren und leicht verständlichen Darlegungen werden durch viele Berechnungsbeispiele unterstützt. Die Schrift enthält auch eine sehr große Zahl von Angaben über das einschlägige Schrifttum, auch jenes in französischer und englischer Sprache. —k.

3608 Das gewerbliche Rechnen. (Klauser-Rusch-Wallantschek.) I. Teil. Das gewerbliche Rechnen der elektrotechnischen und der metallverarbeitenden mechanischen Gewerbe. 9. Auflage, besorgt von

Digitized by Google

G. A. Wagner. 179 S. mit 48 Abb. und 13 Tabellen. Verlagsbuchhandlung von Franz Deuticke, Wien 1928. Preis S 4.80.

Das für den Unterricht an Werkmeister-, Fach-, Fortbildungs- und Handwerkerschulen, sowie auch als Hilfsmittel für den Gewerbetreibenden bestimmte und für beide Zwecke gut geeignete Buch enthält außer den Grundrechnungsarten und deren Anwendung zur Lösung gewerblicher Aufgaben das Wichtigste über die Flächen- und Rauminhaltsberechnung, sowie über Verhältnisse und Proportionen, ferner die Anwendung der Schlußrechnung auf Zins- und Prozentrechnung, die Material- und Preisberechnung und das Verfassen von Kostenüberschlägen, in allen Abschnitten mit sehr vielen anschaulichen Beispielen aus der Praxis. —k.

Jahrbuch für das Studium an der Technischen Hochschule in Wien 1927/28. Herausgegeben von der Geschäftsführung der Deutschen Studentenschaft der Technischen Hochschule in Wien. 168 und 21 S. Preis S 1·50, bezw. Mk. 1·—.

Nebst einem Geleitwort des Rektors und zwei Aufsätzen „Wissenschaft und Industrie" von Otto Böhler und „Geschichte der Technischen Hochschule in Wien" von Hofrat Dr. Josef Neuwirth, enthält das Buch auch eine eingehende Darstellung des Studiums an der Wiener Technischen Hochschule mit Auszügen aus allen Vorschriften, ein vollständiges amtliches Vorlesungsverzeichnis und Studienpläne, Ratschläge für die Abwicklung des Studiums und Aufsätze der Fachschuldekane über das Studium und die Berufsaussichten.

„Spannung" — die AEG-Umschau. Neben den nur für die Fachkreise bestimmten AEG-Mitteilungen gibt die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft jetzt eine zweite Hauszeitschrift heraus, die in gemeinverständlicher Form eine Übersicht über das Arbeits- und Interessengebiet des Konzerns bringen wird. Das erste, mit vielen Abbildungen und Zeichnungen geschmückte Heft der neuen Zeitschrift enthält u. a. einen Aufsatz über die AEG auf der Funkausstellung, ferner einiges aus den Anfängen der Elektrotechnik und schließlich einen Aufsatz über die Normung, der ganz besonders geeignet erscheint, als Werbemittel für den Normungsgedanken in der breiten Öffentlichkeit zu dienen.

Leitfaden der Mechanik für Maschinenbauer. Mit zahlreichen Beispielen für den Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Ing. K. Laudien. Erstes Heft: Statik und Dynamik. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 179 Seiten mit 246 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis M. 5·50.

Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik. Von F. Moench. I. Band: Zur Theorie des Fernsprechverkehrs (Einführung und Überblick). Von K. Frei. 138 Seiten. Weidmannsche Buchhandlung. Berlin 1927. Preis geh. M. 4·50; geb. M. 6·—.

Galvanische Elemente. Von Prof. Dr. Ing. A. Güntherschulze. 184 Seiten mit 44 Abb. und zahlreichen Tabellen. (Monographien über angewandte Elektrochemie. 48. Bd.) Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1928.

Deutscher Elektro-Installateur-Kalender 1927. 2. Jahrgang. 217 Seiten. Verlagsanstalt „Helios", München.

Gummifreie Isolierstoffe. Technisches und Wirtschaftliches. Unter Mitarbeit von Fachgenossen verfaßt von Dr. Ing. A. Sommerfeld. 103 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Herausgegeben vom Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie E. V. Berlin 1927. Zu beziehen durch die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstraße 23.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 25. Jänner d. J., um **1/26** Uhr abends, im großen Saale des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Ing. W. Seiz (Baden, Schweiz) über: **„Regelsätze und Netzkupplung".** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Einfluß einer zusätzlichen Spannung im Läuferkreis auf Drehzahl und Leistungsfaktor des Asynchronmotors. Die Scherbiusmaschine. Der Frequenzwandler als Hilfsmaschine. Kaskadenschaltung von Asynchronmotor und Scherbiusmaschine bei Reihenschluß- und Nebenschlußerregung der Scherbiusmaschine ohne Zusatzwiderstand im Erregerkreis. Einseitige und doppelseitige Regelung. Schaltungen mit zusätzlichem Widerstand im Erregerkreis. Der Phasenkompensator für Zusatzschlupf. Die Erregermaschine. Drehzahlregelung mit Reihenschlußverhalten (Kompoundcharakteristik). Die Kommutatorkaskade für konstante Leistung und ihre Anwendung auf den Ilgner-Umformer und die Netzkupplung. Grundsätzliches über Netzkupplung. Kupplung durch synchronen und durch asynchronen Umformer. Kupplung mit konstanter Austauschleistung der Netze. Abhängigkeit der Austauschleistung von der Frequenz eines Netzes ohne Beeinflussung durch die Frequenz des zweiten Netzes.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	9. I. 1928	11. I. 1928	13. I. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135½	135½	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	94—99	95—99	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 13. Jänner 1928)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	11	3	61	13	9
Standard 3 Monate .	61	7	6	61	10	0
Zinn:						
Engl. ingots	249	5	0	249	15	0
Standard Kassa . .	250	5	0	250	10	0
Standard 3 Monate .	249	12	6	249	15	0
Blei:						
Engl. pig common . .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	15	0	25	15	0
Remelted	26	7	6	—	—	—
English Swansea . .	26	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. Platin: Pf. 55/Pf. 60 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag, Herausgeber: Elektrotechn. Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstr. 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 29. Jänner 1928 | Heft 5

Die Vorgänge unter der Kohlebürste.

Von Dipl. Ing. H. Lutz, Stuttgart-Cannstatt.

Übersicht. Es wird gezeigt, daß unter der Kohle Ionisierung, durch ähnliche Vorgänge wie in einer Elektronenröhre verursacht, auftritt (indem sich unter der Kohle an den Berührungsstellen Teilchen erhitzen, die dann Ionen und Elektronen emittieren), die vom Stromübergang bezw. von der Übergangsspannung stark beeinflußt wird. Daher kommt die Änderung des Übergangswiderstandes mit dem Strom. Da Berührung von Kohle und Kommutator und damit die Ursache der Ionisierung immer nur in einem Punkte stattfindet, weil sich Teilchen unter der Kohle ablösen und so die Kohle immer in Bewegung halten, so ist die Übergangsspannung nur abhängig vom Strom und nicht von der Stromdichte. Es sind daher mehr, aber kleinere Kohlen zu nehmen, weil sie auf dem steileren Teil der Übergangscharakteristik besser parallel arbeiten und auch der Wattverlust kleiner wird. Man hat eben dann mehr Berührungspunkte. Nicht so sehr die Stromdichte ist ein Maß für die Beanspruchung der Kohle, als vielmehr die Übergangsspannung.

Bekanntlich ist der Übergangswiderstand zwischen Kohle und Kommutator bei Lauf der unbelasteten Maschine größer als bei Stillstand[1]). Das ist auch leicht einzusehen. Denn bei Stillstand kann die Berührung von Kohle und Kommutator inniger sein als bei Lauf. Es ist da die Kohle immer in Bewegung, auch wenn der Kommutator genau rund laufen würde, was aber nie der Fall ist. Denn die Kohle nützt sich ab, das heißt es lösen sich Teilchen bald da, bald dort an dem jeweiligen Berührungspunkte ab, die sich zwischen Kohle und Kommutator fortbewegen und, wenn es auch nur Molekulargruppen, das heißt kleinste Stäubchen, sind, die man mit dem bloßen Auge gar nicht erkennen kann, die Kohle immer wieder stoßen. Sie ist daher immer in Bewegung (das kann man bei Berührung mit einem Bleistift ganz gut merken, obwohl selbst bei starker Vergrößerung mit dem Mikroskop nichts wahrzunehmen ist) und liegt daher wohl immer nur in einem Punkte auf, während das bei Stillstand anders ist. Es hängt daher der ruhige Lauf der Kohle, gute Verhältnisse der Maschine, insbesonders von Kommutator und Kohlenhalter vorausgesetzt, sehr von den Reibungsverhältnissen zwischen Kohle und Kommutator — bei wenig gefettetem Kommutator läuft die Kohle ruhiger und ist daher Bürstengeräusch und Übergangsspannung geringer als bei ungefettetem — und von der sich ablösenden Korngröße, das heißt von der Feinheit und dem Material der Kohle ab. Sie hängt natürlich auch von der Oberflächenbeschaffenheit des Kommutators ab.

Um eine Vorstellung von den Verhältnissen zu gewinnen, ist es nötig, die Größenverhältnisse näher zu betrachten. Das Atom hat einen Durchmesser von etwa 10^{-7} mm. Die Stäubchen, also die Molekulargruppen, die sich bilden, werden natürlich verschieden groß sein. Aber die kleinsten Teilchen, die wir mit dem Ultramikroskop noch nachweisen können, haben einen Durchmesser von 10^{-6} mm — direkt sehen kann man mit dem Mikroskop noch Stäubchen von 10^{-4} mm Durchmesser —, also 10 mal größer als ein Atom. Die Teilchen, die sich beim Anfassen einer Graphitkohle ablösen, haben etwa die Größe von etwa 10^{-3} mm (wahrscheinlich mahlt die Mühle nicht feiner) und Kohle und Kommutator zeigen meist auch Riefen dieser Größenordnung. Wo übrigens hohe Stromdichte auftritt, sind keine zu bemerken. Die Körnung der Elektrographitkohlen ist feiner.

Der Staub, der sich unter der Kohle infolge Reibung bildet und fortrollt, wird daher die Kohle in einem Abstand vom Kommutator halten, der 100 bis 1000 mal größer ist als ein Atom und es ist daher eine Berührung außer an den Stellen der Stäubchen ausgeschlossen.

Mit dem Stromübergang nimmt die Abnützung der negativen Kohle, also der Kathode, zu. Forscht man nach den Vorgängen unter der Kohle, so erkennt man, daß die Übergangsspannung anfangs mit dem Strom stark wächst. Das ist ja auch bei Annahme eines bloßen Kontaktwiderstandes leicht zu erklären, der, wie gesagt, bei kleinen Strömen größer ist als bei Stillstand der Maschine. Mit zunehmendem Strome nimmt nun aber dieser Widerstand immer mehr ab (Abb. 1),[2]) so daß man genötigt ist anzunehmen, der Strom gehe nicht nur durch den jeweiligen Berührungspunkt der Kohle mit dem Kommutator, sondern auch parallel dazu durch die Luft. Diese Vergrößerung des Übergangsquerschnittes muß die Ursache der Abnahme des Übergangswiderstandes sein. Das ist nur möglich, wenn die Luftstrecke ionisiert ist. Denn der kritische Abstand zweier Körper, über den der Stromübergang bei 350 V erfolgt, beträgt 0·0075 mm, das

[1]) E. Arnold, Gleichstrommaschine, Bd. I, 3. Auflage, S. 288, Abb. 254.

[2]) Siehe ETZ 1924, S. 183 u. f.

Digitized by Google

heißt, bei jedem anderen Abstand, ob größer oder kleiner, ist die Spannung für einen selbstständigen Stromübergang größer. Es ist also nicht möglich, daß unter der Kohle Strom an anderen als an den Kontaktstellen übergehen kann, wenn nicht Ionisierung, also unselbstständiger Stromübergang, stattfindet.

Man ist versucht, in der Reibung die ionisierende Ursache zu suchen, da die Übergangsspannung normalerweise zu gering ist, als daß Ionisierung durch Stoß stattfinden könnte, wozu bekanntlich 11 V (in Luft) nötig sind. Es würden dabei Kohle wie Kommutator angegriffen werden und ein Betrieb unmöglich sein.

An den Punkten der Berührung lösen sich, wie gesagt durch Reibung Moleküle und Molekulargruppen von Kohle und Kommutator ab, die natürlich infolge Reibung meistens elektrisch geladen, also Ionen sein werden — dabei werden wohl

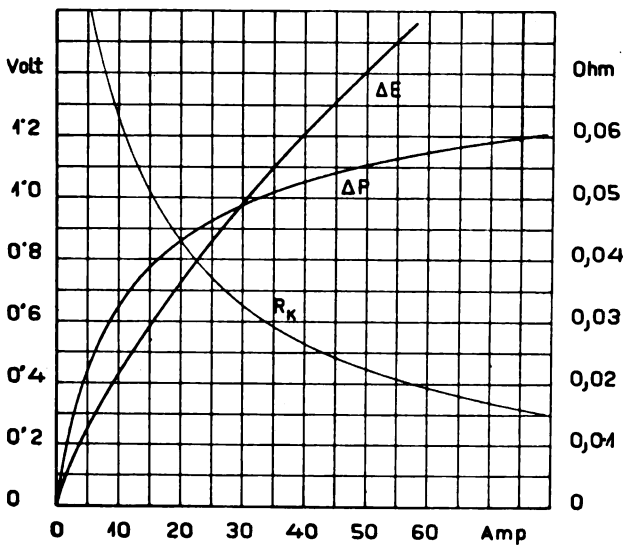


Abb. 1. Übergangscharakteristik einer mittelharten Kohlebürste.

ΔP bei konstantem Strom,

ΔE bei rasch veränderlichem, effektivem Strom von 30 Amp. (diese Kurve schneidet die ΔP-Kurve bei 30 Amp.,)

$R_k = \frac{\Delta P}{J}$ Kurve des Übergangswiderstandes.

auch Elektronen frei —, die dann in dem Raum zwischen Kohle und Kommutator frei beweglich sind. Damit läßt sich aber nicht erklären, warum mit zunehmendem Strom die Ionisierung zunimmt.

Mit Hilfe der sogenannten Thermionen dürfte aber die Sache zu lösen sein. Nach Elster und Geitel kann man annehmen, daß ein Draht durch einen seiner Natur nach unbekannten Effekt, bei schwachem Glühen nur positive und bei stärkerem Glühen auch negative Ionen emittiert. Man darf annehmen, daß unter der Kohle örtliche, punktförmige (eben an den jeweiligen Berührungspunkten), wenn auch nur momentan auftretende Erhitzungen stattfinden (verursacht durch Reibung, aber noch mehr durch hohe örtliche Stromdichte), die infolge des eben erwähnten Effektes den Raum unter der Kohle ionisieren. Zu dieser Annahme ist man umsomehr berechtigt, als die Übergangsspannung ziemlich stark von der Erwärmung abhängt. Und daß ein Raum da ist, groß im Verhältnis zu den Dimensionen der Ionen, lehrt neben der oben angestellten Betrachtung die verhältnismäßig große Übergangsspannung. Es spielen sich hier im Grunde ähnliche Vorgänge ab, wie in einer Elektronenröhre.

Da der Übergangswiderstand mit zunehmendem Strom ab-, also die Ionisierung zunimmt, so dürfte das beweisen, daß die Erhitzung durch den Strom die Hauptursache der Ionisierung, und zwar schon bei kleinen Strömen ist. Schröter[3]) hat gezeigt, daß der Übergangswiderstand mit zunehmender Kommutatorgeschwindigkeit abnimmt. Das heißt doch, daß die Ionisierung zunimmt, also die Reibung, wenn auch indirekt durch Erwärmung, ionisierend wirkt. Es zeigt sich[4]), daß bei großer Kommutatorgeschwindigkeit und ganz geringer Strombelastung der Übergangswiderstand konstant ist, also die Reibungswärme für die Ionisierung sorgt, bei größerer Belastung aber, wenn der Sättigungsstrom überschritten wird, die Leitfähigkeit, also die Ionisierung steigt, nun auch verursacht durch die Übergangsverluste. Damit steigt auch der Sättigungsstrom. Er ist von da ab immer gleich dem jeweiligen Strom, sofern sich dieser nicht zeitlich rasch ändert.

Schröter hat festgestellt, daß die Reibungsverluste, obwohl sie im Verhältnis zu den elektrischen beträchtlich sind, doch nur wenig zur Leitfähigkeit beitragen. Das ist aber erklärlich, wenn man bedenkt, daß der Punkt der Berührung und Reibung ständig wandert — er nützt sich ja ab — und so sich immer neue, kalte Stellen erst erwärmen müssen, bis Ionen emittiert werden. Es erfolgt, wie auch Schröter meint, die Reibung an anderen Stellen als der Stromübergang. Aber die Reibung findet an den Berührungspunkten, also an den Kontakten statt und die elektrische Leitung vornehmlich da, wo vorher der Kontakt war und Ionen emittiert wurden.

Verschiedene Kohlensorten haben bekanntlich verschieden große Übergangsspannungen. Es scheint dies einesteils von der Härte der Kohle abzuhängen, aber andernteils auch von den Zusätzen. Es ist zu vermuten, da die harten Kohlen sich schwerer abnützen, also feinere Staubkörnchen geben, daß diese sich nicht so stark erhitzen, weil sie infolge ihrer verhältnismäßig größeren Oberfläche die erzeugte Wärme leichter an die reibenden Wände (an Kohle und Kommutator) abgeben und infolgedessen auch weniger ionisieren. Wenn elektrisch schlecht leitende Materialien beigemengt sind, so werden diese, da sie durch den Strom nicht erhitzt werden, nur wenig oder gar keine Ursache zur Ionisierung abgeben. Beigemengte Metallteilchen aber, die bei der Erwärmung leicht oxydieren, werden eben infolgedessen

[3]) Physik des Schleifkontaktes, Arch. f. El. 1927, S. 111; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 767.

[4]) Siehe Schröter, Arch. f. El. 1927, Abb. 6.

Digitized by Google

viel leichter Ionen emittieren, was die Ursache der geringeren Übergangsspannung sein dürfte.

Wie bei jeder ionisierten Gasstrecke, wandern auch hier die positiven Ionen zur Kathode und die Elektronen und negativen Ionen zur Anode. Die Ionen stammen zunächst aus der Luft. Wie bei der Elektrolyse die ionisierten Bestandteile des Elektrolyten zu den Elektroden wandern und sie eventuell chemisch verändern, so auch hier. Die stärkere Abnützung der negativen Kohle bei Stromübergang und die blauschwarze Politur des Kommutators beweisen das.

Betrachtet man die Schleiffläche einer Kohle bei starker Vergrößerung genauer, so sieht man sie bei entsprechender Beleuchtung in allen Farben schillern. Es ist, als ob sich dünne, kristallinische Schichten gebildet hätten, besonders da, wo die Stromdichte groß war (jedoch keine hohe Spannung auftrat). Man gewinnt den Eindruck, als ob da die Kohle während des Stromüberganges flüssig gewesen sei. In dieser Vermutung wird man noch durch die Beobachtung bestärkt, daß das Bürstengeräusch sich mit der Belastung vermindert, also die Reibung sich ändert, was auch Schröter experimentell gefunden hat. Da nun an den Stellen größter Stromdichte auch die Abnützung am größten sein sollte, die Kohle aber da den besten Eindruck macht, so steht man da scheinbar vor einem Widerspruch. Aber er läßt sich lösen. Da, wo die Stromdichte hoch ist, sich aber nicht stark ändert, ist die Abnützung gering und da sind eben die glänzenden Stellen. Wo sie sich aber stark ändert, ist die Übergangsspannung höher und das ist die Ursache der größeren Abnützung, wie folgende Betrachtungen lehren.

Bei plötzlicher Erhöhung des Stromes steigt die Übergangsspannung annähernd proportional mit dem Strome (siehe Abb. 1, Kurve ΔE; sie ist in Anlehnung an Arnold gezeichnet), weil der Widerstand[5]) sich nicht so schnell den neuen Verhältnissen anpaßt, das heißt, da die Ionisierung für den größeren Strom zunächst noch zu gering ist — wir haben Sättigungsstrom — muß die Geschwindigkeit der Elektronen und Ionen steigen, was man aus der erhöhten Übergangsspannung schließen muß. Steigt dabei die Spannung auf 11 V und darüber, so erreichen die Elektronen eine so hohe Geschwindigkeit, daß nun die Luft durch Stoß ionisiert wird. Auf die Kathode treffen dann Atom- und Molekularstrahlen auf, die sie zerstäuben. Ist die Kohle Kathode, so wird ihre Fläche an der Stelle der hohen Spannung — meist an der ablaufenden Kante — matt, während der Kommutator geschwärzt wird. An dieser Stelle wird dann der Abstand von Kohle und Kommutator so groß, daß kein nennenswerter Strom mehr übergehen kann, und man sieht dann Funken auftreten. Erst bei Ionenstoß haben wir bekanntlich Lichterscheinung. Ist aber der Kommutator Kathode, so wird er angefressen und auf der Kohle schlägt sich eventuell Kupfer nieder.

[5]) Siehe ETZ 1924, S. 183.

Diese Atom- und Molekularstrahlen scheinen übrigens auch schon bei niederer Spannung als 11 V aufzutreten und können bei Verwendung von ungeeigneten Zusätzen — zum Beispiel Zink — recht üble Folgen haben. (Vermutlich ist die Ionisierungsspannung der Zinkatome u. dgl. wesentlich niedriger.) Man hat die Erfahrung gemacht, daß im allgemeinen bei Wechselstrom mehr Schwierigkeiten auftreten als bei Gleichstrom. Da sich der Übergangswiderstand auf eine effektive Stromdichte einstellt[6]) und nicht auf den augenblicklichen Strom, muß die Übergangsspannung mit ihm steigen, das heißt die Geschwindigkeit der Atom- und Molekularstrahlen ist höher. Und dies hat eine stärkere Abnützung der Kohle und eine größere Empfindlichkeit bei der Kommutierung zur Folge.

Auf Schleifringen verwendet man meist Metallkohlen, um die Übergangsspannung herabzusetzen. Der Kupfer- etc.-Gehalt beeinflußt die Größe der Übergangsspannung, das heißt er ist jetzt hauptsächlich die Ursache der Ionisierung und daher auch einem größeren Verbrauch bei Stromübergang unterworfen als die Kohle. Wenn man nun den Graphitgehalt der Metallkohle so groß machen würde, daß er ein zusammenhängendes Ganzes, also gewissermaßen ein Gerippe bildet, in das Kupfer etc. eingesprengt ist, dann dürfte sie sich langsamer abnützen, da infolge der geringeren Übergangsspannung der Graphit sich nur wenig an der Stromführung beteiligt, aber der Kohle den Halt gibt. Aber, wie gesagt, den Charakter der verwendeten Materialien muß man berücksichtigen.

Knudsen,[7]) welcher die Kondensation und Reflexion, das heißt Wiederverdampfung, im Vakuum untersucht hat, stellte für eine Reihe von Materialien die „kritische Temperatur" fest, bei der die Atom- und Molekularstrahlen beim Auftreffen auf eine gekühlte Platte vollständig kondensiert und nicht mehr reflektiert werden, das heißt nicht mehr verdampfen. Während bei Cu, Ag und anderen Metallen die kritische Temperatur weit über der Zimmertemperatur liegt, bleibt sie bei Zn, Cd, Mg usw. weit unter 0° C. Deswegen ist man zu der Vermutung berechtigt, daß diese Materialien bei Stromübergang schon bei geringer Übergangsspannung als Strahlen auftreten und ihr Zerstörungswerk vollbringen. Durch die geringe Bewegung der Ionen der Luft unter der Kohle bei Stromübergang werden diese Materialien schon stark zur Verdampfung angeregt. Zudem scheinen sie auch noch stark chemisch aktiv zu sein. Zu dieser Vermutung bringt mich eine Erfahrung, die ich noch auf der Hochschule im chemischen Laboratorium machte. Zink soll mit bläulicher Flamme verbrennen. Das wollte ich sehen. Zu dem Zwecke brachte ich granuliertes Zink auf einem Platinblech über eine Gasflamme. Als das Zink zu brennen an-

[6]) ETZ 1924, S. 184, oben.

[7]) Siehe Wissenschaftl. Forschungsberichte, Bd. VII, S. 24 und 25.

Digitized by Google

fing, fiel es auf einmal durch das Platinblech durch. Es hatte ein Loch hineingefressen. Infolge der tiefen kritischen Temperatur ist Zink überhaupt kein fester Körper. Es ist immer in Bewegung und man kann deshalb keine Festigkeit von ihm verlangen. Wenn man es auf Zug oder Druck beansprucht, so gibt es nach einiger Zeit nach. Als Schraube oder Klemme ist es nicht zu gebrauchen. Die Verbindung wird immer wieder locker, so oft man sie anzieht.

Durch die erhöhte Übergangsspannung (bei plötzlichem Stromanstieg) wird die Luft unter der Kohle an der jeweiligen, schnell wechselnden Berührungsstelle stärker ionisiert, sodaß die Übergangsspannung mit der Ausbreitung der stärkeren Ionisierung unter der Kohle wieder sinkt. Somit ist also die Spannungscharakteristik der Kohle für langsam veränderlichen Strom (s. Abb. 1 Kurve ΔP. Die Kurve ist im Prüfraum der Maschinenfabrik Esslingen aufgenommen worden. Die Kommutatorgeschwindigkeit betrug 31 m/sec.) stark durch die Ionisierung beeinflußt und diese hinwiederum eine Funktion der Spannung. Anderseits ist die Spannung auch eine Funktion des Stromes. Wenn nun aber die Ionisierung immer nur an dem einen Punkte stattfindet, an dem sich Kohle und Kommutator gerade berühren und reiben, wenn

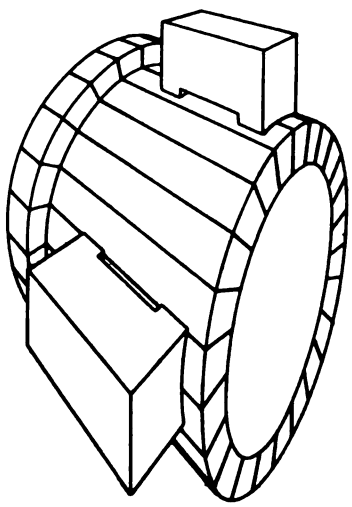


Abb. 2.

er sich auch in jedem Augenblicke an einer anderen Stelle befindet und jeweils darauf der ganze Druck wirkt, so folgt daraus, daß die Übergangsspannung nur vom Strom und Druck abhängen kann und nicht von Stromdichte und spez. Druck, daß sie also unabhängig von der Größe der Kohlefläche ist.

Wenn man daher z. B. auf einer vierpoligen Gleichstrommaschine die beiden Bürstenbolzen gleicher Polarität je mit einer gleichen Anzahl Kohlebürsten, aber verschiedener Schleiffläche, besetzt, so müssen sie trotzdem nach obigen Ausführungen gleichen Strom führen. Der Versuch hat dies bestätigt.

W. E. Stine kommt auf Grund von Versuchen, die er in einem Artikel: „Brushes for Electric Motors and Generators" in „Journal of the American Society of Naval Engineers" Bd. 37, Nr. 2, Mai 1925, Seite 312/31 beschreibt, zu demselben Resultate. Er hat die Schleiffläche der Kohle immer mehr verkleinert, wie Abb. 2 zeigt, in achsialer Richtung, nicht in Richtung des Kommutatorumfanges, damit die Kommutierungszeit nicht geändert wird, und dabei selbst bei einer Stromdichte von 100 A/cm² noch dieselbe Übergangsspannung erhalten. Dieses Ergebnis aber, erklärt er, könne nicht auf Grund der mitgehenden Erhöhung des spez. Druckes erklärt werden, da der Kontaktabfall bei anderen Versuchen, bei denen die Kohlefläche unverändert blieb, mit steigendem Druck viel langsamer wuchs (s. auch E. Arnold, Gleichstrom Bd. I, 3. Auflage, die Kurven in Abb. 267), sondern mit der Theorie, daß ein Körper immer nur in 3 Punkten aufliege. Damit ist aber nicht begründet, warum die Übergangsspannung bei Lauf anders ist als bei Stillstand, bei Gleichstrom anders als bei den Momentanwerten des Wechselstromes. Bei Stillstand findet eben keine Veränderung der Kontaktstellen statt und es ist somit eine Ionisierung der Luftstrecke unmöglich.

Die oben erwähnte Veränderlichkeit des Übergangswiderstandes mit dem Strome während des Laufes hat man schon auf Erwärmung von Kohle und Kommutator zurückführen wollen und Versuche haben auch ergeben,[8]) daß der Übergangswiderstand zwar in gewissen Grenzen von der Temperatur abhängig ist, aber die Kurven in Abb. 265 und 266 des Arnoldschen Buches zeigen doch eine recht starke Abnahme des Übergangswiderstandes mit zunehmendem Strom bei konstanter Temperatur. Und Arnold schreibt auch, S. 290: „Die bei einer Änderung der Stromdichte auftretenden Temperaturänderungen allein genügen aber zur Erklärung dieser Erscheinungen durchaus nicht. So geht aus den Versuchen von Dr. Kahn hervor, daß die Übergangsspannung ihren oben erwähnten Charakter selbst bei sehr kleinen Stromdichten beibehält, wo die durch Reibung erzeugte Wärme soweit überwiegt, daß die durch Variation der Stromdichte verursachten Temperaturänderungen der Übergangsschicht ganz vernachlässigt werden können".

Es ist oben behauptet worden, daß die Bürstenübergangsspannung unabhängig von der Stromdichte sei. Das ist nur annähernd richtig. Der Versuch lehrt, daß, wenn die Kohle Kathode ist, die Übergangsspannung sich mit zunehmender Stromdichte etwas verringert, wenn sie aber Anode ist, sich etwas erhöht. Die Ionisierung ist also abhängig vom Kathodenmaterial, was bei der Metallkohle schon gefunden wurde.

Auf Seite 292 beschreibt Arnold einen Versuch mit hoher Stromdichte bis zu 500 A/cm². Dabei fing die Kohle an zu glühen und brannte. „Aber die Lauffläche blieb vollkommen dunkel und ein Funken war nicht zu bemerken. Der Versuch zeigt deutlich, daß das Funken einer Bürste durch hohe Stromdichte allein nicht verursacht werden kann." Das Funken kann daher, wie gesagt, nur so erklärt werden, daß örtlich sich schnell und stark ändernde Ströme, die eben infolge der zeitlich schnellen

[8]) E. Arnold, Bd. I, 3. Aufl., S. 295.

Digitized by Google

Änderung keine geeignete Ionisierung vorfinden, die Übergangsspannung erhöhen, bezw. die Atomstrahlen so verstärken, daß sie Kohle und Kommutator angreifen. Man kann daher den Strom pro Kohle umso höher nehmen, je besser die Kommutierung ist.

Man hat in der Zeit nach dem Kriege vielfach die Erfahrung gemacht, daß man mit der Stromdichte nicht mehr so hoch gehen kann wie früher, und hat geglaubt, die Qualität dafür verantwortlich machen zu müssen oder daß man früher unvorsichtigerweise die Stromdichte zu hoch genommen habe. Man hat aber nicht beachtet, daß man allgemein zu größeren Kohlenquerschnitten übergegangen ist und hat nicht gewußt, daß nur ein gewisser Strom oder richtiger Übergangsspannung pro Kohle zulässig ist. Es wird also zweckmäßig sein, wieder zu Kohlen mit kleiner Auflagefläche zurückzukehren. Diese laufen besser parallel, weil sie bei gleicher Stromdichte mehr auf dem steilen Teil der Charakteristik arbeiten, wo Unterschiede in den Strömen größere Verschiedenheit der Übergangsspannung hervorrufen, und es ist infolge der kleineren Übergangsspannung auch der Wattverlust kleiner. Ferner halten sie Überlastungen besser aus und, da ihre Masse kleiner ist, können sie den Stößen des Kommutators leichter folgen. Bei mehr Kohlen ist natürlich auch die Betriebssicherheit größer.

(Eingelangt am 19. Oktober 1927.)

Die Berechnung eisenfreier Drosselspulen.

(Mit Nomogrammen.)

Von Ing. Dr. Otto **Gramisch**, Wien.

Inhalt: Die Angaben über die Berechnung eisenfreier Drosselspulen, die außer in der Schwachstromtechnik hauptsächlich für den Überstrom- und Überspannungsschutz von Hochspannungsanlagen verwendet werden, sind in der elektrotechnischen Literatur zerstreut. Man findet an einigen Stellen Angaben über die erforderliche Induktivität, an anderen über die zulässige Stromdichte im Kurzschlußfall, ferner über die Berechnung der Abmessungen. Im Nachstehenden soll auf Grund dieser Veröffentlichungen ein Berechnungsgang für eisenfreie Drosselspulen zusammengestellt werden, wobei auch die Bemessung für den Dauerstrom, sowie zulässige und unzulässige Parallelschaltungen eisenfreier Drosselspulen zur Besprechung kommen.

Die erforderliche Induktivität einer dem Überstromschutz dienenden Drosselspule wird bestimmt durch die Forderung nach Begrenzung des Kurzschlußstromes auf einen bestimmten Wert. Tritt im Normalbetrieb an der Drosselspule ein induktiver Spannungsabfall von x vH der Betriebsspannung auf,

$$I_n \cdot \omega \cdot L = \frac{x}{100} \cdot E_p,$$

so ist der Effektivwert des Stoßkurzschlußstromes $I_k = 1{\cdot}8 \cdot \frac{100}{x} \cdot I_n$. Ein üblicher Wert ist $x = 5$ vH[1].

Über die erforderliche Induktivität von Überspannungsschutzdrosseln in mH enthalten die „Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen“[2]) des VDE folgende Vorschriften:

Nennstrom A	Nennspannung in kV			
	3–15	35	60	100
2	15	20	—	—
4	10	15	—	—
6	10	15	—	—
10	10	15	20	30
25	5	5	10	15

[1]) R. Rüdenberg, Kurzschlußströme beim Betrieb großer Kraftwerke. E. u. M. 1925, S. 77 und 98.

[2]) ETZ 1925, S. 472, 942, 1526. Vorschriftenbuch des VDE. 14. Aufl. 1927, S. 114.

Ferner hat Prof. Vidmar[3]) über die Induktivität, die man von Schutzdrosseln für Transformatoren fordern soll, die nachstehende Tabelle veröffentlicht:

Schutzinduktivitäten in mH.

kVA	10	25	50	100	200	500	1000
3 000 V	5·1	2·5	1·5	0·9	0·53	0·27	0·16
6 000 V	20·3	10	6	3·6	2·1	1·1	0·64
10 000 V	56·5	28·3	16·8	10	6	3	1·8
20 000 V	226	112	67	40	23·8	12	7·2
30 000 V	705	353	210	125	74·5	37	22·1

Die Induktivitäten, welche nach den Leitsätzen vorgeschrieben sind, stimmen mit den von Prof. Vidmar empfohlenen nicht überein.. So zum Beispiel ergeben sich für den Schutz eines Transformators für 100 kVA, 6 kV, 9·6 A als Induktivitäten der Schutzdrosseln: 10 mH nach den Leitsätzen, 3·6 mH nach Vidmar.

Die Frage, welche Induktivität Überspannungsschutzdrosseln erhalten sollen, kann daher noch nicht als vollständig geklärt gelten. Eine Klarstellung wäre umso wichtiger, als die Induktivität die Abmessungen und Herstellungskosten der Drosselspulen in hohem Maße beeinflußt.

Die Bemessung des Leiterquerschnittes hat mit Rücksicht auf den Dauerstrom und den Kurzschlußstrom zu erfolgen. Für den Dauerstrom kann man mit einer Stromdichte von 1·2 bis 1·8 A/mm² rechnen. Durch vorläufige Annahme der Stromdichte erhält man entsprechend dem verlangten Dauerstrom den Leiterquerschnitt und bestimmt die Abmessungen der Drosselspule nach der erforderlichen Induktivität, wie weiter unten noch näher behandelt wird. Die Stärke der Isolation zwischen den einzelnen Windungen muß mit Rücksicht auf die durch die „Leitsätze“ vorgeschriebene Sprungwellenprobe gewählt werden.

[3]) Prof. Dr. Ing. M. Vidmar: „Der Transformator im Betrieb.“ Springer Berlin 1927, S. 199. „Eine neue Schutzdrosselspule“, ETZ 1927, S. 801; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 980.

Digitized by Google

Man bestimmt die Länge des Leiters, den Ohmschen Widerstand und den Jouleschen Verlust, sowie die Oberfläche der Spule. Es soll eine wirksame Kühlfläche von 20 bis 30 cm²/W vorhanden sein. Diese spezifische Kühlfläche erscheint groß, wenn man sie mit der bei Magnetspulen üblichen von 8 bis 12 cm²/W vergleicht. Hiebei ist jedoch zu beachten, daß man bei Magnetspulen nur die zylindrische Mantelfläche und nicht die Stirnflächen berücksichtigt, so daß also auch bei Magnetspulen die Kühlfläche tatsächlich größer ist.

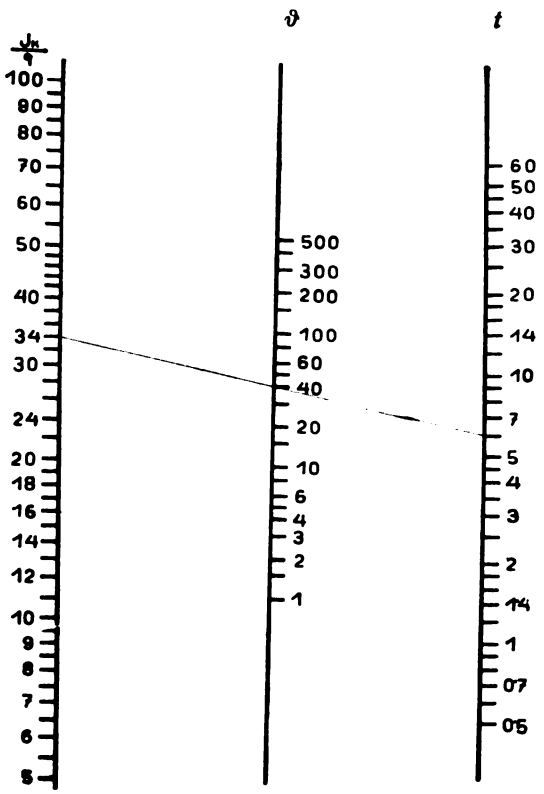


Abb. 1. Nomogramm für die Binder sche Formel (Kurzschlußerwärmung).

Die Bemessung des Leiterquerschnittes mit Rücksicht auf den Kurzschlußstrom erfolgt nach der Formel von Binder[4]):

$$\vartheta = \frac{\left(\frac{I_k}{q}\right)^2 . t}{4{\cdot}19 . c . s . k} \quad \ldots\ldots (1).$$

In dieser Formel bedeutet:

ϑ° C ... die Übertemperatur (über die normale Betriebstemperatur hinaus) infolge des Kurzschlusses,

$\frac{I_k}{q}$ A/mm² ... die Stromdichte, bezogen auf den Dauerkurzschlußstrom,

t sek ... die Kurzschlußzeit (bestimmt durch die Zeiteinstellung des den Kurzschluß abschaltenden Ölschalters, wobei die thermische Wirkung des Stoßkurzschlußstromes durch einen entsprechenden Zuschlag Δt zur Kurschlußzeit berücksichtigt wird[5]),

c Cal/kg, °C ... die spezifische Wärme,

s kg/dm³ ... das spezifische Gewicht,

$k = \frac{1}{\varrho}$ ... die elektrische Leitfähigkeit.

Durch Einsetzung der Materialkonstanten für Kupfer, das als Leitermaterial für Drosselspulen fast ausschließlich in Betracht kommt, erhält man die Formel:

$$\vartheta = \frac{\left(\frac{I_k}{q}\right)^2 . t}{172} \quad \ldots\ldots (2).$$

Diese Formel wird durch das Nomogramm Abb. 1 dargestellt. Bei dem eingetragenen Berechnungsbeispiel ist gegeben: $\frac{I_k}{q} = 34$ A/mm², $t = 6$ s; es ergibt sich ϑ zu zirka 40° C.

In der Formel 2 ist die Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstandes von Kupfer nicht berücksichtigt. Da die bei Erwärmung auftretende Widerstandssteigerung eine vermehrte Wärmeentwicklung und damit eine weitere Temperatursteigerung zur Folge hat, sind die nach dieser Formel berechneten Werte der Übertemperatur zu niedrig, doch fällt der Fehler erst bei Übertemperaturen von mehr als 100° C praktisch ins Gewicht.

Für höhere Übertemperaturen gibt Binder a. o. O. die folgende Formel an:

$$\vartheta = \frac{1}{\alpha}\left(e^{\frac{\alpha . \left(\frac{I_k}{q}\right)^2 . t}{m}} - 1\right) \quad \ldots\ldots (3).$$

Hiebei ist α der Temperaturkoeffizient des Widerstandes und $m = 4{\cdot}19 . c . s . k$.

Von neueren Arbeiten über die Kurzschlußerwärmung von Kupferleitern, die auch die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme berücksichtigen, seien die von Prof. Edler[6]), ferner von Gut und Grünberg[7]) erwähnt. Eine eingehende Darstellung des Einflusses des Stoßkurzschlußstromes, sowie der Veränderlichkeit des spezifischen Widerstandes und der spezifischen Wärme des Kupfers auf die Erwärmung der Drosselspulen im Kurzschlußfall findet sich in einer Arbeit von Dr. Fabinger.[8])

Die Temperatur, die man für den Kurzschlußfall zuläßt, hängt von dem verwendeten Isolierstoff ab, kann jedoch wegen ihrer kurzen Dauer

[4]) Binder, Kurzschlußerwärmung in Kraftwerken und Überlandnetzen. ETZ 1916, S. 589 f.

[5]) Rüdenberg a. o. O. Vgl. insbes. S. 101 u. 102.

[6]) Prof. Ing. R. Edler: Belastungsstrom und Belastungszeit der Kupferleitungen bei Kurzschluß und bei großer Überlast.

[7]) G. Gut und L. M. Grünberg: Die Erwärmung von Leitern bei kurzen Belastungszeiten und bei Kurzschlüssen. Bulletin d. Schweizerischen E. V. 1927, H. 4. Vgl. E. u. M. 1927, S. 855.

[8]) Dr. F. Fabinger: Zur Bestimmung der Erwärmung von Schutzdrosselspulen bei kurzzeitiger Überlastung. E. u. M. 1926, S. 149.

Digitized by Google

entsprechend höher angenommen werden als jene Temperatur, die das betreffende Isoliermaterial dauernd verträgt. Bei Verwendung der üblichen Papier oder Baumwolle enthaltenden Isolierstoffe dürfte zirka 100 bis 150° C Temperatursteigerung im Kurzschlußfall zulässig sein, bei hitzebeständigen Isolierstoffen (Steatit, Glimmer, Asbest u. dgl.) zirka 300 bis 400° C. Mit der Temperatur noch wesentlich höher zu gehen verbietet sich wegen der eintretenden Festigkeitsabnahme des Kupfers mit Rücksicht auf die gleichzeitige mechanische Beanspruchung durch den Kurzschlußstrom. Diese Beanspruchung wurde in einer Arbeit von Ing. Hak[9]) und im Anschlusse daran von R. Küchler[10]) behandelt. Jede Drosselspule wird im Kurzschlußfall durch Kräfte P_d, die den Durchmesser zu vergrößern und Kräfte P_a und P_r, die den Spulenquerschnitt in axialer und radialer

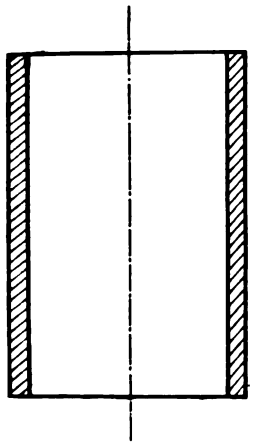


Abb. 2 a.

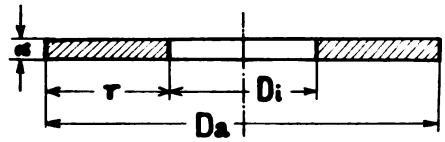


Abb. 2 b.

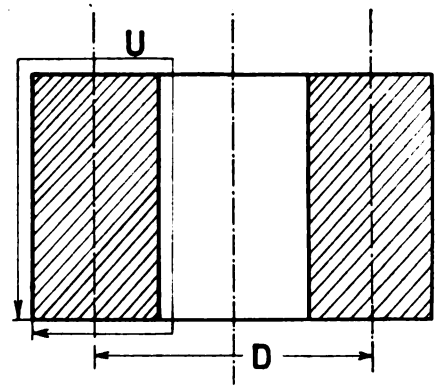


Abb. 2 c.

Richtung zu verkleinern streben, beansprucht. Hak und Küchler geben für diese Kräfte folgende Gleichungen an:

$$\Sigma P_d = 0{\cdot}0051\, I_k^2 \frac{\partial L}{\partial D} \quad \ldots . \quad (4),$$

$$\Sigma P_a = 0{\cdot}0051\, I_k^2 \frac{\partial L}{\partial a} \quad \ldots . \quad (5),$$

$$\Sigma P_r = 0{\cdot}0051\, I_k^2 \frac{\partial L}{\partial r} \quad \ldots . \quad (6).$$

Hiebei sind die Kräfte in kg, die erste Amplitude des Stoßkurzschlußstromes in A, die Induktivität in mH und die Längen in cm gemessen. Die Differentialquotienten $\frac{\partial L}{\partial D}$, $\frac{\partial L}{\partial a}$, $\frac{\partial L}{\partial r}$ berechnet man aus den nachstehend angeführten Formeln für die Induktivität L.

Nunmehr soll die Berechnung der Abmessungen, bezw. die Berechnung der Induktivität bei Annahme bestimmter Abmessungen behandelt werden. Die Grundform der Drosselspule ist der Hohlzylinder. Drosselspulen mit geringer radialer und großer axialer Ausdehnung (Abb. 2a), deren Induktivitätsberechnung von Emde[11]) angegeben wurde, kommen für den Überspannungs- und Überstromschutz in neuerer Zeit selten zur Anwendung und sollen hier nicht weiter besprochen werden.

Die Induktivität von Drosselspulen mit geringer axialer Länge, sogenannter Scheibenspulen (Abb. 2b), wird nach der Formel von Spielrein[12]) berechnet:

$$L = z^2 \cdot \frac{D_a}{2} \cdot f\left(\frac{D_i}{D_a}\right) \cdot 10^{-6} \quad \ldots . \quad (7).$$

In dieser Formel bedeuten:

L mH ... die Induktivität,
z ... die Windungszahl,
D_a cm ... den Außendurchmesser,
$\frac{D_i}{D_a}$ ... das Verhältnis $\frac{\text{Innendurchmesser}}{\text{Außendurchmesser}}$.

Für die Funktion $f\left(\frac{D_i}{D_a}\right)$ gibt Spielrein eine Tabelle an, die im Nachstehenden auszugsweise angeführt wird:

$\frac{D_i}{D_a}$	$f\left(\frac{D_i}{D_a}\right)$	$\frac{D_i}{D_a}$	$f\left(\frac{D_i}{D_a}\right)$	$\frac{D_i}{D_a}$	$f\left(\frac{D_i}{D_a}\right)$
0	6·97	0·35	14·19	0·7	28·09
0·05	7·72	0·4	15·65	0·75	31·21
0·1	8·56	0·45	17·23	0·8	34·92
0·10	9·49	0·5	18·97	0·85	39·53
0·2	10·51	0·55	20·89	0·9	45·74
0·25	11·63	0·6	23·01	0·95	55·75
0·3	12·86	0·65	25·39	1·0	∞

Eine neue Ableitung der Formeln von Emde und Spielrein findet sich in einer Arbeit von K. F. Müller.[13])

Die Spielrein'sche Formel ist praktisch genügend genau, solange die axiale Abmessung a

[9]) Ing. J. Hak: Zur Berechnung der in Reaktanzspulen auftretenden mechanischen Beanspruchungen. E. u. M. 1924, S. 17.

[10]) R. Küchler, E. u. M. 1924, S. 275, Briefe S. 487. Vgl. a. E. u. M. 1928, S. 47.

[11]) F. Emde: Die Berechnung eisenfreier Drosselspulen für Starkstrom, E. u. M. 1912, S. 221, 246, 267.

[12]) J. Spielrein: Induktivität eisenfreier Drosselspulen. Archiv f. Elektrotechnik, Bd. 3, 1915, Heft 7. Vgl. auch E. u. M. 1915, S. 311.

[13]) K. F. Müller: Berechnung der Indukivität von Spulen. Archiv f. Elektrotechnik, XVII. Band, 1926, S. 336.

Digitized by Google

ein Siebentel der radialen Abmessung r nicht übersteigt. Die Formel wird durch das Nomogramm Abb. 3 dargestellt. In der Abbildung ist folgendes Beispiel eingetragen: $D_a = 80\,\text{cm}$, $\frac{D_i}{D_a} = 0{\cdot}45$, $z = 32$; es ergibt sich L mit zirka 0·7 mH. Als Ausführungsbeispiel für Scheibenspulen zeigt

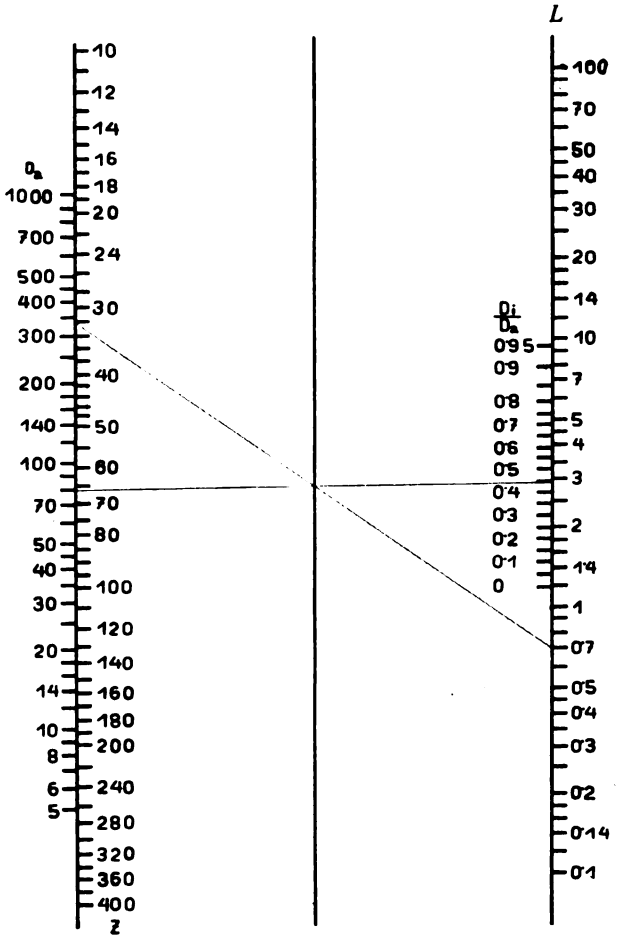


Abb. 3. Nomogramm für die Spielreinsche Formel (Scheibenspulen).

Abb. 7 (S. 110) eine dreipolige Überspannungsschutzdrossel, gebaut von der „Kontakt" A. G., Wien.

Die Induktivität von Drosselspulen, bei denen sowohl die radiale, als auch die axiale Abmessung beträchtlich ist (Abb. 2c) wird in der Praxis nach den Formeln von Korndörfer[14]) berechnet, die bedeutend einfacher sind, als die genaueren Formeln von Stefan[15]) und Hemetter.[16])

[14]) M. Korndörfer: Über die Berechnung von Drosselspulen. ETZ 1917, Heft 44, S. 521; siehe auch E. u. M. 1918, S. 67.

[15]) Stefan: Annalen der Physik, 1884, S. 107. (Die Stefan'sche Formel ist auch in [12]) und [14]) angeführt.)

[16]) H. Hemmeter: Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Archiv für Elektrotechnik, Bd. 11, 1922, Heft 5 und Bd. 13, 1924, Heft 6. Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 586; 1923, S. 84; 1925, S. 219. H. Hemmeter: Die Induktivität von Spulen, Ringen und Stäben. Archiv f. Elektrotechnik, Bd. 14, 1924, H. 2. Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 689.

Die Formeln von Korndörfer lauten:

$$L = 10{\cdot}5 \cdot z^2 \cdot D \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{D}{U}\right)^3} \cdot 10^{-6}, \text{ für } 0 < \frac{D}{U} < 1 \quad (8),$$

$$L = 10{\cdot}5 \cdot z^2 \cdot D \sqrt{\frac{D}{U}} \cdot 10^{-6}, \quad \text{für } 1 < \frac{D}{U} < 3 \quad (9).$$

In diesen Formeln bedeuten:

L mH ... die Induktivität,
z ... die Windungszahl,
D cm ... den mittleren Windungsdurchmesser,
U cm ... den Umfang eines Axialschnittes der Drosselspule.

Die Formel 8 wird durch das Nomogramm Abb. 4 dargestellt, wobei nachstehendes Berechnungsbeispiel angedeutet ist: $D = 40\,\text{cm}$, $\frac{D}{U} = 0{\cdot}5$, $z = 39$. Es ergibt sich L zu zirka 0·36 mH. In

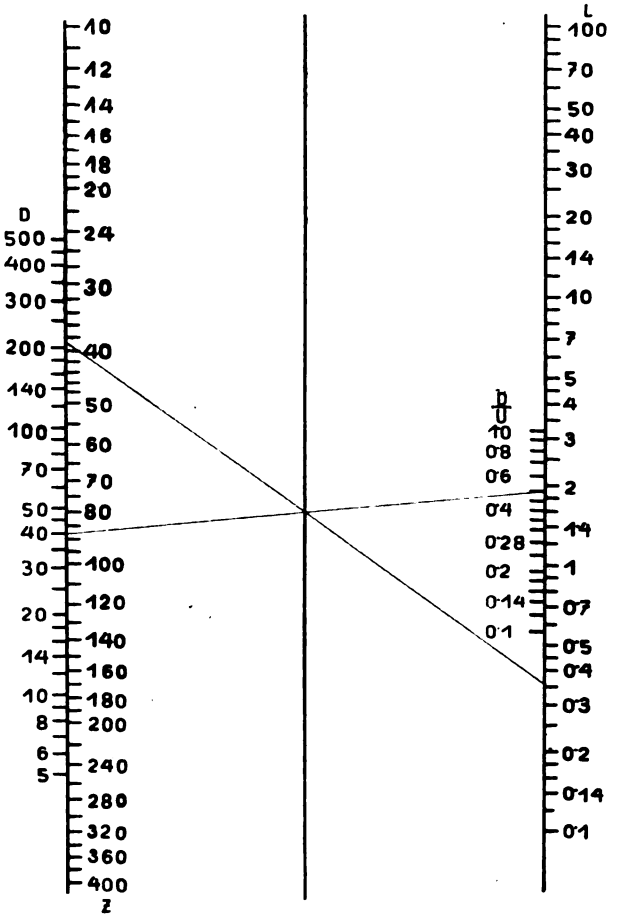


Abb. 4. Nomogramm für die Korndörfersche Formel $\left(0{\cdot}1 < \frac{D}{U} < 1\right)$

gleicher Weise wird die Formel (9) durch das Nomogramm Abb. 5 dargestellt. Hier ist folgendes Berechnungsbeispiel eingetragen: $D = 80\,\text{cm}$, $\frac{D}{U} = 1{\cdot}4$, $z = 120$. Es ergibt sich L zu zirka 16 mH.

Digitized by Google

Schließlich soll noch auf die von Coursey[17]) für die Induktivität von Drosselspulen an-

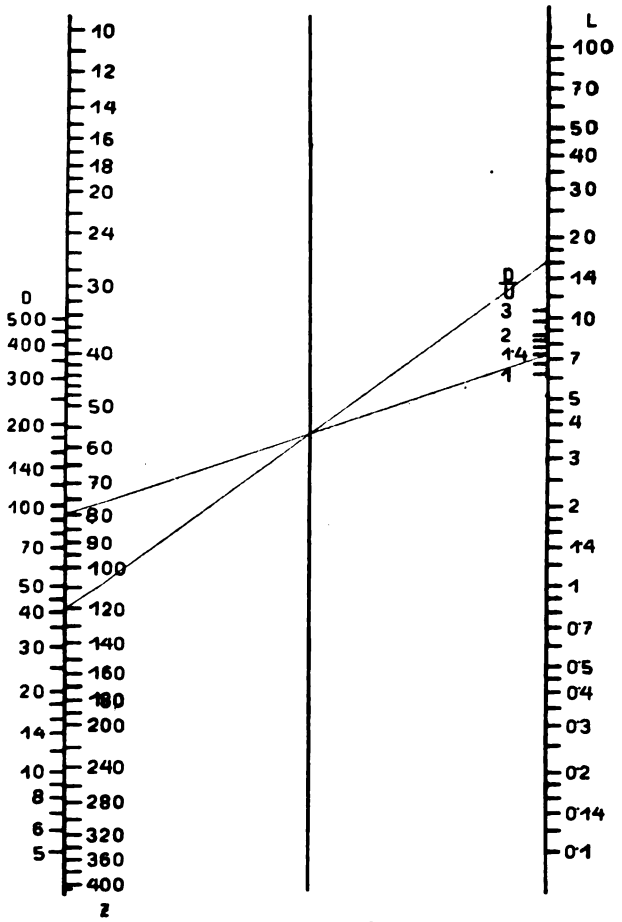


Abb. 5. Nomogramm für die Korndörfersche Formel $\left(1 < \frac{D}{U} < 3\right)$

gegebene Formel hingewiesen werden. Sie lautet:

$$L = \left(\pi . D . \frac{z}{a}\right)^2 . a . f\left(\frac{a}{D}\right) \quad . \; . \; . \; (10).$$

Hiebei kann die Funktion $f\left(\frac{a}{D}\right)$ aus Kurventafeln entnommen werden.

mehrerer Scheibenspulen hergestellt. Handelt es sich um Spulen für hohe Stromstärken, dann ist eine Parallelschaltung von Einzelspulen aus Herstellungsgründen erwünscht. Die Parallelschaltung von zwei gleichen Spulen (Abb. 6a) ist einwandfrei, denn die beiden Spulen liegen vollkommen symmetrisch gegen das Magnetfeld, besitzen also neben gleichem Ohm'schen auch gleichen induktiven Widerstand, so daß in jeder Spule die Hälfte des Gesamtstromes fließt. Die Parallelschaltung von drei gleichen Spulen nach Abb. 6b ist unzulässig, weil die mittlere Spule im stärksten Magnetfeld liegt und daher weniger als ein Drittel des Gesamtstromes führt, während die beiden außenliegenden Spulen überlastet werden. Dagegen ist die Parallelschaltung von vier Spulen in zwei Gruppen, deren jede eine äußere und eine innere Spule enthält, (Abb. 6c) zulässig, da durch die vollkommene Symmetrie gegenüber dem Magnetfeld die Teilung des Gesamtstromes in zwei genau gleiche Teile verbürgt wird.

Die praktische Aufgabe, eine Drosselspule bestimmter Induktivität für einen gewissen Dauerstrom und einen durch eine bestimmte Zeit fließenden Kurzschlußstrom zu bemessen, ist bekanntlich nicht eindeutig. Es müssen daher mehrere Lösungen aufgesucht und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen werden, wie dies im Nachstehenden an einem vollständigen Berechnungsbeispiel für eine eisenfreie Überspannungsschutzdrossel dargelegt werden soll.

Es sind die Schutzdrosselspulen für einen Transformator 1000 kVA, 6000 V, zirka 100 A zu berechnen. Der Dauerkurzschlußstrom an der Einbaustelle beträgt 2000 A und wird nach 5 sec abgeschaltet, der Zuschlag Δt zur Berücksichtigung des Stoßkurzschlußstromes wird zu 0·7 sec angenommen.

Die erforderliche Induktivität nach Vidmar ist 0·64 mH. Die Drosselspule soll als Scheibenspule gebaut werden. Nun besitzt jede Erzeugerfirma von Drosselspulen bestimmte Normalien für die zur Stützung des Spulenkörpers verwen-

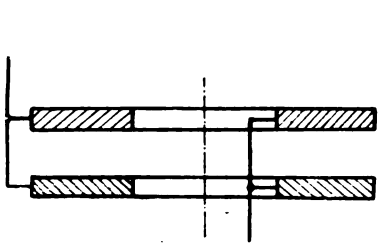


Abb. 6 *a*.

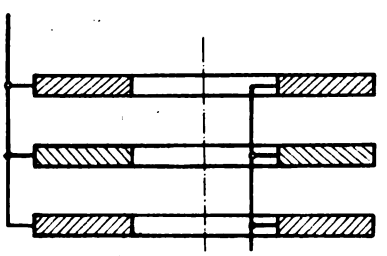


Abb. 6 *b*.

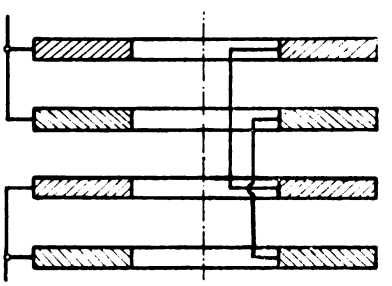


Abb. 6 *c*.

Drosselspulen mit großen Radial- und Axialabmessungen werden häufig durch Zusammenbau

deten Konstruktionsteile, so daß also praktisch nicht jeder beliebige Innen- und Außendurchmesser gewählt werden kann. Es soll im vorliegenden Fall untersucht werden, welche von zwei normalen Spulenformen (Form I: 600 mm Außen- und 200 mm Innendurchmesser, Form II: zwei

[17]) P. R. Coursey: The calculation and design of inductances. Electrician 1915, S. 841. Vgl. a. Rein-Wirtz, Radiotelegraphisches Praktikum, 3. Auflage, Springer 1922, S. 128, Tafel III und IV.

Digitized by Google

Spulen parallel, 500 mm Außen- und 240 mm Innendurchmesser) die wirtschaftlich günstigere Löung bedeutet.

Es wird eine Stromdichte von 1·5 A/mm² für den Dauerstrom vorläufig angenommen. Dies ergibt einen Leiterquerschnitt $q = \frac{100}{1{\cdot}5} = 67$ mm². Gewählt wird Kupferband 20×3, $q = 60$ mm². Aus der Abb. 1 ergibt sich für $\frac{J_k}{q} = \frac{2000}{60} = 33$ und $t + \Delta t = 11{\cdot}7$ sek eine Erwärmung durch den Kurzschlußstrom um $\vartheta =$ zirka 75° C.

Die Stärke der Isolation zwischen zwei Windungen wird mit 2 mm angenommen, daher ist die Gesamtstärke einer Windung 5 mm. Bei der Spulenform I ist die radiale Abmessung r 200 mm

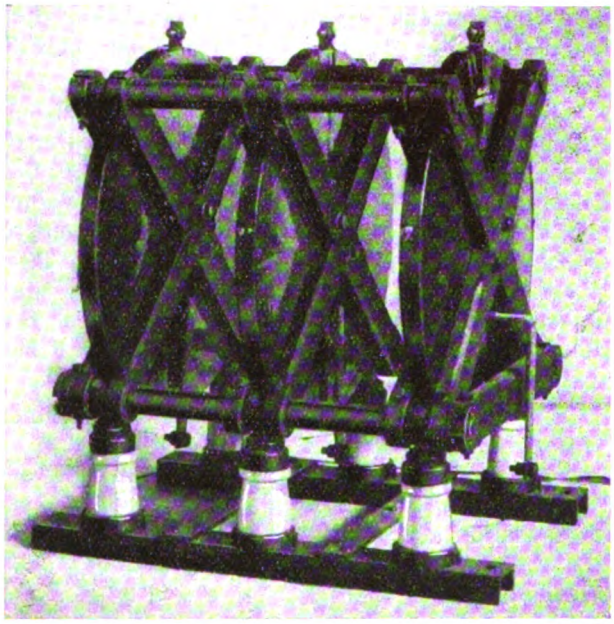


Abb. 7. Dreipolige Überspannungsschutzdrossel, bestehend aus drei Scheibenspulen.

und der mittlere Spulendurchmesser 400 mm. Daher ist die Windungszahl

$$z = \frac{\text{Radialausdehnung}}{\text{Gesamtstärke einer Windung}} = \frac{200}{5} = 40.$$

Das Verhältnis $\frac{D_i}{D_a} = \frac{200}{600} = 0{\cdot}33$, daher ist die Induktivität nach Abb. 3 zirka 0·65 mH.

Die mittlere Windungslänge ist $D \cdot \pi = 0{\cdot}4 \cdot \pi = 1{\cdot}25$ m, die gesamte Leiterlänge $l = z \cdot D \cdot \pi = 40 \cdot 1{\cdot}25 = 50$ m.

Unter Annahme einer Leitfähigkeit $\lambda = 43$ für das betriebswarme Kupferband ergibt sich der Ohm'sche Widerstand der Wicklung:

$$r = \frac{l}{\lambda \cdot q} = \frac{50}{43 \cdot 60} = 0{\cdot}0194\ \Omega$$

und der Joule'sche Verlust

$$J^2 \cdot r = 10\,000 \times 0{\cdot}0194 = 194 \text{ Watt.}$$

Die beiden Kreisringflächen des Spulenkörpers sind

$$2 \cdot D \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 125 \cdot 20 = 5000 \text{ cm}^2.$$

Hievon werden 20 vH abgezogen, um die Abdeckung eines Teiles der Oberfläche durch die tragenden Konstruktionsteile zu berücksichtigen; es verbleibt eine wirksame Kühlfläche von 4000 cm², daß sind 20·6 cm²/Watt. Das Kupfergewicht der Spule ist $G = \frac{l \cdot q \cdot \gamma}{1000} = \frac{50 \cdot 60 \cdot 8{\cdot}9}{1000} = 26{\cdot}7$ kg.

Bei der Spulenform II liegen zwei Spulen 240/500 mm Durchmesser in 3 cm Abstand nebeneinander und sind entsprechend Abb. 6a parallel geschaltet. Der Dauerstrom für eine Spule beträgt 50 A und wird ein Kupferband $20 \times 1{\cdot}5$ gewählt. Die Isolationsstärke soll wieder 2 mm betragen, daher die Gesamtstärke einer Windung 3·5 mm. Die radiale Abmessung r ist 130 mm, daher die Windungszahl $z = \frac{130}{3{\cdot}5} = 47.$

Das Verhältnis $\frac{D}{U} = \frac{37}{40} = 0{\cdot}925.$

Die Induktivität der Doppelspule ist nach Formel (8) bezw. nach Abb. 4 zirka 0·68 mH.

Die Leiterlänge für eine Spule ist:

$$l = z \cdot D \cdot \pi = 37 \cdot 0{\cdot}37 \cdot \pi = 43 \text{ m.}$$

Der Ohm'sche Widerstand ist:

$$r = \frac{l}{\lambda \cdot q} = \frac{43}{43 \cdot 30} = 0{\cdot}033\ \Omega.$$

Der Joule'sche Verlust ist:

$$I^2 \cdot r = 2500 \cdot 0{\cdot}033 = 83 \text{ Watt.}$$

Die Spulenoberfläche ist:

$$2 \cdot D \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 37 \cdot \pi \cdot 13 = 3020 \text{ cm}^2.$$

Für die Abdeckung durch die tragenden Konstruktionsteile wird ein Abzug von 25 vH gemacht; es ist daher die wirksame Kühlfläche 2260 cm², entsprechend 27·3 cm²/Watt. Das Kupfergewicht ist:

$$G = \frac{l \cdot q \cdot \gamma}{1000} = \frac{43 \cdot 30 \cdot 8{\cdot}9}{1000} = 11{\cdot}5 \text{ kg.}$$

für eine Spule, oder 23 kg für beide Spulen. Die Spulenform II gestattet also im vorliegenden Fall bei gleicher Induktivität, gleicher Kurzschlußsicherheit und gleich guter Isolation mit 86 vH des Kupfergewichtes auszukommen, sie ist also die wirtschaftlichere Lösung. Hiebei ist noch zu beachten, daß die Spulenform II wegen der größeren Kühlfläche (27·3 cm²/W gegen 20·6 cm²/W) eine niedrigere Temperatur im Dauerbetrieb aufweist. Allerdings wäre an der Korndörferschen Formel in diesem Falle wegen des Abstandes der beiden parallelgeschalteten Spulen eine Korrektur anzubringen, die jedoch nicht in einfacher Weise ermittelt werden kann.

(Eingelangt am 19. Juli 1927.)

Digitized by Google

The National Physical Laboratory in Teddington (England).

Das „Laboratory" hat kürzlich seinen Tätigkeitsbericht über das Jahr 1926 veröffentlicht[1]). Im nachstehenden sei der Inhalt des lesenswerten Berichtes im Auszug wiedergegeben.

Eigenschaften der Dielektrika. Zum Studium der dielektrischen Eigenschaften von Flüssigkeiten hat das N. P. L. einen Kondensator konstruiert, der aus drei Messingplatten in einem Messinggehäuse besteht, von denen die mittlere den einen Pol des Kondensators, die beiden äußeren Platten den zweiten Pol bilden. Die Platten liegen auf Messingsäulchen, die an der Spitze kleine Quarzstückchen von 1 mm Dicke und 2 bis 3 mm² Querschnitt tragen und auf der Grundplatte aufsitzen. Der Kondensator kann leicht zerlegt und gereinigt werden; Versuche haben gezeigt, daß hiedurch die Kapazität nur um Bruchteile eines Mikrofarad geändert wird. Mit Luft gefüllt hat dieser Kondensator bei einer Luftschichte zwischen den beiden Elektroden eine Kapazität von ungefähr 330 $\mu\mu$F. Mit diesem Kondensator nahm das N. P. L. die Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten von Benzin vor, das häufig bei Standardmessungen Verwendung findet.

Erdmagnetische Messungen. Ein neues Magnetometer diente zur Bestimmung der Horizontalkomponente. Auch ein neues Magnetometer zur Ermittlung der Vertikalkomponente wurde konstruiert. Dieses besteht aus einem Helmholtz'schen Spulensystem mit genau vertikaler Achse; wird nun ein geeigneter Strom durch das Spulensystem geschickt, so kann die Wirkung der Vertikalkomponente des Erdmagnetismus aufgehoben werden; woraus sich deren Stärke ergibt. Um die Aufhebung der Wirkung der Vertikalkomponente feststellen zu können, bediente sich das N. P. L. einer zweiten Spule, die um eine genau horizontale Achse rotierte. Floß kein Strom durch die zweite Spule, dann war die Wirkung der Vertikalkomponente aufgehoben; der im Helmholtz'schen Spulensystem fließende Strom ergab die Intensität der Vertikalkomponente.

Mangan-Eisenlegierungen. Die magnetischen Eigenschaften von Mangan-Eisenlegierungen wurden untersucht. Mit zunehmendem Mangangehalt sank die Permeabilität bis zu einem Minimum bei 14 vH Mangan, hierauf stieg die Permeabilität, um wieder bis Null herabzusinken.

Die neue Bestimmung des internationalen Ohm mittels der Original-Quecksilberröhren hat ergeben, daß sich die 1 Ohm-Manganinwiderstandsspulen entweder um 2·5/100 000 von den im Jahre 1912 erhobenen Werten unterscheiden oder daß die neue Einheit von der des Jahres 1912 um diesen Betrag differiert. Dieser Unterschied ist möglicherweise auf die Unsicherheit in der Herstellung der Quecksilbereinheit jetzt und im Jahre 1912 oder auch auf die Unsicherheit in der Längenbestimmung der Röhre zurückzuführen. Im Jahre 1912 erfolgte die Längenbestimmung in anderer Art als jetzt und dadurch können leicht Fehler von der angegebenen Größe eingetreten sein. Die Normalwiderstände aus Manganin von 10 000 bis 0·001 Ohm wurden mit der Einheit des Widerstandes verglichen. Gegenüber den Bestimmungen vom Jahre 1919 ergaben sich die folgenden Unterschiede: Im allgemeinen sind die Fehler bei Widerstandsspulen größer als 0·01 Ohm klein, ungefähr $^1/_{10000}$ in 7 Jahren; diese Fehler sind der Größe und dem Sinne nach von der gleichen Ordnung wie die in den vorangegangenen 7 Jahren.

Das N. P. L. ging daran, durch eine geeignete Bauart der Spulen und eine bestimmte Art der Benützung der Stromwage es zu ermöglichen, das Zeitintegral des Stromes für eine Periode von einer halben Stunde zu ermitteln und auf diese Weise eine unmittelbare Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem internationalen Ampere und der C. G. S.-Einheit zu erzielen, ohne daß es notwendig ist, den Strom mit dem genauen von der Stromwage gemessenen Wert einzuregulieren.

Die Normalelemente des N. P. L. haben einen sauren Elektrolyten (0·1 normal) und zeigten bei der Prüfung eine proportional mit der Zeit fortschreitende Abnahme der Spannung, zirka $9 \cdot 10^{-6}$ für das Jahr, wiewohl sie frisch hergestellt untereinander gut übereinstimmten. In Amerika durchgeführte Vergleichungen dieser Elemente mit den Weston-Normalelementen des Bureau of Standards ergaben Abweichungen der Spannungen um $50 \cdot 10^{-6}$. Dieser nicht unbedeutende Unterschied dürfte aber darauf zurückzuführen sein, daß in Amerika die Messungen bei 28° C vorgenommen wurden, wogegen in England die Temperatur 15° C war; darüber werden noch Versuche angestellt.

Eine eigenartige Methode zur Erzeugung von Wechselströmen niedriger oder telephonischer Wechselzahlen hat das N. P. L. ausgearbeitet. Für dieses Verfahren bedient sich das N. P. L. einer gut regulierten Uhr mit Sekundenpendel; bekanntlich kann ein mechanisches oder elektrisches Schwingungssystem in Resonanz zu geeignet bemessenen kurz dauernden Impulsen gebracht werden, auch wenn das Schwingungssystem 50 oder sogar 100 Schwingungen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen ausführt; maßgebend hiefür ist das logarithmische Dekrement des Schwingungskreises. Auf diese Weise gelang es dem N. P. L. vollkommen gleichbleibende Schwingungen von 1000 Wechsel für die Sekunde zu erzielen; auch haben die Versuche gelehrt, daß man einen großen Teil des hörbaren Schwingungsbereiches in genau ganzzahlige Schwingungen zerlegen kann und daß es mittels des Multivibratorprinzipes möglich ist, diese Zerlegung bis in die Wechselzahlen der drahtlosen Telephonie auszudehnen; dem N. P. L. gelang es, Wechsel von 1 Mill. in der Sekunde zu erhalten durch ein harmonisches Kaskadensystem aus einer Sekundenuhr. Die Einrichtung, die von dem N. P. L. für dieses Verfahren konstruiert wurde, besteht aus einer Uhr mit Sekundenpendel, das einen elektrischen Impuls in eine Spule mit lamelliertem Eisenkern schickt, dessen Enden Zinken einer Stimmgabel gegenüber stehen. Die Stimmgabel ist auf 50 Wechsel in der Sekunde eingestellt, und zwar auf 1 bis 2 Tausendstel genau. Da das logarithmische Dekrement der Gabel von der Ordnung 0·0003 ist, so wird auf diese Weise eine kräftige Schwingung erreicht. Zwischen den Zinken der Stimmgabel befindet sich eine Spule mit Eisenkern; die in dieser Spule erregte Wechselspannung führt zum Anodenkreis eines Multivibrators[2]), dessen Wechselzahl mit der Wechselzahl der Stimmgabel in Synchronismus erhalten wird. Die Impulse des Multivibrators werden zu einer Spule weitergeleitet, die mit einem Schwingungskreis bestehend aus einer Induktanz von zirka 6 H und einem einstellbaren Kondensator lose gekoppelt ist. Da der Schwingungskreis in Resonanz gebracht wird mit den harmonischen Oberschwingungen des Kopplungsspule, so sind die hiedurch erzeugten Schwingungen von hoher Amplitude.

Hochspannungsmessungen. Bei der Konstruktion von Meßapparaten für Hochspannung ist insbesondere dem elektrischen Felde Beachtung zu schenken, das jene Teile des Meßapparates umgibt, in denen Kapazitätsströme induziert werden, die oft stärker als die zu messenden sind. Weiter bildet eine Hauptschwierigkeit die Tatsache, daß die Luft bei Hochspannung ihre isolierenden Eigenschaften verliert und leitend wird. Da die Intensität einer solchen Entladung von der Krümmung der Leiter abhängt, so hat das N. P. L. ein Verfahren ausgearbeitet, um die Verteilung der elektrischen Spannung zwischen zwei Leitern von gegebener Gestalt und Anordnung zu ermitteln. Dieses Verfahren besteht darin, ein Nachbild dieser beiden Leiter in eine Flüssigkeit von hohem Widerstande einzutauchen und die beiden

[1]) Vgl. den Bericht f. d. J. 1925, E. u. M. 1926, S. 829.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, Heft 4, S. 46.

Digitized by Google

Leiter an die Wechselspannung anzulegen. Die Äquipotentialflächen werden erhoben mittels einer in die Flüssigkeit eingesenkten, verstellbaren Elektrode.

Wechselstrommessungen. Für die Kalibrierung von Voltmetern für niedrige Spannungen ist ein elektrostatisches Voltmeter erforderlich, das bei einer Spannung von 30 V noch 0·01 V erkennen läßt; bei den gebräuchlichen Voltmetern ist dies nur im Bereiche von 70 bis 110 V möglich. Das N. P. L. suchte zunächst die Entfernung der bifilaren Aufhängefäden von 3·5 mm auf 2·5 mm herabzusetzen, ohne genügenden Erfolg. Besseres Ergebnis lieferte die Annäherung der Nadel an die Quadranten, jedoch war die Teilung sehr ungleich und die Teilstriche im niederen Spannungsbereich sehr gedrängt. Ist Θ der Ausschlagswinkel, V die Spannung der Nadel und C die Kapazität zwischen Nadel und Quadrant, so ist das Drehungsmoment

$$VC\frac{dV}{d\Theta} + {}^1/_2\, V^2\frac{dC}{d\Theta}$$

Für den unteren Teil der Skala ist das erste Glied von Wichtigkeit, für den oberen das zweite Glied. Eine nahezu gleichförmige Skala erhält man bei kleinem $\frac{dC}{d\Theta}$, und zwar wenn $\frac{dC}{d\Theta}$ für den Anfang der Teilung ein Maximum ist und mit wachsendem Ausschlag abnimmt. Um auf diesem Wege zu einem günstigen Ergebnisse zu gelangen, ist notwendig eine dünne Aufhängung und eine Reduktion des Luftspaltes zwischen Nadel und Quadrant sowie eine lange Nadel.

Stromtransformatoren. Kürzlich sind Legierungen aus Eisen und Nickel hergestellt worden, die mit einer hohen magnetischen Permeabilität eine geringe Hysteresis bei schwachen magnetisierenden Kräften verbinden. Diese Legierungen sind besonders geeignet für Eisenkerne in Stromtransformatoren, an die Meßinstrumente angeschlossen sind.[3]) Mit Rücksicht darauf, daß das Umsetzungsverhältnis im Transformator und die Phasenverschiebung zwischen primären und sekundären Strom von der Frequenz, der Stromstärke und der Art und Größe der an den Sekundärkreis angeschlossenen Belastung abhängt, sind daher Meßinstrumente mit Stromtransformatoren zu genauen Messungen wenig geeignet, sofern die Stromtransformatoren nicht Eisenkerne aus diesen neuen Nickel-Eisenlegierungen besitzen. In diesem Falle ändert sich das Umsetzungsverhältnis im Transformator bei gleichbleibender Frequenz und Belastung über den ganzen Meßbereich nur um $\pm$ 0·1 vH und beträgt die entsprechende Änderung der Phasenverschiebung nur wenige Minuten; damit ist die Möglichkeit gegeben, Dynamometer mit Stromtransformatoren auch zur genauen Messung hoher Stromstärken zu benützen, da Meßinstrumente mit nichtinduktiven Widerständen höchstens bis zu Stromstärken von 2000 A brauchbare Ergebnisse liefern.

Messung hoher Widerstände. Die gegenwärtig in Gebrauch befindlichen Instrumente zur Isolationsmessung nach der Methode des direkten Ausschlages sind ungeeignet, wenn es sich um Isolationswiderstände über 10^6 Megohm handelt. Mit der Entwicklung der Kabeltechnik und der Verbesserung der Isolationsmaterialien steigert sich das Bedürfnis nach Messungen von Isolationswiderständen über 10^6 Megohm. Das N. P. L. hat nun eine Methode angegeben, die diesen Zweck erfüllt; sie besteht darin, den Isolationsstrom in dem zu messenden Leiter durch den Kapazitätsstrom eines veränderlichen, gut kalibrierten Kondensators auszugleichen. Da dies eine Nullmethode ist und die Prüfspannung während der Messung ständig an dem Leiter liegt, so konnte das N. P. L. mit diesem Verfahren befriedigende Resultate erzielen.

Kabel. Infolge des Skineffektes, aber auch des Einflusses benachbarter Leiter im Kabel ändert sich der effektive Widerstand. Wohl ist dieser der Rechnung zugänglich, doch sind die entwickelten Formeln sehr unhandlich. Kennelly nahm eine experimentelle Bestimmung dieses Widerstandes vor und benützte hiezu eine Thomsonbrücke und führte den Ausschlag auf Null zurück, indem er zu dem Widerstande eine einstellbare Kapazität parallelschaltete. Als Anzeigeinstrument diente ihm ein Vibrationsgalvanometer. Im Berichtsjahre unternahm es das N. P. L., eine Untersuchung über die Lebensdauer von gummiisolierten Kabeln, die bis zu zwei Jahren hohen Temperaturen ausgesetzt sind, anzustellen; es zeigte sich als notwendig, bei der Fabrikation der Kabel darauf Rücksicht zu nehmen, weil die in der gewöhnlichen Weise hergestellten Kabel bald versagten. Eine wichtige Untersuchung hat das N. P. L. über den Energieverlust angestellt, der mit der Umpolarisierung des Isolationsmateriales im Kabel verbunden ist; es fand, daß bei einer Wechselzahl von 50 dieser Verlust für den Yard ungefähr 1 W beträgt. Diesen Verlust zu messen, obwohl er geringfügig ist gegen die sonstigen Leistungsergebnisse, ist deshalb von Wichtigkeit, weil er eine der wenigen für das Kabel charakteristischen Eigenschaften ist und wertvolle Fingerzeige für die Konstruktion der Kabel liefert. Als Meßinstrumente benützt das N. P. L. ein elektrostatisches oder ein elektrodynamisches Wattmeter und verfährt entweder nach der direkten oder nach der kompensierten Wattmetermethode. Das N. P. L. erreichte nach beiden Methoden bei anfänglichen Schwierigkeiten gute Endresultate.

L. Kusminsky.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23, 52, 164, 621.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Alfenz-Kraftwerk der Vorarlberger Zementwerke Lorüns A. G., Bludenz.[1]) Nach Ing. A. Sonderegger, St. Gallen, wurde anfangs 1926 dieses 2400 PS Kraftwerk in Betrieb genommen, das später auf 3200 PS erweitert werden soll. Das Einzugsgebiet der Alfenz beträgt im Wasserfassungspunkte 172 km², so daß durch neun Monate mit 3·2 m³/sec, in den übrigen drei Monaten mit 2 m³/sec gerechnet werden kann, bei einem absoluten Minimum von 0·7 m³/sec. Die Wasserfassung erfolgt bei 2·8 m Stauhöhe durch ein Wehr mit 2 × 12·5 m Weite· das Betriebswasser fließt über einen Dufourschen Entsander[2]), einen 400 m langen Oberkanal mit 1 vT Gefälle zu einem 2526 m langen Stollen mit 1·2 vT Ringgefälle und endigt in einem Wasserschlosse mit 180 m² Grundfläche. Von hier führt eine 115 m lange, 1450/1350 mm weite Druckrohrleitung von 7 bis 9 mm Blechstärke zum Kraftwerk, in welchem drei Voithsche Francis-Spiralturbinen von je 1200 PS für 2 m³/sec bei 55 bis 60 m Gefälle und 750 U/min, ausgerüstet mit Wolff-Voithschen Widerstandsreglern, direkt gekuppelt mit 1200 kVA Drehstromgeneratoren von 3800 V aufgestellt sind. β.

(Schweizerische Bauzeitung Bd. 89, Nr. 19 und 20, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 775.

[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 480; 1922, S. 400, 482; 1924, S. 585.

Die Elektrizitätsversorgung Schottlands. Von R. O. Kapp. Das erste der unter dem neuen englischen Elektrizitätsgesetz[1]) veröffentlichten Projekte betrifft einen Teil von Schottland, der zwar nur den sechsten Teil der Bodenfläche, aber fast alle größeren Städte und 80 vH der Bevölkerung mit 90 vH des Gesamtstromverbrauches umfaßt. Der Strombedarf an den Generatoren war 1925/26 712 Mill. kWh, die Maschinenleistung 250 000 kW. Für 1933/34 rechnet man mit 1417 Mill. kWh und

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 65 und 1927, S. 38.

Digitized by Google

480 000 kW. Das Projekt umfaßt zunächst den Bau von rund 380 km 132 kV-Leitungen (davon 60 km Doppelleitungen) mit den zugehörigen Transformatorenstationen, und zwar zwei von Glasgow nach Westen und nach Osten ausgehende Ringe mit einer Abzweigung des östlichen Ringes nach Dundee, wo eine Grundlastzentrale errichtet wird. Die beiden Ringe können in Glasgow zusammengekuppelt werden. Für die 14 Transformatorenstationen mit 10 000 bis 75 000 kVA Leistung sind dreiphasige Transformatoreneinheiten und volle (100 vH) Reserve vorgesehen. Alle Stationen werden in der Nähe der bestehenden Zentralen gebaut, damit die Niederspannungsseiten mit möglichst geringem Kostenaufwand an die vorhandenen Sammelschienen der Netze angeschlossen werden können. Die Kosten der Hochspannungsleitungen und Transformatorenstationen werden mit etwa 1·5 Mill. Pf., die Gesamtkosten für die Frequenzänderung des Netzes auf 50 Per/s mit 2·9 Mill. Pf. angegeben. Die Kosten der Herstellung (Neuwicklung) der Stromerzeuger, Transformatoren und Unterstationen und die Kosten für den Ersatz von Motoren werden gleichmäßig auf die gesamte elektrische Industrie Großbritanniens aufgeteilt. Die gesamte Stromerzeugung soll in zehn bestehenden Kraftwerken, darunter zwei Wasserkraftwerken, zentralisiert werden, welch letztere 100 Mill. kWh jährlich abgeben können und Grundlast übernehmen, ebenso wie vier Wärmekraftwerke, die auf das ganze Gebiet verteilt liegen. Die vier Spitzenwerke haben 50 000, 34 000, 16 000 und 16 000 kW ausgebaute Leistung. Während der Umbauarbeiten sollen noch weitere drei kleinere Zentralen in Betrieb gehalten werden. Die gesamte ausgebaute oder im Bau begriffene Leistung dieser 13 Werke beträgt 510 000 kW. Neue Zentralen sollen erst gebaut werden, wenn die Ausbaumöglichkeit der vorhandenen, die mit über 280 000 kW geschätzt wird, erschöpft ist, was voraussichtlich vor 1937 nicht der Fall sein dürfte. Für die Jahre 1930 bis 1933 wird unter der Führung des Zentralamtes wegen der durch den Zusammenschluß bedingten geringeren Reserveleistung mit einer Ersparnis von 890 000 Pf. gerechnet. Erst 1932 soll ein neuer großer Maschinensatz von 25 000 kW in Betrieb kommen. Bei dem genannten Betrage sind die auf ganz Großbritannien verteilten Kosten der Frequenznormung nicht berücksichtigt, wohl aber die Auslagen für die Verbindungsleitungen samt den Transformatoren usw. und die in diesen entstehenden Stromverluste, welche Auslagen durch eine Steuer von 0·0475 d (0·392 Pf.) je kWh gedeckt werden sollen. Für eine spätere Zeit wird mit einer Ermäßigung dieser Steuer gerechnet. J.

(ETZ, Bd. 48, H. 43, 1927.)

Die Wasserkraftanlagen in Niederländisch-Indien[1]). Der Stromabsatz ist im Berichtsjahr wesentlich gestiegen und die Elektrifizierung hat besonders in den ländlichen Gebieten große Fortschritte gemacht. Die Bewerbung um neue Konzessionen war äußerst rege. Die Wassermessungen im Zusammenhang mit der Anlage des Wasserkraftkatasters wurden fortgesetzt und eine Anzahl selbstregistrierender Stationen eingebaut. Auf der Hochfläche von Bandoeng wurde ein neues Staubecken, in Mittel-Java zwei neue Wasserkraftwerke projektiert, in Ost-Java der Entwurf für das Wasserkraftwerk Mendalan baureif fertiggestellt. Der Bau des Wasserkraftwerkes Kratjak (2 × 5500 kW) gedieh bis nahe zur Vollendung, Oebroeg (2 × 5400 + 2 × 200 kW) wurde erweitert. Die 30 kV-Leitung Kratjak—Buitenzorg, 2 × 3 × 70 mm² Kupfer mit einem mittleren Mastabstand von 400 m, befand sich im Bau. Für staatliche Ämter, Landesbehörden und Gemeinden wurden Projekte und Untersuchungen ausgeführt und Gutachten abgegeben, Mitteilungen und technische Vorschriften herausgegeben, ferner eine Anzahl von Wasserkraft- und von Elektrizitätskonzessionen erteilt. (In Tabellen und Diagrammen wird eine genaue Übersicht über die Rentabilität und Entwicklung der einzelnen Wasserkraftwerke gegeben, außerdem enthält das Buch ein vollständiges Verzeichnis der bestehenden Konzessionen und eine Übersichtskarte der Verteilung der Wasserkräfte und des Standes der Elektrizitätsversorgung in Java schließt sich an. Zum Schlusse sind die wichtigsten Daten des Projektes für das im wasserbaulichen Teil bereits begonnene Kraftwerk Mendalan an der Kali Konto mit 3 × 7000 (im Vollausbau 6 × 7000 kVA) mit einer Übertragungsleitung für 70 (später 110) kV angegeben. Dr. Grann.

[1]) Negende Jaarverslag 1926. Herausgegeben vom Dienst voor Waterkracht en Electriciteit in Nederlandsch-Indië Weltevreden 1927. VII und 81 Seiten. Vgl. E. u. M. 1924, S. 41; 1926, „Das Elektrizitätswerk", Heft 9, S. 83 ff und 1927, S. 16.

Die Nutzbarmachung des Rheins zwischen Basel und Straßburg. Nach F. Piot sollen auf elsässischem Boden in 110·93 km langer Kanalstrecke für eine Führung von 850 m³/sec, die durch sieben Monate dem Rhein entnommen werden können, acht Kraftwerke in Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim, Vogelgrün, Marckolsheim, Sundhausen, Gerstheim und Straßburg errichtet werden. Der Erstausbau umfaßt das Kraftwerk Kembs, von dem ein provisorischer Ablaufkanal das Wasser in den Rhein zurückführen wird. Die Wasserfassung erfolgt unterhalb Basels durch ein bewegliches Wehr mit Stoney-Schützen, die Wasserzufuhr zum Werke in 5·6 km langem Obergraben mit 80 m Spiegelbreite. Im Kraftwerk steht ein zwischen 10·76 und 15·68 m schwankendes Gefälle zur Verfügung, das in 12 000 PS Vertikalturbinen bei 93·8 U/min verarbeitet wird. Neben dem Kraftwerk wird eine 25 m breite, 185 m lange Schiffahrtsschleuße errichtet. Im Kraftwerk stehen 76 000 kW an den Hochspannungsklemmen zur Verfügung, die mit 80 vH Turbinen-, 92 vH Generator- und 97 vH Transformatorwirkungsgrad errechnet wurden. Wird das Kraftwerk Kembs, dessen Baukosten mit 415·4 Mill. Fr. veranschlagt sind jährlich durch 3000, 4000 oder 5000 h ausgenützt, so entspricht dies einer Erzeugung von 240·3, 320·4 und 400·5 Mill. kWh und einem Erzeugungspreis von 0·2265, 0·1703, 0·1367 Fr./kWh, wenn mit jährlichen Selbstkosten von 13 vH der Baukosten gerechnet wird, demnach mit einer Summe von 53·95 Mill. Fr., die jährlich durch das Werk aufgebracht werden müssen. Das Werk Kembs soll in den Jahren 1927 bis 1931 fertiggestellt werden. β.

(Revue Générale de l'Electricitté, Bd. 22, Nr. 10, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Einschaltung von Generatorluftkühlern in die Wasserversorgung der Kraftwerke. Von Dipl.-Ing. O. Großbrauchhaus, Berlin. Um tiefste Kühlung der Luft zu erzielen, werden die Luftkühler nach dem Gegenstromprinzip eingeschaltet. Die Wassererwärmung berechnet sich zu $\Delta tw = \frac{Q_{WE}}{G_W}$, wenn Q_{WE} die im Kühler abzuführende stündliche Wärmemenge in WE und G_W die aufgewendete Kühlwassermenge bedeuten. Praktisch rechnet man mit Wassergeschwindigkeiten von höchstens 1 m/sec in den Kühlrohren. Der Wasserwiderstand des Kühlers schwankt je nach der Bauart zwischen 2 bis 4 m WS. Die gesamte für die Wärmeübertragung in Frage kommende Wärmedurchgangsziffer setzt sich aus den einzelnen Koeffizienten für Wärmeübergang von Luft an Metall, für den Wärmefluß durch die Metallwand selbst und für den Wärmeübergang von Metall an Wasser zusammen. Die Luft hat gegenüber Wasser einen sehr niedrigen Wärmeübergang. Man ist daher bestrebt, durch Vergrößern der luftberührten Oberfläche (Rippenrohre) die Wärmeleistungen der luft- und der wasserberührten Metallfläche einander zu nähern. Die Wärmedurchgangsziffer zwischen den Kühlflächen ist innerhalb der Grenzen 0·5 bis 1 m/sec Wassergeschwindigkeit praktisch fast konstant, während sie unterhalb 0·5 m/sec rasch abfällt. Verfasser schlägt vor, auch bei den Luftrückkühlern ähnlich wie beim Kondensator den Begriff *n*-fache Kühlwassermenge einzuführen, und zwar in Bezug auf 1 kW

Digitized by Google

Verlustenergie des Generators. Entsprechend einer Temperaturzunahme des Kühlwassers von 10° bezw. 5° verwendet man 86- bis 172fache Kühlwassermengen. Bezeichnet Q_kW die abzuführende Verlustenergie in kW, g die je kWh aufzuwendende Wassermenge in kg/kWh, GW die Gesamtkühlwassermenge in kg/h, so gelten folgende Leitsätze: 1. Man wähle g zwischen 86 und 172 kg/kWh. 2. Die gesamte Kühlwassermenge ist

$$GW = Q_kW \times g.$$

3. Die Kühlwassererwärmung in °C ist $\Delta tw = \frac{360}{g}$

4. Größte Wassermenge bedingt kleinste Kühlfläche oder bei gegebener Kühlfläche tiefste Kühlung. 5. Die Drosselung großer Wassermengen ($g = 172$) bis auf die Hälfte ($g = 86$) bedingt nur geringe Temperatursteigerungen der Generatorkühlluft (max. 2·5° C). 6. Die Größe der Kühlfläche wird durch die Wassermenge in obigen Grenzen nur wenig beeinflußt (max. 10 bis 12 vH). In Kraftwerken mit Frischwasserkondensation schaltet man den Luftkühler am einfachsten parallel zum Kühlwasserkreislauf des Kondensators. Da die Maximalwassermenge nur etwa 2·5 vH der Kondensationskühlwassermenge beträgt, so kann der Luftkühler ohne weiteres an die Kühlwasserpumpe angeschlossen werden. Es ist dabei zu beachten, daß der höchste Punkt des Luftkühlers unter dem Scheitelpunkt des Kondensators liegt, damit die Druckhöhe der Kühlwasserpumpe nicht unnötig erhöht wird. Der Kühlwasserablauf aus dem Kühlsystem wird zweckmäßig in die Kühlwasserablaufleitung des Kondensators geführt. Eine Entlüftung der oberen Kühlerteile ist unbedingt vorzusehen. Bei Beschickung des Kühlers mit Turbinenkondensat wird die Verlustwärme des Generators, die immerhin bei großen Maschinen rund 5 vH beträgt, wieder nutzbar gemacht und außerdem bleibt der Kühler sauber. Der Wert g liegt bei allen modernen Turbosätzen über der niedrigsten Wassermenge von $g = 86$. Da jedoch die Verlustenergie eines Generators nicht der abgegebenen Leistung proportional ist, so kann bei geringen Belastungen g unter den Wert 86 fallen. Bei einem 16 000 kW Turbogenerator mit kondensatgekühltem Luftkühler hat die Warmluftkurve ihren tiefsten Punkt bei etwa $^3/_8$ Last. Die Kondensattemperaturen liegen im allgemeinen um 8 bis 12° C über der Kühlwassereintrittstemperatur. Bei einer Frischwassertemperatur von 14° C kommt man noch mit reiner Kondensatkühlung aus. Da man aber auch mit höheren Temperaturen des Kühlwassers (bis zu 23°) rechnen muß, so wendet man im allgemeinen Stufenkühlung an, das heißt man beschickt den Kühler mit Kondensat und Kühlwasser, und zwar so, daß zuerst das Kondensat mit der Warmluft in Berührung kommt. Man kann auch den Kühler so betreiben, daß man nur im Sommer auf Stufenkühlung übergeht. Ist das Frischwasser stark verschmutzt, so kann der Luftkühler dauernd mit Kondensat arbeiten, wenn dasselbe in einem eigenen Vorkühler rückgekühlt wird. Diesen Vorkühler kann man dann bei niedriger Kondensattemperatur reinigen, ohne den Betrieb zu unterbrechen. Der Wärmerückgewinn bei Kondensat- und Stufenkühlung ist immerhin ganz ansehnlich. Bei Werken mit Rückkühlkondensation beträgt die Temperatur des in den Kondensator eintretenden Kühlwassers im günstigsten Fall 22° C, also fast eben so viel wie die höchste Eintrittstemperatur bei Frischwasserkühlung. Es bleibt hier nur die Möglichkeit, den Luftkühler mit dem Zusatzwasser zu betreiben. Das Zusatzwasser reicht zur Beaufschlagung des Luftkühlers aus, da es im allgemeinen 2 vH der Kühlwassermenge beträgt. Bei starker Verunreinigung des Zusatzwassers wird dieses erst nach dem Luftkühler zur Aufbereitungs- oder Impfanlage gedrückt, da bei der geringen Erwärmung im Luftkühler die Härtebildner noch nicht zur Ausscheidung gelangen können. Bei Anlagen mit Gegendruck- oder Gegendruck-Entnahmemaschinen wird das Kühlwasser für den Luftkühler zweckmäßig zuerst durch diesen, dann durch die Ölkühler und schließlich durch die wassergekühlten Feuerbrücken des Kesselhauses geschickt. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß man bei Kraftanlagen ohne besondere Kosten den Luftrückkühler in die Wasserversorgung des Werkes einschalten kann. Auch läßt sich die Wassermenge im Betriebe innerhalb weiter Grenzen ohne Bedenken verändern. Stip.

(Elektrizitätswirtschaft, Nr. 440, Aug. 1927.)

Wassermotoren, Windmotoren, Pumpen.

Zur spezifischen Drehzahl hydraulischer Maschinen. Seit der vor 25 Jahren erfolgten Einführung der „spezifischen Drehzahl" für hydraulische Maschinen[1]) durch Prof. Dr. Camerer sind von Zeit zu Zeit andere Kennziffern vorgeschlagen worden als Vergleichszahlen für die kennzeichnenden Eigenschaften, welche hier von drei Veränderlichen abhängen, von Drehzahl, Leistung und Gefälle. Bei allen anderen Maschinen liegen nur zwei Veränderliche vor, die Kennziffer läßt sich meist als Quotient aus Leistung und Drehzahl (zum Beispiel kW/n mit der Dimension $L.G$) oder als spezifische Belastung oder dergleichen ausdrücken. Bei den hydraulischen Maschinen dagegen erforderte es die Abhängigkeit der Drehzahl von der Leistung und vom Gefälle sowie die weitere Abhängigkeit der Leistung vom Gefälle, als Vergleichsziffer jene Drehzahl festzulegen, welche eine hydraulische Maschine macht, die unter der Einheit des Gefälles (1 m) die Einheit der Leistung im technischen Maßsystem (75 mkg/sec) abgibt:

$$n_s = n \,.\, N^{1/2} \,.\, H^{-5/4};$$

die physikalische Dimension dieses Ausdruckes ist mit L = Längeneinheit, G = Gewichtseinheit und T = Zeiteinheit:

$$\text{Dim. } n_s = L^{-3/4} \,.\, G^{1/2} \,.\, T^{-3/2}.$$

In der Praxis kann man für das verwendete Treib- oder Fördermittel Wasser mit dem spezifischen Gewicht = 1 die Gewichtseinheit dem Gewicht der Raumeinheit gleichsetzen: $G = L^3$ und erhält dann

$$\text{Dim. } n_s = L^{3/4} \,.\, T^{-3/2};$$

daraus folgt sofort auch, daß für andere Maßsysteme (da die Zeiteinheit stets dieselbe ist) unter Vernachlässigung der geringen Verschiedenheit zwischen PS und HP der Reduktionsfaktor nur durch $L^{-5/4}$ (= 4·45 zwischen m und engl. Fuß) bestimmt wird.

Von neueren Vorschlägen für Kennziffern hydraulischer Maschinen sei nur der Vorschlag von Prof. D. Thoma[2]) erwähnt, die Kennziffer dimensionslos zu gestalten, um der Verschiedenheit der Maßsysteme auszuweichen. Seine „spezifische Winkelgeschwindigkeit" ω_s ist die Winkelgeschwindigkeit einer Maschine, die unter dem Gefälle gleich der Längeneinheit mit einer Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht = 1 im Schwerefeld 1 in der Zeiteinheit die Leistung von einer Gewichtseinheit × einer Längeneinheit abgibt, also

$$\omega_s = (\omega \,.\, A^{1/2} \,.\, H^{-5/4}) \,.\, g^{-3/4} \,.\, \gamma^{-1/2}; \quad \text{Dim. } \omega_s = 1.$$

Ist nun die Dimensionslosigkeit erwünscht und nötig?

Eine Kennziffer dient bestimmungsgemäß nicht der Überführung der theoretischen Erkenntnisse auf die Vorausberechnung, sondern soll ausschließlich Vergleichsgrundlagen für Ausführungen schaffen; sie muß also auf Größen beruhen, die an den Ausführungen abgemessen werden können oder den gestellten Aufgaben zugrunde liegen. Sie muß also meßbare Größen und Leistungen enthalten, sie kann daher nicht dimensionslos sein. Eine Kennziffer muß auch bequem aus den

[1]) Camerer Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen, 2. Aufl., S. 250 und erstmals ZVDI 1905, S. 380. — Der Begriff der spezifischen Drehzahl hat sich dann rasch international durchgesetzt.

[2]) Dr. D. Thoma, Die experimentelle Forschung im Wasserkraftfach. ZVDI 1925, S. 330. — Vgl. auch die Zusammenstellung und Umrechnung der Kennziffern im Wasserkraft-Jahrbuch 1924, S. 602 und Tafel XIII.

Digitized by Google

Konstruktionsgrößen zu berechnen sein, sie darf nicht aus meßbaren Größen erst durch andere Umrechnungen dimensionslos gemacht werden, um dann wieder beim Übergang von der Kennziffer zu bestimmten Abmessungen rückwärts die Wieder-Umrechnungen zur Einführung technischer Maßeinheiten zu erfordern. Es fallen also für den praktischen Gebrauch bei Verwendung einer dimensionslosen Kennziffer keine Umrechnungen weg, im Gegenteil muß dann erst diese dimensionslose Kennziffer (gleich welcher Art) in die spezifische Drehzahl umgerechnet werden, um den Zusammenhang mit den wichtigsten Entwurfgrößen zu ermöglichen. Dann ist die Umwandlungszahl 4·45 zwischen n_s im metrischen und englischen System entschieden viel einfacher für den Rechenschieber als die Umwandlung von ω_s in n_s mit den Faktoren 0·00517 (metrisches System) bezw. 0·023 (englisches System) oder mit dritten und vierten Wurzeln und Potenzen anderer Kennziffervorschläge.

Eine Kennziffer in den Dimensionen des technischen Maßsystems ist also geradezu Forderung des praktischen Gebrauches und keine Folge von grundsätzlichem Festhalten am Hergebrachten. Inzwischen hat auch Moody in einer Diskussionsversammlung der Am. Soc. of Mech. Eng. (Mai 1927) über das Thema „Characteristics for hydraulic turbines" die vorstehenden Ausführungen auszugsweise wiedergegeben und sich diesen Anschauungen angeschlossen: die Dimensionsfreiheit sei eine unnötige Komplikation.

Eine andere Kennziffer hat D. W. Mead als „spezifische Leistung" vorgeschlagen: $N_s = N \cdot H^{-5/2} \cdot n^2$ und es ist ersichtlich, daß diese spezifische Leistung nichts anderes als n_s^2 ist.

Ähnlich läßt sich ein „spezifisches Gefälle"

$$H_s = H \cdot N^{-2/5} \cdot n^{-4/5}$$

bilden als das Gefälle, welches nötig ist, damit eine Turbine von 1 PS mit 1 U/min laufe; es ist dabei $H_s = n_s^{-4/5}$.

Dr. Eck hat versucht[3]) für alle verschiedenen Kreiselmaschinen (Turbinen, Pumpen, Schiffsschrauben, Windturbinen) und zugleich auch für die Freistrahlturbinen eine gemeinsame Kennziffer zu schaffen, die sich als Quotient aus dem Schub $\gamma . H$ und dem Staudruck $\frac{c_m^2 \cdot \gamma}{2g}$ ergibt zu $\psi = 0{\cdot}01582 \cdot n \cdot Q^{1/2} \cdot H^{-3/4}$.

In dieser Kennziffer fehlt zunächst die Berücksichtigung des Wirkungsgrades, sie rechnet nur mit der Rohleistung bei Kraftmaschinen, ist also bei diesen mit dem Faktor $\varepsilon^{1/2}$ zu verbessern, um eine technische Vergleichsziffer zu sein (das heißt ψ wird kleiner). Außerdem ist die Kennziffer von Eck nicht dimensionslos, sondern hat die Dimension der spezifischen Drehzahl $L^{3/4} \cdot T^{-3/2}$; mit der spezifischen Drehzahl steht sie in dem Zusammenhang

$$\psi = n_s \cdot \frac{1}{632} \cdot \varepsilon^{1/2}.$$

Für Propellermaschinen noch theoretisch berechtigt, ist die Verwendung des Belastungsgrades $\left(= \frac{\text{Schub}}{\text{Staudruck}}\right)$ bei Francisrädern und noch mehr bei Freistrahlrädern ohne innere Begründung und es ist nicht einzusehen, weshalb man die heute noch die Mehrzahl bildenden und auch in Zukunft nie in die Minderheit zurücktretenden Bauarten auf dem Umweg über Hilfsvorstellungen in einen Spezialfall der Definition einer Kennziffer hineinzwängen soll. Sobald ein ganz oder teilweise radialer Durchfluß oder eine tangentiale Beaufschlagung eintritt, liegt ja weder ein Schub noch ein Staudruck vor.

Dagegen vermag bei den Propellermaschinen die Einführung der Beiwerte aus der Propellertheorie und deren Zusammensetzung mit der spezifischen Drehzahl vielleicht exakte Formulierungen für die Kavitationsgrenzen finden lassen. Aus der von Föttinger aufgestellten Kavitationsgleichung[4]) folgt zum Beispiel:

$$n_s = 490 \cdot \left(\frac{Q_1}{D^2}\right)^{1/6} \cdot \left(\frac{H_a - H_s}{H}\right)^{1/2} \cdot s^{-1/2} \cdot \varepsilon^{-1/2},$$

wobei $s = \frac{H_a - H_s}{u^2/2g}$ ist; die Gleichung enthält die Modellkennziffern der Turbine und die Daten des Einbaues.

So können aus den Lehren der Propellertheorie, auf ihr eigenes Anwendungsgebiet beschränkt, wohl noch weiterreichende Erkenntnisse gewonnen werden. Wenn erst noch umfangreichere Erfahrungen vorliegen und sich gewisse beste Typen für die verschiedenen Drehzahlbereiche herausgebildet haben werden, muß die Kurve der Kavitationskennzahlen auch einen über den ganzen Drehzahlbereich hin kontinuierlichen Verlauf zeigen. Auch die Frage der höchstmöglichen kavitationsfreien spezifischen Drehzahl kann dann eine allgemeine Lösung finden aus dem doppelten Problem *a*) des möglichen c_{u_2}-Rückgewinnes und *b*) der höchst zulässigen Schaufelbelastung; die Reibungsverluste im Laufrad und Leitrad und im Saugrohr treten weit zurück. So können sich die für eine spezifische Kennzeichnung der Schnellläufigkeit im allgemeinen ungeeigneten Beziehungen auf anderen Gebieten im Rahmen ihrer Herleitung bei den Propellerrädern nützlich erweisen.

C. Reindl, München.

(Wasserkraft u. Wasserwirtschaft, 1927, H. 8.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Eine Turm-Fördermaschine auf Deutschland II der Gewerkschaft Deutschland, Ölsitz, Erzgebirge, beschreibt Ing. M. Graf. Die Fördermaschine wurde wegen örtlicher Verhältnisse und störungslosem Übergang von Dampf- auf elektrischen Betrieb in einem Turm von 53·1 m Gesamthöhe untergebracht. Das Treibscheibenmittel liegt 33 m, das der Ablenkscheibe 28·5 m über Rasenhängebank. Auf die beiden Bremskränze der Treibscheibe wirken voneinander unabhängig, jedoch mittels derselben Bremsbacken, Betriebs- und Sicherheitsbremse. Die Maschine fördert in 28·6 Zügen stündlich 178·5 t bei normaler Nutzlast. Die Betriebsverhältnisse sind: 853 m senkrechte Teufe, 6240 kg normale, 6600 kg höchste Nutzlast je Zug bei Gutfahrt und 3150 kg je Zug bei Seilfahrt, 16 bezw. 10 m Fördergeschwindigkeit, Treibscheibe (verbreitert) 6500 mm Durchmesser, etwa 430 000 kgm² Schwungmoment, Ablenkscheibe 5000 mm Durchmesser, etwa 60 000 kgm² Schwungmoment, Gewicht des Oberseiles (56 mm Durchmesser) 11·0 kg/m, des Unterseiles 11·6 kg/m, Gewicht am Lasttrum: 7500 kg (ein Fördergestell mit sechs Böden) + 2760 kg (sechs Förderwagen je 460 kg) + 6240 kg (Nutzlast 6 mal 1040 kg) = 16 500 kg. Die beiden gleichen, im gewöhnlichem Betriebe hintereinander geschalteten Fördermotoren mit fliegend auf der Treibscheibenwelle aufgesetzten Ankern mit zusammen 1100/1870 kW, 47 U/min, 2 mal 360 V haben zusammen 100 000 kgm² Läuferschwungmoment. Im Notfalle kann jeder Motor allein nach einfacher Umschaltung bei verminderter Förderlast arbeiten. Da gleichzeitig mit dem Umbau der Fördermaschine auch das Kraftwerk erweitert werden mußte, wurde an Stelle des Steuermotors des Leonard-Umformers eine 4000 kW-Zweidruck-Dampfturbine gewählt, die einen 2800 kW-Drehstromerzeuger für 2100 V, 50 Per/s unmittelbar und den Steuerstromerzeuger mittelbar über ein Schraubenradvorgelege (98 bis 99 vH Wirkungsgrad) mit 600 U/min antreibt. Der Drehstromerzeuger versorgt das Grubennetz und bildet die Grundbelastung des Maschinensatzes. Versuchsweise wurde festgestellt, daß schon 100 bis 200 kW gleichmäßige Belastung genügen, um Störungen durch die Belastungsschwankungen des Förderbetriebes zu vermeiden. Erfahrungsgemäß kann die Fördermaschine auch zur Not unter besonderen Vorsichtsmaßregeln ohne

[3]) Dr. Eck, Das Wesen der spezifischen Drehzahl. ZVDI 1926, S. 1015, und ebenso Schweiz. techn. Zeitschr. 1926, S. 823, ferner E. u. M. 1926, S. 551.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 493.

Digitized by Google

Grundbelastung betrieben werden. Bei Ausfall der Grundbelastung während Bremsstromrückgabe wird der Drehstromerzeuger selbsttätig auf einen Wasserwiderstand, der dauernd 250 kW abführen kann, geschaltet und so die Turbine vor dem Durchgehen gesichert. Bei Versagen des Wasserwiderstandes fällt die Sicherheitsbremse der Fördermaschine ein. Vorteilhaft ist, daß die Belastungsschwankungen unmittelbar durch die Dampfmaschine ausgeglichen werden, deren Drehzahl infolge schnell folgender, gestängeloser Ölsteuerung praktisch gleich bleibt. Die zur Erregermaschinen-Steuerung der Fördermotoren erforderliche Erregerleistung wird von einem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer mit 3 Erregermaschinen erzeugt. Eine Erregermaschine dient für die Fördermotorerregung, eine für die Steuerstromerzeugung und eine Grunderregermaschine für die Erregung der beiden erstgenannten Erregermaschinen. Die Eindeutigkeitssteuerung wird mittels Schnellregler durch Ausgleich des im Ankerstromkreis auftretenden Spannungsabfalles erzielt, der die Drehzahl nach Größe und Richtung der Last beeinflußt. Das Motorfeld kann mit einem mit dem Steuerhebel verriegelten Hilfsschalter vollkommen abgeschaltet werden. Mit dem einzigen Haupthebel des Steuerbockes (gleichzeitig Bremsbock), wird sinnfällig im Längsschlitz die elektrische Steuerung, bei seitlicher Bewegung der Druckluftbremse, betätigt. Durch Ziehen des Nothebels wird die Sicherheitsbremse ausgelöst, durch Drücken wieder gelüftet. Das Steuergerät enthält die Feldregelwiderstände und besitzt einen Hilfshebel zur Begrenzung der Fahrtgeschwindigkeit durch Einschalten von Widerständen im Steuerstromkreis beim „Fördern", „Seilfahrt" und „Revisionsfahrt". Die Steuerhebelauslage wird nicht beschränkt, um die Feinstufigkeit auch bei den geringeren Fördergeschwindigkeiten beizubehalten. Die vorbeugenden Sicherheitseinrichtungen umfassen: Die mechanische Rückführung des Steuerhebels vom Teufenzeiger aus, die jedoch unvollkommen ist, da sie ein für allemal für das rechtzeitige Stillsetzen bei höchster Hängelast eingestellt werden muß, wodurch ein gewöhnlicher Zug vorzeitig beendet wird. Dies wird durch die zweite im Fuß des Teufenzeigers eingebaute elektrische Stillsetzvorrichtung wirksam vermieden, die die Einstellung der mechanischen Rückführung auf den knappsten Wert voraussetzt. Je nach Größe und Richtung der Nutzlast und der jeweiligen Geschwindigkeit werden rechtzeitig Widerstände im Steuerstromkreis zugeschaltet. Die Stillsetzung ist nicht an einen bestimmten Wegpunkt gebunden, daher wird jeder Zug individuell behandelt und nur die tatsächlich zum Stillsetzen erforderliche Zeit aufgewendet. Die selbsttätigen Sicherheitseinrichtungen für den Gefahrenfall bestehen aus einer Schnellschluß-Sicherheitsbremse mit zwangläufig betätigtem Notschalter. Die Freifallbremse wird durch ein etwa 1200 kg schweres Fallgewicht betätigt; das Bremsgewicht, durch Haltemagnet ausgelöst, ist mit einem Dämpfungskolben mit zwischengeschalteter Feder verbunden, in dem ein vom Bremshaupthebel gesteuertes Ventil eingebaut ist. Durch Einstellung der veränderlichen Größen von Dämpfung und Pufferung läßt sich die Bremse auf die höchste Bremswirkung bis zur Seilrutschgrenze ausnützen. Die Bremse wird in den bei Fördermaschinen üblichen Fällen durch den Haltmagneten ausgelöst. Das Heben des Fallgewichtes geschieht mit Druckluft. Gleichzeitig mit der Sicherheitsbremse tritt ein Notschalter in Tätigkeit, der die Erregung des Steuerstromerzeugers stufenweise abschaltet, wodurch der Fördermotor gleichzeitig elektrisch gebremst wird. Eine mit dem Teufenzeiger verbundene Einrichtung sichert die Fördermaschine gegen wiederholtes Übertreiben. H. H.

(Elektrizität im Bergbau, 1. Jahrgang, Heft 8, 1926.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Umformerlokomotive Bauart Ford. W. Reichel und Th. Kopczynski geben eine Beschreibung dieser Lokomotive, deren allgemeiner Aufbau mit der Anordnung $D_0 + D_0$ hier bereits beschrieben wurde[1]). Als Gründe, welche die Erbauer (für den mechanischen Teil die Ford-Werke, für den elektrischen die Westinghouse Gesellschaft) zu dem System der Einphasen-Gleichstrom-Umformung geführt haben, werden angegeben: Die Vereinigung der Einphasen-Hochspannungs-Übertragung mit dem Gleichstrom-Reihenschlußmotor, Wegfall von Stangen im Getriebe, die feinstufige Regelung bei Anfahrt und Nutzbremsung beinahe bis zum Stillstand, konstante Leistung bei allen Geschwindigkeiten, keine Gefahr des Schleuderns, Erreichung eines Leistungsfaktors von 1, Möglichkeit, die Leistung im Zug mit anderen Wechselstromlokomotiven voll auszunutzen. Der Öltransformator für 22 kV 25 Per/s primär übersetzt auf die Umformerspannung von 1250 V. Die Primärwicklung kann für 11 kV Fahrdrahtspannung mittels Trennmesser innerhalb des Ölkastens umgeschaltet werden. Er enthält ferner die Meßwandler für die Relais. Der Kesseldeckel bildet gleichzeitig den Boden des Ölschalters, dessen Anschluß im Transformatorkessel erfolgt. Im Schalterkasten ist ein Schutzwiderstand eingebaut. Schalter und Transformator haben Explosionsventile, die zum Dach hinaus führen. Das Transformatoröl wird von einer Zentrifugalpumpe durch einen Rückkühler getrieben, der über dem Triebmotorenlüfter angebracht ist, der durch das Dach ansaugt. Dieser wird mit Gleichstrom bei 1650 U/min angetrieben und kann durch einen verriegelten Schalter auf halbe Drehzahl geschaltet werden, wenn der Fahrstrom unterbrochen ist. Der Umformer besteht aus einem vierpoligen Einphasensynchronmotor 1565 kW und einem 1500 kW Gleichstromgenerator 600 V, 2500 A, 750 U/min. Zwischen beiden Ankern sitzt ein zweiteiliges Lüfterrad, das durch beide Anker hindurch ansaugt. Auf der Motorseite sitzt fliegend die Haupterregermaschine 75 kW, 125 V für Motor und Generator und für die Nutzbrems-Erregermaschine. Sie liefert auch Strom für die Steuerung und die Hilfsmaschine. Auf der anderen Seite ist ebenfalls fliegend die Nutzbrems-Erregermaschine von 25 kW gekuppelt. Die acht Triebmotoren von 168 kW, 600 V sind normal gebaut. Bei 1066 mm Triebraddurchmesser und 22 : 98 Übersetzung gibt jeder 1950 kg Zugkraft bei 50 km/h während einer Stunde und 1530 kg bei 54 km/h dauernd. Sie liegen ständig parallel und werden für Fahrt und Bremsung in 45 Stufen gesteuert. Von 0 bis 27·5 km/h erfolgt die Regelung durch Spannungssteigerung am Generator bei Reihenschlußschaltung, höhere Geschwindigkeiten werden durch Feldschwächung erreicht, wobei die Motoren aus der Nutzbrems-Erregermaschine fremd erregt werden. Diese Umstellung erfolgt ohne Stromunterbrechung. Bei Nutzbremsung wird das Drehmoment durch Regelung der Fremderregerspannung eingestellt. Der Umformer arbeitet hiebei auf den Fahrdraht zurück. Da der Ohm'sche Widerstand des Stromkreises, Motoren und Generator, gering ist, kann fast bis zum Stillstand Strom rückgewonnen werden. Die Feldregelung des Generators erfolgt vom Kontroller aus mittels Schützen. Der Umformermotor wird von der Gleichstromseite aus von einer 125 V Batterie bis zum halben Synchronismus angeworfen und läuft dann von selbst in Tritt. Die beiden Kontroller bestehen aus einem säulenförmigen Gußgehäuse, das die erforderlichen Walzen enthält. Diese werden durch drei, auf teleskopartig ineinander geschobenen Wellen sitzende Hebel bedient. Nach rechts ist oben das Bremsventil, unten ein Fußhebel für Sandung angebaut. Die übrigen Hebel für Licht, Pfeife und Glocke sowie ein Doppelbremsventil sind ebenfalls angebaut. Auf dem Kontrollergehäuse steht eine Schaltsäule mit Instrumenten. Der mechanische Teil besteht aus zwei kurzgekuppelten Hälften. Der Rahmen jeder Hälfte besteht aus einem schweren Stahlgußkasten, der den Umformer und in der anderen Hälfte den Transformator sowie andere schwere Teile trägt. Der Innenraum dieses Kastens dient zur Verteilung der Kühlluft mittels nachgiebiger Metallbälge an die Trieb-

[1]) Vergl. E. u. M. 1925, Seite 857.

Digitized by Google

motoren. Der gemeinsame Kühlermotor steht in der Transformatorhälfte. Beide Rahmenkasten sind durch einen Faltenbalg verbunden. Beiderseits an diesen Mittelrahmen sind kanalartige Gußstücke angeschraubt, die nach außen offen sind. Sie dienen zur Unterstützung des Kastenaufbaues und gleichzeitig zur Aufnahme kleinerer Ausrüstungsteile. Als Abdeckung dienen gewölbte Bleche. Der Kastenaufbau ist normal mit abnehmbaren Dach gebaut. Die Außenwände sind 6·4 mm, die Zwischenwände 4·8 mm stark. Die Anordnung der Apparate in der Mitte läßt breite Seitengänge frei. Der Antrieb der Achsen erfolgt beiderseitig. Das große Zahnrad ist aus einem Stück mit der Radnabe. Die Ritzel sitzen auf Wellenstummeln, die federnd mit der als Hohlwelle ausgebildeten Ankerwelle verbunden sind. Die Zugkraft des Motors, der in drei Punkten aufgehängt und in einem vierten senkrecht geführt wird, wirkt über ein Universal-Kugelgelenk auf den Lokomotivrahmen. Das Gewicht der Lokomotive ruht auf zwei Wiegebalken, die unmittelbar über der Triebachse liegen und durch zwei Konsolen am Motorgehäuse gestützt werden. Zwischen den Motor-Achslagern ist bei den drei inneren Motoren eine Vertikalführung vorgesehen, die eine Querbewegung verhindert. Die beiden äußeren Triebachsen haben eine gefederte Seitenverschiebung um je 51 mm. Die Druckluftbremse wirkt auf die zwei mal drei inneren Triebachsen derart, daß über jedem Rad ein kleiner Bremszylinder sitzt. Kolben und Zylinder werden von der Bremsluft auseinander getrieben und drücken mittels eines Hebelwerks einen Bremsklotz von oben auf das Rad. Eine Blattfeder löst den Klotz nach Ausströmen der Druckluft. Die Bremskräfte beanspruchen nicht die Federung der Lokomotive, sondern übertragen einen Teil des Gewichtes von den Achsstummeln auf die Radreifen. Die Strecke Detroit-Ironton ist erst auf 26 km Länge elektrisiert und zunächst nur eine Umformerstation errichtet. Die Primärenergie wird dem River-Rouge-Kraftwerk mit Drehstrom 132 kV, 60 Per/s entnommen und in zwei 6000 kVA Umformer auf 13·2 kV, 25 Per/s Einphasenstrom umgewandelt. Dieser wird auf 44 kV umgespannt. Die beiden Außenklemmen des Transformators liegen an Fahrdraht und Speiseleitung, sein Mittelpunkt an der Schiene. Längs der Strecke sind Spannungsteiler für 2000 kVA aufgestellt, deren Mittelpunkt am Gleis liegt. Der Spannungsabfall ist derart sehr gering. Die Kettenfahrleitung und die Speiseleitung hängt an Portalen aus Eisenbeton. Auf zweigleisiger Strecke ist die Mittelstütze gemeinsam. Wegen des zunächst noch gemischten Betriebes ist das Tragseil aus Bronze, ebenso der Fahrdraht von 10·16 mm Durchmesser. Die Speiseleitung ist ein Kupferseil von 12·25 mm Durchmesser. Wl.

(Elektr. Bahnen, 1927, Heft 9).

Elektrische Apparate.

Elektrische Zündung. Die elektrischen Zündpatronen zu Sprengzwecken wirken fast durchaus durch Joule'sche Wärme, welche entweder in einem Glühfaden oder in einem leitenden Pulver entwickelt wird. Im ersten Fall haben die Patronen 0·5 bis 1·5 Ω und bedürfen einer Spannung von 0·5 bis 2 V, im letzteren braucht man entweder 6 bis 10 V bei 15 bis 1000 Ω oder 30 bis 100 V bei 3000 bis 100 000 Ω. Eine weitere, bisher seltener verwendete Zündart benützt Funkenstrecken mit Spannungen bis 3000 V. Die Glühzünder bestehen aus einer Kupferblechkapsel, deren eine Hälfte mit einem für Wärme empfindlichen Zündmittel, meist Schießbaumwolle, während die andere Hälfte meist mit Knallquecksilber gefüllt ist. Im Zündmittel eingebettet liegt ein feiner Platindraht, dessen Zuleitungen durch einen Papierpfropf hereingeführt sind. Zur gleichzeitigen Zündung mehrerer Schüsse werden die Patronen in Reihe geschaltet. Um zu vermeiden, daß eine Patrone vorzeitig zündet, wodurch sämtliche übrige Schüsse versagen würden, ist gleicher Widerstand der Patronen erforderlich, doch braucht die Genauigkeit 10 vH nicht zu überschreiten. Parallelschaltung der Patronen wird nicht verwendet, weil die Kontaktwiderstände die Gleichheit der Ströme stark beeinflussen können, so daß gleichzeitige Zündung erschwert ist. Sind viele Zündstellen erforderlich, so werden mehrere Reihen von Patronen parallelgeschaltet. Werden n Patronen vom Widerstand r in p Reihen an eine Stromquelle mit E V und einem inneren Widerstand q geschaltet, so enthält zunächst jede Reihe $\frac{n}{p} = q$ Patronen. Die Stromstärke einer Reihe beträgt nach einer empirischen Formel $i = a\frac{q}{q+b}$, worin a, b derPatronenart eigentümliche Koeffizienten sind. Daraus läßt sich der Ausdruck ableiten:

$$n = \frac{1}{a(R+\varrho)}[E(q+b) - a\,q^2 r].$$

Durch Differenzierung läßt sich feststellen, daß der Höchstwert von n bei $q = \frac{E}{2ar}$ erreicht wird. Vorstehendes gilt nur für konstante Stromquellen (Batterien), nicht aber für Zünddynamos, deren Spannung vom äußeren Widerstand abhängig ist. — Für jede Patrone ist die Zeit t_1 charakteristisch, während welcher der Strom bis zur Zündung fließt, ferner die Zeit t_2, nach welcher der Fadenbruch erfolgt. $e = t_2 - t_1$ ist die sogenannte Bruchverzögerung. Stets muß, um Versager zu vermeiden bei den Patronen einer Serie der größtvorkommende Wert von t_1 kleiner sein als der kleinste Wert von t_2. Es gelten nun folgende Regeln: 1. t_2 ist desto kürzer, je größer die Stromstärke ist, 2. t_2 ändert sich bei gleicher Stromstärke mit der Patronentype, 3. bei gleicher Type sind die Zeiten t_2 bei den Patronen individuell verschieden, 4. t_2 ist wesentlich größer als t_1. Eine vor dem Schuß stattfindende Erwärmung der Patrone steigert die Wirkung des Stromes, eine Erscheinung, welche die Verläßlichkeit eines Serienschusses verringert. Deshalb sollen auch Patronen, welche bei einem Schuß versagt haben, nicht mehr verwendet werden, auch solche Patronen, welche längere Zeit in einem warmen Magazin gelagert haben. Der Zündstrom kann einer Batterie, am besten einer Trockenbatterie von 4 bis 10 Elementen, oder einer Magnetmaschine entnommen werden. Eine einfache Form derselben nach Ducretet besteht aus einem bewickelten Hufeisen-Stahlmagnet, dessen Weicheisenanker abgerissen wird, wodurch in der Wicklung ein Induktionsstrom erzeugt wird. Besser und wirksamer sind die Zünddynamos. Dieselben werden mit der Hand über ein Vorgelege gedreht, wobei die Zündleitungen kurzgeschlossen sind. Beim Öffnen des Kurzschlußschalters addiert sich die Öffnungs-EMK zu der Anker-EMK. Eine Klemme der Seriendynamo, eine Klemme des Kurzschließers und eine Zündleitung sind mit dem Gehäuse verbunden. Die Prüfung erfolgt pyrotechnisch, indem einer Patrone mit bekanntem Zündstrom i und Widerstand r ein Widerstand $\frac{r}{n}$ parallelgeschaltet und dieser Kombination ein Widerstand R vorgeschaltet wird. Nun wird n variiert und jedesmal R solange vermindert, bis die Patrone zündet. Dann ist der äußere Widerstand $R_e = R + \frac{r}{n+1}$ und der gelieferte Strom $i_1 = (n+1)\,i$. Die erhaltenen Werte werden in einer Kurve dargestellt, welche dem Apparat beigegeben wird und gestattet, die Zahl der in Reihe schaltbaren Patronen einer Type zu bestimmen. Folgende Tafel gibt ein Beispiel von Versuchswerten einer Kurve:

n	$\frac{r}{n}$ (Ω)	R_e (Ω)	i (A)
0	∞	29	0·32
1·5	3	15·85	0·48
1	1·5	10·5	0·64
2	0·75	6·3	0·96
3	0·5	2·2	1·28
4	0·375	0·8	1·60

Digitized by Google

Sollen zum Beispiel fünf Patronen mit der Zündstromstärke 0·424 A und dem Widerstand 1·5 Ω in Reihe verwendet werden und ist der Widerstand der Leitung 5·5 Ω, so ist $R_e = 5{\cdot}5 + (5 \times 1{\cdot}5) = 13\ \Omega$. Die Kurve ergibt als Strom der Dynamo 0·56 A, während die Patronen nur 0·424 A benötigen. Ho.

(A. C. E. F., Revue des Constructions Electriques de Charleroi, Nr. 114, April-Juni 1927.)

Literaturbericht.

[89] **Die Glimmlampe, ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers.** Von Dr. Fritz Schröter. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1927. 35 Seiten mit 21 Abbildungen. Preis M 1·75.

Die Glimmlampe wird wegen ihres geringen Stromverbrauches in ausgedehntem Maße für Signal- und Orientierungszwecke verwendet. Dagegen ist ihre in der Nachkriegszeit aus Ersparungsrücksichten eingeführte Verwendung zur Lichtreklame wegen des stets steigenden Lichtaufwandes für diesen Zweck wieder zurückgegangen. Der Verfasser bemüht sich daher, durch den Nachweis ihrer vielseitigen Verwendbarkeit auf anderen weniger bekannten Gebieten den Ausfall wieder wettzumachen. Als Anwendungsgebiete werden behandelt: I. Installations- und Starkstromtechnik (als Spannungsindikator, Stromschlußprüfer, Indikator der Stromart und -Richtung, Synchronoskop); II. Hoch- und Überspannungstechnik (als Hochspannungsanzeiger, Resonanzanzeiger, Überspannungsanzeiger und -Ventil, Überspannungsrelais); III. Schwachstromtechnik (als Reduktor, Niederspannungsgenerator, Überlagerer für Radioempfang, optischer Telegraphieschreiber); IV. Messungen und Demonstrationen (als Multiplikator, Scheitelspannungsmesser, Indikator für Resonanzamplituden, Zeitmarkengeber, Lichtquelle für Stroboskope, zur Messung von n, C, R, t, als Zählkammer für durchdringende Strahlung). Der Inhalt ist erschöpfend und liefert in der Tat den Nachweis einer vielseitigen Verwendbarkeit der Lampentype. Die Darstellung ist ferner leichtverständlich und die Abbildungen sind übersichtlich, so daß das Heft, das mit großem Fleiße und vieler Sorgfalt zusammengestellt wurde, jedem, dem die Lösung einer der angeführten Aufgaben obliegt, bestens empfohlen werden kann. Dr. Rich. Hiecke.

[3286] **Nomographie, Praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln.** Von P. Lucky, Bd. 59/60 von B. G. Teubners Mathematisch-physikalischer Bibliothek, Leipzig 1927. Preis brosch. Mk. 2·40.

Diese Broschüre stellt die zweite Auflage der „Einführung in die Nomographie, zweiter Teil" dar. Inhaltlich ist sie zu einem selbständigen Ganzen geworden und setzt die Kenntnis des ersten Teiles[1]) nicht voraus. Der Aufbau, Erläuterung an Beispielen und Aufgaben mit kürzester, aber treffender Fassung des erläuternden Textes, ist der gleiche wie im ersten Teil. Von der einfachen Funktionsleiter ausgehend wird das Rechnen mit Netztafeln, Funktionspapieren, Fluchtentafeln bis zu zweidimensionalen Tafeln mit beweglichen, bezifferten Systemen behandelt, wobei die Beispiele meistens aus Physik und Technik entnommen sind. Eine im Anhang gegebene Anführung der wichtigsten Schlüsselgleichungen unter Hinweis auf die in der Abhandlung durchgeführte Rechnung erleichtert die Anwendung des Buches zur selbständigen Aufstellung neuer Rechentafeln. Wlach.

Eingegangene Bücher.

[3355] Wie bewerbe ich mich erfolgreich um eine Anstellung. Ein Ratgeber für Angestellte und solche, die es werden wollen. Von Gust. W. Meyer, berat. Ing., Bodenbach a. E. 81 Seiten Din A 5-Format (210 × 148 mm). Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Preis tsch. Kr. 19·20, Mk. 2·40, Schw. Fr. 3·—, ö. S. 4·—. Meyers Techn. Verlag. Bodenbach a. E. 1928. (Siehe die Besprechung der ersten Auflage, E. u. M. 1926, TWN, Seite 128.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 13.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Elektrotechnik und Gewerbeinspektion. Der schwere Kampf, den die österreichische Wirtschaft im Jahre 1926 zu führen hatte, spiegelt sich auch im Bericht der Gewerbeinspektoren über ihre Amtstätigkeit wider. Während früher stets eine ganze Anzahl von neuen Betriebsanlagen größeren Umfanges vermeldet werden konnte, wird diesmal sogar von einem Rückgang gesprochen. Der Zuwachs betrifft fast nur mittlere und kleine Betriebe, letztere infolge der fortschreitenden Mechanisierung des Kleingewerbes, ebenso gab es nur Um- und Zubauten geringeren Umfanges; allein Verkehrsunternehmungen (infolge Zunahme des Kraftwagenverkehrs) und Wasserkraftwerke nahmen größere Erweiterungen vor. Die Zahl der unfallversicherungspflichtigen Betriebe ist allerdings um 4566 gewachsen, was jedoch zum allergrößten Teile nur auf die Einführung motorischen Antriebes insbesondere auf die zunehmende Verbreitung des Elektromotors im Kleinbetriebe zurückzuführen ist. Der Ausbau der Wasserkräfte hat jedenfalls zur Mechanisierung der Werkstätten stark beigetragen und die Verwendung von Dampf in hohem Maße zurückgedrängt. Als Reservekraftmaschinen werden noch zahlreiche Benzin- und Rohölmotoren in hydroelektrischen Einzelanlagen aufgestellt. Vielfach war Auswechslung der Motoren beim Übergang der Werke von Gleichstrom auf Drehstrom notwendig, wobei oft, wie zum Beispiel der Bz. Salzburg betont, die alten Gleichstrommotoren nicht wieder abgesetzt werden konnten.

Die durch den Ausbau der Wasserkräfte bedingte Entwicklung des elektrischen Betriebes bildet immerhin einen Lichtpunkt in dem vom Gewerbeinspektorat entworfenen sonst eher düsteren Bilde. Sie zeigt sich besonders dort, wo durch den Bau von Ortsnetzen eine erhöhte Propaganda eingesetzt hat. Namentlich in Textilfabriken, in erster Linie Webereien (Bz. Wiener-Neustadt) haben Elektromotoren für Einzelantriebe die bisherigen Transmissionen verdrängt. Im Bz. Leoben hat ein Gußstahlwerk zur Entlastung der Dampfkraftanlage eine Zentrale von 1200 PS errichtet und mehrere große Werke ihre Leitungsnetze bedeutend erweitert und mächtige Umformerstationen errichtet, die das Mur- und Mürztal samt größeren Seitentälern mit elektrischem Strom auch bei wesentlich erhöhtem Bedarf versorgen können. Im Bz. Innsbruck wurden — abgesehen vom Achenseewerk — einige Elektrizitätswerke errichtet, im Bz. Salzburg wurde eine Umspannstation für 60 000 V gebaut und dergleichen mehr. Auch im Burgenlande schreitet der Ausbau elektrischer Kraft- und Lichtanlagen fort. So wurde die Fernleitung zwischen Alhauh und Stegersbach vollendet und der Anschluß mehrerer Gemeinden ermöglicht, sowie das Leitungsnetz des Bz. Oberwart, das fast zwei Dutzend Gemeinden mit Strom versorgt, durch eine Hochspannungsleitung verbunden, die auch von einer anderen Stromquelle gespeist werden kann.

Die elektrische Heizung scheint sich allmählich durchzusetzen, wenigstens werden mehrere diesbezügliche Anlagen hervorgehoben, die technisch interessant sind, so zum Beispiel die eines für kontinuierlichen Betrieb eingerichteten Backofens in einer Cakesfabrik (Bz. Innsbruck); der 14 m lange Kesselofen arbeitet automatisch, die entstehenden Dämpfe werden durch einen Ventilator ins Freie geleitet. In einem Metallwerk wurde die neben einem Gasbehälter befindliche gefährliche Feuerstelle zum Warmhalten der

Digitized by Google

Sperrflüssigkeit durch Elektroheizung ersetzt. Beim Umbau eines Aquäduktkanals einer großen Wasserleitung mußte durch diesen ständig vorgewärmte Luft hindurchgetrieben werden. Zu diesem Zwecke wurden elektrische Heizkörper in die Luftrohrleitung eingebaut. In der Magnetabteilung einer großen Werkzeugfabrik (Bz. St. Pölten) werden amerikanische Elektroglühöfen mit einer Muffelfläche von je 1700 × 610 mm verwendet, deren Heizelemente eine gleichmäßige Wärmeverteilung über den ganzen Raum verbürgen. 600 kg Glühgut werden in zwei Stunden auf 700 bis 800° C mit 70 kW Verbrauch erwärmt und ein automatischer Regler ermöglicht, die Temperatur innerhalb der Grenze von zirka ± 1 vH konstant zu halten. Dasselbe Unternehmen hat die Werkstätten mit großen Elektro-Wärmespeichern versehen.

Von sonstigen für den Elektrotechniker interessanten Arbeitsprozessen sei das folgende hervorgehoben:

Eine Aluminiumfabrik (Bz. Salzburg) führte elektrothermische Umschmelzung und elektrische Schweißung ein und stellte Elektrofilter auf. In einer Akkumulatorenfabrik (Bz. Wien V) wird nicht mehr in der zu heißen Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme, welche das Blei verdampfen läßt und die Löter gefährdet, sondern mit der Sauerstoffleuchtgasflamme, die das Blei gerade zum Fließen bringt, gelötet. Dieses neue Verfahren hat einen hohen arbeiterschutztechnischen Wert. In einer Kabelfabrik (Bz. V) werden asphaltierte Eisenbänder unter Wasser elektrisch geschweißt. Zur Verhinderung einer übermäßigen Erwärmung des Wassers ist für seinen dauernden Zu- und Ablauf gesorgt; dieses Verfahren beseitigt die grelle Lichtwirkung und das Abspringen von Funken bezw. Zunder. In einer pharmazeutischen Fabrik wird destilliertes Wasser neuartig ohne Verdampfung durch Elektro-Osmose hergestellt; in den Wasserbehälter werden zwei Elektroden eingehängt, an denen sich bei Durchschickung von Gleichstrom die Salze als Ionen abscheiden. Die im Wasser gelöst bleibenden Zersetzungsprodukte werden abgeführt, indem die Elektroden vom Wasser durch die Diaphragmen getrennt werden, welche kein Wasser durchlassen, den Zersetzungsprodukten jedoch den Durchgang ermöglichen. Die aus dem zwischen den Elektrodenräumen befindlichen Mittelraum abgehenden Bestandteile werden durch Spülung der ersteren dauernd entfernt, wobei das Mittelraumwasser vollkommen salzlos gemacht wird. Dieses Verfahren ist viel billiger als Verdampfung.

Die Gewerbeinspektoren legen jetzt auch besonderen Wert auf gute Beleuchtung der Arbeitsstätten, da sich diese sowohl als sehr wirksames Unfallverhütungsmittel wie auch als produktionsförderndes Moment bewährt hat und sie wirken nach dieser Richtung hin aufklärend auf die Unternehmen. Darüber soll an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden. Überhaupt haben die Unfälle im Berichtsjahr gegenüber früher ganz wesentlich zugenommen; dies kann auch als ein Zeichen schlechter Wirtschaftlage gewertet werden, welche die Unternehmer zwingt, wo irgend möglich zu sparen. Die Tabelle gibt ein Bild über diejenigen Unfälle, an denen die Elektrizität beteiligt ist. Wenn wir dieselbe mit der Zusammenstellung für 1925[1]) vergleichen, so finden wir, daß durch elektrische Maschinen weniger Unfälle (7 : 9) verursacht wurden, dagegen durch den elektrischen Strom mehr — 153 gegen 143. Von diesen hatten 18 (24), das sind 11·8 (16·7) vH einen tödlichen Verlauf, fast durchwegs durch Berührung stromführender Maschinenteile und Leitungen. Darüber wird in den Einzelberichten wie stets ausführlicher berichtet.

Durch schlechte Installation eines elektrischen Pumpenkabels wurde ein Gärtnergehilfe getötet. In Wien (Bz. V) fand ein tödlicher Unfall bei der Arbeit mit einer elektrischen Handbohrmaschine durch Kurz-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 228.

Im Jahre 1926 der Gewerbeinspektion zur Kenntnis gekommene Unfälle.

Ursache der Unfälle.

	Motoren	Elektrischer Strom		
	Generatoren und Elektromotoren	Berührung stromführender Teile	Kurz- und Erdschlüsse	Sonstige Ursachen
I. Gewerbe d. Urprodukt.	.	.	.	.
II. Hüttenbetriebe	.	.	.	.
III. Industrie in Erden, Steinen, Ton, Glas	.	1	.	.
IV. Metallverarbeitung	.	8	6	5
V. Erzeug. v. Masch., App., Transportmitteln	1	14	24	11
VI. Ind. in Holz-, Flecht-, Dreh- u. Schnitzwaren	.	1	.	1
VII. Erzeug. v. Waren aus Kautsch., Guttap., Zelluloid	.	.	.	.
VIII. Ind. in Leder, Häuten, Borten, Haaren, Federn u. ähnl. Material	.	.	1	.
IX. Textilindustrie	1	2	2	.
X. Tapezierergewerbe	.	.	.	.
XI. Bekleidungs- und Putzwaren-Industrie	.	.	1	.
XII. Papierindustrie	1	5	5	3
XIII. Industrie in Nahrungs- u. Genußmitteln	1	2	1	.
XIV. Gast- und Schankgew.	.	.	.	.
XV. Chemische Industrie	1	2	1	2
XVI. Baugewerbe	1	15	2	2
XVII. Graphische Gewerbe	.	1	.	.
XVIII. Zentralanl. f. Kraftliefg., Beheiz., Beleuchtg.	1	20	6	3
XIX. Industrielle Verrichtgn. i. Umherzieh. einschl. d. Sammelns v. Naturprodukten	.	.	.	.
XX b. XXIII. Warenhandel	.	.	.	.
XXIV. Verkehrsgewerbe	.	.	1	.
XXV. Sonstige Gewerbe und Gewerbzweige	.	1	.	.
XXVI. Sonstige Betriebe und Anstalten	.	3	1	.
Summe	7	75	51	27

schluß statt. Glimpflicher verlief ein Unfall in einer Sanatoriumsküche, in der ein auf dem Herde stehendes Mädchen beim Reinigen einer Glühlampe mit ihrem nassen Putzlappen an die Fassung geriet, Strom erhielt, herabgeschleudert und schwer verletzt wurde. Bei einer Kranreparatur (Bz. Wiener-Neustadt) hatte der Elektriker entgegen der Vorschrift die Leitungen nicht abgeschaltet, erhielt einen Schlag, stürzte ab und erlitt einen Schädelbruch. In der Transformatorenstation einer Spinnerei (Bz. Linz) kam der Direktor durch Ausgleiten in Berührung mit der 10 kV führenden Leitung, erlitt schwerste Verbrennungen und starb nach zwei Tagen. In einer Brauerei im gleichen Bezirk führte das Anfassen eines schadhaften Lampenkabels zum Tode. Ein Monteur (Bz. Salzburg) stürzte bei Anschlußarbeiten infolge Berührung stromführender Teile von einer 8 m hohen Leiter und verletzte sich tödlich. Beim Reinigen der Isolatoren eines stromlosen Ölschalters in einem Elektrizitätswerk desselben Bezirkes wurde ein Mann durch den Starkstrom benachbarter stromführender Leitungen getötet. Im Bz. Leoben erlitten zwei Arbeiter, die entgegen der Vorschrift Hochspannungsräume betreten hatten, durch die Berührung von 3 bezw. 20 kV-Leitungen den Tod. Wie wichtig es ist, Gittermaste zu schützen, was jetzt zum Beispiel durch Anbringung von Stachelkragen im unteren Drittel geschieht, zeigt ein bedauernswerter Unfall im Bz. Klagenfurt, wo mehrere zehn- bis zwölfjährige Knaben einen nicht ge-

Digitized by Google

sicherten Mast zu erklettern versuchten; einer davon kam einem Leitungsdraht zu nahe; der Knabe, der durch einen überspringenden Funken Brandwunden im Gesicht erlitt, stürzte herab und brach sich das Rückgrat. Aber auch ernste, sehr erfahrene Monteure sind nicht gefeit. So bestieg im gleichen Bezirk ein 53jähriger, verläßlicher Mann einen Leitungsmast und griff eine Phase an, während er irgendwie den Nulleiter mit dem Körper berührte; er fiel herab und starb nach kurzer Zeit. Lähmung durch elektrischen Strom und Gehirnerschütterung infolge Sturz führten den schnellen Tod eines Monteurs herbei (Innsbruck), der auf dem Mast einer nicht geerdeten Hochspannungsleitung arbeitete, als diese infolge irrtümlicher Schaltung einer an das Netz angeschlossenen Niederspannungsanlage durch den Rückstrom des nicht abgeschalteten Transformators unter Spannung gesetzt wurde. Einem Herzschlag erlag vermutlich infolge Schockwirkung ein allerdings schwer herzkranker Arbeiter, der auf einem nassen Holzzementboden arbeitete, beim Berühren einer schlecht isolierten Handlampe. In ähnlicher Weise führte die Berührung einer unter Strom stehenden leeren Glühbirnenfassung in einer Bäckerei bei einem zufällig anwesenden Hotelangestellten zum sofortigen Herzstillstand. Über einen eigenartigen Unfall berichtet das Inspektorat für Bauarbeiten in Graz: Ein 26jähriger Maurer hatte allabendlich eine elektrische Lampe, die in einem neugebauten Jauchenkeller benutzt wurde, zu entfernen. Einmal griff er beim Ausschrauben an die Fassung, als er gerade infolge Regens stark durchnäßte Kleider anhatte, kam in stromleitende Berührung und schnellte vermutlich dabei aus der durch die geringe Raumhöhe bedingten vorgebeugten Körperhaltung so heftig empor, daß er sich an der Kellerdecke die Schädelknochen zerbrach. Ein weiterer seltener Unfall ist noch aus dem Bz. I Wien zu vermelden, wo ein Monteur bei einem Kurzschluß durch starke Lichtwirkung eine Blendung des linken Auges erlitt.

All dies zeigt, daß noch immer nicht mit der nötigen Vorsicht an elektrischen Anlagen gearbeitet wird. Daß eine solche nicht nur bei Hochspannung, sondern auch schon bei 110 bis 220 V nicht außer Acht gelassen werden kann, heben die Inspektoren warnend hervor.

Berufskrankenheiten kommen in der elektrotechnischen Industrie fast nur bei der Akkumulatorenfabrikation vor, bei der die Arbeiter den Einflüssen des giftigen Bleis ausgesetzt sind, insbesondere die Schmierer und Löter, aber auch die Monteure; unter 75 untersuchten Arbeitern trugen 32 Zeichen von Bleivergiftungen. Eine interessante Untersuchung wurde bei den Glühlampenfabriken angestellt, wobei untersucht wurde, welchen Einfluß schlecht entlüftete und dicht besetzte Arbeitsräume auf den Krankenstand besitzen.

Wie schon erwähnt, macht die Gewerbeinspektion die ungünstige allgemeine Wirtschaftslage für die zunehmende Außerachtlassung der gesetzlichen Bestimmungen verantwortlich und auch auf elektrotechnischem Gebiete gab es eine größere Anzahl von Anständen. In einer Kunstmühle (Bz. Wien II) entstand durch Mehlstaubexplosion, vermutlich infolge nicht funkensicher verschalter Elektromotoren, ein Brand, der sie vollkommen zerstörte. In einer Brauerei (Bz. Wien V) waren die Faßlampen so schlecht isoliert, daß der betreffende Arbeiter durch den Blechgriff wiederholt Strom erhielt, was infolge der ständigen Feuchtigkeit in solchen Betrieben besonders gefährlich ist. In zwei Elektrizitätswerken, in denen 24stündige Arbeitszeit nötig war, wurde diese von nur zwei Maschinisten in Zwölfstundenschichten geleistet. In einem anderen Elektrizitätswerk (Bz. Bregenz) mußten schadhafte Hochspannungssicherungen mit außenliegenden Abschmelzdrähten, unbrauchbare Vorrichtungen für den Anschluß der Schaltstange an die Erdleitung und das Fehlen der Erdung beim Regler-Schutznetz beanstandet werden. Wiederholt wurden Verstöße gegen die Sicherheitsvorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien vorgefunden und die letzteren eingeschärft.

Das Verhältnis zwischen Arbeitgebern und -nehmern scheint in der elektrotechnischen Industrie im allgemeinen gut gewesen zu sein. Im allgemeinen wird festgestellt, daß sich die Löhne gegenüber dem Vorjahre nicht wesentlich geändert haben, infolge der allgemeinen Konjunktur sich auch nicht bessern konnten.

Um mit einem freundlichen Bilde zu schließen, sei noch einer Lehrwerkstatt in einer elektrotechnischen Fabrik (Bz. Wien I/4) Erwähnung getan, in der 35 Lehrlinge zwei Jahre lang praktisch unter Leitung eines Werkführers in mechanisch-technischer Richtung ausgebildet werden. Die theoretische Ausbildung wird durch einen gleichzeitigen Besuch einer Fortbildungsschule erreicht. Vor der Aufnahme wird jeder Bewerber einer längeren 1 bis 3 Stunden dauernden psychotechnischen Püfung unterzogen, von deren Ergebnis die Aufnahme abhängig ist. Nach zweijährigem Besuch der Lehrwerkstatt werden die jungen Leute abwechselnd in den einzelnen Fabriksabteilungen beschäftigt. Fast die gesamten Kosten dieser Einrichtung werden vom Unternehmen selbst getragen.

E. Honigmann, Wien.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	16. I. 1928	18. I. 1928	20. I. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135¼	135¼	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 20. Jänner 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	15	0	61	16	3
Standard 3 Monate .	61	12	6	61	13	9
Zinn:						
Engl. ingots	248	10	0	249	10	0
Standard Kassa . .	250	0	0	250	2	6
Standard 3 Monate .	248	12	6	248	17	6
Blei:						
Engl. pig common . .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	3	9	26	2	6
Remelted	26	7	6	—	—	—
English Swansea . .	26	13	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 9 sh/Pf. 16 12 sh 6 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 5. Februar 1928 | Heft 6

Zwei neue Systeme für elektrische Zugbeleuchtung.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Vesterås.[1])

Uebersicht.

Im Folgenden wird über zwei neue Systeme für elektrische Zugbeleuchtung berichtet, welche bei der Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) in **Vesterås** entwickelt wurden. Daß ASEA sich nicht wie manche andere Firmen damit begnügte, eines der schon bekannten und verbreiteten Systeme zu übernehmen, hatte seinen guten Grund. Man war nämlich teils durch eigene Beobachtungen, teils durch eingeholte Informationen zu der Ansicht gelangt, daß wohl keines der in Frage kommenden Systeme als ideal zu bezeichnen sei, und daß deshalb ein überlegenes neues System zwar einen schweren, aber durchaus nicht aussichtslosen Kampf um Anerkennung zu bestehen haben würde.

Ein Studium der am meisten verbreiteten Systeme lehrte, daß Verbesserungen in zwei Richtungen möglich waren, nämlich sowohl was Einfachheit als auch was Vollkommenheit betraf. Alle Systeme erschienen nämlich als mehr oder weniger glückliche Kompromisse zwischen diesen beiden Hauptgesichtspunkten: Einfachheit und Vollkommenheit.

Die Hauptforderungen, die man an jedes moderne System stellt, ist die Erzeugung zweier Spannungen, von welchen die erste, kleinere Spannung zur Speisung der Lampen, die zweite größere Spannung zur Aufladung der Beleuchtungsbatterie dient. Sowohl Licht- als Ladespannung sollen oberhalb einer gewissen Zuggeschwinddigkeit soweit als möglich unabhängig von dieser sein; insbesondere darf keine Gefahr bestehen, daß die Beleuchtungsbatterie durch Überladung zerstört wird. Bei Anwendung einer alkalischen Batterie, welche in Schweden die allein herrschende ist, wird diese Forderung erfüllt, wenn dafür gesorgt ist, daß die Ladespannung eine bestimmte obere Grenze nie überschreiten kann. Außerdem braucht man stets einen automatischen Umschalter, der bei Unterschreitung einer gewissen niedrigsten Zuggeschwindigkeit den Generator von dem Beleuchtungs- und Batteriestromkreise abtrennt und die Lampen auf die Batterie schaltet, während bei Überschreitung dieser unteren Grenzgeschwindigkeit die Betriebsschaltung sofort wieder hergestellt wird.

Unentbehrlich sind also nur der von der Wagenachse angetriebene Generator, die Beleuchtungsbatterie und der automatische Umschalter. Alle anderen Apparate, insbesondere Regler für Licht- und Ladespannung sowie für den Ladestrom der Batterie können schon als Komplikationen aufgefaßt werden; denn man kann sich Systeme denken, welche auch ohne diese Hilfsmittel betrieben werden können.

Ein Fortschritt schien daher auf zwei verschiedenen Wegen möglich zu sein. Als die radikalste Lösung erschien ein System, das mit allen Reglern überhaupt aufräumte. Der ganze Regelvorgang sollte in den Generator selbst verlegt werden. Dieser sollte ganz einfach von vorneherein eine Beleuchtungsspannung erzeugen, die oberhalb einer gewissen Geschwindigkeitsgrenze von der Zugsgeschwindigkeit praktisch unabhängig ist, und außerdem eine höhere Spannung von geeigneter Größe und Stromabhängigkeit zur Aufladung der Batterie während der Fahrt liefern. Gelang dies, so war natürlich jeder Regler überflüssig.

Allein es schien auch möglich, auf minder radikale Weise, das heißt unter Beibehaltung von Reglern, einen bedeutsamen Fortschritt zu erzielen, wenn es gelang, diese Regler weitgehend zu vereinfachen. Die neuesten Betriebserfahrungen schienen nämlich darauf hinzudeuten, daß gerade die automatischen Regler einen schwachen Punkt bildeten, und wenn es gelang, diese nach neuen Grundsätzen kräftiger, aber doch nicht teurer und weniger wirksam zu konstruieren, so schien auch ein derartiges System gute Zukunftsmöglichkeiten zu besitzen.

Es galt somit, entweder eine neue Beleuchtungsmaschine zu erfinden oder einen neuen Spannungsregler. Ich selbst versuchte mit Erfolg die erste Aufgabe zu lösen. Für das Regulatorproblem fand Ingenieur Akermann eine — wie mir scheinen will — überaus sinnreiche und glückliche Lösung. So verfügt heute die ASEA über nicht weniger als zwei neue, wohl durchdachte und im Versuchsfeld sorgfältig durchgeprüfte Systeme. Es ist mir eine angenehme Pflicht, bei

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten am 18. März 1927 vor dem Verein schwedischer Elektroingenieure in Stockholm.

Digitized by Google

dieser Gelegenheit auch einen jungen dänischen Ingenieur, Herrn Garde, zu nennen, welchem sowohl Herr Akermann als auch ich selbst für seine intelligente und fördernde Mitarbeit bei der Durchbildung der neuen Systeme zu Dank verpflichtet sind.

I. Teil. Das neue Zugbeleuchtungssystem des Verfassers ohne automatische Spannungs- und Stromregler.

Ich beginne mit demjenigen von beiden Systemen, welches zuerst entwickelt wurde und welches sich dadurch auszeichnet, daß es keinen einzigen Regler verwendet. Die ganze Regelung besorgt die Zugbeleuchtungsmaschine selbst. Da-

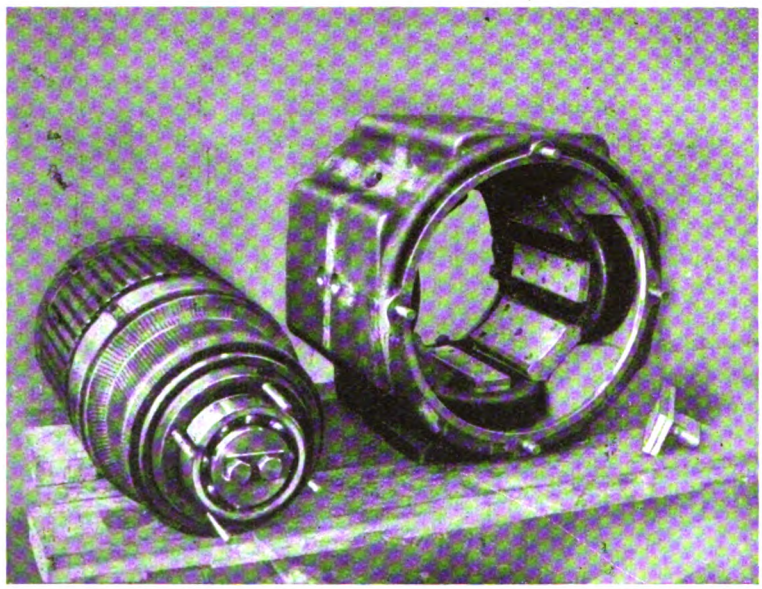


Abb. 1. Rotor und Stator der neuen Zugbeleuchtungsmaschine.

bei ist diese Maschine von hervorragend einfacher Bauart. Abb. 1 zeigt einen normalen Gleichstromanker mit nur einem Kollektor. Daneben sieht man den Stator mit vier breiten Hauptpolen und vier schmalen Hilfspolen. Nur die Hilfspole tragen Feldspulen. Abb. 2 zeigt die fertig montierte Maschine. Die auf dem Bild sichtbare Bürstenbrücke sitzt fest, zum Unterschied von vielen anderen Systemen, deren Bürstenbrücke beweglich ist und bei jeder Änderung der Fahrtrichtung durch die Reibung um eine Polteilung mitgenommen wird. Den Vorteil der festen Bürstenbrücke hat der neue Generator mit der gewöhnlichen Rosenberg-Maschine gemeinsam, deren Polarität bekanntlich unabhängig von der Drehrichtung ist. In der Tat gehört auch der neue Generator zur Klasse der Querfeldmaschinen.

Die abgebildete Maschine war ursprünglich berechnet für eine Dauerleistung von 24 V und 50 A im Lampenkreis, sowie 33 V und 25 A im Batteriestromkreise, konnte aber nach Verbesserung der ursprünglichen Schaltung im ganzen Regelbereich nahezu die doppelte Spannung aufbringen. Die Maschine wiegt 380 kg, wird aber bei einer Neukonstruktion wesentlich kleiner und leichter ausfallen. Der Bereich der Selbstregelung ist 450 bis 2700 Touren entsprechend einer Zuggeschwindigkeit von 20 bis 120 km pro Stunde. Der Antrieb erfolgt von der Wagenachse mittels Kardangetriebe.

Ehe ich die Beschreibung des Generators fortsetze, muß ich mit einigen Worten das Prinzip der Selbstregelung erklären. Dieses Prinzip ist außerordentlich einfach. Abb. 3 zeigt einen normalen Gleichstromgenerator mit zwei Feldwicklungen m_1 und m_2. Das Feld m_1 ist fremderregt und zwar mit einem Strom i_1, dessen Größe konstant gehalten wird, eventuell mittels eines vorgeschalteten Eisendrahtwiderstandes r. Die Wicklung 2, welche der vorigen entgegenwirkt, wird von der Generatorspannung E_0 gespeist. Ihre Amperewindungen $i_2 N_2$ sind deshalb proportional der Generatorspannung, oder umgekehrt

$$E_0 = \text{Konst.}\, i_2 N_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Es ist leicht, auf Grund dieses Zusammenhanges die Generatorspannung E_0 graphisch zu bestimmen. (Abb. 3a).

Man trägt zuerst die Amperewindungen der Fremderregung $i_1 N_1 = OO'$ auf und zeichnet dann durch Punkt O' gemäß Gleichung (1) die geradlinige Spannungscharakteristik $O'A$ mit der Neigung

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_0}{i_2 N_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1\,a).$$

Wo diese Gerade die Leerlaufcharakteristik $E_0 = f(i_r N_r)$ schneidet, liegt der Punkt P, bis zu welchem der Generator sich erregt. Gleichzeitig findet man die Größe der resultierenden Amperewindungen

$$OB = i_r N_r = i_1 N_1 - i_2 N_2 \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Wir wollen nun annehmen, die Leerlaufcharakteristik sei für die niedrigste Tourenzahl gezeichnet, für welche der Generator die Beleuch-

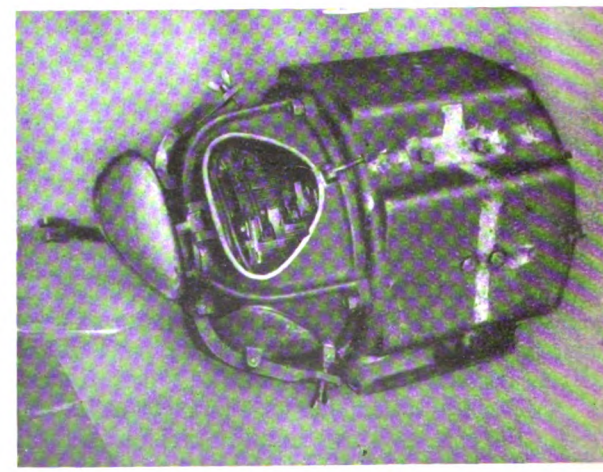


Abb. 2. Die neue Zugbeleuchtungsmaschine, fertig montiert.

Digitized by Google

tungsspannung zu erzeugen hat. Für unendlich hohe Tourenzahl fällt die Leerlaufcharakteristik mit der Ordinatenachse zusammen. Aus Abb. 3a folgt dann ohne weiteres, daß zwischen tiefster und höchster Tourenzahl die Spannung nicht mehr als höchstens um

$$\Delta E = E_\infty - E_0 \quad \ldots\ldots (3)$$

steigen kann, und daß

$$\frac{\Delta E}{E_0} = \frac{i_r N_r}{i_1 N_1} \quad \ldots\ldots (4).$$

Mit anderen Worten: Die prozentuelle Spannungserhöhung ist gleich dem Verhältnis der resultierenden und der entmagnetisierenden Amperewindungen bei tiefster Tourenzahl. Macht man dieses Verhältnis genügend klein, so bleibt auch die Spannung genügend konstant.

Indessen sieht man leicht ein, daß diese Schaltung mit einer ungeheuren Verschwendung von Amperewindungen arbeitet. Das Verhältnis der

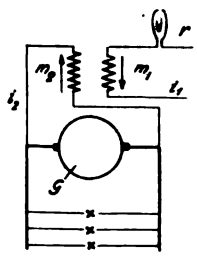


Abb. 3.

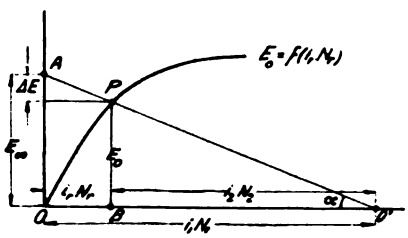


Abb. 3a.

Erstes Prinzip für Selbstregulierung auf konstante Spannung.

resultierenden Amperewindungen bei tiefster Tourenzahl zu den totalen Amperewindungen bei höchster Tourenzahl ist nämlich

$$\frac{i_r N_r}{\Sigma i N} = \frac{i_r N_r}{2 i_1 N_1} = \frac{\frac{\Delta E}{E_0}}{2\left(1 + \frac{\Delta E}{E_0}\right)} \quad \ldots (5),$$

also für $\frac{\Delta E}{E_0} = 0{\cdot}1$

$$\frac{i_r N_r}{\Sigma i N} = \frac{0{\cdot}1}{2{\cdot}2} = 0{\cdot}0455.$$

Das Feldkupfer wird also nur zu ungefähr 4½ vH ausgenützt.

Bei flüchtiger Untersuchung könnte es scheinen, als ob die folgende Schaltung nach Abb. 4 mehr rationell arbeite. Sie unterscheidet sich von der vorigen durch Einführung einer Hilfsbatterie *b*, deren EMK mit der Generatorspannung E_0 bei tiefster Tourenzahl übereinstimmt, aber entgegengesetzt gerichtet ist. Bei der tiefsten Tourenzahl sind deshalb Klemmenspannung und Strom der Gegenerregerwicklung m_2 gleich Null und die Amperewindungen der Fremderregung sind gleichzeitig die resultierenden Feldamperewindungen. Wenn jetzt die Drehzahl steigt, so ladet der Generator die Hilfsbatterie über die Gegenerregerwicklung als Vorschaltwiderstand, und bei unendlicher Tourenzahl würde die Generatorspannung so hoch steigen, daß die entmagnetisierenden Amperewindungen $i_2 N_2$ die Fremderregung $i_1 N_1$ gerade aufheben. Das Verhältnis zwischen den resultierenden Amperewindungen bei tiefster Tourenzahl und den totalen Amperewindungen bei höchster Tourenzahl beträgt also ungefähr 50 vH, und das ist eine Ausbeute, die man sich gefallen lassen könnte.

Indessen läßt sich jetzt die Spannungserhöhung ΔE zwischen tiefster und höchster Drehzahl nicht genügend klein halten, wenigstens

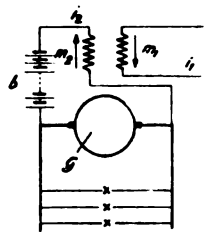


Abb. 4.

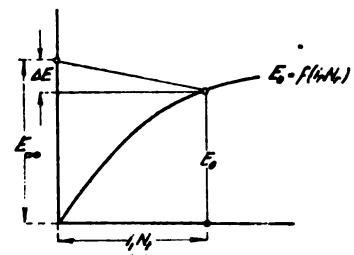


Abb. 4a.

Zweites Prinzip für Selbstregulierung auf konstante Spannung.

nicht ohne große Kosten und Effektverluste. Setzen wir zum Beispiel den Fall, ΔE solle nicht mehr als 10 vH der tiefsten Generatorspannung plus der eventuellen Erhöhung der Batteriespannung während der Ladung betragen. Nehmen wir ferner an, die Gegenerregerwicklung verbrauche nicht mehr als 2·5 vH des Nutzeffektes, was für eine Zugbeleuchtungsmaschine sicher kein hoher Wert wäre. Dann betrüge der höchste Ladestrom (bei höchster Drehzahl) nahezu 25 vH des nützlichen Vollaststromes. Abgesehen von diesem bedeutenden Effektverlust wäre man also gezwungen, die Hilfsbatterie für Dauerladung mit maximal 25 vH des Vollaststromes zu dimensionieren. Es ist klar, daß etwas derartiges niemals in Frage kommen kann.

Wir gelangen somit zu dem abschließenden Urteile, daß beide Schaltungen nach Abb. 3 und 4 zwar denkbar wären, aber sozusagen nur in

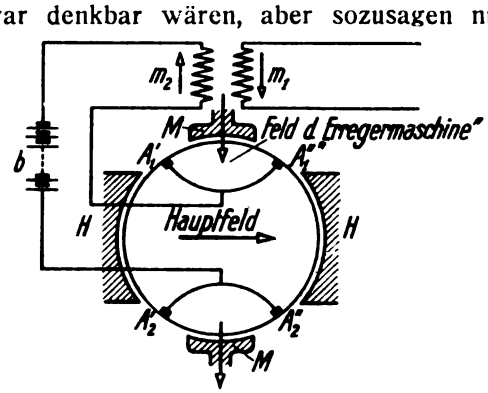


Abb. 5. Prinzipschema der neuen Zugbeleuchtungsmaschine.

verkleinertem Maßstab, das heißt nicht für das Generatorfeld, sondern möglicherweise für den Feldkreis einer kleineren Erregermaschine. Der Zugbeleuchtungsgenerator wäre also mit einer Erregermaschine zu versehen, und deren Feld könnte nach den oben erörterten Grundsätzen geregelt werden.

Digitized by Google

Aber da kommen andere praktische Bedenken: Niemand wird sich dazu verstehen, zwei Maschinen von der Wagenachse zu treiben, anstatt einer einzigen; ein derartiges System hätte von allem Anfang an keine Chancen. Will man daher trotzdem den Generator nach dem oben erklärten Selbstregelungsprinzip bauen, so scheint nichts übrig zu bleiben, als die Erregermaschine in den Generator selbst zu verlegen und beide zu einer einzigen organischen Einheit zu verschmelzen. Das ist nun wirklich geglückt und damit komme ich zu der schließlichen Lösung, die Abb. 1 und 2 zeigten, aber nicht erklärten.

In Abb. 5 ist der Generator schematisch mit 2 Hilfspolen $M - M$ und 2 Hauptpolen $H - H$ gezeichnet. In jeder der 4 Lücken zwischen den Polen sitzt eine Bürste. Die Bürsten sind paarweise so verbunden, daß die durch Rotation im Felde der Hilfspole erzeugte Spannung kurzgeschlossen wird. Die Hilfspole sind nämlich in erster Linie nichts anderes als die Hauptpole der im Generator versteckten Erregermaschine. Das beweist unter anderem schon der Umstand, daß sie die früher erwähnten Feldwicklungen m_1 und m_2 tragen, welche sich entgegenwirken. Als Anker der Erregermaschine sind dann die Wicklungsabschnitte $A_1'A_1''$, bezw. $A_2'A_2''$ anzusprechen, denn in ihnen wird ja durch Rotation im Hilfspolfelde eine Spannung erzeugt und diese ist die Leerlaufspannung der unbelasteten Erregermaschine. Schließt man nun die beiden Bürstensätze kurz, so beginnt in dem so definierten „Anker der Erregermaschine" ein Strom zu fließen, gleichzeitig aber auch in der „Hauptfeldwicklung des Zugbeleuchtungsgenerators". Denn die kurzgeschlossenen Wicklungsabschnitte erregen ein Feld durch die Hauptpole $H - H$. Es kann also kein Zweifel bestehen, daß der sogenannte „Anker der Erregermaschine", das sind die kurzgeschlossenen Wicklungsabschnitte, gleichzeitig als Feldwicklung für den Hauptgenerator fungiert.

Hat man diese merkwürdige und doch ungezwungene Kombination einer Erregermaschine und eines Generators in ein und derselben Maschine verstanden, so folgt alles andere von selbst. Sind $H - H$ die Hauptpole des Generators, so bedeuten natürlich die Wicklungsabschnitte zwischen A_1' und A_2' einerseits und zwischen A_1'' und A_2'' andererseits die Ankerwicklung des Generators. Hier wird somit die Rotationsspannung E_0 erzeugt und diese wird auf die Gegenerregungswicklung m_2 der „Erregermaschine" geschaltet, entweder direkt oder über die früher erklärte Hilfsbatterie *b*. Damit ergibt sich genau die gleiche Selbstregulierung auf konstante Spannung wie für die Schaltungen nach Abb. 3 und 4. Aber nicht länger auf verlustreiche Weise, sondern mit billigen Hilfsmitteln und kleinen Verlusten. Bei der Probemaschine verbraucht die Fremderregung einschließlich Vorschaltwiderstand zirka 6 Watt. Die Gegenerregungswicklung hat einen maximalen Spannungsabfall von 1·3 V bei 0·53 A, verbraucht also nicht mehr als 0·7 W. Rechnet man die Gegenspannung der Batterie hinzu, so ergibt sich ein Gesamtverbrauch des Gegenerregungskreises von höchstens 14 W, im Mittel jedoch nur 9 bis 10 W. Trotz dieses geringen Effektverbrauches ist erreicht, daß die Beleuchtungsspannung nie mehr als 1·3 V über der nahezu konstanten Ladespannung der Hilfsbatterie liegen kann. Als Hilfsbatterie dient eine kleine Jungner-Batterie von 14 bis 15 Zellen und einer Kapazität von 8 bis 9 Amperestunden. Als normaler Ladestrom wird 2·25 A angegeben. Obgleich also bereits die Batterie sehr klein ist, wird sie doch nur für einen noch viel kleineren Effekt in Anspruch genommen, nämlich für ungefähr ein Sechstel des normalen Ladestromes.

Ich muß besonders hervorheben, daß diese Hilfsbatterie nicht als ein schwacher Punkt des ganzen Systems aufgefaßt werden darf. Denn erstens ist sie sehr klein, und zweitens wird sie niemals entladen, sondern ständig geladen. Dabei ist der Ladestrom so klein, daß die Batterie diesen nicht nur ohne den geringsten Schaden dauernd erträgt, sondern daß die Dauerladung sogar günstig auf die Lebensdauer der Batterie einwirkt.

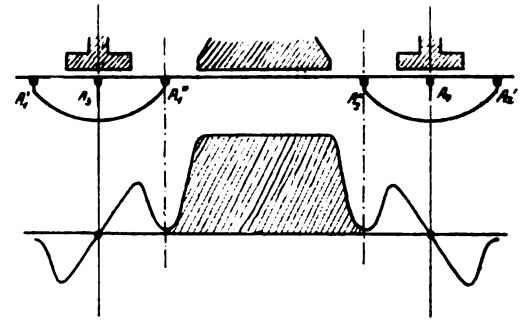


Abb. 6. Hauptfeldverteilung der neuen Zugbeleuchtungsmaschine.

Hierfür volle Garantie zu übernehmen, sind die schwedischen Akkumulatoren-Werke Jungner jederzeit bereit. Die Hilfsbatterie erfordert keine andere Wartung wie die ebenfalls als Jungner-Batterie gedachte Hauptbatterie, nämlich die Nachfüllung von destilliertem Wasser ungefähr jeden zweiten Monat. Ich wiederhole: Entladung tritt unter keinen Umständen auf. Auch wenn die Batterie während längerer Betriebspausen sich selbst überlassen ist, ist Selbstentladung in der später beschriebenen Ruheschaltung ausgeschlossen.

Wir sind uns nun vollkommen darüber im klaren, daß wir in der neuen Zugbeleuchtungsmaschine einen Generator mit versteckter Erregermaschine vor uns haben, der ohne irgend einen Regler seine Spannung näherungsweise konstant hält. Aber bisher liefert er nur e i n e Spannung. Wie vermag er gleichzeitig die zweite um 30 vH höhere Ladespannung zu erzeugen?

Wir sehen das sogleich, wenn wir die Verteilung des Hauptfeldes untersuchen. Da dieses durch die kurzgeschlossenen Wicklungsabschnitte

Digitized by Google

des Ankers, also durch eine gleichmäßig verteilte Wicklung erzeugt wird, ergibt sich bei Vernachlässigung der Eisensättigung eine Verteilung nach Abb. 6. Von diesem Felde haben wir den schraffierten Teil unter den Hauptpolen zur Erzeugung der Beleuchtungsspannung benützt. Setzt man unter die Mitte der Hilfspole zwei weitere Bürsten A_3A_4 auf, so ist ihre Spannung im Verhältnis zur Beleuchtungsspannung ebenso viel größer, wie der gesamte Flux zwischen A_3A_4 im Verhältnis zum Flux durch die Hauptpole. Es macht keine Schwierigkeit, das Verhältnis zwischen Haupt- und Hilfspolbogen so zu berechnen und auszuführen, daß das gewünschte Verhältnis zwischen Ladespannung und Lichtspannung verwirklicht wird. Bei Leerlauf ist dieses Verhältnis konstant, und da der Generator seine Beleuchtungsspannung selbsttätig konstant hält, so ist auch die Ladespannung der Haupt-Batterie ebenso unabhängig von der Zuggeschwindigkeit.

Um ebenso günstige Verhältnisse bei Belastung zu erreichen, muß verhindert werden, daß die Ankerrückwirkung des Licht- und Ladestromes auf das Feld der Hilfspole einwirkt. Diesem Zwecke dienen zwei Kompensationswicklungen K_1 und K_2 um die Hilfspole, von welchen die eine vom Beleuchtungsstrom, die andere vom Ladestrom der Hauptbatterie durchflossen wird. Die Hilfspole tragen somit vier Teilspulen m_1 m_2 K_1 K_2, welche zusammen als eine einzige Spule isoliert und aufgesetzt werden. Daß diese nicht viel Platz in Anspruch nimmt, zeigt Abb. 1.

Damit ist alles gesagt, was zum Verständnis des vollständigen Prinzipschemas der Abb. 7 notwendig ist. Die Schaltung ist hier insofern noch etwas vereinfacht worden, als die Bürste A_3 gleichzeitig als der eine Pol für Beleuchtungs- und Batteriestromkreis benützt wird. Die Fremderregung m_1 wird der Hauptbatterie entnommen, die Gegenerregung m_2 wird von Beleuchtungsspannung minus Gegenspannung der Hilfsbatterie erregt. So einfach dieses Schaltungsschema ist, so enthält es doch außer Schaltern, Sicherungen und der automatischen Umschaltungsanordnung alles, was für ein erstklassiges modernes System notwendig ist.

Ich will gleich hier einem Einwand begegnen, welcher ziemlich nahe liegt: Man könnte beim Anblick von Abb. 7 auf den Gedanken kommen, die Vorteile des neuen Systemes würden mit einer erschreckend großen Bürstenzahl erkauft.

Es ist leicht, diese Auffassung zu entkräften. Vor allem muß man wohl unterscheiden zwischen Bürstenzahl oder besser Bürstenlauffläche und den Stellen, wo Bürsten aufgesetzt werden, sagen wir kurz „Bürstenzonen". In Abb. 7 hat der neue Generator 6 Bürstenzonen, eine gewöhnliche zweipolige Gleichstrommaschine hat deren zwei. Aber daraus folgt doch nicht, daß die neue Maschine dreimal soviel Bürsten benötigt, wie die alte.

Ein richtiger Vergleich muß auf folgende Weise angestellt werden. Ein normaler Zugbeleuchtungsgenerator erfordere in einem speziellen Falle eine Bürstenlauffläche für 75 A, wovon 50 A Lichtstrom und 25 A Ladestrom sind. Der neue Generator läßt außerdem den Hauptfeldstrom, der bei der tiefsten Tourenzahl etwa 50 A beträgt, durch die kurzgeschlossenen Bürstensätze zirkulieren. Die erforderlichen Bürstenlaufflächen stehen also im Verhältnis 75 : 125, das ist 1 : 1·66, falls der Generator im Stande sein soll, bei derselben Zuggeschwindigkeit, bei welcher er sich einschaltet, auch dauernd in Betrieb zu bleiben. Gewöhnlich wird der Dauerbetrieb erst für eine höhere Zuggeschwindigkeit in Frage kommen, und dann wird der Unterschied zwischen den Bürstenlaufflächen noch geringer.

Nach dieser Beschreibung des Generators dürfte eine kurze Übersicht über seine Betriebseigenschaften am Platze sein.

Ich lege dabei besonderes Gewicht auf die günstigen Kommutierungsverhältnisse. Die Kompensationswicklungen um die Hilfspole beseitigen ja die Ankerreaktion auf dieselbe Weise wie die

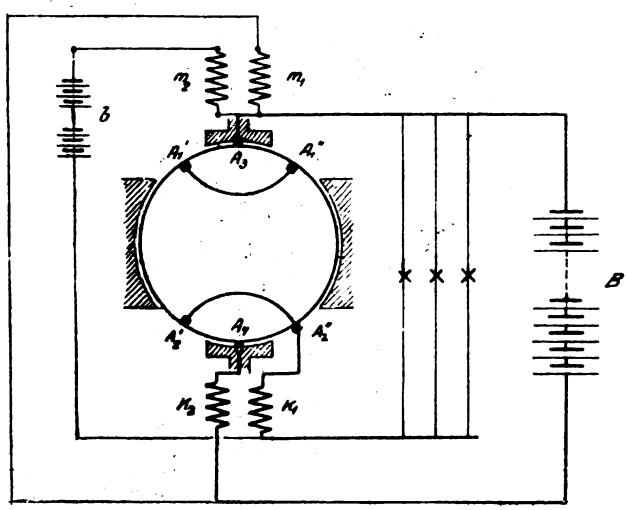


Abb. 7. Prinzipschema des neuen Zugbeleuchtungssystems.

Kommutierungswicklungen gewöhnlicher Hilfspolmaschinen, und das schwache Restfeld, das unter den Hilfspolen bestehen bleibt, hat eine solche Richtung, daß es die Reaktanzspannung der Kommutierung aufhebt oder vermindert. Auch daß die Maschine mit festgeschraubter Bürstenbrücke arbeitet, ist von ebenso großem Vorteil für die Kommutierung wie für die Betriebssicherheit.

Ein weiterer Punkt, der hervorgehoben zu werden verdient, ist die Vermeidung aller unnötigen Verluste. Weder im Lampen- noch im Batteriekreis werden energieverzehrende Widerstände benützt, was dem Wirkungsgrade sehr zu gute kommt.

Daß die Selbstregelung auf konstante Beleuchtungsspannung unter allen Bedingungen einwandfrei arbeitet, dürfte für jeden klar sein, welcher der Erklärung des einfachen Regelprinzipes gefolgt ist. Trotzdem mag auch im einzelnen ausgesprochen werden, daß die Beleuchtungsspannung

Digitized by Google

praktisch unabhängig ist von der Anzahl der eingeschalteten Lampen, der Temperatur der Wicklungen, dem Übergangswiderstand der Kohlebürsten und dem Ladezustand der Hauptbatterie. Alles wird so gut wie ausschließlich durch die Spannung der Hilfsbatterie bestimmt, und daß diese sich stets auf derselben Höhe hält, wird durch einen, später beschriebenen, einfachen Kunstgriff sicher gestellt. Die Selbstregelung kann leicht innerhalb weiter Grenzen, zum Beispiel zwischen 20 und 120 km pro Stunde erreicht werden.

Den günstigen Arbeitseigenschaften des Generators entspricht eine sehr günstige Inanspruchnahme der Batterie. Nur solange die Zuggeschwin-

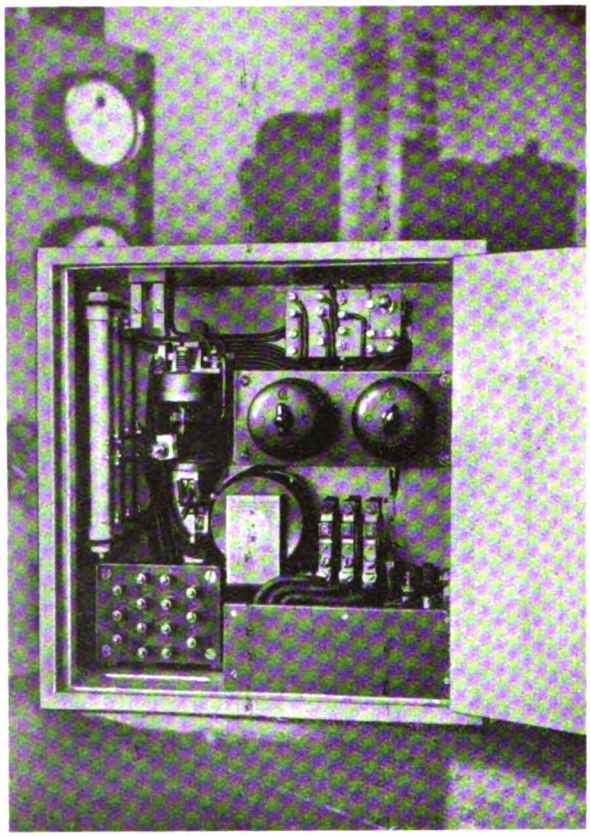


Abb. 8. Apparateschrank.

Linke Seite:
oben: Türkontakt;
links: Widerstände;
rechts: automatischer Überstromausschalter (eigentlich überflüssig);
unten: Klemmbrett.

Rechte Seite:
oben: kombiniertes Spannungs- und Überspannungsrelais;
Mitte: Lichtschalter und Generatorfeldschalter;
unten: automatischer Umschalter.

digkeit eine gewisse untere Grenze unterschreitet (zum Beispiel 20 km/h) wird die Batterie zur Beleuchtung herangezogen; sowie diese Grenzgeschwindigkeit überschritten wird, schaltet sich der Generator ein und damit beginnt sogleich die Ladung der Hauptbatterie. Daß wie bei manchen anderen Systemen in einem gewissen Geschwindigkeitsbereiche oder bei gewissen Belastungen Generator und Batterie parallel auf den Beleuchtungsstromkreis arbeiten, kommt bei dem neuen System nicht vor. Die Größe der Batterie bestimmt sich daher ausschließlich aus der Dauer des Aufenthaltes auf den Stationen und dem dabei möglichen Entladestrome.

Außerdem besitzt der Generator die willkommene Eigenschaft, daß der Ladestrom mit der Anzahl der eingeschalteten Lampen steigt. Je mehr also die Batterie beim Aufenthalt auf den Stationen entladen wird, desto stärker wird sie auch gleich darauf während der Fahrt wieder aufgeladen. Die Ladung steht auf diese Weise gerade im rechten Verhältnis zur Entladung. Daß die Batterie (Jungner Batterie) jemals durch Überladung beschädigt werden könnte, ist ausgeschlossen. Beim Entwurf der Maschine wird die höchste Ladespannung vorgeschrieben und da das Verhältnis zwischen Beleuchtungs- und Ladespannung eine unveränderliche Maschinenkonstante ist, kann bei konstanter Beleuchtungsspannung die einmal bestimmte oberste Grenze für die Ladespannung niemals überschritten werden. Daß unter solchen Verhältnissen die Batterie keinen Schaden leidet, dafür übernehmen die schwedischen Akkumulator-Werke Jungner jede Garantie.

Soviel über die wichtigsten Betriebseigenschaften des neuen Systemes. Ich sollte nun eigentlich das vollständige Schaltungsschema im Detail durchgehen, aber ich fürchte damit den Leser, wenn er nicht gerade Spezialist für Zugbeleuchtungsanlagen ist, zu ermüden. Daher ziehe ich es vor, die diesbezüglichen Erläuterungen in einem für Spezialisten berechneten Anhang zu geben. Diese Beschränkung ist umsomehr gerechtfertigt, als ja dieses Schema nur wenig enthalten kann, was gerade für das neue System charakteristisch ist. Ein automatischer Umschalter wird ja bei jedem System benötigt und fordert man Exaktheit im Ein- und Ausschalten innerhalb enger Spannungsgrenzen, so ist es natürlich am besten, den Umschalter durch ein Spannungsrelais zu steuern. Denn es ist sparsamer und leichter, ein kleines Relais durch einen Vorschaltwiderstand unempfindlich für Temperaturänderungen, aber hochempfindlich für Spannungsänderungen zu machen, als dem viel größeren Umschalter dieselben Eigenschaften mitzuteilen. Wenn wir aber den Apparateschrank betrachten, der in Abb. 8[1]) abgebildet ist, so erkennen wir doch einen, für das neue System charakteristischen Zug, das ist die außerordentlich robuste Konstruktion. Dieser Schaltschrank enthält kein feinmechanisches Kunstwerk wie die Apparate mancher anderer Zugbeleuchtungssysteme. Der automatische Umschalter ist ein typischer Starkstromapparat für einen Normalstrom von 75 A, der ohne Gefahr auch einen viel größeren Überstrom abschalten kann.

[1]) Dieser Apparateschrank enthält auf der linken Seite einen automatischen Überstromausschalter, der auf besonderen Wunsch einer für das neue System interessierten Eisenbahnverwaltung eingebaut worden war. Dieser Schalter wurde indessen später als unnötig fortgelassen.

Digitized by Google

Daß ohne größeren Platzverbrauch so kräftige Konstruktionen angewandt werden können, verdankt das neue System dem Umstande, daß keine fein unterteilten Feldwiderstände, keine Vorschaltwiderstände für Lampen und Batterie und insbesondere keine automatischen Regulatoren vorkommen.

Bei der Apparateausrüstung ist das Spannungsrelais mit einem Überspannungsrelais (Abb. 9) kombiniert, welches die Fremderregung des Generators und die Zugspule des automatischen Umschalters unterbricht, im Falle die Selbstregelung auf konstante Spannung ausbleibt. Alle Zugbeleuchtungsmaschinen arbeiten ja bei hoher Fahrtgeschwindigkeit mit stark geschwächtem Feld, und wenn diese Feldschwächung aus irgendeinem

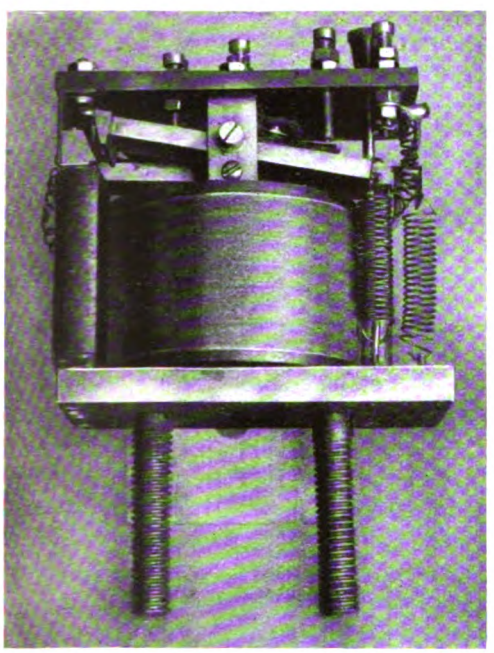


Abb. 9. Kombiniertes Spannungs- und Überspannungsrelais.

Grunde versagt (bei dem neuen System kann dies nur bei Unterbrechung im Gegenerregerkreis m_2 der Fall sein), würden ohne Eingreifen eines Überspannungsschutzes die Lampen zerstört werden. Spannungs- und Überspannungsrelais haben dieselbe Zugspule und nur verschiedene Anker. Die Einführung des Überspannungsrelais erschien daher als eine sehr billig erkaufte Erhöhung der Betriebssicherheit.

Ich brauche wohl kaum besonders hervorzuheben, daß das ganze System jederzeit betriebsbereit ist. Insbesondere wird die kleine Hilfsbatterie durch die Hauptbatterie jederzeit in vollgeladenem Zustande gehalten. Dieser wird zu diesem Zwecke in Betriebspausen ein sehr kleiner Ladestrom entnommen, den eine normale Beleuchtungsbatterie während einer halbjährigen Betriebspause liefern könnte, ohne vollständig entladen zu werden. Der Kondukteur hat nichts weiter zu tun, als mit einem Schalter die Fremderregung des Generators einzuschalten, was bei beliebig hoher Zuggeschwindigkeit geschehen kann. Dann setzt sich sofort die kleine Lichtzentrale selbsttätig in Betrieb.

Anhang: Vollständiges Schaltungsschema für das neue Zugbeleuchtungssystem des Verfassers. Abb. 10 und 11.[2])

Der Generator hat 5 Klemmen, nämlich 3 Hauptklemmen $A_4\,S_2\,S_4$ und zwei Feldklemmen F_1, G_1. Die Lampenspannung (E_L) liegt zwischen A_4 und S_2, die Batterieladespannung (E_B) zwischen A_4 und S_4; die Fremderregungswicklung (m_1) zwischen S_2 und F_1 und die Gegenerregerwicklung (m_2) zwischen S_2 und G_1. Der negative Pol B_- der Beleuchtungsbatterie und der eine Pol des Lampenstromkreises sind ständig verbunden, ebenso der positive Pol B_+ der Batterie und die Generatorklemme S_4. Der automatische Umschalter hat drei Kontakte (1, 3, 4) für den Hauptstrom sowie drei Kontakte (2, 5, 14) für schwächere Ströme.

Wir wollen fürs erste annehmen, der Zug befinde sich bereits in voller Fahrt, aber der Generatorschalter G sei noch nicht eingeschaltet. Dann ist nur der Kontakt 7 geschlossen. Während die Fremderregung m_1 unterbrochen ist (Kontakt 6), liegt die Gegenerregung m_2 ohne Vorschaltwiderstand parallel zur Beleuchtungsspannung E_L (Kontakt 7) und vernichtet dadurch die bei hohen Tourenzahlen nicht unerhebliche Remanenzspannung des Generators. Der Generator ist somit vollkommen spannungslos. Der Anker des Spannungsrelais R_1 wird nicht angezogen und der Kontakt 9 ist geöffnet. Die Hilfsbatterie liegt also noch nicht in Serie mit der Gegenerregung parallel zur Beleuchtungsspannung E_L. Gleichzeitig unterbricht der Kontakt 9 die Zugspule d_1 des automatischen Umschalters. Der Umschalter liegt deshalb in der Anfahrstellung (Kontakt 2, 4, 5 geschlossen), in welcher Lage die Lampen über den Kontakt 4 von der Hauptbatterie gespeist werden. Die Hilfsbatterie, die etwas weniger Zellen besitzt als die Hauptbatterie, ist über den ziemlich großen Vorschaltwiderstand r_5 (und einige sehr kleine Widerstände G_1, G_2, S_2, A_1, S_4) der Hauptbatterie parallel geschaltet. Sie wird deshalb von dieser mit einem sehr schwachen Strome, im Mittel etwa 0·05 A, geladen. Der Anker des Überspannungsrelais R_2, der ebenfalls nicht angezogen hat, hält die Kontakte 12 und 13 geschlossen.

Wir denken uns jetzt, daß der Kondukteur den Generatorschalter G in die Betriebslage umlegt (Kontakt 6 und 8 geschlossen). Hierdurch wird die Fremderregung m_1 ohne Vorschaltwiderstand an den — Pol der Hauptbatterie gelegt und der Generator würde eine hohe Spannung erzeugen, wenn nicht gleichzeitig die Gegenerregung m_2 der Beleuchtungsspannung E_L über einen Vor-

[2]) Abb. 10 entspricht der Anordnung der Apparate im Schaltschrank und ist daher nicht so übersichtlich wie Abb. 11.

Digitized by Google

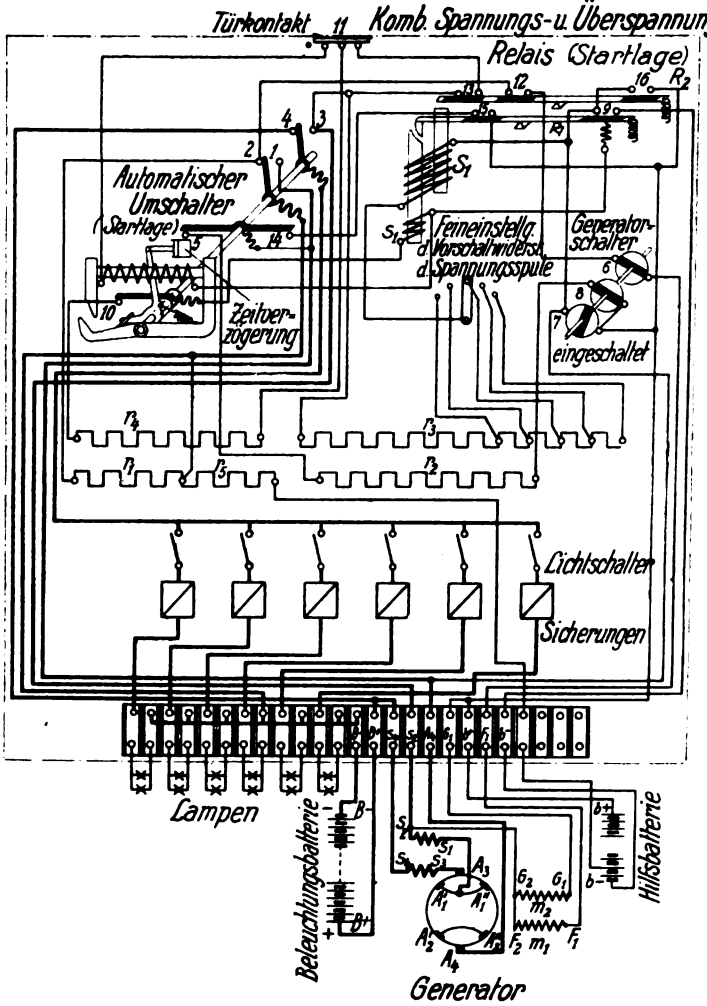


Abb. 10. Vollständiges Schaltungsschema des neuen Zugbeleuchtungssystems (Montageschema).

schaltwiderstand r_2 parallel geschaltet würde. Dadurch verhindert man den Generator, auch bei der höchsten Zuggeschwindigkeit diejenige Spannung zu erreichen, bei welcher das Überspannungsrelais R_2 auslösen würde.

Statt dessen wird nun durch die Zugspule S_1 der Anker des Spannungsrelais R_1 angezogen, schließt den Kontakt 9 und stellt dadurch die Beleuchtungsspannung des Generators unabhängig von der Zuggeschwindigkeit auf den Wert der Ladespannung der kleinen Hilfsbatterie ein. Gleichzeitig wird der Stromkreis für die Zugspule d_1 des automatischen Umschalters geschlossen. Dieser schlägt in die Betriebsstellung 1, 3, 14 um und schaltet dadurch die Beleuchtungsspannung E_L des Generators auf die Lampen, sowie die Ladespannung E_B auf die Batterie. Gleichzeitig wird der nunmehr unnötige Stromkreis über Kontakt 5 unterbrochen und die Fremderregung m_1 durch einen Vorschaltwiderstand r_1 so geschwächt, daß bei der unteren Grenze der Zugsgeschwindigkeit (20 km/h) nur ein sehr kleiner Ladestrom über die Gegenerregerwicklung m_2 an die Hilfsbatterie abgegeben wird. Diese Schaltung bleibt erhalten, bis die Zuggeschwindigkeit die bestimmte untere Geschwindigkeitsgrenze unterschreitet. Dann fällt das Spannungsrelais R_1 und führt den automatischen Umschalter in die Anfahrstellung zurück.

Wenn man Wert darauf legt, daß die Einschaltspannung des Relais R_1 nur unbeträchtlich über der Ausschaltspannung liegt, so muß man das Relais sehr spannungsempfindlich machen, kann dann aber nicht verhindern, daß das Relais auch bei ungewollten und augenblicklich vorübergehenden Abfällen der Generatorspannung anspricht. Eine solche momentane Spannungssenkung, welche augenblicklich wieder ausgeglichen wird, tritt bei jeder großen und plötzlich vorgenommenen Belastungserhöhung ein. Ein hochempfindliches Spannungsrelais würde hierauf ansprechen und — wenn auch nur einen Moment — die Hilfsbatterie über den Kontakt 9 abschalten. Die nächste Folge wäre ein augenblicklicher Anstieg der Generatorspannung und ein Auslösen des Überstromrelais R_2. Dieser Mißstand kann auf verschiedene Weise beseitigt werden. Ein sehr einfaches Mittel ist in den beiden Schaltungsschemen angegeben: Sowie das Spannungsrelais R_1 in der Betriebsstellung des automatischen Umschalters (Kontakt 14 geschlossen) fällt, legt es über

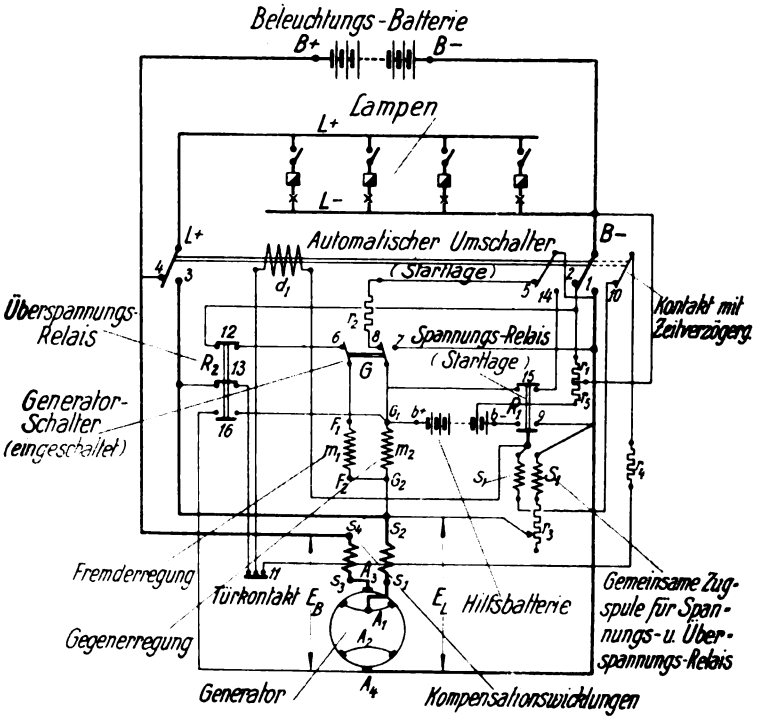


Abb. 11. Vollständiges Schaltungsschema des neuen Zugbeleuchtungssystems (Prinzipschema).

Digitized by Google

seinen eigenen Kontakt 15 die Gegenerregerwicklung einen Augenblick an die Beleuchtungsspannung E_L. Dadurch erfährt die schon im Steigen begriffene Generatorspannung eine so starke Hemmung, daß keine Überspannung zustande kommt.

Die größte plötzliche Spannungsverminderung tritt ein, wenn der automatische Umschalter aus der Anfahrstellung in die Betriebsstellung umschlägt. Denn hierdurch wird plötzlich die ganze Lampenbelastung auf den leerlaufenden Generator geschaltet. Um trotzdem mit hochempfindlichem Spannungsrelais arbeiten zu können, ist auf beiden Schaltungsschemen noch eine andere Schutzschaltung angegeben. Das Spannungsrelais besitzt eine kleine Verstärkungsspule s_1, welche durch das Relais selbst gleichzeitig mit dem Schließen des Kontaktes 9 eingeschaltet wird und solange Strom erhält, als der automatische Umschalter den Kontakt 10 noch nicht unterbrochen hat. Durch Einbau von Luftdämpfung wird erreicht, daß dieser Kontakt erst 1 bis 2 Sekunden nach Umschlagen des automatischen Umschalters in die Betriebsstellung geöffnet wird. Die Haltekraft des Relais wird also während 1 bis 2 Sekunden verstärkt, und das genügt vollkommen, da die Spannungssenkung in viel kürzerer Zeit ausgeglichen wird.

Endlich bemerkt man auf den Schaltungsschemen noch einen in den Schaltschrank eingebauten Türkontakt 11, der beim Öffnen des Schrankes die Zugspule des automatischen Umschalters unterbricht, ehe der Kondukteur beim Abschalten der Beleuchtungsanlage den Generalschalter G ausschalten kann. Dadurch wird der automatische Umschalter zwangläufig vor Unterbrechung der Fremderregung in die Anfahrstellung zurückgeführt und Rückstrom von der Hauptbatterie vermieden, welcher die Umschalterkontakte beim Ausschalten unnötig hoch beanspruchen würde. Die Aufgabe des Überspannungsrelais R_2 habe ich schon früher erläutert. Löst sich — zum Beispiel durch Leitungsbruch — eine Verbindung im Gegenerregerkreis $G_1, b+, b-, 9, A_4$, so spricht das Überspannungsrelais an, unterbricht die Fremderregung (Kontakt 12), sowie die Zugspule des automatischen Umschalters (Kontakt 13) und entmagnetisiert den Generator durch Schalten der Gegenerregung auf die Beleuchtungsspannung E_L (Kontakt 16). Dieses ganze Manöver wird so schnell ausgeführt, daß der Reisende die Überspannung an den Lampen kaum bemerkt.

(Eingelangt am 16. August 1927.)

(Ein zweiter Artikel folgt später.)

Über die Berechnung von Stauwerksturbinen.

Von Prof. Dr. H. **Baudisch**, Wien.

Die Turbinen von Staukraftwerken zeichnen sich durch veränderliches Gefälle aus, bei welchem sie unter Beibehaltung der Drehzahl arbeiten müssen. Daß diese Gefällschwankungen mitunter sehr groß sind, zeigt folgende Zusammenstellung, welche für einige Sperrenwerke die Extremgefälle, sowie deren Verhältnis angibt.

Sperrenwerk	H_{max}	H_{min}	$\frac{H_{max}}{H_{min}}$
Sautet	93	53	1·75
Heimbach a. d. Urft	110	70	1·57
Tirso	56·4	36	1·56
Dix-River[1])	70	50	1·40
Eguzon[2])	54	39	1·38

Jede derartige Turbine wird nur bei einem mittleren Gefälle H_m mit günstigstem Wirkungsgrade arbeiten, bei kleinstem Gefälle H_{min} hingegen zu schnell, bei größtem Gefälle H_{max} wieder zu langsam laufen. Auf den ersten Blick würde es angemessen erscheinen, die Turbine für ein solches mittleres Gefälle H_m zu entwerfen, daß

$$H_{max} - H_m = H_m - H_{min},$$

daß also

$$H_m = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad \ldots (1)$$

Wenn man jedoch bedenkt, daß dann das Verhältnis $\frac{H_{max} - H_m}{H_m}$, und dieses Verhältnis beinhaltet das Maß der Abweichung von der normalen Drehzahl, wesentlich kleiner ist als das Verhältnis $\frac{H_m - H_{min}}{H_{min}}$, so ergibt sich, daß es vorteilhafter ist, diese Verhältnisse einander gleich zu machen. Aus der Beziehung

$$\frac{H_{max} - H_m}{H_m} = \frac{H_m - H_{min}}{H_{min}} \quad \ldots (2)$$

ergibt sich der Wert

$$H_m = \sqrt{H_{max} \cdot H_{min}} \quad \ldots (3),$$

Statt also die Turbine für ein mittleres Gefälle gleich dem arithmetischen Mittel der beiden Grenzgefälle zu bauen, ist es demnach vorteilhafter, das mittlere Gefälle als das harmonische Mittel der Grenzgefälle zu wählen.

Ist n_{1min} die Einheitsdrehzahl bei kleinstem, n_{1m} bei mittlerem, n_{1max} bei größtem Gefälle, so ergeben sich die Beziehungen

$$n = n_{1min}\sqrt{H_{min}} = n_{1m}\sqrt{H_m} = n_{1max}\sqrt{H_{max}} \quad (4),$$

woraus ersichtlich, daß $n_{1min} > n_{1m} > n_{1max}$, daß also die Turbine bei kleinstem Gefälle mit größter, bei größtem Gefälle mit kleinster Einheitsdrehzahl zu laufen hat. Durch Vereinigung der Gleichungen (3) und (4) ergeben sich die Werte

$$n_{1m} = \frac{n}{\sqrt[4]{H_{max} H_{min}}} = \sqrt{n_{1max}\, n_{1min}} \quad \ldots (5),$$

sodaß also auch die mittlere Einheitsdrehzahl als

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El-Werk, S. 40.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 106.

Digitized by Google

das harmonische Mittel der beiden Grenz-Einheitsdrehzahlen in Erscheinung tritt.

Geht man auf die Einheitsdrehzahl des 1 m-Rades über, die für kleinstes, mittleres und größtes Gefälle der Reihe nach mit $n_{1\min}$, n_{1m} und $n_{1\max}$ bezeichnet werden möge, so ist mit D als Laufraddurchmesser

$$n_{1\min} = n_{1\min} D;\quad n_{1m} = n_{1m} D;\quad n_{1\max} = n_{1\max} D \quad . \quad (6).$$

Durch Vereinigung mit Beziehung (4) erhält man

$$n_{1\min}\sqrt{H_{\min}} = n_{1m}\sqrt{H_m} = n_{1\max}\sqrt{H_{\max}} \quad . \quad (7),$$

woraus zu entnehmen, daß $n_{1\min} > n_{1m} > n_{1\max}$, daß also auch die Einheitsdrehzahl des 1 m-Rades bei kleinstem Gefälle am größten, bei größtem Gefälle am kleinsten ist. Vorstehende Gleichungen führen zu den Werten

$$n_{1m} = \frac{n\,D}{\sqrt{H_{\max} H_{\min}}} = \sqrt{n_{1\max} n_{1\min}} \quad . \quad . \quad (8).$$

Letztere Gleichung besagt, daß auch die mittlere Einheitsdrehzahl des 1 m-Rades die mittlere geometrische Proportionale der beiden Grenzwerte dieser Größe ist.

Weniger innig ist der Zusammenhang der von der Turbine bei den verschiedenen Gefällen unter Beibehaltung der Drehzahl verarbeiteten Wassermengen. Sind $Q_{\min}$, Q_m und $Q_{\max}$ die von der Turbine bei kleinstem, mittlerem und größtem Gefälle verarbeiteten Wassermengen, $Q_{1\min}$, Q_{1m} und $Q_{1\max}$ die zugeordneten Einheitswassermengen, $Q_{1\min}$, Q_{1m} und $Q_{1\max}$ die entsprechenden Einheitswassermengen des 1 m-Rades, so bestehen infolge der Unkonstanz der Einheitswerte über den ganzen Drehzahlbereich $n_{1\min}$ bis $n_{1\max}$ bezw. $n_{1\min}$ bis $n_{1\max}$ nur die Beziehungen

$$Q_{\min} = Q_{1\min}\sqrt{H_{\min}},\quad Q_m = Q_{1m}\sqrt{H_m},$$
$$Q_{\max} = Q_{1\max}\sqrt{H_{\max}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

und

$$Q_{1\min} = \frac{Q_{1\min}}{D^2},\quad Q_{1m} = \frac{Q_{1m}}{D^2},\quad Q_{1\max} = \frac{Q_{1\max}}{D^2} \quad (10).$$

Ebenso ist der Zusammenhang zwischen den Leistungen der Turbine bei den verschiedenen Gefällen nur ein loser. Sind $N_{\min}$, N_m und $N_{\max}$ die Turbinenleistungen bei kleinstem, mittlerem und größtem Gefälle, $\eta_{\min}$, η_m und $\eta_{\max}$ die zugehörigen Wirkungsgrade der Turbine, so ergibt sich mit γ als spezifischem Gewicht des Wassers

$$N_{\min} = \frac{Q_{\min} H_{\min} \eta_{\min} \gamma}{75},\quad N_m = \frac{Q_m H_m \eta_m \gamma}{75},$$
$$N_{\max} = \frac{Q_{\max} H_{\max} \eta_{\max} \gamma}{75} \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Die Minimal-, Maximal- und Normalwerte von Q_1 und η sind hiebei durch die bekannten Laufradtafeln gegeben.

Vorstehende Erwägungen gelten nicht nur für Talsperrenanlagen, sondern allgemein für Wasserkraftwerke mit veränderlichem Gefälle, insbesondere auch für Gezeitenkraftwerke. In dem allerdings erst geplanten Gezeitenkraftwerk Frenaye[3]) zum Beispiel schwanken die Gefälle bei 8 m mittlerer Tidehöhe zwischen 13 und 3 m bei Spring- und Nippflut.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 62.

Nicht immer jedoch wird dieser Rechnungsgang für solche Turbinen bindend sein, so zum Beispiel nicht, wenn der Wirkungsgradabfall in der Laufradtafel, also in der Laufradcharakteristik, von n_{1m} bis $n_{1\min}$ gegenüber jenem von n_{1m} bis $n_{1\max}$ größere Unterschiede aufweist. Man wird in solchem Falle durch passende Verschiebung von H_m den erforderlichen Ausgleich schaffen.

Der eingangs eingeschlagene Rechnungsgang wird auch dann nicht ohne weiteres anwendbar sein, wenn die Grenzgefälle $H_{\max}$ und $H_{\min}$ nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Ist zum Beispiel das Gefälle $H_{\max}$ nur während $M_{\max}$ Monaten des Jahres, das Gefälle $H_{\min}$ nur während $M_{\min}$ Monaten vorhanden, so ist Gleichung (2) durch

$$(12 - M_{\min})\,\frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_m} =$$
$$= (12 - M_{\max})\,\frac{H_m - H_{\min}}{H_{\min}} \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

zu ersetzen. Für den Grenzfall $M_{\min} = 0$, $M_{\max} = 12$ ergibt sich hieraus der Grenzwert $H_m = H_{\max}$, für den weiteren Grenzfall $M_{\min} = 12$, $M_{\max} = 0$ hingegen der andere Grenzwert $H_m = H_{\min}$. Ist $M_{\max} = M_{\min}$, so geht Gleichung (12) in (2) über. Eine Auflösung der Gleichung (12) nach H_m führt zum Wert

$$H_m = H_{\min}\,\frac{M_{\min} - M_{\max}}{2(12 - M_{\max})} \pm$$
$$\pm\sqrt{\frac{12 - M_{\min}}{12 - M_{\max}} H_{\max} H_{\min} + H^2_{\min}\left[\frac{M_{\max} - M_{\min}}{2(12 - M_{\max})}\right]^2} \quad (13),$$

welcher an Stelle der Gleichung (3) tritt. Daß in solchem Falle H_m, ebenso aber auch n_{1m} und n_{1m} nicht mehr das harmonische Mittel der zugeordneten Grenzwerte darstellen, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden.

Beispiel: Liegt eine Talsperrenanlage vor, bei welcher das Gefälle zwischen $H_{\max} = 45$ und $H_{\min} = 24$ m schwankt, so ergäbe sich nach Gleichung (1) der Wert

$$\underline{H_m} = \frac{45 + 24}{2} = \underline{34{\cdot}5\,\text{m}}.$$

Hiefür würden sich die Verhältnisse der Gleichung (2) auf

$$\frac{H_{\max} - H_m}{H_m} = \frac{45 - 34{\cdot}5}{34{\cdot}5} = 0{\cdot}334,$$
$$\frac{H_m - H_{\min}}{H_{\min}} = \frac{34{\cdot}5 - 24}{24} = 0{\cdot}437$$

stellen. Sie sollten einander gleich sein. Führt man jedoch die Konstruktion der Turbine für ein mittleres Gefälle nach Gleichung (3) aus, so ergibt sich

$$\underline{H_m} = \sqrt{45 \cdot 24} = \underline{32{\cdot}8\,\text{m}},$$

und sind nunmehr vorstehende Verhältnisse einander gleich:

$$\frac{H_{\max} - H_m}{H_m} = \frac{45 - 32{\cdot}8}{32{\cdot}8} = 0{\cdot}371,$$
$$\frac{H_m - H_{\min}}{H_{\min}} = \frac{32{\cdot}8 - 24}{24} = 0{\cdot}371.$$

Soll jedoch das maximale Gefälle $H_{\max}$ nur während $M_{\max} = 2$, das minimale Gefälle $H_{\min}$ nur während $M_{\min} = 5$ Monaten zur Verfügung stehen, während der restlichen $12 - (2 + 5) = 5$ Monate jedoch ein mittleres Gefälle, so ergibt sich nach Gleichung (13) das Konstruktionsgefälle der Turbine zu

Digitized by Google

$$H_m = 24\,\frac{5-2}{2(12-2)} \pm$$

$$\pm\sqrt{\frac{12-5}{12-2}\,45\times 24+24^2\left[\frac{2-5}{2(12-2)}\right]^2} = 31{\cdot}2\text{ m.}$$

Hat man sich im Rahmen des Vorstehenden etwa zu einem Konstruktionsgefälle $H_m = 32{\cdot}8$ m entschlossen, wird ein Laufrad mit folgender Laufradtafel verwendet.

Laufradtafel.

n_l =	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71
Q_l =	645	660	670	675	675	675	675	675	675	675	670	660	650	640
η =	76	77	78	79	80	80	81	80	80	79·5	78·5	77·5	76	74·5

Soll bei kleinstem Gefälle noch eine Leistung von 615 PS erzielt werden, so ergibt sich nach den günstigsten Werten der Laufradtafel $n_{lm} = 57$ U/min, $Q_{lm} = 675$ l/s, $\eta_m = 81$ vH, demnach im Rahmen der Gleichungen (7)

$$n_{l\min} = n_{lm}\sqrt{\frac{H_m}{H_{\min}}} = 57\sqrt{\frac{32{\cdot}8}{24}} = 66{\cdot}6\text{ U/min,}$$

$$n_{l\max} = n_{lm}\sqrt{\frac{H_m}{H_{\max}}} = 57\sqrt{\frac{32{\cdot}8}{45}} = 48{\cdot}6\text{ U/min,}$$

entsprechend nach der Laufradtafel den Interpolationswerten $Q_{l\min} = 662$, $Q_{l\max} = 668$ l/s, $\eta_{\min} = 77{\cdot}6$, $\eta_{\max} = 77{\cdot}8$ vH. Bei kleinstem Gefälle ergibt sich demnach nach Gleichung (11) eine Wassermenge

$$Q_{\min} = \frac{75\,N_{\min}}{H_{\min}\,\eta_{\min}\,\gamma} = \frac{75\times 615}{24\times 77{\cdot}6\times 1000} = 2500\text{ l/s.}$$

Dies entspricht nach Gleichung (9) einer Einheitswassermenge

$$Q_{1\min} = \frac{Q_{\min}}{\sqrt{H_{\min}}} = \frac{2500}{\sqrt{24}} = 510\text{ l/s}$$

bezw. nach Gleichung (10) einem Laufraddurchmesser

$$D = \sqrt{\frac{Q_{1\min}}{Q_{l\min}}} = \sqrt{\frac{510}{662}} = 0{\cdot}875\text{ m.}$$

Dieser führt nach Gleichung (6) zu einer Einheitsdrehzahl

$$n_{1\min} = \frac{n_{l\min}}{D} = \frac{66{\cdot}6}{0{\cdot}875} = 76{\cdot}5\text{ U/min,}$$

demnach nach Gleichung (4) zu einer Drehzahl

$$n = n_{1\min}\sqrt{H_{\min}} = 76{\cdot}5\sqrt{24} = 375\text{ U/min,}$$

welche bei 50 Per/s einem 6000/375 = 16 poligen Generator entspricht. Nach Gleichung (10) ergibt sich

$$Q_{1\max} = Q_{l\max}D^2 = 668\times 0{\cdot}875^2 = 512\text{ l/s.}$$

nach Gleichung (9)

$$Q_{\max} = Q_{1\max}\sqrt{H_{\max}} = 512\sqrt{45} = 3440\text{ l/s,}$$

demnach nach Gleichung (11)

$$N_{\max} = \frac{Q_{\max}\,H_{\max}\,\eta_{\max}\,\gamma}{75} =$$

$$= \frac{3440\times 45\times 77{\cdot}8\times 1000}{75} = 1600\text{ PS.}$$

Wie ersichtlich, sind die Wirkungsgrade bei größtem und kleinstem Gefälle einander praktisch gleich.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Itterkraftwerk bei Eberbach am Neckar ist nach A. Baumann ein Tagesspeicherwerk, das den Unterlauf der Itter mit rund 33 m Bruttogefälle ausnützt. Bei einer Ausbauwassermenge von 4·4 m³/s beträgt die Maschinenleistung 1400 PS, das Jahresarbeitsvermögen 4 Mill. kWh, wovon 2·8 Mill. hochwertige Tageskraft sind. Der nutzbare Beckeninhalt beträgt 90 000 m³, der durch Stau der Itter um 6 m erzeugt wird. Ein 2800 m langer Hangkanal mit Betonauskleidung, ein Wasserschloß und ein Eisenbetondruckrohr von 1·8 m Weite führen zum Kraftwerk, von dem ein 400 m langer Untergraben das Wasser in die Itter zurückleitet. Die Hochwasserabfuhr erfolgt aus dem Staubecken durch eine 10 m weite, 3·25 m hohe 18 t wiegende Rollschütze und durch ein Segmentwehr als Grundablaß. Der Hangkanal hat 1 : 2000 und 1 : 4000 Neigung, 3·75 und 4·90 m² Nutzquerschnitt bei 1 und 1·75 m Sohlenbreite und 1·5 m Wassertiefe, entsprechend den Geschwindigkeiten von 1·2 und 0·94 m/s. Er endigt in ein Spitzenbecken. Die Rohrleitung ist doppelt armiert für eine Beanspruchung von 1000 kg/cm² bei 12 bis 16 cm Wandstärke. Die anschließende eiserne Verteilleitung führt zu zwei horizontalachsigen zweiseitig ausgießenden Voith'schen Francisspiralturbinen von je 700 PS, deren Achsen im Maschinenhaus im Winkel von 45° gegenüber den Gebäudewänden verdreht sind. Jede Turbine verarbeitet 2·2 m³/s bei 30 m Nutzgefälle und 750 U/min. Die Turbinen sind unmittelbar mit Brown-Boveri-Generatoren von 665 kVA bei $\cos\varphi = 0{\cdot}7$ für 5250 V und 50 Per/s gekuppelt, die je eine 8·5 kW Erregermaschine von 95 V fliegend tragen; das Schwungmoment jedes Generators beträgt 1700 kgm². Unterhalb des Kraftwerkes liegt ein zweites für 4·4 m³/s und 4·10 m Gefälle, das mit einer Zwillingsfrancisturbine von 200 PS bei 150 U/min ausgerüstet ist. Durch ein Thyssen'sches Zahnradgetriebe wird die Drehzahl auf 750 U/min erhöht. Der erzeugte Strom wird dem oberen Itterwerke zugeführt. β.

(Wasserkr. u. Wasserw., 22. Jahrg., H. 14 bis 19, 1927.)

Das Kraftwerk Villalba zur Versorgung Madrids mit elektrischer Energie nützt den 20 km langen Jucarfluß aus, wobei an der Wasserfassungsstelle später eine Sperre mit 35 Mill. m³ Fassungsvermögen errichtet wird. Ein 5·4 km langer Obergraben, der teils als offener Hangkanal, teils als Stollen ausgebildet ist, führt das Wasser in den Unasee, ein natürliches Tagesausgleichsbecken von 500 000 m³ Inhalt, von dem ein 12·4 km langer gleicher Kanal zum 15 000 m³ fassenden Wasserschloß führt. Zwei Rohrstränge von 1900/1500 mm l. W. und 600 m Länge mit Wandstärken von 10 bis 17 mm führen rund 10 m³/sec zum Kraftwerk, in welchem bei 140 m Nettogefälle drei horizontale Spiralturbinen von je 7500 PS bei 500 U/min Platz finden. Zwei dieser Maschinen sind bereits in Betrieb, sie sind mit 6500 kVA 6000 V Drehstromgeneratoren mit unmittelbar angebauten 45 kW, 110 V Erregermaschinen direkt gekuppelt. Die Spannung wird in drei 6500 kVA-Dreiphasen-Transformatoren von 6000 auf 60 000 V erhöht und in 63 km langer Fernleitung nach dem Kraftwerke Bolarque geführt. β

(Bulletin technique de la Suisse Romande, Bd. 53, Nr. 18, 1927.)

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Kavitationserscheinungen in Grundablässen von Talsperren. Nach Baurat B. Körner, Berlin, treten an Grundablaßrohren und -Stollen von Talsperren Erscheinungen auf, die vielfach zu großen Bedenken für die Betriebssicherheit und Lebensdauer der Verschlüsse Anlaß gegeben haben. Diese Erscheinungen werden in neuerer Zeit auf Kavitationen zurückgeführt, die an diesen Stellen — sie sind mit mehr oder weniger plötzlichen Erweiterungen vergleichbar — zu gewärtigen sind. Die hier normaler Weise auftretende Wirbelbildung wird bei großen Geschwindigkeiten nicht auftreten, indem der sonst mit wirbelndem Wasser erfüllte Totraum luftleer wird; er wird höchstens mit stark entspanntem Wasserdampf durchsetzt sein. Hieraus erklärt sich auch das knatternde, mitunter auch donnernde Geräusch, das an den Stellen hinter der Kavitation auftritt, also an der

Digitized by Google

Stelle, wo der Hauptstrom sich wieder an die Wandung anschließt. Das fehlende Wirbelmedium läßt dort die Stöße ungeschwächt zur Wirkung kommen.
(Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 22. Jahrg., Heft 18, 1927.)

Entsandungsanlagen für Wasserkraftwerke werden von Ing. Büchi, Zürich, beschrieben. Das sandführende Wasser wird über einen Verteilrechen, welcher den Wasserstrom möglichst gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt, und am besten aus einem System mehrerer hintereinander stehender Röhren besteht, in die Entsandungskammer geleitet, an deren Sohle sich der Sand absetzen kann, um von Zeit zu Zeit (etwa zweimal in 24 h) durch den Sandablaß abgeführt zu werden. Um die Länge der Entsandungskammer zu kürzen, wird in derselben ein Abzugsboden eingebaut, eine schräg liegende Bretterwand mit entsprechenden Zwischenräumen, zwischen denen das Wasser aufsteigen kann, um oben in rasch fließendem Strome dem Reinwasserkanal zuzufließen. Entsandungsanlagen sind bei den heute üblichen großen Strömungsgeschwindigkeiten sehr wichtig,[1]) sie sind um so wichtiger bei Hochdruckanlagen, weil hiebei die abschleifende Wirkung um so größer ist. Der Wirkungsgrad einer derartigen Entsandungsanlage wurde zum Beispiel am Kraftwerk Amsteg erprobt, wobei von gröberem Sand von 1·56 bis 1·07 mm Korngröße 98·5 vH und von feinerem Sand von 0·31 bis 0·16 mm Korngröße 57·2 vH ausgeschieden wurden. *B.*
(Z. V. D. I. Bd. 71, Nr. 35, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Torkret-Isolierung von Hochdruckkesseln. Dipl. Ing. Binswanger in Berlin. Dieses Verfahren, das besonders in dem Verspritzen von Mörtel oder mörtelähnlichen Stoffen besteht, wurde zunächst ausschließlich für Bauzwecke verwendet und fand erst in den letzten Jahren bei den Instandsetzungen von Feuerungsausmauerungen Eingang. Seit etwa zwei Jahren findet das Verfahren aber auch Anwendung bei Neubauten von Dampfkesseln zur Trommelisolierung. Diese wird in der Weise ausgeführt, daß man fast in allen Fällen direkt gegen die Trommelwandung zum Schutz gegen die Heizgase eine Isolierschicht aufspritzt. Diese Schicht soll möglichst dünn sein, darf keine Risse bekommen und muß in vollkommen gleichförmiger Weise die Trommeln bedecken ohne im Betrieb zu zerfallen. Sie muß aber auch, falls ein Siederohr ausgewechselt werden sollte, leicht abzunehmen und ebenso leicht wieder anzubringen sein. Die Firma Borsig hat mit diesem Verfahren eingehende Versuche angestellt und dabei eine besondere Ton-Schamottemischung verwendet. Um undichte Walzstellen der Rohre leicht erkennen zu können, werden auf die Rohre Holzmanschetten aufgehoben die dann im Betriebe verbrennen. Auch die Verwendung von Wellblechmanschetten zu demselben Zweck wurde vorgeschlagen. Hat die Isolierung Trommelteile zu bedecken, in die keine Rohre eingewalzt sind, so überzieht man die Trommelwandung vor dem Aufspritzen mit einem Drahtnetz. Im Großkraftwerk Klingenberg[2]) wurden bisher 14 Kessel torkretiert. Stip.
(Die Wärme, 50. Jahrgang Nr. 40. 1927.)

Überwachungsgeräte für Kondensationsanlagen. Von Dr. Ing. Fritz Lieneweg, Gütersloh. Zur Vakuummessung benützt man am besten an Stelle der sehr empfindlichen und daher meist falsch zeigenden Vakuummeter elektrische Widerstandsthermometer, die in den Dampfeintrittsstutzen des Kondensators unmittelbar ober den Kühlrohren eingebaut werden. Bei dieser Messung wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß die Temperatur des gesättigten Dampfes ein Maß für die Luftleere ist. Der Druck im Kondensator wird allerdings auch von der in ihm vorhandenen Luft mitbestimmt. Bei Turbinen-Oberflächenkondensatoren ist das Verhältnis Luftgewicht zu Dampfgewicht etwa 1 : 1000, das heißt mit 1000 kg Dampf dringt etwa 1 kg Luft in den Kondensator ein. Rechnet man den Anteil des Luftdruckes an dem im Kondensator herrschenden Druck, so findet man, daß er die Größenordnung von einigen Hundertstel vH hat. Der durch die Messung der Luftleere mit Hilfe der Abdampftemperatur gemachte Fehler ist nicht größer als 0·06 vH der Anzeige. (Das gilt allerdings bei Vollast der Turbine, bei Leerlauf dürfte der Fehler 0·1 bis 0·3 vH betragen. Anm. d. Ber.) Die elektrische Vakuummessung erscheint daher durchaus einwandfrei, jedenfalls bedeutend genauer als die Messung mit Quecksilber-Baro-Vakuummetern. Am vorteilhaftesten verwendet man zur Messung der Widerstandsänderung des Thermometers einen spannungsunabhängigen Quotientenmesser (Brugersches Kreuzspulohmmeter) bei dem es nicht erforderlich ist, vor der Messung die richtige Spannung einzustellen. Es sind Spannungsänderungen bis zu 20 vH ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Man kann aber auch die Schaltung des Instrumentes so einrichten, daß direkt der Gütegrad (Differenz der Abdampftemperatur und der Kühlwasseraustrittstemperatur) angezeigt wird. Der Überwachung des Kondensatzustandes muß mit Rücksicht auf die Kesselsteinbildung größte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Durch Undichtheiten der Einwalzstellen und der Stopfbüchsen der Kondensatorrohre gelangt häufig das salzreiche Kühlwasser in das Kondensat. Durch Titration des Kondensats auf Härte wird meistens die Beschaffenheit nicht eindeutig ersichtlich. Einfacher und genauer ist die Prüfung auf elektrische Leitfähigkeit. Bei den großen Verdünnungen, wie sie hier in Frage kommen, sind alle Salze praktisch vollkommen dissoziiert und ist auch die Beweglichkeit für alle Ionen gleich groß. Es ist daher, falls das Kondensat nicht alkalisch oder sauer reagiert, die elektrische Leitfähigkeit unmittelbar ein Maß für den Gesamtsalzgehalt. Zur dauernden Kontrolle verwendet man Wechselstrominstrumente. Stip.
(Die Wärme, Bd. 50, Heft 26, 1927.)

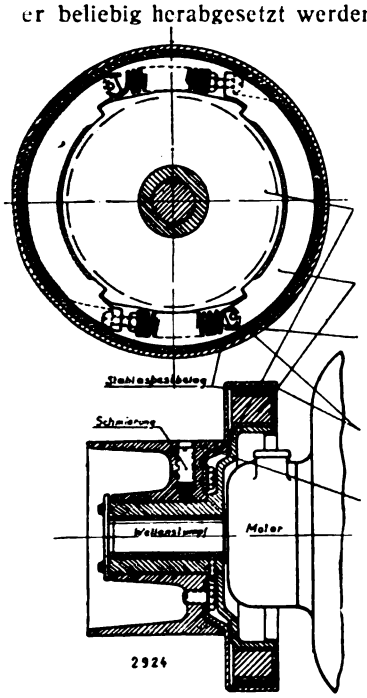
Schaltanlagen-, Schalt- und Sicherungsgeräte.

Das elektromechanische Anlaßverfahren. H. Franken, Köln. Die bisher bekannten mechanischen Anlasser sind in einigen Punkten unzulänglich. Man will den Kurzschlußläufermotor kurzerhand mit einem Mehrfachen des Nenndrehmomentes auf die Arbeitsmaschine loslassen. Ein unmittelbar einzuschaltender Motor mit einem mechanischen Anlasser oder ein Motor mit Sterndreieckschalter und mechanischem Anlasser, der erst in der Dreieckschaltung ausgelöst wird, kann während des Anlaufes ein bestimmtes Drehmoment auf die Arbeitsmaschine übertragen. Der letztere ist in einigen Punkten schon besser. Ihm stehen in beiden Schaltzuständen verschiedene Drehmomente zur Verfügung. Dasselbe Bild zeigt er bezüglich der Stromstöße: Er hat immer die gleichen Stromspitzen, während dagegen ein Motor mit einem Läuferanlasser je nach Belastung niedrigere oder höhere Drehmomente und Stromspitzen bedingt. Der durchschnittliche Anlaufstrom einer größeren Anzahl von Schleifringläufern liegt wesentlich niedriger als der einer größeren Anzahl von Kurzschlußläufern, weil ein erheblicher Teil aller Arbeitsmaschinen während des Anlaufes unbelastet ist und sich der Schleifringläufer wie gesagt diesen Verhältnissen anpaßt. Berücksichtigt man diesen Umstand, so zeigt sich, daß die Stromspitzen des Kurzschlußläufers nicht nur 100 bis 150 vH, sondern etwa 300 vH höher sind als beim Schleifringläufer. Besonders bei der Sternschaltung schwankt die Stromstärke mehrfach zwischen den äußersten Grenzen hin und her. Diesem Verfahren steht das neue elektromechanische Anlaßverfahren (System Möller) entgegen. Die Bezeichnung wurde gewählt, weil die Arbeitsmaschine durch den mechanischen Anlasser auf Drehzahl gebracht wird, allerdings auch unter Drosselung durch die elek-

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 480; 1922, S. 400, 482; 1924, S. 585; 1926, S. 158.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 822.

Digitized by Google

trischen Einrichtungen, dagegen der Läufer lediglich unter dem Einfluß des elektrischen Schaltgerätes beschleunigt wird. Ein elektromechanischer Anlasser besteht aus einem mechanischen Anlasser einfachster Bauart und einem Ständervorschaltwiderstand, der stufenweise abgeschaltet wird. Der Motor mit Ständervorschaltwiderstand gibt bekanntlich geringere Drehmomente als mit Sterndreieckschalter. Bei dem Ständerwiderstand hat man nicht wie bei der Sternschaltung nur zwei Schaltstellungen zur Verfügung, sondern man kann beliebig viele schaffen. Zu jedem Widerstand gehört ein anderes Drehmoment. Ist jenes, das für die Ingangsetzung der Maschine notwendig ist, erreicht, so wartet man den Anlauf des Motors ab. Eine weitere Steigerung von Drehmoment und Strom ist im Gegensatz zu den bisher bekannten Verfahren nicht mehr erforderlich. Dieses Anlaufverfahren ist dem des Schleifringläufermotors am ähnlichsten. Ein Hauptkennzeichen des Verfahrens ist stufenweise Steigerung des Stromes statt plötzlicher großer Stromanstiege. Die Steigerung von Stellung zu Stellung überschreitet den Nennstrom nicht. Die Höhe des Einschaltstromes steht frei. Durch Vorstufen kann er beliebig herabgesetzt werden. Beim Überschalten von der Anlauf- in die Betriebsstellung fällt der Wiederaufbau des Feldes fort, weil der Motor nicht, wie bei der Sterndreieckschaltung vom Netz abgetrennt ist. Infolgedessen werden auch die Einschwingungsstromstöße praktisch Null. Ferner kann der Motor während der Überschaltzeit in der Drehzahl nicht nachlassen. Die Kontaktzahl ist beim Ständeranlasser nur $^2/_3$ der beim Sterndreieckschalter. Bei der Montage sind nur drei statt sechs Leitungen zwischen Motor und Schalter zu verlegen. Es können 220/380 V Motoren in Netzen beider Spannungen verwendet werden. Dadurch wird die Lagerhaltung einfacher, aber auch der Motor für die höhere Spannung billiger. Da die Netzbeeinflussung durch den Anlasser gering ist, fehlt ein Grund für die Abänderung der Anschlußbedingungen hinsichtlich der Höhe der Stromspitzen und die Leistungsgrenze könnte auf 15 kW hinaufgesetzt werden. Die praktische Ausführung des von der Firma Klöckner, Köln-Bayenthal, verwandten mechanischen Anlassers zeigt Abb. 1. Das Drehmoment wird durch Fliehkraft übertragen. Abweichend von den üblichen Konstruktionen ist eine Trennung zwischen Riemenscheibe und Anlasserteil vorgenommen, wodurch die Anbringung von Riemenscheiben verschiedenen Durchmessers möglich ist. Ein Stahlasbestgewebe an der Reibfläche der Trommel verhindert Funkenbildung.



Abbl 1.

(Helios, 33. Jahrg., Nr. 30, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Fundamente der Freileitungstragwerke und ihre Berechnung. Im Anschluß an frühere Arbeiten über die Berechnung von Freileitungsfundamenten[1]) gibt nun Ing. Sulzberger eine abschliessende Darstellung der Berechnung von „eingespannten Fundamenten". Das Maß der erträglichen Neigung des Mastes, gegeben durch die Tangente, kann mit 0·01 beibehalten werden, da hiebei die Durchhangsvermehrung noch kein bedenkliches Maß erreicht (den Fröhlichschen Berechnungen lag eine größere Neigung, und zwar 0·017 zugrunde) und die Baugrundziffern innerhalb dieser Neigungen noch als konstant angesehen werden können. Die Berechnungsweise erlaubt übrigens ohneweiteres, die Grenzen auch enger zu ziehen. Der Fall des Umkippens wurde außer Betracht gelassen, weil in diesen Grenzen ein eigentliches Umkippen ja nicht in Frage kommt und ein Rechnen auf reines Umkippen ganz unzutreffend die Reibung an den Grubenwänden vernachlässigt. Es gilt weiters als feststehend, *a*) daß innerhalb dieser Grenzen sich der Erdboden wie ein elastisch-plastischer Körper verhält, der Lagenänderungen proportionale Reaktionskräfte entgegensetzt. Als Maß für dieselben gilt die in den früheren Aufsätzen näher erläuterte „Baugrundziffer" (bei festem Ackerboden = 8), *b*) daß die Baugrundziffer an der Oberfläche den Wert Null besitzt und bei gleichbleibender Bodenbeschaffenheit annähernd gleichmäßig mit der Tiefe zunimmt.

Für die Berechnung ist maßgebend:

1. Der Widerstand gegen Schiefstellung des Fundamentes, herrührend von der seitlichen Einspannung im Boden: er ist gegeben durch das Moment

$$M_s = \sum f_t C_t y_t^3 \tan\alpha;$$

hiebei bedeutet f_t den Flächenstreifen der Fundamentbrust, die im Abstand y_t von der Drehachse liegt, C_t die Baugrundziffer. Der Ausdruck $f_t C_t$ stellt eine Fläche dar, „Belastungsfläche", durch deren Schwerpunkt die Resultierende aller, durch eine Parallelverschiebung der gesamten Fläche entstehenden Erddruckreaktionskräfte geht. Sie hängt ab von der Form des Fundamentes und dem Verlauf der Baugrundziffer längs dieser Fläche. Das Moment läßt sich leicht zeichnerisch ermitteln.

2. Der Widerstand, herrührend von der Reibung zwischen Fundament und den Grubenwandungen und der Grubensohle. Diese ist rechnerisch sehr schwer zu erfassen, ihre Vernachlässigung bedeutet, daß die Fundamente für kleine Verschiebungen zu sicher berechnet sind. Je größer die Sohlenreibung, umso tiefer die Lage der Drehachse, im Grenzfall an der unteren, auf der Seite der Angriffskraft liegenden Kante. Nach Überwindung der Reibung der Ruhe, welcher Augenblick gegeben ist bei einem prismatischen Fundament mit rechteckigem Querschnitt, Zug parallel zur längeren Seite (Fall *A*), durch

$$\tan\alpha = \frac{6\,\mu\,G}{b\,t^2\,C_t},$$

bei Zug über Eck (Fall *B*) durch

$$\tan\alpha = \frac{4{\cdot}5\,\mu\,G}{b\,t^2\,C_t},$$

verschiebt sich die Drehachse nach aufwärts, wobei das Moment auf ein Drittel sinkt. Der Übergang ist, wie die Versuche ergaben, allmählich. μ ist die Reibungsziffer zwischen Fundament und Grubensohle und kann mit 0·33 angenommen werden.

3. Widerstand, herrührend von der vom Gewicht des Fundamentes samt Tragwerk und Leitungen hervorgerufenen Bodenreaktion. Für den Bereich, innerhalb welchen das Fundament noch auf dem Boden aufruht, gegeben durch

$$(A)\ \tan\alpha = \frac{2\,G}{a^3\,b\,C_b},\quad (B)\ \tan\alpha = \frac{1{\cdot}414\,G}{a^2\,b\,C_b},$$

wechselt das Moment (*A*) von

$$M_b = \frac{b\,a^3}{12}\,C_b \tan\alpha$$

auf

$$M_b = G\left(\frac{a}{2} - 0{\cdot}47\sqrt{\frac{G}{b\,C_b\tan\alpha}}\right)$$

[1]) E. u. M. 1925, S. 36 und 1926, S. 236.

Digitized by Google

bezw. bei (*B*) von

$$\frac{b\,a^3}{12}\,C_b \tan\alpha$$

auf

$$M_b = G\left(0{\cdot}707\,a - \frac{\sqrt{\frac{3\,G}{C\,b\tan\alpha}}}{2}\right).$$

Der Gesamtwiderstand setzt sich zusammen aus der Summe der einzelnen Reaktionsmomente $M_s + M_b$, die in der Rechnung zweckmäßig in Abhängigkeit von der Neigung gebracht sind. Die Ansätze für die Rechnung sind in dem Aufsatze jedoch so gegeben, daß beliebig geformte Fundamente in Bodenarten von beliebigen Eigenschaften, also auch wechselnder Baugrundziffer, berechnet werden können. Für die aufgestellten Formeln wertet der Verfasser die Ergebnisse der Zugversuche in Gösgen aus. Sie bestätigen die Rechnungsergebnisse, besonders was den Übergang von der Ruhe in die Bewegung betrifft. Die in der Rechnung absichtlich nicht berücksichtigte Reibung zwischen Fundamentfläche und Grubenwänden (Punkt 2) tritt nach verhältnismäßig kleinen Lagenänderungen des Fundamentes gegenüber den übrigen der Drehung entgegenwirkenden Kräften zurück. Die Vernachlässigung bewirkt, daß die Schiefstellung des Mastes in Wirklichkeit etwas kleiner ausfallen wird.

Vergleichsrechnungen nach Fröhlich ergeben wesentliche Ersparnisse an Beton und an Aushub. Es zeigt sich, daß der prismatische Körper allein ohne die gebräuchliche verbreiterte Grundplatte in den meisten Fällen ausreichend ist. Durch Ausfüllen der Baugrube mit Beton entfällt die Schalung und damit das Verstampfen des übrig gebliebenen Raumes mit Erde, deren Reaktionskraft ohnehin von zweifelhaftem Wert ist. Der Rechnungsvorgang ist gegenüber dem gebräuchlichen nicht umständlicher, jedenfalls aber verläßlicher und wirtschaftlicher.
(Bull. des schweiz. El. Vereines, Bd. 18, Heft 6. 1927.)
V. H.

Moderne Kettenisolatoren der Kegelkopfbauart. Von Dr. Ing. Draeger. Die Armatur des Kegelkopfisolators ist sehr einfach. Der Bolzen ist mit einer zylindrischen Bohrung versehen und außerdem geschlitzt, so daß eine Reihe von Segmenten entsteht. Zur Montage wird der Bolzen in seinem oberen Ende erwärmt und im Isolator über den Konus gestülpt. Dieser schrumpft in den beim Erkalten sich zusammenziehenden Bolzen hinein, in dem er durch einen Zahn festgehalten wird. Ein besonderer Ausguß findet nicht statt. Unter anderem wurde für Hänger und Abspanner eine Einheitstype geschaffen von hoher mechanischer Festigkeit bei ungeänderten elektrischen Eigenschaften. Die gewährleistete Bruchfestigkeit beträgt 4500 kg, bei der stärkeren Art 6500 kg für die Regelgröße, und 3000 kg für die Kleintype. Für besondere Fälle werden Isolatoren mit einer gewährleisteten Bruchfestigkeit von 18 t hergestellt.
V. H.
(Mitt. der Porzellanfabrik Rosenthal & Co., A. G., Heft, 11 1927).

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die elektrischen Lokomotiven der Klasse „D" der schwedischen Staatsbahn. Für die Linie Stockholm-Gothenburg[1]) hat die schwedische Staatsbahn eine einzige Lokomotivtype angeschafft, nämlich Lokomotiven mit der Achsfolge 1 C 1, welche die Bezeichnung Klasse „D" haben. Diese Lokomotiven, die mit zweierlei Zahnradübersetzungsverhältnissen für Güterzugs- und Personenzugsdienst gebaut sind, besitzen als Triebmotor einen Doppelmotor (Stangenantrieb) von insgesamt 1660 PS Stundenleistung, der genauer beschrieben wird. Der Motor ist ein typischer Einphasenserienmotor mit verteilter Feld- und Kompensationswicklung, sowie Wendepolwicklung mit parallel geschaltetem Shunt. Die Statorwicklungen sind in 12 parallele Gruppen (genau so viele wie Pole) geschaltet. Der Anker ist entsprechend der großen Umfangsgeschwindigkeit bis 57 m/sec unter Betriebsverhältnissen sehr robust ausgeführt und sorgfältigst ausgewuchtet. Die Isolation der Ankerwicklung besteht aus Material, das erwiesenermaßen bei 150 bis 160° Temperatur sich zufriedenstellend verhält. Um die Wirbelströme im Ankereisen zu verringern, wurden nur die am Nutengrund liegenden Stäbe mit massivem Querschnitt ausgeführt, während die anderen Stäbe aus drei verdrillten Leitern bestehen. Die Ankernabe, auf welcher das Blechpaket aufsitzt, wird auf die Welle mit einem Druck von 160 t aufgepreßt und hält gegen die Umfangskraft, die bis zu 18 t an der Welle beträgt, ohne jeden Keil. Der Kollektor wurde so gut rund verfertigt, daß maximal eine Abweichung um 0·02 mm von der Kreisform vorkommt. (Eine Angabe der Nachmeßmethode dieser Abweichung wäre interessant. D. Ber.) Die Bürstenhalter besitzen ein doppeltes Federungssystem, durch das ein sanftes und doch unter allen Umständen verläßliches Aufliegen der Bürsten erzielt werden soll. Die Motoren, deren Stundendrehzahl bei der Leistung von 830 PS mit 730 U/min hoch ist, werden wie üblich fremd gekühlt. Die Schalteinrichtungen dieser Lokomotiven bestehen im wesentlichen aus einer elektromagnetischen Hüpfersteuerung. Die 18 Stufenhüpfer, die wie alle Steuerapparate mit Wechselstrom betätigt werden, sind in einem Gerüst aufgestellt, das auch die meisten übrigen Schaltapparate enthält. Die Ventilatoren werden ebenfalls mit einem elektromagnetischen Schützen eingeschaltet und zwar ist die Anordnung so getroffen, daß die Rückleitung der Stufenhüpfermagnetspulen über Verriegelungskontakte am Ventilatorhüpfer geführt wird. Da die Überstromauslösung des Motorstromes den Stromkreis der Ventilatorhüpferspule unterbricht, so wirkt der Ventilatorhüpfer, der auch bei Nullspannung seine Erregung verliert und sie erst in der Nullstellung des Kontrollers neuerdings erhalten kann, sozusagen als Triebmotorenrelais, das aber nicht mit Hilfe des Ölschalters, sondern der Hüpfer die Abschaltung hervorruft. Für die gegenseitige Verriegelung der Stufenhüpfer wurde ein besonderes System gewählt, durch welches die Zahl der Verriegelungskontakte stark ermäßigt werden konnte. Die Lokomotiven können auch in Vielfachsteuerung betrieben werden. Sie sind für elektrische Zugheizung mit drei Spannungen (840, 672 und 528 V) geeignet; die Heizkupplung dient gleichzeitig zur Stromspeisung der Lokomotive in der Remise. An sonstigen Apparaten ist ein Schaltapparat bemerkenswert, der genau so wie der Druckregler gebaut ist. Er unterbricht bei einem Bremsdruck von 0·5 kg/cm² die Betätigungsleitung des Ventilatorhüpfers und schaltet daher die Motoren ab, wenn der Zug irgendwie gebremst ist. (So ein Apparat ist nur dort verwendbar, wo gar keine, beziehungsweise keine regelmäßigen Anfahrten auf stärkeren Steigungen vorkommen. Anm. d. Ber.) Bei länger als 30 Sekunden andauerndem Ausbleiben der Fahrdrahtspannung wird der Zug selbsttätig durch ein Bremsventil zum Stillstand gebracht. Der Lokomotivölschalter besitzt eine schon beschriebene Einrichtung, um bei direkten Kurzschlüssen das Abschalten dem Unterwerksschalter zu überlassen, wird aber darauf selbst auf mechanischem Wege nachträglich zur Auslösung gebracht.
B. G.
(Asea-Journal, Bd. 4, Nr. 6/7, 1927).

[1]) Vergl. E. u. M. 1926, S. 65, 794.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über die Wiederholung des Harres-Sagnacschen Versuches berichtet B. Pogany, Budapest. Der Verfasser hat vorläufig nur den Versuch von Sagnac[1]) wiederholt. Es sei daher zunächst die vielleicht nicht allgemein bekannte Theorie dieses Versuchs an Hand

[1]) G. Sagnac, L'ether lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'ether, C. R. 157, 708: 27. Oktober 1913; Sur la preuve de la réalité de l'ether lumineux, C. R., 157, 1410: 22. Dezember 1913.

Digitized by Google

der schließlichen Ausführung des Apparates von B. Pogany, Abb. 2 erläutert. R ist ein massiver Ring aus Siemens-Martinstahl von 5×6 cm² Querschnitt, der mit Hilfe zweier kleiner Turbinen, einer Vorwärts- und einer Rückwärtsturbine in beiden Drehsinnen mit 2000 U/min angetrieben werden kann. An seiner Innenfläche trägt er vier starke, ebene, fest eingekittete und an ihrer Oberfläche versilberte Glasspiegel S_1 bis S_4 und eine photographische Platte K. Auf seiner, mit ihm so starr als möglich verschraubten Grundplatte ist das auf seiner Oberfläche ebenfalls versilberte Spiegelprisma P, ferner die aus zwei, unabhängig voneinander um die Achse des Lichtstrahls drehbaren Glaskeilen bestehende Justiervorrichtung J und in seinem Zentrum die Lichtzuführung angebracht. Das Licht tritt durch das Reflexionsprisma P_1 in den Apparat ein und wird durch dessen unter 45° abgeschrägte Unterseite auf die zwischen zwei weiteren rechtwinkligen Prismen befindliche halbdurchlässige Silberschicht f geworfen. Hier teilt es sich: der von f reflektierte Teil geht über die linke Seite des Prisma P und über S_4 bis S_1 auf die rechte Seite von P und wird von da über ein viertes Reflexionsprisma wieder auf f zurückgeworfen. An f teilt er sich wieder; ein Teil kehrt zur Lichtquelle zurück der andere

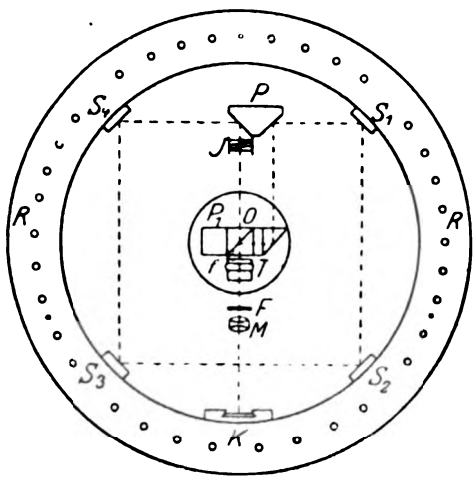


Abb. 2.

Teil dagegen fällt auf das Objektiv eines aus einem Tessar und einem Mikroplanar zusammengesetzten Fernrohres, das ein Bild der aus einem kreisförmigen Diaphragma von 0·5 mm Durchmesser bestehenden Lichtquelle auf die photographische Platte K wirft. Man überzeugt sich leicht, daß der von f durchgelassene Teil dieses Lichtstrahls genau den umgekehrten Weg durchläuft, zuletzt ebenfalls teilweise durch das Fernrohr geht und auf der Platte K ein zweites Bild der Lichtquelle erzeugt, das mit dem ersten interferiert. Die Breite und das Azimut der entstehenden Interferenzstreifen kann mit Hilfe der Justierkeile J passend eingestellt werden. Um scharfe Streifen zu erhalten, wurde das monochromatische Licht der grünen Spektrallinie $\lambda = 546{\cdot}1$ mμ einer Quecksilberbogenlampe verwendet. Die beiden Lichtstrahlen durchlaufen also dieselbe Bahn im entgegensetzten Sinne. Wird der Ring mit der Winkelgeschwindigkeit ω gedreht, so läuft das Prisma P dem einen Lichtstrahl entgegen und dem anderen davon; der Weg des ersteren wird abgekürzt, der des letzteren verlängert, woraus eine Verschiebung der Interferenzstreifen resultiert, die sich bei entgegengesetzter Drehrichtung umkehrt. Der Wegunterschied beider Strahlen ist $\Delta l = s\,\omega\,t$, worin s die Seite des Quadrates zwischen den Spiegeln und t die Zeit bezeichnet, die der Lichtstrahl braucht, um das ganze Quadrat zu durchlaufen. Ist c die Lichtgeschwindigkeit, so ist $t = 4\,s/c$ und $\Delta l = 4\,s^2\,\omega/c$. Da auf den Wegunterschied von einer Wellenlänge λ je ein Interferenzstreifen entfällt, so ist die Verschiebung der Interferenzstreifen in Streifenbreiten

$$\Delta b = \Delta l/\lambda = 4\,s^2\,\omega/c\,\lambda = 4\,F\,\omega/c\,\lambda,$$

wenn man unter F die Fläche des von ihm umschlossenen Polygons versteht. Die Formel bleibt auch aufrecht, wenn man das Innere des Ringes mit einem Medium vom Brechungskoeffizienten n erfüllt annimmt, da man den Fizeauschen Mitführungkoeffizienten $1 - 1/n^2$ zu berücksichtigen hat.

Mit einem körperlichen Medium, das aus Glasprismen bestand, hat im Jahre 1911 Harress Versuche angestellt, über die O. Knopf[1]) berichtete. Sagnac's Versuche ergaben das richtige Resultat, sind aber nicht sehr genau. Harress Messungen von Δb zeigten Abweichungen von 10 bis 18 vH. B. Pogany erreichte infolge der besonders genauen und festen Ausführung seines Apparates noch Interferenzstreifen bei 2000 U/min und erhielt mit etwa 1·3 mm Streifenbreite und einer Umlaufsdauer von $T = 0{\cdot}03989$ sec im Mittel

$$2\,\Delta b = 0{\cdot}917,$$

ferner mit 3 mm Streifenbreite

$$2\,\Delta b = 0{\cdot}924.$$

Nach der oben angeführten Formel berechnete er

$$2\,\Delta b = 0{\cdot}906.$$

Der Unterschied zwischen den gemessenen und den berechneten Werten beträgt 1·2 bis 2 vH, ist also größer als die Meßgenauigkeit und derzeit noch nicht aufgeklärt. Die Versuche sollen noch mit anderen Wellenlängen fortgesetzt werden, die bisherigen wurden im Zeisswerk in Jena vorgenommen. R. H.

(Die Naturwissenschaften, Heft 8, 1927.)

Wirtschaftliche Nachrichten.

Vereinheitlichung der Stromtarife. Von Dir. Backhaus. Als Grundform der Tarife hat sich wohl, zumindest für Großabnehmer, der Grundgebührentarif herausgebildet[2]), doch herrscht in seinen zahlenmäßigen Ansätzen eine derartige Verschiedenheit, selbst bei Werken, die unter gleichartigen Bedingungen arbeiten, daß die Berechnungsart derselben wohl manchmal nicht richtig sein kann. Eine Normung wäre hier wohl sehr am Platze. Fürs erste wäre es notwendig, gewisse Grundsätze für die Berechnung der Verzinsung, Abschreibung und Unterhaltung festzulegen, wobei die folgenden Vorschläge zu berücksichtigen wären. Da größere Einheiten billiger als kleine zu stehen kommen, erscheint es berechtigt, daß die Leistungsgebühr nach der Höhe der angesprochenen Leistung gestaffelt wird, und zwar können noch Unterschiede von ± 25 vH zugelassen werden. Der Gleichzeitigkeitsfaktor[3]) bewirkt, daß die angesprochene Leistung nur mit 50 vH bis 75 vH ihres Wertes in Rechnung gesetzt zu werden braucht, welcher Satz bei der erwähnten Staffelung zu berücksichtigen ist. Ähnliches gilt auch für die Arbeitsgebühr, die mit steigender Ausnützung sinken wird, da diese geringere Brennstoffkosten verursacht. Der Verfasser hält eine Schwankung von ± 15 vH bis 20 vH für angemessen. Aus diesen beiden Ansätzen für die Leistungs- und die Arbeitsgebühr ergeben sich Schaulinien, die sehr bemerkenswerte Erkenntnisse bringen. So kann zum Beispiel hohe beanspruchte Leistung mit nur kurzzeitiger Ausnützung unter Umständen teurer kommen als kleine Leistung aber lange ausgenützt. Für den weiteren Ausbau der Tarife können Staffelungen nach Tages- und Jahreszeit ins Auge gefaßt werden. Doch sollte zuerst über die angeführten Grundfragen eine Einigkeit erzielt werden, die Verständigung zwischen Erzeugern und Verbraucher erhoffen läßt. V. H.

(REA, Der elektrische Betrieb, Bd. 25, H. 9, 1927.)

Betriebserfahrungen mit einer asynchronen Blindleistungsmaschine im Umspannwerk Meerane a. d. Saale. Ing. Freudenhammer berichtet über die Erfahrungen an einem zwecks Verbesserung des $\cos\varphi$ eingestellten Phasenschiebers. Der Leistungspreis in Meerane betrug für 1 kVA der monatlichen Höchstleistung

[1]) Naturwissenschaften 1920, S. 815.
[2]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1927, S. 48.
[3]) Vgl. Das Elektrizitätswerk 1926, S. 122.

Digitized by Google

7·81 Mk., der Arbeitspreis 2·83 Pf. pro 1 kWh, zwischen 10 Uhr abends und 6 Uhr früh 2·26 Pf. Nach genau einjähriger Beobachtung, wobei in den Sommermonaten während der Kraftbelastungsspitzen ein $\cos \varphi = 0{\cdot}5$, in den Wintermonaten zufolge der stärkeren Lichtbelastung ein $\cos \varphi$ von 0·8 auftrat, wurde ein asynchroner Phasenschieber für 800 kVA bestellt. Die Vorteile dieser Maschinentype liegen in dem geringen Anlaufstrom, ferner in der kurzen Anlaufzeit und darin, daß der Dauerkurzschlußstrom 0 ist. Die Kosten der Blindleistungsanlage betrugen 35 000 Mk. Der Eigenverbrauch bei voller Belastung ist 60 kW. Aus einer Zusammenstellung geht hervor, daß der mittlere Wert des $\cos \varphi$ ohne Phasenschieber 0·65 betrug, nach Einstellung des Phasenschiebers stieg er auf 1; damit ergeben sich Leistungskosten für 1 kW der ins Netz gelieferten monatlichen Höchstleistung, im ersten Fall mit 12 Mk., im zweiten Fall mit 8·42 Mk. Es tritt also pro kW eine Verminderung von 3·58 Mk. auf, jährlich eine Verbilligung im Leistungspreis von 33 074 Mk. Um die tatsächlichen Ersparnisse zu rechnen, muß noch der Arbeitspreis berücksichtigt werden. Dann ergibt sich für die abgegebene kWh ohne Phasenschieber ein Preis von 6·71 Pf., mit Phasenschieber 6·177 Pf., daher eine Verbilligung von 0·54 Pf. pro kWh. Die tatsächlichen Ersparnisse in einem Jahr betragen 5602·— Mk.

Hum.

(Siemens-Zeitschrift, Jahrg. 7, Heft 9, 1927.)

Patentbericht.

Quecksilberdampfgleichrichter.

(Fortsetzung aus Heft 4, Seite 98.)

Kühlung.

Man hat bei Metalldampfgleichrichtern bereits Kühleinrichtungen verwendet, die aus einem über der Kathode angeordneten Hohlkörper bestehen. Nach einer Erfindung der Fa. Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, bildet dieser Hohlkörper *c* (Abb. 7) zusammen mit dem gebräuchlichen Führungstrichter *e* für den Lichtbogen einen Kanal mit angenähert parallelen Grenzflächen, wobei die Anodenhülsen *b* durch Aussparungen des Hohlkörpers *c* in diesen Kanal hineinreichen. Der Kanal kann ferner durch radiale Rippen *d* bezw. *f* am Führungstrichter *e* oder an der Kühleinrichtung *c* in mehrere einzelne Kanäle unterteilt sein, die zu je einer Anode *a* führen. Dadurch wird der weitere Vorteil erreicht, daß der für Rückzündungen in Betracht kommende Überschlagsweg zwischen zwei Anoden verlängert wird. Der Kühlkörper *c* muß natürlich zur Abführung der Wärme von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden. Hiezu kann dieselbe Flüssigkeit verwendet werden, die auch die übrigen im Gleichrichter vorhandenen Kühleinrichtungen (Kathodenkühlung, Mantelkühlung, Domkühlung) durchfließt. Damit nun von der im Innern des Vakuumgefäßes befindlichen Kühleinrichtung der größte Teil des Metalldampfes kondensiert wird, soll die Kühlflüssigkeit nach der Kathodenkühleinrichtung und dann erst die weiteren Kühleinrichtungen des Gleichrichters durchströmen. (Ö. P. Nr. 102834.)

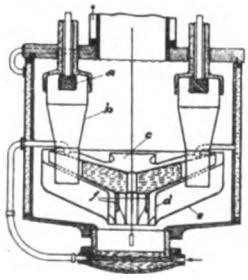


Abb. 7.

Bei parallel arbeitenden Gleichrichtern wirkt es störend, wenn die einzelnen Apparate nicht ganz gleichmäßig arbeiten, da es leicht vorkommen kann, daß alle Gleichrichter mit Ausnahme eines einzigen, der aus irgendwelchen Gründen den geringsten Widerstand bietet, gänzlich ausfallen und nur dieser eine arbeitet. Nach einer Erfindung der SSW (M. Schenkel) wird dieser Mißstand dadurch behoben, daß durch eine besondere Vorrichtung die in den Gleichrichtern herrschenden physikalischen Zustände ausgeglichen werden und durch diesen Ausgleich der Stromdurchgang beeinflußt wird. Die den Ausgleich bewirkende Vorrichtung soll dabei nicht in dem Stromdurchgang selbst bestehen, sondern von ihm unabhängig sein. Man kann beispielsweise durch die vom Stromdurchgang unabhängige Vorrichtung die Temperatur in den verschiedenen Gleichrichtern auf gleicher Höhe erhalten. Die Gleichheit der Temperatur kann dadurch erreicht werden, daß man dasselbe Kühlmittel den einzelnen Gleichrichtern hintereinander zuführt. Steigt oder fällt die Temperatur in einem der Gleichrichter, so wird dies durch das umlaufende Kühlmittel auf die übrigen übertragen und infolge des bald eintretenden Temperaturausgleichs tritt wieder ein gleichmäßiges Arbeiten aller Gleichrichter ein. Besonders wichtig ist die Erfindung für kleine Stationen, bei denen eine besondere Beaufsichtigung der Gleichrichter nicht vorhanden ist. (D. R. P. Nr. 430578.)

Eine Einrichtung zum Auffangen und Kondensieren des von der Kathode des Gleichrichters aufsteigenden Quecksilberdampfes hat die Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, angegeben. Man hat den Gleichrichter mit Kühleinrichtungen versehen, welche die Temperatur des Zylinders auf einer ungefährlichen Höhe halten sollten. Ferner hat man einen Kühldom über der Kathode angeordnet, der die aufsteigenden Quecksilberdämpfe auffängt und kondensiert. Damit die Dämpfe nicht in die Anodenräume gelangen, hat man die Wand des Kühldoms in das Innere des Gefäßes hineinverlängert und diese Verlängerung als Führungsrohr für den Dampf benützt. Man hat sogar, um ein Abirren der Quecksilberdämpfe sicher zu vermeiden, auch unmittelbar über der Kathode ein kleineres Führungsrohr angeordnet, das den Dampf in die Verlängerung des Kühldomes hineinleitet. Aber alle diese Einrichtungen konnten das Auftreten von Rückzündungen nicht vollständig verhindern, weil die Kühlung der bei großen Überlastungen auftretenden plötzlichen Steigerung der Dampfmenge nicht Rechnung trägt. Die Erfindung bezieht sich nun auf einen Gleichrichter mit ringförmigen Anoden und einen in das Innere des Gefäßes verlängerten Kühldom und besteht darin, daß der in das Gleichrichtergefäß hineinragende Teil des Kühldomes durch eine an seiner Oberfläche angebrachte Kühleinrichtung gekühlt wird. Ein solcher Kühldom vereinigt ein großes Fassungsvermögen mit einer sehr wirksamen Kondensation des Quecksilberdampfes, so daß selbst große Metalldampfmengen, wie sie bei großen Belastungen von der Kathode abgegeben werden, vom Kühldom aufgenommen und in kürzester Zeit kondensiert werden. (Ö. P. Nr. 105771.)

Wenn Gleichrichter längere Zeit, besonders in einem kalten Raum, unbenützt stehen, neigen sie zu Rückzündungen. Ein nicht in Betrieb befindlicher Gleichrichter bildet daher keine vollwertige Reserve für einen im Betrieb befindlichen, vielmehr ist häufig vor der Inbetriebnahme ein vorsichtiges und langwieriges Anwärmen mit Strom bei niedriger Spannung des Gleichrichters (Ausheizen) erforderlich. Man kann dies durch ständiges Warmhalten des Gleichrichters vermeiden. Diese Erwärmung geschieht gemäß einer Erfindung der AEG (Dr. J. Alexander) dadurch, daß die Rohrleitung für das Kühlmittel so geführt ist, daß das abfließende erwärmte Kühlmittel der in Betrieb befindlichen Gleichrichter durch einen oder mehrere außer Betrieb befindliche Gleichrichter geführt wird. Diese Führung des Kühlmittels wird zweckmäßig in bekannter Weise durch Hähne oder Ventile so umschaltbar eingerichtet, daß nach Belieben der eine oder der andere Gleichrichter in Betrieb genommen werden kann und daß das erwärmte Kühlmittel von jedem Gleichrichter, ohne einen anderen Gleichrichter zu durchströmen, unmittelbar abfließen kann, zum Beispiel, wenn Instandsetzungsarbeiten an letzterem vorgenommen oder wenn beide Gleichrichter gleichzeitig in Betrieb genommen werden sollen. Bei

Digitized by Google

einer großen Anzahl von Gleichrichtern kann ein Sammelbehälter für das erwärmte Kühlmittel vorgesehen werden. (D. R. P. Nr. 428587.)

Zündung.

Eine Erfindung der AEG bezieht sich auf Gleichrichter, bei denen eine elektrisch bewegliche Zündelektrode über dem Spiegel der Quecksilberkathode schwebt und durch einen außerhalb des Entladungsgefäßes angebrachten, zwischen Zündelektrode und Kathode parallel zum inneren Stromweg geschalteten Wechselstromelektromagneten periodisch in das Quecksilber getaucht wird. Man hat Zündvorrichtungen für derartige Gleichrichter vorgeschlagen, bei denen die Zündelektrode mit ihrem äußeren Ende an einen von der Sekundärseite des Gleichrichtertransformators abgezweigten Wechselstromkreis über einen vom Gleichstrom überwachten Schalter derart angeschlossen ist, daß die Zündung lediglich durch Einleiten des Betriebswechselstromes zustande kommt und die Zündelektrode unter diesem Einfluß so lange schwingt, bis sie nach erfolgter Zündung von dem Gleichstrom selbsttätig abgeschaltet wird. Bei einer derartigen Anordnung ist es möglich, daß sich die Zündelektrode fälschlicherweise als Kathode ausbildet. Um dies zu verhindern, sind nach der Erfindung zwei Unterbrechungsstellen im Zündstromkreis vorgesehen, von denen die eine vor und die andre hinter der Zündvorrichtung liegt. Die beiden Unterbrechungsstellen werden gleichzeitig durch ein Relais oder einen Druckknopfschalter usw. geöffnet. (D. R. P. Nr. 439054.)

Zur Zündung des Lichtbogens hat man schon einen Heizfaden verwendet, bei dessen Erhitzung Quecksilberdampf entwickelt wurde. Die Betriebssicherheit dieser Zündungsart litt aber darunter, daß der Heizfaden frei in das Quecksilber hineinhing und daher bei Erschütterungen, wie sie zum Beispiel bei fahrbaren Gleichrichtern auftreten, gefährliche Eigenbewegungen vollführen konnte. Dieser Nachteil wird durch eine Erfindung der Firma Joh. Kremenezky und Leopold Wimberger in Wien dadurch vermieden, daß der Heizfaden mit seinen beiden Enden an Zuleitungsdrähte angeschlossen ist (Abb. 8). Die Kathode 2 steht durch den Draht 4 mit der Klemme 5 der Sekundärwicklung des Transformators 1 in Verbindung. Die Anode 6 wird durch die Leitung 15 an die Klemme 7 gelegt. Zur Heizung des Quecksilbers ist ein Heizfaden 11 vorgesehen, der teilweise in das Quecksilber eintaucht. Die Stromzuleitung zu diesem Heizfaden erfolgt durch den Draht 4 und den Draht 12, durch die er an eine Teilspannung des Transformators gelegt wird. Als Anode dient ein Eisenzylinder 14, der unten kegelförmig ausgebildet ist. Nach Schließen des Schalters 13 erhitzt der Strom den Heizfaden 11 und das Quecksilber. Es entwickeln sich Dämpfe, die den Zündlichtbogen zur Anode 6 hervorrufen. Der Schalter 13 wird hierauf geöffnet, was auch durch einen Elektromagneten in der Leitung 15 bewirkt werden kann. (Ö. P. Nr. 104960.)

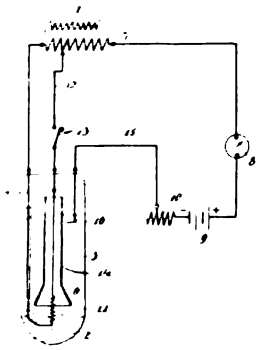


Abb 8.

Glasgleichrichter werden in der Regel durch Kippen des Gleichrichtergefäßes zum Zünden gebracht. Das Kippen geschieht entweder von Hand oder selbsttätig mit Hilfe eines Elektromagneten. Beim Schließen des Magnetstromes wird der Anker angezogen und dadurch das mit ihm verbundene Gleichrichtergefäß geneigt. Beim Unterbrechen des Stromes richtet es sich wieder auf. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis der Gleichrichter zündet, worauf die Kippvorrichtung abgeschaltet und stillgesetzt wird. Es sind Anordnungen bekannt, bei denen die Kippvorrichtung nach dem Zünden des Gleichrichters durch den Netzgleichstrom stillgesetzt wird oder durch einen Hilfsstromkreis, der von der Kathode des Gleichrichters zum Nullpunkt eines Erregertransformators führt. Eine Erfindung der Firma Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt (Erfinder Josef Stolz in Charlottenburg) besteht in einer selbsttätigen Kippvorrichtung, bei welcher der den Magnetschalter steuernde Hilfsstromkreis von den Anoden über einen z. B. aus Widerständen gebildeten künstlichen Nullpunkt zur Kathode des Gleichrichters führt (Abb. 9). Zum Zünden wird das Gefäß geneigt, dabei reißt das Quecksilber der Elektroden *z* und *k* ab, so daß ein Lichtbogen entsteht, der die Zündung bewirkt. Das Kippen erfolgt durch den Magneten *m*, der Erregerstrom von *m* führt über *z—k*, so daß er beim Neigen des Gefäßes unterbrochen wird, worauf das Gefäß sich wieder aufrichtet und den Magnetstrom schließt. Das Gefäß gerät in pendelnde Bewegung, bis die Hilfselektroden zünden. Es fließt dann ein Hilfsgleichstrom von den Anoden über den Nullpunkt *d* zur Kathode. In diesem Hilfskreis liegt ein Relaisschalter *r*, der den Erregerstrom des Kippmagneten *m* unterbricht und die Kippvorrichtung stillsetzt. (D. R. P. Nr. 430103.)

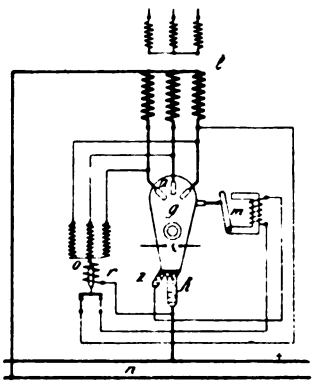


Abb. 9.

Allgemeine Schaltungsanordnungen.

Gegenstand einer Erfindung der Firma Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. (Dr. Ing. E. H. Moritz Schenkel in Charlottenburg) ist ein Verfahren zum Betrieb von Metalldampfgleichrichtern, das die selbständige Anpassung des Erregerstromes an die Belastung des Gleichrichters ermöglicht. Die Erfindung geht von der bekannten Erscheinung aus, daß der Spannungsabfall in Gleichrichtern mit steigender Belastung zunimmt und stützt sich ferner auf die Beobachtung, daß Sonden, die in die Dampfstrecke eines Gleichrichters gebracht werden, das Potential ihrer Umgebung annehmen und somit auch bei steigender Belastung der Spannungsabfall zwischen solchen Sonden und der Kathode steigt. Andererseits ist zu beachten, daß der Gleichrichter erlischt, wenn die Stromstärke unter ein gewisses Maß sinkt; man muß deshalb den Erregerstrom, besonders wenn die Belastung des Gleichrichters an sich schwach ist, kräftig halten, obwohl dies einen größeren Verlust durch den damit verbundenen Wattverbrauch bedingt. Unter Berücksichtigung dieser Umstände wird gemäß der Erfindung der mit der Belastung steigende Spannungsabfall zwischen den Erregeranoden, die als Sonden betrachtet werden können, und der Kathode dazu benützt, den Erregerstrom in eine selbsttätig regelbare Abhängigkeit von dem Hauptstrom zu bringen. Werden die Erregeranoden an eine bestimmte Spannung gelegt, die bei einem gegebenen Hauptstrom einen gewissen Erregerstrom liefert, so muß die Erregerstromstärke sinken, sobald der Hauptstrom wächst, weil der Erregerstrom von den Anoden über den gleichen Weg geht wie der Hauptdampfstrom und der letztere zwischen den Erregeranoden und der Kathode eine in Abhängigkeit von ihm wachsende Spannung absetzt. Zur selbsttätigen Anpassung des Erregerstromes an die Belastung des Gleichrichters wird deshalb die Erregerspannung nicht wesentlich größer als die vom Hauptstrombogen an die Erregeranoden abgesetzte Spannung gewählt, so daß die den Erregerstrom treibende Spannung von der durch den Lichtbogen gelieferten nicht zu sehr verschieden ist. Es müssen also die Widerstände im Erregerstromkreise möglichst klein bemessen werden, auch ist dafür Sorge zu tragen, daß die Spannung durch den Hauptlichtbogen wirklich auf die Erregeranoden abgesetzt werden kann. Um letzteres zu erreichen, empfiehlt es sich, möglichst großflächige Erregeranoden zu verwenden.

(D. R. P. Nr. 433363.)

Digitized by Google

Man benutzt bekanntlich eine Hintereinanderschaltung von Drosselspule und Kondensator (Resonanzstromkreis), um Ströme irgend einer unerwünschten Frequenz, zum Beispiel die Oberwellenströme in einem von einem Gleichrichter gespeisten Gleichstromkreis, von dem zum Resonanzstromkreis parallel geschalteten Gleichstromnetz fernzuhalten. Damit im Resonanzstromkreis, der für den Strom der Oberwellenfrequenz einen Kurzschluß darstellt, dieser Strom nicht allzu stark anwächst, schaltet man zwischen Resonanzstromkreis und Stromquelle eine weitere Drosselspule (Begrenzungsdrosselspule). Diese Begrenzungsdrosselspule wird jedoch sehr groß, weil sie nicht nur den Oberwellenstrom führen muß, der den Resonanzstromkreis durchfließt, sondern auch den Strom der Betriebsfrequenz, der in das Netz fließt. Nach einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, können die erforderlichen Abmessungen dieser Drosselspule bedeutend verkleinert werden, indem sie mit der Resonanzdrosselspule magnetisch verkettet wird. Man kann etwa die beiden Spulen auf demselben Eisenkern anbringen. Sie bilden dann zusammen einen Transformator in Sparschaltung. Wenn die Spannung des Gleichrichters mehrere Oberwellen von verschiedener Frequenz enthält, so können zwei verschiedene Oberwellen vom Gleichstromnetz ferngehalten werden, indem man im Resonanzstromkreis zwei parallele Stromzweige in Reihe zur Hauptresonanzdrosselspule schaltet, von denen jeder einen Kondensator und mindestens einer noch eine weitere Drosselspule enthält. (D. R. P. Nr. 441491.)

In bedienungslosen Gleichrichteranlagen ist es wichtig, bei Wiedereinschaltung des primärseitig außer Betrieb gewesenen Gleichrichters zum Zweck seiner Inbetriebsetzung unmittelbar seine Zündung selbsttätig zu bewirken. Wird der Zündstrom von einem besonderen Umformer als Gleichstrom geliefert, so wurde dieser bei der bekannten Einrichtung selbsttätig in und außer Betrieb gesetzt, sobald der Wechselstromhauptschalter des Gleichrichters geschlossen bzw. geöffnet wurde; während des Betriebes des Gleichrichters lief also der Zündumformer weiter. Dies ist nicht nur eine Energieverschwendung, sondern verursacht auch Geräusch, was man in Gleichrichteranlagen zu vermeiden bestrebt ist. Nach der Erfindung der vorgenannten Firma wird die Außerbetriebsetzung mit Hilfe des Erregerstromes bewirkt, der nach erfolgter Zündung in einem besonderen Hilfsstromkreis zu fließen beginnt. Sobald der Hauptschalter geschlossen wird, beginnt der Motor des Umformers zu laufen und die Dynamo liefert Gleichstrom: dieser erregt den Zündmagneten, wodurch mit Hilfe der Zündanode der Zündlichtbogen gebildet wird. Nun entstehen auch die Haupt- und Erregerlichtbögen. Sobald gleichgerichteter Erregerstrom fließt, wird ein Schaltmagnet erregt, der Motor und Dynamo abtrennt und somit die gesamte Zündeinrichtung gleichstrom- und wechselstromseitig abschaltet. (D. R. P. Nr. 433571.)

Eine Transformatorschaltung zur Erzielung einer möglichst konstanten Gleichspannung zwischen Leerlauf und Vollast bei Gleichrichteranlagen hat die Firma Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. (Moritz Schenkel und Heinrich Jungmichl) angegeben. Bei sechsphasig betriebenen Gleichrichtern, die von einem Haupttransformator gespeist werden, der primär in Stern geschaltet ist und sekundär sechsphasig in Doppelstern verkettet ist, entsteht dann, wenn im Gleichrichter nur eine Anode brennt, am Haupttransformator eine Flußverteilung, die das gleichzeitige Brennen einer zweiten Anode begünstigt. Bei großer Belastung führen tatsächlich zwei Anoden Strom. Dies bewirkt eine Verringerung des Effektivwertes der Anodenströme und damit einen verhältnismäßig geringen Spannungsabfall bei zunehmender Belastung. Da jedoch für den Fall, daß gleichzeitig zwei Anoden Strom führen, die vektorielle Summe der beiden Phasenspannungen zur Wirkung kommt, so ergibt sich für die Gleichspannung bei der angegebenen Transformatorschaltung zwischen Leerlauf und der die wirksame Streuspannung erzeugenden Last ein Spannungsabfall von etwa 13 vH. Die Erfindung ermöglicht es, daß die beschriebene Stromverteilung unabhängig von der Belastung der Gleichrichteranlage schon bei Leerlauf eintritt. Dieses Ergebnis wird durch Hilfskreise an den einzelnen Transformatorkernen erzielt, in denen Wechselströme von der dreifachen Netzfrequenz fließen. Diese Ströme magnetisieren den Haupttransformator und induzieren in den Sekundärwicklungen die erwünschten Zusatzspannungen unabhängig vom Belastungsstrom. Diese Hilfskreise werden vorteilhaft als Resonanzkreise für die dreifache Netzfrequenz ausgebildet. Als Induktivitäten werden entweder Teile der Hauptwicklungen des Transformators oder besondere Zusatzwicklungen verwendet, die mit entsprechend bemessenen Kapazitäten kombiniert werden.

(D. R. P. Nr. 436311.)

(Fortsetzung olgt.)

Chronik.

Internationaler Kongreß für Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht in Como.

Anläßlich der Gedächtnisfeier zum 100. Todestage Alexander Voltas fand in Como neben anderen Kongressen[1]) auch ein solcher für Telegraphie und Telephonie statt, auf welchem Fachleute aus den verschiedenen Kulturstaaten der Welt Vorträge über zeitgemäße Fragen der Nachrichtentechnik hielten. Diese Vorträge und die sich daran knüpfenden Erörterungen betrafen teils Fragen von vorwiegend theoretischem Inhalt, teils aber auch solche von wesentlicher Bedeutung für die Praxis. Auf einige der behandelten Fragen soll auf Grund der in der „Revue Générale d'Electricité, Bd. 17, H. 14 bis 20" erstatteten ausführlichen Berichte im Nachstehenden kurz eingegangen werden.

Mit den Vorgängen auf linearen Systemen während des veränderlichen Zustandes beschäftigte sich Küpfmüller, Deutschland. Als lineare Systeme gelten hier solche, für welche die Beziehungen zwischen den veränderlichen Größen durch lineare Differentialgleichungen oder lineare Integrale dargestellt werden können, wie insbesondere die Leiteranordnungen zur Fernsprechübertragung. Bei solchen Systemen wird für den stationären Zustand die Beziehung zwischen einer Ursache S_1 und einer von ihr abhängigen Größe S_2 dargestellt durch den Ausdruck $S_2 = A \cdot S_1$, wobei man im allgemeinen A die Form geben kann: $A = A_0 \cdot e^{-ia}$. Dabei ist A auch bestimmend für den Ablauf des veränderlichen Zustandes, wenn dieser nach dem Lehrsatz von Fourier als die Summe sinusförmig ablaufender Einzelvorgänge dargestellt werden kann. Die Richtigkeit der theoretischen Ergebnisse ist durch vorgenommene Versuche erwiesen.

Die Bedingungen zur Regelung der Übertragungsgeschwindigkeiten in der Telegraphie gaben Dr. Salinger, Deutschland, Gelegenheit zur Berichterstattung. Die einzuhaltende Geschwindigkeit ist begrenzt durch die erforderliche Genauigkeit der übertragenen Zeichen. Die Aufgabe ist einfach bei den mit Punkten und Strichen arbeitenden Apparaten von Morse und Wheatstone, schwieriger bei den Drucktelegraphen. Man kann sich bei diesen zuweilen des Kunstgriffes bedienen, die Segmente der Verteilscheibe des Empfängers, welche die von der Leitung einlangenden Stromstöße auf die folgenden Apparatteile übertragen, so zu verkürzen, daß die verzerrten Anfangs- und Endteile der Zeichen abgeschnitten und nur die eingeschwungenen mittleren Teile der Zeichen an die den Druck des Zeichens bewirkenden Teile fortgeleitet werden.

Prof. M. J. Pupin, V. St. A., zeigte die Möglichkeit einer Leitungsnachbildung durch eine Anordnung von Widerständen und Selbstinduktionsspulen, die innerhalb eines breiten Frequenzbereiches den gleichen Scheinwiderstand an den Leitungsenden zeigt, wie ihn für den gleichen Frequenzbereich die wirkliche Leitung besitzt. Die angestellten Versuche ergaben beim Duplexbetrieb auf Kabeln, die mit künstlichen Leitungen dieser

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 956, 1081.

Digitized by Google

Art abgeglichen waren, eine viel größere Telegraphiergeschwindigkeit als bisher.

Kennely, V. St. A., besprach die Anwendung der hyperbolischen Funktionen auf die theoretische Untersuchung der neueren Fortschritte in der unterseeischen Telegraphie. Er zeigte unter Hinweis auf das zwischen New York und den Azoren verlegte Kabel mit Permalloy-Umwicklung der Adern[2]), daß man auf die Theorie der telegraphischen Übertragung auch die Verfahren anwenden kann, die zur Klärung der Vorgänge bei der Fernsprechübertragung mit Erfolg angewendet wurden, wobei die hyperbolischen Funktionen eine wichtige Rolle spielen.

Auch Dr. Bucksley, V. St. A., hat die mit künstlicher Selbstinduktion belasteten Seekabel, insbesondere jene mit Permalloy, zum Gegenstand seiner Betrachtungen gemacht und wichtige Anregungen für die Planung, Herstellung und den Betrieb der Telegraphenkabel gegeben.

Dagegen hat Pohlmann, Deutschland, sein Augenmerk den unterseeischen Pupinkabeln für Fernsprechzwecke zugewendet, welche zur Verbindung Groß-Britanniens[3]) und der skandinavischen Länder mit dem übrigen Europa vorzüglich geeignet scheinen. Die technischen Bedingungen für Fernsprechkabel sind im Allgemeinen durch den Internationalen beratenden Ausschuß für Fernsprech-Weitverkehr (CCI) festgelegt worden[4]); es müssen aber daneben auch die wirtschaftlichen Rücksichten in Betracht gezogen werden. Das 1906 im Bodensee von der Firma Siemens & Halske verlegte Pupinkabel[5]) hatte bereits Papierisolation und konnte, da die Verbindung des Kabels mit den die Pupinspulen enthaltenden Muffen schon in der Fabrik erfolgt war, als Ganzes verlegt werden. Der Berichterstatter erörterte auch die Möglichkeiten der Instandhaltung und der Ausbesserung eingetretener Schäden an solchen Kabeln und gab schließlich noch eine Beschreibung des im Jahre 1926 verlegten pupinisierten Fernsprechkabels zwischen Deutschland und Dänemark.

Prof. Giebe, Deutschland, besprach die Möglichkeit, durch piëzoelektrische Erregung an Quarzproben außer den bisher erzeugten longitudinalen Schwingungen auch Transversal- und Torsionsschwingungen hervorzurufen. In verdünnter Luft beginnen die zu Resonanzschwingungen angeregten Quarzstücke zu leuchten[6]). Aus der Art dieser Leuchterscheinung lassen sich Schlüsse ziehen auf die Art der Schwingung, die harmonischen Oberschwingungen und die Verteilung der elektrischen Ladungen.

Prof. Vallauri, Italien, erörterte ein Verfahren zur Messung hoher Frequenzen, welches seit einiger Zeit im radiotechnischen Marineinstitut in Livorno angewendet wird, und durch welches die zu bestimmende Frequenz auf etwa 50 bis 150 Per/s herabgemindert wird, so daß sie zum Antrieb eines Synchronmotors verwendet werden kann, dessen Geschwindigkeit sich ohne Schwierigkeit bestimmen läßt.

Prof. Rukop, Deutschland, besprach die mit kurzen Wellen erzielten Erfolge[7]). Aus theoretischen Überlegungen schließt er, daß je nach der Ionisation der höheren Luftschichten und dem daraus sich ergebenden Brechungsexponenten für die kurzen Wellen sich eine günstigste Wellenlänge und ein günstigster Strahlungswinkel für den Sender bestimmen läßt, wobei sich für die kürzeren Wellen ein spitzerer Winkel ergibt[8]). Mit Bezug auf die Reichweite zeigen sich die kurzen Wellen vorteilhafter als die langen Wellen. Besonders bemerkenswert scheinen die wiederholt einlangenden Signale; so konnten Signale auf der 15 m Welle in Geltow bei Nauen direkt, aber auch nach Umkreisung der Erde in zwei entgegengesetzten Richtungen und dann noch einmal nach zweimaliger Umkreisung der Erde, im Ganzen also viermal aufgenommen werden[9]). Der Vortragende beschrieb schließlich die Anordnungen, welche mit einer Hochfrequenzenergie bis zu 20 kW eine tadellose radiotelegraphische Verbindung zwischen Nauen und Buenos-Aires[10]) ermöglichen.

K. W. Wagner, Deutschland, gab eine allgemeine Theorie der Kettenleiter[11]), zu denen unter Anderem auch die Isolatorenketten, die Pupinleitungen, die Widerstandsätze und die künstlichen Leitungen gehören. Die vorgebrachte Theorie gestattet nicht nur eine Vereinfachung mancher Rechnungen, sondern sie hat auch die Auffindung neuer Anordnungen erleichtert, die, wie die elektrischen Filter und die elektrischen Weichen, von hervorragender Bedeutung in manchen Gebieten der elektrischen Nachrichtentechnik, wo es sich um die Trennung von Strömen verschiedener Frequenzen handelt, geworden sind. Zu diesen Gebieten zählen insbesondere die Mehrfachtelegraphie und das Mehrfachfernsprechen mit Hilfe von Trägerströmen.

Die Messung von physikalischen Größen, deren Abhängigkeit von einer anderen durch einen Logarithmus gekennzeichnet wird, besprach Prof. Breisig, Deutschland. Diese Abhängigkeit, wie sie z. B. durch die Beziehung zwischen der Dämpfung einer von Wechselstrom durchflossenen Leitung und ihrer Länge gegeben ist, kann durch die Formel

$$m = \log \text{nat} \frac{A_1}{A_2} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

oder auch durch die Formel

$$M = \log_{10} \frac{A_1}{A_2} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

dargestellt werden[12]). Die Wahl zwischen diesen beiden Formeln gewinnt Bedeutung bei der Bestimmung des Dämpfungsmaßes einer Leitung, für welche bereits zwei verschiedene Verfahren vorgeschlagen wurden, die sich auf je eine der beiden Formeln stützen. Um sich möglichst dem absoluten Maßsystem anzupassen und die Einführung anderer Koeffizienten als der Potenzen von 10 für die gewählten Einheiten zu vermeiden, gibt Prof. Breisig der Formel 1 nach dem natürlichen Logarithmus für die Bestimmung des Dämpfungsmaßes den Vorzug.

Prof. Korn, Deutschland, der schon 1911 gelegentlich der Weltausstellung in Turin eine phototelegraphische Übertragung zeigen konnte, gab die seither von ihm gemachten Fortschritte bekannt. Sie beruhen größtenteils auf der Verwendung der Verstärkerröhren, welche einerseits die Verwertung der schwachen lichtelektrischen Ströme, aber auch die Ausbildung neuer Selenzellen ermöglichten, deren Trägheit dank der geringen Dicke der aufgetragenen Selenschicht bedeutend weniger ins Gewicht fällt als bei den alten Zellen[13]).

Dr. Schroeter, Deutschland, berichtete über neuere Verbesserungen des telephotographischen Verfahrens nach Karolus-Telefunken[14]), von denen die Erzeugung einer Trägerfrequenz für die Stromschwankungen in der Photozelle mit Hilfe eines in den Lichtweg geschalteten Zahnrades besonders erwähnt sei.

Über die Einführung von Normalapparaten zum Vergleich mit den gangbaren Mustern von Fernsprechern und Fernhörern sprach Cohen, Großbritannien, und erwähnte die Beistellung derartiger Normalapparate für das C. C. I. in Paris durch die

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 999.
[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 369.
[5]) Vgl. E. u. M. 1907, S. 486, 763 ff.
[6]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, S. 68.
[7]) Vgl. a. „Die Radiotechnik" 1925, S. 13, 89; 1927, S. 9, 125.
[8]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1927, S. 97.
[9]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, S. 59.
[10]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 615.
[11]) Vgl. a. E. u. M. 1920, S. 10; 1922, S. 437; 1927, S. 327.
[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 368.
[13]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 30; 1924, S. 433.
[14]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, S. 61.

Digitized by Google

American Telephone and Telegraph Company, welche in einem Raum des Conservatoire national des Arts et Métiers untergebracht werden[15]).

F. Erikson, Großbritannien, entwarf ein Bild der schnellen Entwicklung des europäischen Telephonnetzes und der bestehenden Verbindungen. Mit Rücksicht auf die zahlreichen hierüber in dieser Zeitschrift erschienenen Berichte[16]) seien hier nur einige bemerkenswerte Angaben hervorgehoben:

Die Kabel Budapest—Wien und Wien—Passau schließen Ungarn und Österreich bereits an Westeuropa an[17]), direkte Verbindungen Österreichs mit seinen übrigen Nachbarländern sind in Angriff genommen. Durch die ganze Tschechoslowakei läuft eine Kabellinie Kolin—Prag—Bratislawa mit Anschluß an Deutschland und Ungarn und projektierter Abzweigung nach Österreich. Das deutsche Kabelnetz[18]) hat sich in den letzten Jahren außerordentlich entwickelt. Verbindungen zu den westlichen und südlichen Nachbarstaaten sind, teilweise auch mehrfach, bereits in Betrieb, solche nach Norden und Osten stehen vor ihrer Vollendung; ein Unterseekabel ist unter Umgehung des „polnischen Korridors" nach Rußland und zu den Randstaaten gelegt. Die beiden Hauptlinien der Schweiz, Genf—St. Gallen und Zürich—Chiasso (St. Gotthard) treffen sich in Zürich, zahlreiche Nebenlinien schließen die übrigen Städte an; in der Schweiz besteht jede Linie aus zwei Kabeln: das eine ist für den internationalen, das andere für den lokalen Verkehr bestimmt. Das Kabelnetz Italiens befindet sich im ersten Entwicklungsstadium, Auslandsverbindungen fehlen noch gänzlich, doch ist ihre zukünftige Lage durch die bereits vorhandenen Anschlußpunkte an den Grenzen vorausbestimmt. Dagegen sind in Frankreich[19]) bereits einige wichtige Verbindungen vollendet, wie die Linien von Paris nach Le Havre, Boulogne und Straßburg, welch letztere an das deutsche und über Basel an das Schweizer Netz anschließt. Im Ausbau sind die Linien Paris—Lille und Paris—Lyon; Anschluß an Spanien und Italien ist projektiert. England, welches im Lande ein ausgedehntes Kabelnetz besitzt, ist durch Unterseekabel mit einer Anzahl von Staaten des Festlandes verbunden[20]), seit Juni 1927 besteht auch eine direkte Verbindung mit Schweden. Eine besonders wichtige Stellung im intereuropäischen Kabelnetz nehmen Belgien[21]) und Holland[22]) ein; sie verfügen auch bereits über zahlreiche, fertige Linien, die den Verkehr der benachbarten Großstaaten vermitteln. Schweden, welches im Innern über zwei große Kabellinien, Stockholm—Göteborg und Stockholm—Upsala—Gavle verfügt, wird, durch mehrere Unterseekabel mit dem Ausland verbunden, vorläufig der nördliche Ausläufer des europäischen Netzes sein.

Die gesamte verlegte Kabellänge in den erwähnten Ländern beträgt 24 400 km, die Länge der Adernpaare in diesen Kabeln 2 725 000 km.

Die Ausnützung langer Kabel behandelte Höpfner, Deutschland, und hob an Hand des deutschen Fernkabelnetzes die Bedeutung eines dichten Telephonnetzes zwischen den Städten für Fern-Telephonie, -Telegraphie, Bild- und Rundfunkübertragung hervor; er führte auch alle Schwierigkeiten an, die beim Ausbau solcher Kabelnetze zu bewältigen sind. Im besonderen besprach er auch die Instandhaltung und die Mittel zur Kontrolle des Betriebszustandes der Leitungen. Er zeigte zwei neue Instrumente, eines zur Überwachung des Isolationszustandes von Kabeln im Betrieb und eines, welches die Güte der Übertragung durch eine einzige direkte Ablesung zu messen gestattet.

Für die Frequenzbeziehungen in der Nachrichtentechnik schlug V. Hartley (V. St. A.) eine neue charakteristische Größe, die „Information" vor, welche die Nachrichtenübertragung vom rein physikalischen und nicht vom psychologischen Standpunkt zahlenmäßig erfassen soll. Diese Größe ist proportional dem Produkt aus Frequenzbereich und dem Zeitintervall, in dem die Frequenzen ausgenützt werden können.

Dr. Stecher.

[15]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 368.

[16]) E. u. M. 1925, S. 152, 203, 245; 1927, S. 200, 269, 353, 661, 749, 999, 1045.

[17]) E. u. M. 1927, S. 269.

[18]) E. u. M. 1922, S. 37; 1925, S. 151, 203; 1927, S. 353, 920, 999.

[19]) E. u. M. 1925, S. 245; 1927, S. 749.

[20]) E. u. M. 1927, S. 661, 999.

[21]) E. u. M. 1927, S. 200, 749.

[22]) E. u. M. 1927, S. 353, 661.

Literaturberichte.

3648 **Die Starkstromtechnik.** Von Arthur Stiller. Handbuch für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Herausgegeben von Dipl.-Ing. W. Lehmann, Frankfurt a. M., 1143 S., 2045 Abb., 19 Tafeln in besonderer Mappe, darunter 5 farbige Tafeln. Als Beilage und Ergänzungsband: Elektrotechnisches Tabellenbuch, Band I, Starkstromtechnik. Herausgegeben und bearbeitet von Dipl.-Ing. W. Lehmann. Preis beider Bände in Leinen geb. Mk. 38·—. H. Killinger, Verlagsgesellschaft m. b. H., Nordhausen.

Die vorliegende Neuauflage des Stillerschen Handbuches wendet sich wieder an einen weiten Leserkreis, besonders aber an den Installations- und Betriebstechniker, für die es ein wahres Kompendium ihres engeren und auch verwandter Fachgebiete bildet. Im ersten Kapitel werden die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt, natürlich nicht mit wissenschaftlicher Strenge, aber um so anschaulicher für den Praktiker, der gerne mathematischen Ableitungen aus dem Wege geht; dabei werden zahlreiche Beispiele aus später eingehend behandelten Gebieten herangezogen und so eine Brücke gebildet zwischen theoretischer Grundlage und praktischer Anwendung. Als besonders vorteilhaft vom didaktischen Standpunkt sei eine, leider nur an einigen Stellen wiederkehrende, Darstellungsweise hervorgehoben, die in Form von Frage und Antwort den Leser zum theoretischen Durchdenken häufiger praktischer Betriebsfälle anregt. Daß einzelne wichtige Gebiete (z. B. Transformatoren) in diesem Kapitel etwas kürzer geraten sind, ist bei der Fülle an Stoff wohl nicht zu vermeiden. Das zweite Kapitel befaßt sich in detaillierter Darstellung mit den Schaltanlagen und ihren einzelnen Bestandteilen, auch mit den einschlägigen Meßinstrumenten und Leitungsmaterialien. Es werden die verschiedensten modernen Konstruktionen in anschaulichen Bildern vorgeführt und besprochen; speziell tritt die gegenwärtig herrschende Richtung im Schalthausbau durch zahlreiche Bilder ausgeführter Anlagen deutlich vor Augen. (Die einschlägigen, ausführlichen Schaltbilder sind in einem separaten Ergänzungsband vereinigt). Dem Freileitungsbau, den Kabeln und ihrer Legung sind das 3. und 4. Kapitel gewidmet, wohl die gediegensten des ganzen Werkes. Die genannten Gebiete werden in flüssiger Darstellung sehr gründlich behandelt und sind auch für den Leitungstechniker selbst von Wert; die hier so notwendigen zahlreichen Tabellen, Nomogramme usw. sind in einem besonderen Bande beigelegt. Das 5. Kapitel wendet sich an den Installationstechniker und behandelt die Errichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen. Sehr geschickt sind hier an den Anfang die wichtigsten lichttechnischen Grundlagen gestellt, womit deutlich betont wird, daß jeder, auch der kleinsten Beleuchtungsinstallation, lichttechnische Überlegungen vorauszugehen haben. Leitungen und Installationsmaterial, aber auch Heiz- und Kühlanlagen, hauswirtschaftliche Maschinen und landwirtschaftliche Anlagen (die Installation eines größeren Gutshofes sehr ausführlich) werden in diesem Teile besprochen. Das Buch wird mit einem Kapitel über die Installation elektrischer Antriebe beschlossen, das zwar auch manche interessante Einzelheiten enthält, aber den Gegenstand natürlich nicht völlig erschöpfen kann. Alles

Digitized by Google

in allem wird das schön ausgestattete Buch dank seiner klaren und übersichtlichen Darstellung dem Praktiker wertvolle Dienste leisten und auch der Studierende wird sich mit Nutzen in seinen Inhalt vertiefen.

Friedländer.

3597 **Die Bauteile der Dampfturbinen.** Von Dr. Ing. Georg Karraß. 99 Seiten mit 143 Textabbildungen. (Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau. Zehntes Heft. Herausgegeben von Dipl.-Ing. C. Volk.) Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis M 10·—.

In Anpassung an den Aufbau der Sammlung, der das Heft angehört, enthält es nur die bauliche Gestaltung der wichtigsten Dampfturbinenteile (Gehäuse, Leitvorrichtungen, Laufschaufeln, Läufer, Abdichtungen und Lager), während auf die thermodynamische Berechnung, die ja gewöhnlich ohnehin ganz gesondert durchgeführt wird, nicht eingegangen ist. Da die Bauart der Regelung bekanntlich sehr eng mit der thermodynamischen Berechnung zusammenhängt, ist dieser Teil der Dampfturbinen nicht behandelt. Besonders ausführlich wird die Festigkeitsberechnung der Trommel, Laufscheiben und Wellen besprochen und dabei werden, wie auch in den übrigen Abschnitten, dem Konstrukteur viele Zahlenangaben über zulässige Beanspruchungen usw. gegeben und die Berechnungen durch vollständig durchgerechnete Beispiele ergänzt. Wenn das Heft auch begreiflicherweise grundsätzlich nichts Neues bringt, so wird es auch jenen, die über die großen Werke über die Dampfturbinen verfügen, von Nutzen sein, weil es eine ganze Reihe von Ausführungen von Einzelteilen durch große mitteleuropäische Dampfturbinenfabriken wiedergibt, und zwar in sehr gut ausgeführten und zum größten Teile auch mit Maßzahlen versehenen Zeichnungen. Auch erhält man, was die eigentlichen Lehrbücher vermissen lassen, einen Einblick in die Art und Weise, wie in den Konstruktionsbüros der Dampfturbinenfabriken gearbeitet wird und kann dabei feststellen, daß mit der thermodynamischen Berechnung allein die wissenschaftliche Tätigkeit im Dampfturbinenbau noch lange nicht erschöpft ist. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3646 Wirtschaftliches Arbeiten von F. H. Huth. Bd. II. Arbeitsmaschinen und Arbeitsverfahren. 69 S. mit 13 Abb. — Bd. III. Arbeitszeitbestimmung, Kalkulation, Vorrichtungsbau, Geschichtliches. 61 S. mit 5 Abb. (Bibliothek der gesamten Technik Bd. 371 und 372.) Leipzig, Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, o. J. 1927.

Die beiden Bände bringen in sehr breiter Darstellung verschiedenes aus dem Gebiete der Metallbearbeitung, wobei einerseits zum Beispiel die Kenntnis der Differentialrechnung vorausgesetzt wird, andererseits aber erläutert wird, was unter Grenzlehren zu verstehen ist. Bei der Reichhaltigkeit und Güte des vorhandenen Schrifttums über die Metallbearbeitungsmaschinen und die Arbeitszeitberechnung ist nicht einzusehen, für welche Kreise die vorliegenden Bände von Wert sein sollen. J.

3601 Richtwerte für Dreherei, herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. 15 Tafeln (AWF 101 bis 111) und ein Erläuterungsblatt (AWF 100). Beuth-Verlag, Berlin 1927. Preis jeder Tafel 25 Pf.

Die Tafeln enthalten Angaben über Spanquerschnitte und Schnittgeschwindigkeiten für Stahl von 20 bis 85 kg/mm² Festigkeit, Gußeisen, Messing, Rotguß, Elektron, Nickelstahl, Stahlguß, Temperguß und Aluminium. Auf dem Erläuterungsblatt wird die Bestimmung von Spanquerschnitten und Schnittgeschwindigkeiten unter Benützung der Tafeln besprochen. Die Blätter werden der Praxis wertvolle Dienste leisten.

—k.

3645 Was muß der Gewerbetreibende von der Steuer wissen?" Von Dr. G. Fochtmann. 86 S. Verlag: Reichsverband des deutschen Elektro-Installateurgewerbes e. V. (VEI), Frankfurt a. Main. Preis Mk. 1·50.

Die Schrift faßt kurz alles, was der Gewerbetreibende vom umfangreichen Steuerrecht wissen muß, zusammen und kann wegen der wertvollen allgemeinen Winke auch außerhalb Deutschlands als Behelf in Steuerfragen verwendet werden.

3547 Deutsches Arbeitsmuseum. Berlin-Charlottenburg, Fraunhoferstraße 11—12. 43 S. mit 10 Abb. Berlin 1927.

Die kleine Schrift schildert die Entwicklung des Museums seit 1924. Erwähnenswert ist, daß bei vielen der aufgestellten Maschinen elektrischer Einzelantrieb angewendet wird, daß in einer im Entstehen begriffenen Gruppe „Elektrische Anlagen" vorschriftsmäßige Schaltanlagen und Installationsmaterialien (möglichst unter Gegenüberstellung von falsch und richtig) sowie richtige Installationen von Beleuchtungsanlagen gezeigt werden sollen (eine Gruppe „Hygiene der Beleuchtung" ist schon vorhanden) und daß auch den Unfällen durch Starkstrom zunächst durch Lichtbilder Aufmerksamkeit geschenkt wird. Über die Schutzeinrichtungen in der elektrotechnischen Industrie unterrichtet das als Sonderausstellung dem Museum angegliederte frühere Hygiene-Museum der AEG. J.

3617 Die Grenzlehre. 5. Aufl. 101 S. mit 59 Abb. Die Gewindelehre. 93 S. mit 44 Abb. Herausgegeben von C. Mahr, Spezialfabrik für Präzisionsmeß- und Lehrwerkzeuge, Eßlingen, 1928. Zu beziehen durch Julius Springer, Verlag Berlin, Preis je Mk. 2·80.

Die beiden, in den weitaus größeren, allgemeinen Teilen streng wissenschaftlichen Schriften enthalten sehr gute Einführungen in das Wesen der Austauschbarkeit sowie der Grenzlehren und ihre Anwendung und der Passungen bezw. der Entwicklung der Gewindesysteme, der Gewindetoleranzen und der Gewindekontrolle. Sie bringen auch die wichtigsten der in Frage kommenden Normblätter und können sowohl für den Unterricht, als auch für die Benutzung im Betrieb auf das Beste empfohlen werden. —k.

3624 Dampfmesser und Dampfverbrauchsmessungen in der Zuckerindustrie von W. Jaekel. (Tagesfragen aus der Zuckerindustrie, herausgegeben von Ing. Dr. O. Wohryzek, Heft 6.) 32 S. mit 19 Abb. Rudolf Rathke, Verlagsbuchhandlung, Magdeburg 1927. Preis Mk. 2·50.

Die Schrift enthält zunächst eine sehr gute Einleitung des Herausgebers über die Bedeutung der Dampfmessung in Zuckerfabriken, wobei manche Ausführungen auch für andere Betriebe von Wert sind. Der zweite Teil besteht in der Hauptsache in der Wiedergabe dessen, was in den Druckschriften einer der führenden Dampfmesserfabriken über deren Mündungsdampfmesser zu finden ist.

Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Ein Taschenbuch zum Gebrauch für Ingenieure, Elektromonteure, Installateure, Betriebsführer, Schalttafelwärter, Maschinisten sowie die Besitzer elektrischer Anlagen. Von Obering. H. Pohl. 14. neubearbeitete Auflage. 258 Seiten mit 375 Textabb. (Bibl. d. ges. Technik, Bd. 1.) Verlag Dr. Max Jänecke. Leipzig 1927. Preis in Kartonumschlag Mk. 3·90; in abwaschbarem Kunstleder Mk. 4·80.

Die elektrifizierten Hauptlinien der Schweizerischen Bundesbahnen. Von J. Göttler. 56 Seiten mit 46 Abb. Verlag Billiger & Eicher. Bern 1927. Preis Fr. 2·—.

Die Gleichstrommaschine, ihre Theorie, Untersuchung, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Von Arnold-la Cour. II. Band: Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise von Dr. Ing. e. h. J. L. la Cour. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. 714 Seiten mit 550 Textabb. und 18 Tafeln. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 30·—.

Digitized by Google

Jahresverbrauch je Kopf von 149 kWh Lichtstrom und 290 kWh Kraftstrom, die Höchstwerte sind 528 kWh für Lichtstrom (Staat Washington) und 3469 kWh für Kraftstrom (Staat Montana). Aus dem wirtschaftlichen Teile der Zusammenstellungen ist außer dem in der Zahlentafel Angeführten zu erwähnen, daß von den Gesamteinnahmen der Werke 507·8 Mill. Dollar auf Lichtstrom und 334·8 Mill. auf Kraftstrom entfallen, 49 Mill. auf Straßenbeleuchtung, 75 Mill. auf an andere Unternehmungen verkauften Strom und 48·4 Mill. auf Bahnstrom, und von den Kosten der Stromerzeugung mit 338·4 Mill. Doll. 162·5 Mill. auf Brennstoffkosten und 88·6 Mill. auf Fremdstrombezug. Die Kosten der Stromleitung betragen 23·3 Mill., die der Verteilung (einschließlich der Batterien) 52·9 Mill. Je verkaufte kWh wurden im Durchschnitt 5·8 Cts. für Lichtstrom, 1·8 Cts. für Kraftstrom und 0·9 Cts. für an andere Gesellschaften verkauften Strom eingenommen.

Bei den statistischen Zusammenstellungen über die Bahnen ist in allererster Linie bemerkenswert, daß durch meist im Zusammenhang mit Reorganisationen einzelner Gesellschaften vorgenommene Stillegungen von Linien die Gesamtgleislänge aller erfaßten Bahnen gegen die letzte Zählung (1917) nicht unbeträchtlich abgenommen hat. Gezählt wurden 1200 Gesellschaften (858, welche selbst den Betrieb führen und 342, deren Betriebe verpachtet sind) mit rund 50 000 km Streckenlänge und rund 71 000 km Gleislänge. Der Gesamtwert der Anlagen und des Streckengrundbesitzes ist rund 5 Milliarden Doll., die Zahl der Angestellten 300 523, die Zahl der Personenwagen 77 301, die Zahl der beförderten zahlenden Fahrgäste 12·66 Milliarden, den Gesamteinnahmen von rund 1 Milliarde Doll. stehen Betriebsausgaben von 728 Mill. Doll. gegenüber. Außer den Personenwagen sind noch 11 406 Güterwagen, 10 458 Dienstwagen und 404 Lokomotiven vorhanden. Die eigenen Kraftwerke der Bahngesellschaften verfügen über 4·12 Mill. PS installierte Maschinenleistung und erzeugten 6·4 Milliarden kWh, während 5·9 Milliarden kWh Fremdstrom bezogen wurden. Auf jeden beförderten zahlenden Passagier entfällt durchschnittlich eine Einnahme von 8·27 Cts. Nur neun Gesellschaften verfügen über Netze von mehr als rund 800 km (500 engl. Meilen) Gleislänge, an erster Stelle steht die Pacific Electric Co. mit rund 1000 km Strecken- und über 1800 km Gleislänge. Auf Hochbahnen entfallen rund 1000 km, auf Untergrundbahnen und Tunnels rund 520 km, auf städtische und Vorortbahnen 42 000 km und auf Fernbahnen 29 000 km Gleislänge. Stromzuführung mit dritter Schiene ist bei rund 3000 km Gleisen vorhanden, Stromzuführung mit Unterleitung bei 680 km, mit Akkumulatorenwagen werden nur 60 km befahren und mit benzinelektrischen Wagen 65 km, der Rest entfällt auf Oberleitungslinien. Von insgesamt 75 353 Motorwagen sind 42 811 mit zwei, 31 929 mit vier (und mehr) und der Rest mit einem oder drei Motoren ausgerüstet, 82 vH aller vorhandenen Wagen haben Luftbremsen, nur 16·2 vH ausschließlich Handbremsen. Neben den schon genannten 404 Lokomotiven der eigentlichen elektrischen Bahnen sind noch 502 weitere Lokomotiven für den Betrieb der Tunnelstrecken, der elektrisch betriebenen Strecken der Dampfbahnen usw. vorhanden. Über die beförderten zahlenden Fahrgäste der vier größten Betriebe in Städten werden folgende Angaben gemacht: New York City Straßenbahnen (310 km Gleislänge) 351 Mill., Hoch- und Untergrundbahnen (570 km) 1·1 Milliarden, Chicago Straßenbahnen (1600 km) 762 Mill., Hoch- und Untergrundbahnen (240 km) 181 Mill., Philadelphia (rund 1000 km) 691 Mill. und Boston (710 km) 356 Mill. Aus der Unfallstatistik ist zu erwähnen: Bei Unfällen Getötete oder infolge von Unfällen Gestorbene 1679 (0·8 auf 1 Mill. Wagen-Meilen), davon 174 Angestellte, 152 Fahrgäste. Verletzte insgesamt 109 453, davon 17 614 Angestellte und 53 465 Fahrgäste.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 8. Februar d. J., um **1/26** Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Ing. A. Mandi (Berlin) über: **„Neuere Erfahrungen und Gesichtspunkte im Bau großer Wasserkraftgeneratoren."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: 1. Die Wickeltechnik der Hochspannungsdrehstromgeneratoren bei Ein- und Zweischichtwicklung; die ausschließliche Verwendung nicht brennbarer Stoffe in den lebenswichtigen Teilen der Isolation; der Übergang der Nuten in die Spulenkopfisolation; die Wickelkopfabstützung. 2. Die Form der Spannungskurve; Nutenharmonische und andere höhere Harmonische; die Wahl der Nutenzahl; Schrittverkürzung; Formgebung der Poloberfläche und Anordnung der Dämpfer. 3. Bekämpfung der Zusatzverluste im Leerlauf und Kurzschluß, in der Wicklung, in der Poloberfläche und im Stirnraum; die Zusatzverluste in der Einphasenmaschine; die Ausbildung des Dämpferkäfigs. 4. Beurteilung der Dämpferwicklung mit Rücksicht auf den einphasigen Kurzschluß; die Spannung an der offenen Phase bei Resonanz mit einer der induzierten Harmonischen. 5. Wärmeabgabefähigkeit der verschiedenen Wicklungen; Temperaturmessung. 6. Erregungsart mit Rücksicht auf Spannungserhöhung und Netzladung. 7. Generatorschutz gegen Erdschluß und Schnellentregung. 8. Die Verwendung des Synchrongenerators in Speicherwerken; Grobsynchronisierung; das Verhalten des Synchronmotors bei Spannungs- und Frequenzänderungen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	23. I. 1928	25. I. 1928	27. I. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135¼	135¼	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse
(Nach „Mining Journal" vom 27. Jänner 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard { **Kassa** . .	62	8	9	62	10	0
{ **3 Monate** .	62	1	3	62	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	249	15	0	250	15	0
Standard { **Kassa** . .	251	0	0	251	5	0
{ **3 Monate** .	250	5	0	250	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	23	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	7	6	26	6	3
Remelted	26	10	0	—	—	—
English Swansea . .	26	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17 9 sh/Pf. 17 12 sh 6 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 12. Februar 1928 | Heft 7

Die Fernsprechanlage der Großkraftwerke Mittlere Isar A. G. München.

Von August A. **Hettich**, Furtwangen.

Inhaltsübersicht.

A. Grundlagen:

1. Allgemeiner Überblick.
2. Bedienungsweise und ihre schaltungstheoretische Deutung.
3. Bau- und Verkehrslage.
4. Gegebenheiten der Stromversorgung und ihre energetischen Folgen.
5. *E*-Leitung und *D*-Leitung.
6. Die Stöpselschaltung.
7. Sicherheiten und Sonderheiten.

B. Bau und Betrieb.

8. Rufstromempfänger und -Sender.
9. Die Relais im allgemeinen.
10. Kontaktsicherheiten.
11. Erregungssicherheiten.
12. Die Bauausführung der Zentralen.

A. Grundlagen.

1. Allgemeiner Überblick.

Die Ausnützung von Flußläufen in mehreren Gefällsstufen bringt es mit sich, daß die dadurch entstehenden Kraftwerke in wechselseitigem Verkehr stehen.

Für Bayern mit seiner zentralisierten Elektrizitätsversorgung tritt noch die Verkehrsverbindung mit der Verteilungsstelle Bayernwerk in Karlsfeld (bei Pasing) hinzu. Unter diesen Verhältnissen ist ein Betrieb ohne Fernsprecher nicht denkbar, und die Fernsprechanlage ist eine Lebensnotwendigkeit der Kraftwerke.

Die Fernsprechanlage hat nun ihren Zweck nicht in sich selbst, sondern in ihrer Dienstbarkeit und dies trifft bei Kraftwerken, als einem einheitlichen Betrieb mit übergeordneten Gemeinschaftsinteressen noch mehr zu als bei öffentlichen Fernsprechnetzen, deren Teilnehmer nebeneinanderstehende, gleichberechtigte Einzelinteressenten sind. Der Bau der Anlagen hat sich deswegen soweit als möglich den Erfordernissen des Betriebes anzupassen, dem sie dient.

Außer den Sonderheiten der jeweiligen Anlagen sind als allgemeine Forderungen zu stellen: 1. in zeitlicher Hinsicht die jederzeitige Betriebsbereitschaft und 2. in sachlicher Hinsicht nach der negativen Seite: die Sicherheit gegen eventuelle Störungen und 3. nach der positiven Seite: die jederzeitige Zugangsmöglichkeit zu jedem Teilnehmer.

Außer den reichlich gewählten rein technischen Sicherheiten der Wicklungen und Kontakte sind solche betrieblicher Art vorgesehen, wie Heulruf, Freimachen benutzter (Durchgangs)-*D*-Leitungen, Anwesenheitsüberwachung bei Gleichzeitigkeitsverkehr der Befehlsstelle, Melderuf beim Geheimsprechen usw.

Die Antwort bezüglich der jederzeitigen Zugangsmöglichkeit ergibt sich aus der Betrachtung des Systems. Hier ist zunächst zu unterscheiden zwischen dem Innenverkehr, also dem Sprechen der Stellen ein und desselben Kraftwerkes unter sich und dem Aussenverkehr, als der Verbindung der einzelnen Zentralen. Der erstere erfolgt durch Selbstanschluß über Linienwähler für den letzteren wurde die Vermittlung gewählt. Die beim Außenverkehr notwendige Möglichkeit, unwichtige Gespräche von den Durchgangsleitungen zurückzuhalten oder gar zu trennen zu Gunsten wichtiger unter anderem also der Gefahrmeldungen und der Gespräche der Befehlsstelle (Zentralkommandoraum), ist hierbei ohne weiteres erfüllt. Das gewöhnliche Aufschalten des SA-Betriebes fällt nicht in diesen Vergleich, da es sich hierbei nicht um den zweiten Teilnehmer an sich, sondern um das Freimachen der belegten *D*-Leitung (eventuell Gruppenwählerleitung) im Kabel handelt.

Das Vorhandensein einer Bedienungsperson gestattet ferner das Hinterlassen von Meldungen an Teilnehmer, die augenblicklich nicht zu sprechen sind; und die Bedienungsperson weiß andererseits, wenn Verbindungsverkehr in Frage kommt, über freie Leitungen Bescheid, deren Kenntnis den einzelnen Teilnehmern fehlt. Dasselbe gilt bei Leitungsstörungen. Ein Vorteil des Vermittlungsanschlusses liegt auch in der Möglichkeit, das „Heranholen" der Verbindungen der Bedienung zu überlassen, sodaß leitende Persönlichkeiten davon entlastet werden können.

Ein solcher Verbindungsverkehr wie oben erwähnt liegt aber bei mehreren selbsttätigen Kraftwerken, genau genommen mehreren selbstständigen Fernsprechzentren vor. Für die Ausgabe von Meldungen muß ferner die Möglichkeit eines gleichzeitigen Verkehrs mit mehreren Stellen bestehen.

Digitized by Google

Der allgemein bestehende Nachteil des Vermittlungsanschlusses, nämlich die Notwendigkeit einer Bedienung, an deren Vorhandensein die Bereitschaft der Fernsprechanlage geknüpft ist, entfällt in diesem Falle, da diese Aufgabe den Tag und Nacht tätigen Schaltwärtern zugewiesen wird oder werden kann. Dementsprechend wird auch die Zentrale ihre Aufstellung im Steuerraum finden. Durch eine besondere Schaltung ist es ferner möglich geworden, auch den zweiten Vorteil der SA-Zentrale, nämlich den Geheimverkehr der sprechenden Stellen zu erreichen.

2. Die Bedienungsweise und ihre schaltungstheoretische Deutung.

Gemäß der Festsetzung, die Herstellung der Verbindungen den mit Fernsprechanlagen weniger vertrauten Schaltwärtern in die Hand zu geben, mußte darauf geachtet werden, die Bedienungsweise so einfach wie nur möglich zu gestalten. Hierbei kommt wieder das maschinelle Arbeiten zu Hilfe. Die Bedienungsperson wird nur so weit in Anspruch genommen, als zur Herstellung der Verbindung unbedingt nötig ist. Unbedingt notwendig aber sind zwei Handgriffe:

1. das Stecken des Stöpsels in die Klinke des Anrufenden und

2. nach Entgegennahme des Teilnehmerwunsches das Stecken eines zweiten Stöpsels in die Klinke des zu Verbindenden.

Eine derartige Verbindungsweise ist das Ideal einer Stöpselzentrale; größere Vereinfachung führt schon zu den Selbstanschlußsystemen, die sich demgemäß lediglich durch die Verbindungssteuerung von der ersteren unterscheiden. Es ist nun tatsächlich geglückt, jenes obgenannte Ziel zu erreichen, und zwar dadurch, daß alle eine Verbindung begleitenden Schaltvorgänge (Einschalten der Sprechkreise der Zentrale, Unterdrücken des Rufstromes nach dem anrufenden Teilnehmer, Abschalten der Zentrale nach Herstellung der Verbindung, Prüfung des Spannungszustandes der Leitung usw.) selbsttätig durch Relais und dergleichen besorgt werden.

Ein Unterschied zwischen Abfrage- und Verbindungsstöpsel besteht nicht, eine Einheitlichkeit, welche auf die später noch zu beschreibenden Anschlußverschiedenheiten zwischen gewöhnlichen Teilnehmern (End- oder *E*-Leitung) und Verbindungsleitungen von einem Kraftwerk zum anderen (Durchgangs- oder *D*-Leitungen) ausgedehnt wurde.

Mit dem Gesagten sind also beide Wege beschritten, die zur Vereinfachung der Bedienung führen. Der eine erstrebt Vereinheitlichung in der Behandlung verschiedener Anschlußarten (*E*- und *D*-Leitungen), der andere Verminderung der Zahl auszuführender Handgriffe. Der erstere führt schaltungstechnisch auf eine elektrische Kennzeichnung der Unterschiede, der zweite auf die Herstellung einer Ursachenreihe, deren erste Ursache der einleitende Handgriff der Bedienung ist. Ein Eingreifen der letzteren während des Ablaufs der Reihe soll möglichst entbehrlich werden. (Kein besonderes Rufen oder Zurücklegen von Schaltschlüsseln!) Der erste Weg behandelt das Prüfen, der zweite das Schalten; sie ersetzen einander also nicht, sondern ergänzen sich. Beide Arbeitsarten werden nun Relais übertragen.

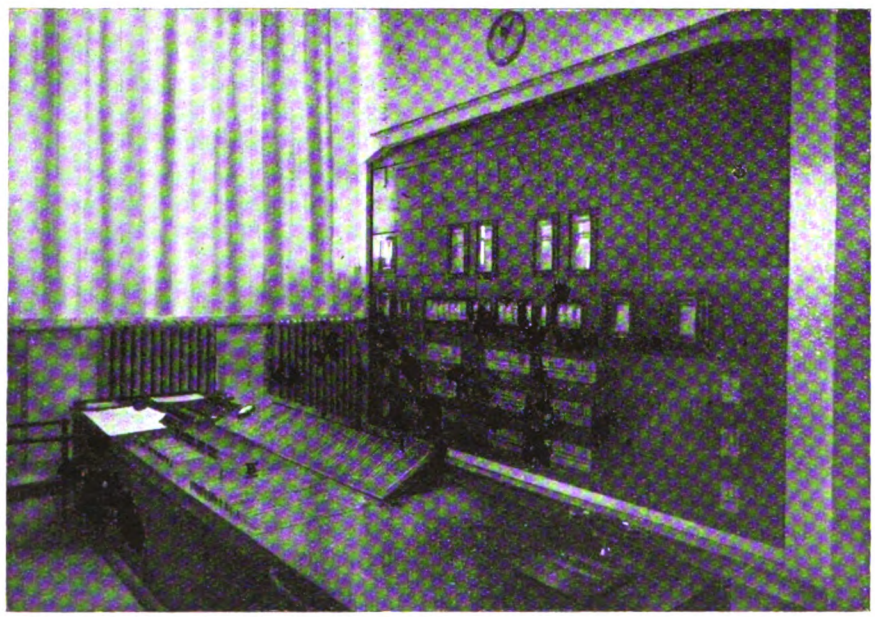


Abb. 1. Befehlsstelle, untergebracht im Kraftwerk Finsing.

Wir haben diese schaltungstheoretischen Erwägungen deswegen hier angeknüpft, um zu zeigen, in welcher Weise derartige Aufgaben anzufassen sind. Auch im Folgenden werden wir uns nicht begnügen mit einer rein trockenen Beschreibung, sondern hauptsächlich versuchen, durch Aufdecken der schaltungstechnischen und energetischen Zusammenhänge den gesetzmäßigen Aufbau einer Anlage ins Licht zu rücken.

Digitized by Google

3. Bau- und Verkehrslage.

Einige Kilometer hinter München werden die Wasser der Isar durch ein „Wehr" in den Werkskanal geleitet, der sie der Reihe nach den vier Kraftwerken Finsing, Aufkirchen, Etting und Pfrombach zuführt.[1]) Einen Überblick hierüber gewährt die schematische Darstellung oben auf der Instrumententafel in Abb. 1. Die gemeinsame Betriebsleitung der vier Werke erfolgt von einer „Befehlsstelle" aus, die im Kraftwerk Finsing untergebracht und in Abb. 1 zu sehen ist. Die Verwaltung ist in München. Ferner sind noch ein Eigenbetrieb für die Herstellung verschiedener Teile und sonstige zugehörige Gebäudegruppen angeschlossen. In diesen Stellen sind besonders kleine Unterzentralen aufgestellt, welche wie beim „Wehr" die benachbarten Anschlüsse sammeln oder es ist Reihenschaltung im Anschluß an Finsing ausgeführt (Lehmbau). Die übrigen Zweiganschlüsse, im ganzen etwa 130, sind auf die vier Hauptzentralen verteilt. Die gesamte Anlage umfaßt somit vier Kraftwerkszentralen, zwei Unterzentralen, eine Reihenanlage und die Zentrale „Befehlsstelle". Die ungefähren Entfernungen sind

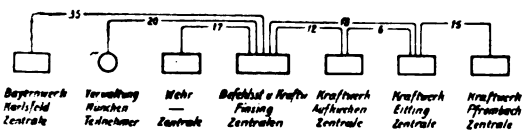


Abb. 2. Verbindungsplan.

in Abb. 2 eingetragen. Die Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Werken und Stellen wurden mit Rücksicht auf die Sicherheit als Kabel verlegt (Siemens & Halske). Da die 1·4 mm Ader des deutschen Normalkabels eine spezifische Dämpfung von $\beta l = 0{\cdot}044$ und die 0·9 Ader eine solche von 0·066 aufweist, würde zwischen dem Bayernwerk[2]) und Pfrombach mit 35 + 18 + 15 km Entfernung allein schon das Kabel eine Dämpfung von $\beta l = 1{\cdot}54 + 1{\cdot}18 + 1{\cdot}0 = 3{\cdot}72$ verursachen. Dazu treten mindestens noch die zusätzlichen Dämpfungen der zwischengeschalteten Zentralen, selbst wenn von allen Reflexionsverlusten abgesehen wird. Das Kabel mußte also pupinisiert werden, was die in Zahlentafel 1 niedergelegten Werte

Zahlentafel 1. Kilometrische Werte der pupinisierten Kabelpaare bei $\vartheta = +20°$ C und $\omega = 5000$.

Leiterdurchmesser δ mm	Induktivität L Henry	Wellenwiderstand Z Ohm	Dämpfung β	Grenzfrequenz ω Hertz . 2π	Leitungswiderstand R Ohm
0·9	0·100	1700	0·0210	17 600	61·1
1·4	0·095	1600	0·0105	17 500	25·6

ergab. Die Aderstärke 0·9 wurde für den Verkehr unter sich, also die vier Steuerraumzentralen, vorgesehen, die Aderstärke 1·4 für die weitersprechende „Befehlsstelle". Danach ist die größte auftretende Dämpfung:

Pfrombach—Finsing, 0·9 Ader 18 + 15 km mit $\beta = 0{\cdot}0210$, also $\beta l = 0{\cdot}69$ plus

Finsing—Bayernwerk, 1·4 Ader 35 km mit $\beta = 0{\cdot}0105$, also $\beta l = 0{\cdot}37$ und zusammen $\beta l = 1{\cdot}06$.

Der gesamte Verkehr wird von der jeweils zugehörigen Zentrale vermittelt, daneben verbinden sich die innerhalb eines Gebäudes befindlichen Stellen noch durch Selbstanschluß mittels Linienwähler. Die Sprechberechtigung ist für jede Stelle die gleiche, das heißt keine Verbindungsmöglichkeit ist für irgend eine Stelle gesperrt.

Die Anlage wurde hergestellt durch die Firma Alois Zettler, München; Zentralen und Apparate von Firma S. Siedle & Söhne, Furtwangen.

Da nach der bayerischen Postvorschrift die Einrichtungen für den Amtsverkehr von der Post geliefert sein müssen, konnten diese nicht in die Zentralen mit eingebaut werden, wurden aber in völlig gleichartigen Gehäusen daneben untergebracht. Die Amtsleitungen bieten gleichzeitig einen Verkehrsweg beim Auftreten einer Störung in der Eigenanlage und damit eine weitere Sicherheit.

4. Gegebenheiten der Stromversorgung und ihre energetischen Folgen.

Die Stromversorgung sollte aus einer 24 V-Batterie geschehen, die gleichzeitig auch der Wasserstandsmessung diente. Als solche war sie einseitig geerdet und diese Gegebenheiten brachten ganze bestimmte Forderungen mit sich. Da ist es zunächst der Schlußzeichenbetrieb, der hiermit in Einklang gebracht werden mußte. Die größte unmittelbare Entfernung, die auftreten kann, ist die Strecke Finsing—Pfrombach mit 33 km, was einem Gleichstromwiderstand von 1900 Ohm entspricht, wozu noch ein Zuschlag von 100 Ohm für die Pupinspulen tritt, da diese den kilometrischen Leitungswiderstand um etwa 3 Ohm erhöhen. Nach der Theorie wird die größte Leistung (nicht größter Wirkungsgrad!) dann erhalten, wenn der Nutzwiderstand gleich dem Totwiderstand, also Relaiswiderstand = Leitungswiderstand ist. Dies wären 2000 Ohm. Da aber jede der an den beiden Leitungsenden liegenden Zentralen ein Schlußzeichen erhalten soll, — es handelt sich um selbsttätige Schlußzeichengabe —, muß die zur Verfügung stehende Energie geteilt werden, jedes Relais also 1000 Ohm erhalten. Die ihm dabei zufallende Leistung ist bei 24 V mit

$$I = \frac{24}{4000} = \underline{6 . 10^{-3}\,\mathrm{A}};$$

$$N = I^2 . R = 36 . 10^{-6} . 1000 = \underline{36 . 10^{-3}\,\mathrm{W}}$$

sehr klein. Das mindeste, was ein Relais leisten muß, um überhaupt noch Relais zu sein, ist das Betätigen eines einzigen Kontaktes. Energetisch erweist sich hierbei der Schließkontakt als der günstigere, weil sein Anfangsdruck kleiner ist als der des Trennkontaktes, sofern die Gegenkontakte

[1]) Vgl. Reindl, Die Kraftanlagen der Mittleren Isar A. G., E. u. M. 1925, S. 1013 ff.

[2]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 515; 1921, S. 122; 1923, S. 308 und 507.

Digitized by Google

starr sind. Bei Federn mit endlicher Durchbiegung treffen diese Anfangsverhältnisse nicht mehr zu, aber der Anstieg der Lastkurve ist hierbei vorteilhafter. Halten wir uns für den Kontakt-Enddruck in den Größen 15 bis 20 g, so benötigen wir schon gut gebaute und eine hohe Leistungsziffer aufweisende Relais, wenn wir mit obengenannter Zufuhrenergie von 36 mW auskommen wollen. Dabei ist ein Nachlassen der Spannung noch nicht berücksichtigt: beim Fallen auf nur 22 V sind es bloß noch 30 mW, also bereits ein Verlust von 20 vH.

Die Ansprüche an diese Schlußzeichen-Relais werden aber noch gesteigert, wenn wir bedenken, daß diese auch an kurzen Leitungen und bei erhöhter Spannung zu arbeiten haben. Nehmen wir als übrigen Gesamtwiderstand 300 Ohm an (Teilnehmersprechstelle ohne Leitung) und als erhöhte Spannung 26 V, so ist

$$I = \frac{26}{1000 + 300} = \underline{20 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{A}};$$

$$N = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = \underline{400 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{W}}.$$

Die Leistungssteigerung beträgt also 1000 vH! Sind nun die Relais so fein eingestellt, daß sie mit der Mindestleistung arbeiten, dann besteht Gefahr, daß sie mit dieser Höchstleistung kleben. Wir haben also die Leistungsziffer nochmals zu erhöhen, um mit der Einstellung nicht an dieser Gefahrgrenze zu sein. Ein Erhöhen der Leistungsziffer bedingt aber, sofern die übrigen Bauverhältnisse richtig sind, ein Vergrößern der Relaisdimensionen. Dadurch steigt die Trägheit des Ankers. Mit der Leistungsziffer η wächst ferner auch die Zeitkonstante τ des Relais, die schon deswegen groß ist und sein muß, weil die Relais in Brücke liegen. Diese beiden Erscheinungen des großen Wertes von τ bringen aber die Gefahr eines zeitlich unpünktlichen Ansprechens mit sich, wie es für die Flackerzeichengabe nicht gut ist. So entstand nun innerhalb dieser Grenzen und Möglichkeiten das mit Q und R bezeichnete Relais der Abb. 3, dessen Werte die folgenden sind:

5. *E*- und *D*-Leitung.

Auch die schaltungstechnische Seite wurde von der Batteriefrage beeinflußt. Die Ursache lag in der vorhandenen Erdung des Pluspoles.

Die herzustellenden Verbindungen zerfallen in zwei wesentlich verschiedene Arten: die Verbindung mit einem Teilnehmer und die Verbindung

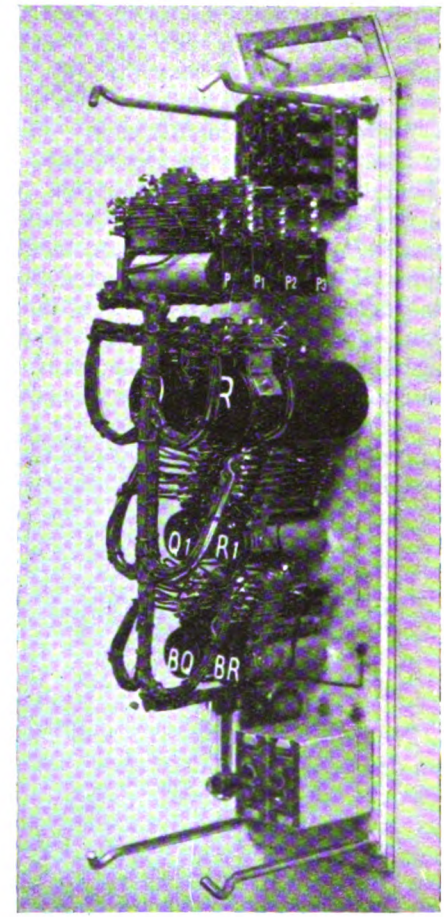


Abb. 3. Stöpsel-Relais-Satz.

mit einer anderen Zentrale. Diese Unterscheidung führt zur Kennzeichnung auch der zugehörigen

Zahlentafel 2. Ungefähre Werte des Schlußzeichenrelais *Q*.

Leiterstärke Σ mm	Windungszahl n —	Widerstand R Ohm	Leistungsziffer $\eta \cdot 10^{-4}$ —	Gewicht G_D gr
0·14 Cu/L	12 000	1000	14·4	130

			Mindest	Höchst					
Stromstärke	I	mA	4	30	Frequenz	ν	Hertz	25	800
Durchflutung	S	AW	48	360	Kreisfrequenz	ω	—	157	5 000
Leistung	N	mW	16	900	Scheinwiderstand	R_S	Ohm	7800	27 000
Magn. Fluß	Φ	Maxw.	1100	9 700	Blindwiderstand	R_B	Ohm	6150	24 600
Diff. Quot.	$\frac{d\Phi}{dS}$	—	23	28	Wirkwiderstand	R_W	Ohm	4800	10 800
Kraftliniendichte	$\mathfrak{B}$	Gauß	715	6 300	Kupfer-Verlustwiderstand	R_{Cu}	Ohm	1000	1 000
Selbstinduktion	L	Henry	33	40	Eisen-Verlustwiderstand	R_{Fe}	Ohm	3800	9 800
Zeitkonstante	τ	m. s	33	40	Leistungsfaktor	$\cos\varphi$	—	0·62	0·41
Erwärmung	$\Delta\vartheta$	°C	0·08	4·4	Äquivalenter Phasenwinkel	φ	Grade	52	66
					Selbstinduktion	L	Henry	36	5

Die Schaltung der Lampen wurde so vorgesehen, daß ihre Speisung aus einem kleinen Einphasen-Transformator erfolgen kann.

Leitungen, die somit jeweils als Repräsentant der Verbindungsart erscheinen. Entsprechend der Eigenschaft, daß die Teilnehmerleitung auf dessen

Digitized by Google

Apparat endet, sprechen wir von einer End- oder *E*-Leitung, während wir die nach der anderen Zentrale führende Leitung eine Durchgangs- oder *D*-Leitung nennen. Sie ist dasselbe, was gewöhnlich mit Fernleitung bezeichnet wird, obwohl die „Entfernung" mit ihren Wesenseigenschaften nichts zu tun hat und nur die Energiefragen betrifft. Die schaltungstechnischen Merkmale der beiden Leitungsarten sind nun (von der Zentrale aus betrachtet) die folgenden: Die *E*-Leitung gibt ein Schlußzeichen, empfängt aber keines; Die *D*-Leitung hingegen gibt und empfängt, denn das Trennen einer Verbindung an der jenseitigen Zentrale muß an der diesseitigen erkennbar sein.

Das Schlußzeichen in eine *D*-Leitung wird vielfach (Reichspost) durch einen besonderen, nach Gesprächsschluß entsendeten Stromstoß gegeben.[3]) Ist aber selbsttätige Schlußzeichengabe verlangt, so muß ein dauernder Stromfluß stattfinden, der nach Gesprächschluß selbsttätig unterbrochen wird. Und hier hakt nun die Schwierigkeit ein: Schalten wir die Batterien der beiden miteinander verbundenen Zentralen zusammen

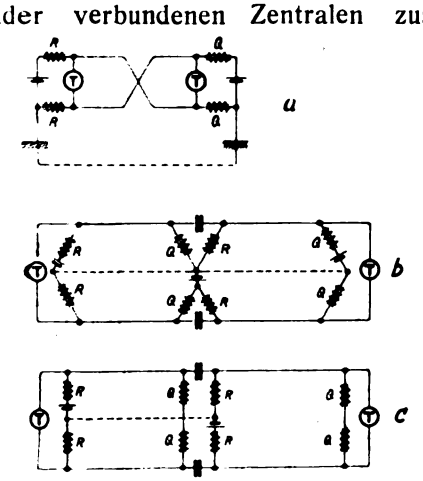


Abb. 4. Batterieschaltungen bei *D*-Leitungen.

(selbstverständlich gleichsinnig wirkend), so kommt die Erde in Brücke zu liegen, wie Abb. 4 zeigt. Unter *a* ist die einfache Zusammenschaltung wiedergegeben. Es sind hierbei *R*, *R* und *Q*, *Q* je die beiden Wicklungshälften der Schlußzeichenrelais der zwei verbundenen Zentralen. Das gleichsinnige Wirken des Stromes erfordert die Kreuzung der *a*- und *b*-Zweige, damit anderseits jedesmal die gleichen Batteriepole (+) an Erde liegen, wie es die Voraussetzung verlangt. Wird eine hergestellte Verbindung auch an der zweiten Zentrale nochmals weitergeleitet nach einer dritten, so entsteht durch Anfügen einer gleichen Abb. *a* die Abb. *b*. Hier ist der klaren Darstellung wegen eine Umgruppierung der Teile vorgenommen, die namentlich die Entstehung von Kompensationsschaltungen oder von Wheatstone-Brücken mit Erde in der Diagonale erkennen läßt. Diese selbst ist nur dann stromlos, wenn die bekannten Bedingungen erfüllt sind, unter anderem Spannungsgleichheit aller eingeschalteten Batterien. Die wirksame Stromkreisspannung ist die Summe zweier Batteriespannungen. Abb. *c* nun zeigt die Lösung, wie sie mit der im nächsten Abschnitt beschriebenen Stöpselschaltung erreicht wurde. Hier ist in jeder der zwei aneinandergereihten Verbindungen nur jeweils 1 Batterie eingeschaltet, sodaß ein Erdstrom gar nicht entstehen kann. Die Stromkreisspannung ist gleich der einfachen Batteriespannung. Die zwischen den einzelnen Zentralen verlaufenden Leitungen *a* und *b* sind auch hier gekreuzt, damit der Strom, mag er von der eigenen oder der anderen Zentrale kommen, die Wicklungen stets im gleichen Sinne durchfließt, weil infolge der oft kleinen Zufuhrleistung Remanenz- und Stromrichtung übereinstimmen müssen. S & H lösen die Frage der Schlußzeichengabe in Durchgangsverbindungen dadurch, daß sie eine zweite, ungeerdete Batterie verwenden.[4]) Eine andere Möglichkeit wäre die, nur einseitig eine Batterie anzuschalten, das heißt bestimmte Stöpsel ohne Stromzuführung zu lassen, wobei wir dann allerdings nicht mehr mit der doppelten, sondern nur noch der einfachen Spannung arbeiten könnten. Das Haupthindernis liegt aber wo anders: Wenn wir die gleichen Stöpsel auch für die gegenseitigen Verbindungen der Endleitungen verwenden wollen, so müssen sie Batteriezuführungen besitzen, denn sie haben den Speisestrom für die Teilnehmermikrophone zu liefern. Gelingt es also, diese Widersprüche zu heben, so ist die ganze Frage gelöst; denn die Möglichkeit mit nur der einfachen Spannung, nämlich 24 V arbeiten zu können, ist bereits in Abschnitt 4 bewiesen.

6. Die Stöpselschaltung.

Schaltungsaufgaben, selbst die verwickeltsten, sind im Grunde genommen leicht zu lösen, wenn wir uns über ihren Sinn und namentlich auch über die abgrenzenden Merkmale und kennzeichnenden Unterschiede der verlangten Wirkungen klar sind. Es ist hier wie beim Lösen einer mathematischen Aufgabe: Haben wir erst die Fragestellung erfaßt und die Gleichung hingeschrieben, dann haben wir nur noch die geeigneten Rechenregeln anzuwenden und die Lösung ergibt sich von selbst. So auch hier. Wir wissen, daß bei Verbindung mit *E*-Leitungen stets die Batterie am Stöpsel liegen muß, bei Verbindungen mit *D*-Leitungen jedoch nur, wenn dies bei der jenseitigen Zentrale nicht der Fall ist. Dies verlangt also ein jedesmaliges Prüfen des augenblicklichen Leitungszustandes daraufhin, ob die Gegenseite schon Spannung eingeschaltet hat. Andernfalls wird die Batterie diesseitig angelegt. Dies gilt für die *D*-Leitungen; da aber die *E*-Leitungen stets Spannung erfordern, muß gleichzeitig auch die Leitungsart geprüft werden. Das Ergebnis dieser Prüfungen bestimmt dann das Einschalten der Batterie.

[3]) C. W. Kollatz, Die Fernsprechtechnik 1920, S. 128, oder K. Strecker, Die Telegraphentechnik 1919, S. 621.

[4]) Goetsch, Taschenbuch f. Fernmeldetechniker 1925, S. 310.

Digitized by Google

In Abb. 5 ist eine vom Verfasser angegebene (D. R. P. Nr. 446607) Schaltung gezeichnet, die den gestellten Anforderungen gerecht wird. Ihr Gedankengang ist kurz folgender: Es ist ein Batterie-Einschaltrelais *BQ* und *BR* vorgesehen, das anspricht, wenn der Stöpsel 1. in eine *E*-Leitung oder 2. in eine spannungslose *D*-Leitung gesteckt wird. Die Prüfung der Leitungsart wird dadurch ermöglicht, daß den Klinken der *E*-Leitungen als Kennzeichen eine geerdete *c*-Feder zugeordnet ist. Das Prüfen des Spannungszustandes einer *D*-Leitung erfolgt durch Mitbenutzen des Schlußzeichenrelais, das im bejahenden Falle sofort beim Stöpseln anspricht. Darnach ist die Wirkungsweise der Schaltung verständlich. Stecken wir den Stöpsel *Q* in die Klinke einer *E*-Leitung, so wird der Strom für die eine Wicklungshälfte des Relais *BQ* geschlossen, dessen Kontakte die Batterie zwischen

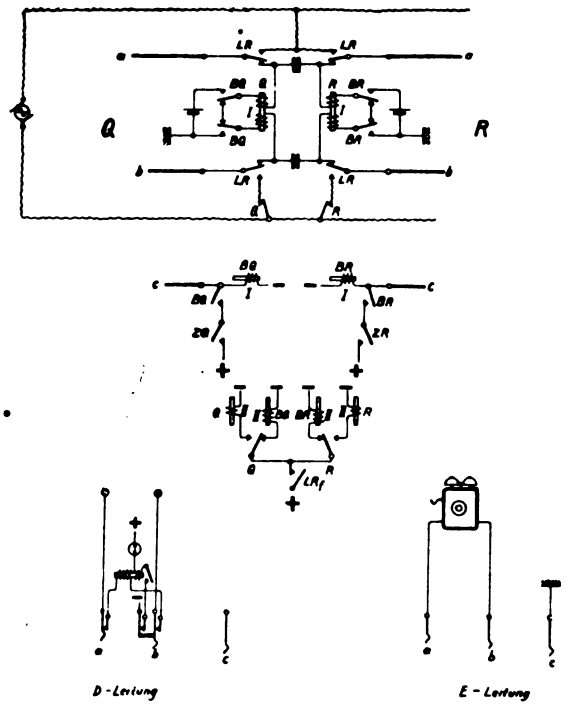


Abb. 5. Stöpselschaltung für *E*- und *D*-Leitungen. (D. R. P. Nr. 446607.)

die Wicklungshälften des Schlußzeichenrelais *Q* legen. Kommt andererseits der Stöpsel in die Klinke einer spannungslosen *D*-Leitung, so bleibt *Q* in Ruhe. Da die spannungslosen Leitungen, wie wir noch sehen werden, die anzurufenden sind, drückt die Bedienung ihre (nicht gezeichnete) Ruftaste *RT*. Diese erregt unmittelbar das Läuterelais *LR*, wovon nur die Kontakte gezeichnet sind. Zuerst schließt der „Früh"-Kontakt LR_f und legt damit die andere *II*. Wicklungshälfte von *BQ* an Spannung, welches Relais also wieder anspricht und einschaltet. Die eingenommene Stellung von *BQ* wird durch einen auf Wicklungshälfte *I* arbeitenden Haltekontakt gesichert, und zwar so lange, bis durch Zurückbringen des Stöpsels in die Ruhelage der zugehörige Stöpselsitz- oder Zugschalter *ZQ* öffnet. Die Batterieeinschaltung hat also mit dem Entsenden des Rufstromes stattgefunden und deswegen kann, wie oben erwähnt, nur eine anrufende Leitung unter Spannung stehen. Wird nun (beim Abfragen) in eine solche gestöpselt, so zieht sofort Relais *Q* an. Das Drücken der Ruftaste kann jetzt *BQ* nicht mehr erregen, weil Kontakt *Q* bereits umgeschaltet hat, und der von *LR* kommende Strom wird statt dessen auf eine Haltewicklung von *Q* selbst gelegt. Die Hauptwicklungen von *Q* werden nämlich durch die Kontakte *LR* abgetrennt, damit sie nicht in Brücke zum Rufstrom liegen. Da *BQ* nicht erregt werden konnte, fand auch keine Batterieeinschaltung statt. Die Bedienungsweise ist somit für *E*- und *D*-Leitungen einheitlich und der Vermittlungsdienst erleichtert.

Die Zeichnung enthält natürlich nur das wesentlich Notwendige. So sind in Wirklichkeit dem Schlußzeichenrelais *Q* und *R*, die ja nur einen einzigen Kontakt umzulegen vermögen, besondere Kraftrelais zugeordnet, welche von den ersteren gesteuert, sämtliche sonstigen Kontakte tragen. Sie sind als *Q* 1 und *R* 1 in Abb. 3 zu sehen. Ebenso Relais *BQ* und *BR*. Den bei einer Durchgangsverbindung entstehenden Stromlauf gibt Abb. 4, *c* wieder.

7. Sicherheiten und Sonderheiten.

Als Anrufstromquellen sind der leichten Bedienbarkeit wegen Polwechsler vorgesehen, denen für den Fall des Versagens ein Reserve-Induktor beigegeben ist.

Diese Rufstromquellen sind nach Ausweis der Zahlentafel 3 sehr leistungsstark. Um nun zu verhüten, daß deren Ströme in das (am Ohr befindliche) Telephon eines Teilnehmers gelangen, ist die Schaltung derart eingerichtet, daß der Rufstrom nach der Seite einer „ausgehängten" Stelle selbsttätig unterdrückt wird. Die Bedienung kann deswegen jeden der zu einem Paar gehörigen Stöpsel verwenden. Hat nun aber ein Teilnehmer nicht eingehängt, so kann er demgemäß durch den gewöhnlichen Rufstrom auch niemals erreicht werden, selbst dann nicht, wenn der in Brücke zum Mikrophon liegende Wecker noch ansprechen würde. Um aber auch in diesem Falle einen Zugang zum Teilnehmer zu haben, ist ein Mittelfrequenzerzeuger eingebaut, dessen Ströme im ausgehängten Hörer einen starken, sirenenartigen Heulton bewirken. Unmittelbar am Ohr ist dieser Ton eben seiner Stärke wegen nicht zu ertragen, namentlich nicht bei kurzen Entfernungen, wo nämlich die Leitungsdämpfung fehlt (über die erforderlichen und zur Verfügung stehenden Leistungen gibt Abschnitt 8 Aufschluß). Aus diesem Grunde wurde eine „Heulruf-Warnung" eingebaut, die den Strom zuerst nur gedämpft (aber trotzdem so stark einschaltet, daß der Teilnehmer den zufällig doch am Ohr habenden Hörer weglegt) und erst nach etwa einer Sekunde den Strom in voller Stärke wirken läßt.

Bei Sprechen auf große Entfernungen kann es vorkommen, daß die vom eigenen Raum aufge-

Digitized by Google

nommenen Geräusche stärker auf den Hörer einwirken als die aus der Leitung kommenden Sprechströme, so daß der Empfang leidet. Diese Gefahr besteht namentlich dann, wenn die Zentralen (oder auch die Sprechstellen) in der Nähe von Maschinenräumen aufgestellt werden. Dies trifft im vorliegenden Falle besonders zu, da der Steuerraum des Kraftwerkes als Standort für die Zentrale gewählt wurde. Der Abfrageapparat der letzteren wurde deswegen mit einer (ausschaltbaren) Reinhörschaltung[5]) versehen. Diese besteht aus einer Wheatstone-Brücke, in deren eine Diagonale der Hörer liegt, der dann nur die aus der Leitung, nicht aber die aus dem eigenen Mikrophon kommenden Ströme erhält.

Für den abgehenden Ruf nach den innerhalb der Kraftwerke selbst befindlichen Sprechstellen, die außer Wecker- auch Glühlampenanruf haben, wurde eine Kontrolle derart eingerichtet, daß der erfolgte Anruf durch eine (blaue) Rückmeldelampe der Zentrale angezeigt wird. Der Unterschied gegenüber der gewöhnlichen Rufkontrolle liegt darin, daß diese nur den Abgang des Stromes, jene aber das tatsächliche Ansprechen der Rufempfänger erkennen läßt.

Die Mikrophone der Linienwählerstellen erhalten ihren Strom über eingebaute Speisebrücken; die außerhalb der Kraftwerke liegenden Teilnehmer werden über die Stöpsel gespeist; bei den entfernteren jedoch — und es liegen nach Abb. 2 Entfernungen bis 20 km vor — ist dies nicht mehr möglich, da das Kabel allein schon $20 \cdot 61 \cdot 1 = 1222$ Ohm Leitungswiderstand besitzt und die Stromstärke nur noch $\frac{24}{1222+1000+300} = 9{\cdot}5$ mA betragen würde. Diese Sprechstellen erhielten O.-B.-Speisung.

Die Geheimschaltung von Stöpselzentralen wird meistens durch Relais bewirkt, die beim Aushängen des zweiten Teilnehmers die Vermittlung selbsttätig abschalten. Dies hat aber den Nachteil, daß die Abschaltung auch durch ein versehentliches Kurzschließen des Stöpsels in der Klinkenhülse erfolgt und der zweite Teilnehmer dann unbemerkt keinen Ruf mehr erhält. Eine Schaltungsanordnung des Verfassers (erteiltes D. R. Patent S 64699) vermeidet diese Mängel durch ein stufenweises Abschalten der Sprech- und Rufleitungen. Die Geheimschaltung ist ausschaltbar.

B. Bau und Betrieb.

8. Rufstromempfänger und -Sender.

Nachdem aus Zahlentafel 1 die Leitungseigenschaften bekannt sind, ist es nun möglich, die Werte der anzuschließenden Empfänger und Sender zu bestimmen, zunächst die der Anruforgane.

[5]) Die Reichspost nennt sie „Dämpfungsschaltung", s. Strecker, Telegraphentechnik 1919, S. 470.

Als Rufempfänger sind Relais von der Bauart und Größe der bereits beschriebenen Schlußzeichenrelais verwendet. Mit Rücksicht auf die Gleichstromsperrung ist zwischen die Wicklungshälften ein Blockierungskondensator von 2 μF gelegt. Da die 25-Hertz-Werte des einfachen Relais in Zahlentafel 2 vermerkt sind, können die jetzt bei Reihenschaltung mit dem Kondensator geltenden Werte mit Hilfe des Vektordiagrammes leicht gefunden werden. Der Scheinwiderstand ist größer als der günstigste Wert es fordert, woran aber nichts zu ändern ist, weil, je nach der Schaltung, das selbe Relais auch den Gleichstrombedingungen genügen muß. Diese aber sind mit der gegebenen Batterie unerschütterlich, während die Rufstromquelle noch entsprechend höher bemessen werden kann. Der hohe Widerstand ist andererseits aber günstig bezüglich der Sprechstromverluste.

Die Rufstromlieferung wird von den bereits genannten Polwechslern übernommen bezw. den jeweiligen Reserveinduktoren. Beide Teile sind in ihrer Leistung etwa gleich bemessen. Die Anpassung an die Leitung konnte hier leicht vorgenommen werden, wenn auch nicht bezüglich

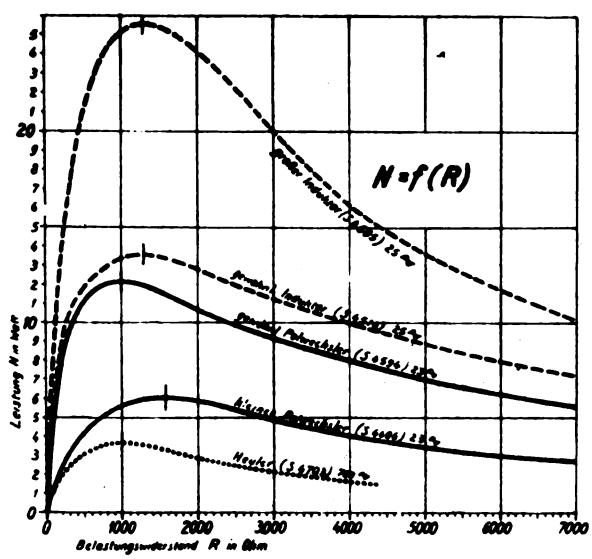


Abb. 6. Leistungskurven der Rufstromquellen.

des Phasenwinkels, dann wenigstens so weit der Widerstand in Frage kam. Die Leistungskurven sind in Abb. 6 wiedergegeben, die Kennwerte in Zahlentafel 3. Obwohl der Wellenwiderstand des Kabels 16 .... 1700 Ohm beträgt — bei Rufstromfrequenz ist er noch höher — ist die Leistungsspitze auf einen niederen Wert verlegt, damit bei gleichzeitigem Anruf von mehr als einem Teilnehmer noch einigermaßen günstige Verhältnisse vorliegen. Denn dort ist eine maximale Ausnützung notwendig und nach dem Nullpunkt zu zeigt die Kurve ein steiles Fallen. Der günstigste Belastungswiderstand liegt bei etwa 1000 Ohm, einem Wert, der noch keine nennenswerten Re-

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Leistungswerte der Rufstromquellen.

	Art der Stromquelle				1 Gewöhnl. Polwechsler	2 Gewöhnl. Induktor	3 Kleiner Polwechsler	4 Großer Induktor	5 Heuler
Aufnahme	Antriebsspannung		E_1	Volt	24	10 Magn.	24	16 Magn.	24
	Stromstärke bei	Leerlauf	$I_{1\infty}$	Amp.	0·97		1·04		0·54
		Kurzschluß	I_{1_0}	Amp.	2·82		1·63		0·79
		Vollast	I_1	Amp.	1·42		1·05		0·54
	Leistungsaufnahme bei	Leerlauf	$N_{1\infty}$	Watt	23·3		25·0		13
		Kurzschluß	N_{1_0}	Watt	67·8		39		19
		Vollast	N_1	Watt	34·0		25		13
Abgabe	Leerlaufsspannung		$E_{2\infty}$	Volt	188	180	167	340	100
	Kurzschlußstromstärke		I_{2_0}	Amp.	0·270	0·180	0·135	0·290	0·140
	Vollast bei cos φ = 1 mit	Belastungswiderstand	R_a	Ohm	1000	1300	1600	1300	1000
		Spannung	E_2	Volt	107	133	100	182	61
		Stromstärke	I_2	Amp.	0·110	0·103	0·066	0·140	0·061
		Leistung	N_2	Watt	12·2	13·6	6·2	25·5	3·7
	Frequenz		ν	Hertz	25	25	25	25	700
	Scheinbarer Wirkungsgrad bei Vollast		η	vH	36	—	25	—	29

flexionsverluste bringt.[6]) Auf die Belastung von 1000 Ohm sind auch die übrigen Werte wie zum Beispiel die primäre Aufnahme bezogen.

Bei einer abseits gelegenen Unterzentrale mußte auf besonders kleinen Stromverbrauch gesehen werden. Der zugehörige Polwechsler ist in Spalte 3 ebenfalls eingetragen. Seine Primäraufnahme ist nur noch $^2/_3$ des anderen, die Vollastspannung liegt gleich, die Vollaststromstärke beträgt noch etwas mehr als die Hälfte. Der Belastungswiderstand ist höher, die Wicklung also besser angepaßt.

Die Heulstromerzeugung gibt mit 3·7 W eine ganz ansehnliche Leistung ab. Es war aber auch der Empfang selbst auf dem Walchenseewerk noch ein sehr guter. Als Verbindungsweg war Finsing—Bayernwerk—Walchenseewerk benützt, eine Strecke mit 35 + 60 also beinahe 100 km, Eine Überschlagsrechnung liefert das gleiche Ergebnis. Wir führen sie durch nach der für einen Idealfall geltenden Formel

$$\eta = \frac{N_{Ende}}{N_{Anfang}} = e^{-2\beta l}$$

bezw.

$$\beta l = \frac{1}{2} \log \text{nat} \frac{N_A}{N_E} = 1{\cdot}15\ {}^{10}\log \frac{N_A}{N_E} \quad . (1)$$

sowohl für den Heuler, als auch den Polwechsler (Zahlentafel 4). Als Abgangsleistung setzen wir jedesmal den aus der Kurve sich ergebenden Wert bei einem Belastungswiderstand gleich dem Wellenwiderstand des Kabels, das sind 1700 Ohm. Die zugehörigen aus der Rechnung sich ergebenden und somit zulässigen Dämpfungen βl liegen nämlich höher als die tatsächlichen Leitungswerte, obgleich zum Beispiel die Empfangsleistung des Telephones mit 0·030 Watt hoch gegriffen ist und diese schon einen sehr starken Heulton verursacht.

[6]) Thomälen, Lehrbuch der Elektrotechnik 1920, S. 291, und Hebel, Fernwahl mit Wechselstrom in FMT, Heft 9, 1925, S. 131.

Zahlentafel 4. Ruf- und Heuleinrichtung an der Leitung

Sender — Empfänger	Abgegebene Leistung der Stromquelle	Für den Empfang nötige Leistung	Leistungsverhältnis	Gleichwertige Dämpfung
	N_A	N_E	$\frac{N_A}{N_E} = \frac{1}{\eta}$	βl
Polwechsler — Anrufrelais	11·2	0·40	28	1·7
Heuler — Telephon	3·2	0·03	107	2·3

9. Die Relais im allgemeinen.

Es wurde eingangs darauf hingewiesen, daß zur Erzielung einfachster Handhabung alle nicht notwendig (also nicht einleitend!) von der Bedienung auszuführenden Prüf- und Schaltvorgänge dem Arbeiten vom Relais übertragen werden. Die hierbei nötige Zuverlässigkeit der letzteren kann nur gewonnen werden durch genaue Kenntnis der inneren Vorgänge. Ein einfaches Probieren nach der alten Schule hilft hier nichts und verbürgt auch nichts. Der Konstrukteur muß wissen, wo er mit seinen Bauausführungen steht, welche Sicherheiten eingeschlossen und welche Toleranzen duldsam sind. In Anbetracht dessen wird den Relais als dem Grundelement der Schaltung die größte Aufmerksamkeit gewidmet, denn von deren Zuverlässigkeit hängt alles ab, wenn die Energiefragen der Ruf- und Sprechübertragung als gelöst anzusehen sind.

Das Relais formt die zugefügte elektrische Energie in mechanische um und benutzt diese zum Umlegen von Kontakten. Es interessiert aber nicht so sehr die erzeugte mechanische Kraft als vielmehr die Sicherheit der Kontaktgabe. Dem steht nicht entgegen, daß die Anzahl der gleichzeitig zu betätigenden Kontakte von der Kraft abhängig ist; denn hier handelt es sich um die Verhältnisse beim Einzelkontakt. Dasselbe gilt für die Größe der Schaltleistung (in Watt). Demnach ist das

Digitized by Google

Relais vornehmlich gekennzeichnet durch die Beziehung: Aufnahmeleistung zu Kontaktsicherheit (pro Stromkreis und reduziert auf gleiche elektrische Schaltleistung). Die Kontaktsicherheit ist ausgedrückt durch die Anzahl der Schaltvorgänge, die möglich sind, bis ein Versager auftritt.

Das Relais ist aber auch wirtschaftlich zu betrachten. Wo einesteils die Zufuhrleistung andernteils die Kontaktzahl bestimmt ist, wie beim Schlußzeichenrelais Q, ist der Wickelraum und damit der Kupferverbrauch gegeben. Außer der Wahl günstiger Dimensionsverhältnisse ist nichts zu verbessern. Wo aber der Strombedarf nicht vorgeschrieben ist, kann der Wickelraum auf Kosten der ersteren verkleinert werden. Demnach wird man sämtliche Relais, die nur kurzzeitig eingeschaltet sind, klein wählen, um den Raumverbrauch und den Anlagepreis niederhalten zu können. Wie die Bilder zeigen, ist dieser Grundsatz verwirklicht, denn es sind Relais vier verschiedener Größen vorhanden. Das Verkleinern des Wickelraumes hat natürlich seine Grenzen in der gleichzeitig steigenden Erwärmung, die ganz bedeutend wird, wenn der Ansprechwert des Relais schon rechts vom Knie der Magnetisierungskurve liegt. Denn mit dem Verkleinern fällt einerseits die Leistungsziffer des Wickelraumes andererseits die Strahlfläche. Auch ist zu berücksichtigen, wie viele Wicklungen auf ein und demselben Spulenkörper unterzubringen sind. Was die Lage des Arbeitspunktes auf der Magnetisierungskurve angeht, so ist zu beachten, wie groß die mechanische Kraft des Relais sein soll bezw. die Anzahl der umzulegenden Kontakte, und die zu erwartende Spannungstoleranz.

war der Strom aus einer 24 V Batterie gewählt, der über ein gleichartiges Relais mit 330 Ohm floß; benutzt wurde nur die Hälfte eines Doppelkontaktes. Die Zahl der ausgeführten Schaltvorgänge, also der Kontaktgaben einschließlich der Versager wurde auf 180 000 gesteigert. Da nach deren Beendigung die Kontakte selbst noch gut waren, ermöglicht sich auch ein Schluß auf die spätere Betriebsdauer. Rechnen wir pro Teilnehmer und Tag den üblichen Wert von 8 abgehenden Gesprächen, so treffen für Finsing mit seinen 60 Teilnehmern und 8 Stöpselpaaren auf

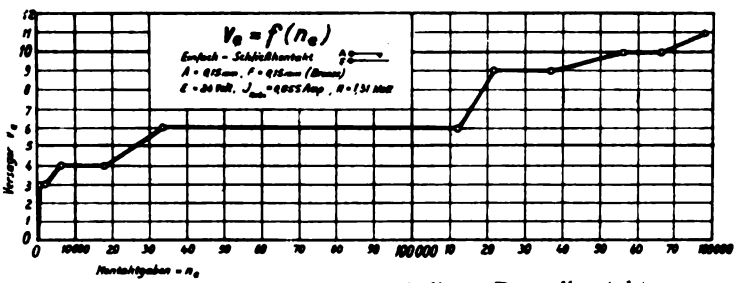


Abb. 7. Versagerkurve eines halben Doppelkontaktes.

1 Relais Q $\frac{8 \cdot 60}{8} = 60$ Kontaktgaben pro Tag. Eine Anzahl von 180 000 entspricht also schon einer Betriebszeit von $\frac{180\,000}{60 \cdot 365} = 8{\cdot}2$ Jahren.

Während der 180 000 Kontaktgaben traten nach Abb. 7 11 Versager auf, so daß auf 1 Versager 16 000 Kontaktgaben treffen und die Wahr-

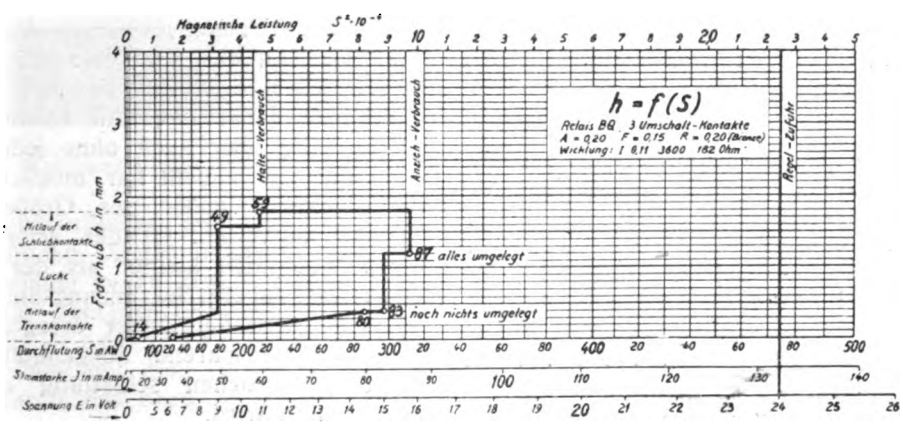


Abb. 8. Relais-Diagramm der ersten Wicklung von BQ.

10. Kontaktsicherheiten.

In technischer Hinsicht, um darauf zurückzukommen, sind also beim Relais Aufnahmeleistung und Kontaktsicherheit maßgebend. Diese letztere wurde nun an einem der zu verwendenden Relais (Q 1) experimentell geprüft und die Versagerkurve (Abb. 7) aufgenommen. Als Schaltleistung

scheinlichkeit des Versagens $W = \frac{1}{16\,000}$ ist. Bezeichnet

W = Wahrscheinlichkeit des Versagens.
R = Anzahl der in Reihe liegenden Kontakte.
P = Anzahl der parallel liegenden Kontakte,

so ist die Anzahl der möglichen Benutzungen n eines Stromkreises bis zum Auftreten eines Versagers des Gesamtstromkreises.

$$n = \frac{1}{R \cdot W^P} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

In die Augen springend ist der große Einfluß

Digitized by Google

parallel arbeitender Kontakte P, welchem dadurch nachgekommen ist, daß sämtliche Schaltfedern als Doppelkontakte gebaut, also $P = 2$ ist. Berechnen wir danach einen Stromkreis mit 20 in Reihe liegenden Kontakten, dann tritt erst nach

$$n = \frac{1}{20\left(\frac{1}{16\,000}\right)^2} = 12\,800\,000$$

Schaltvorgängen oder Benützungen eine Störung auf, die ihren Grund in mangelhafter Kontaktgabe hat. Die Sicherheit ist also sehr groß.

11. Erregungssicherheiten.

Die Erregungssicherheiten finden ihren Ausdruck im Relaisdiagramm, das die Höhe h des Federhubes in Beziehung zur jeweils nötigen Durchflutung S bringt. Für die eine Wicklung des Relais BQ ist diese Darstellung in Abb. 8 wiedergegeben. Je nach den augenblicklich berührten und verlassenen Federzahlen, genau genommen, je nach dem augenblicklichen Verhältnis des Lastdiagrammes des Federsatzes zum Kraftdiagramm des Ankers ist in obiger Kurve der Anstieg ein flacher oder steiler. Die Kurve schließt eine Fläche ein, da beim Zurückgehen des Stromes nach erfolgtem Anziehen die Stromwerte kleiner sind, weil jetzt der Anker bereits angezogen hat. Das letzte Aufsteigen kennzeichnet den Mindestverbrauch zum Anziehen (Ansprechwert), das erste Abfallen den unbedingt nötigen Haltestrom (Abfallwert). Ist der zur Verfügung stehende Anzugstrom kleiner als das erforderliche Minimum, so wird die Schaltbewegung nur bis zum entsprechenden Gleichgewichtspunkte ausgeführt, der in der Kurve abgelesen werden kann. Dasselbe gilt für das Abfallen.

Die Abszisse der Kurve enthält die Durchflutung S, weil diese eine für jede Wicklung gleichbleibende Größe ist. Ein geeignetes Maß für die Leistung überhaupt ist sie nicht. Ihre Beziehung zur Zufuhrleistung N regelt eben die bereits in Abschnitt 4 genannte Leistungsziffer η nach der Gleichung

$$N = \frac{S^2}{\eta} \quad \ldots\ldots (3).$$

Um nun ein unmittelbares Maß der Leistung zu haben, wurde, der Gleichung (3) entsprechend, die Abszissenteilung quadratisch genommen. Wie der Verfasser an anderem Orte nachweist, ist bei geradliniger magnetischer Charakteristik die magnetische Leistung und damit die Zugkraft ausgedrückt durch $S^2 . 10^{-4}$, weswegen diese Skala oberhalb mitangebracht wurde. Wenn auch die vorausgesetzte Gradlinigkeit der magnetischen Kennlinie nicht genau zutrifft, so ist auf Grund von Gleichung (3) diese Skala jedenfalls ein genaues Maß für die elektrische Verbrauchsleistung N des Relais. Unter Bezugnahme auf die jeweilige Spulenwicklung sind auch die Skalen der Betriebsspannung und der Stromstärke daruntergesetzt. Die bei der normalen Spannung von 24 V sich ergebende Zufuhr ist durch einen starken senkrechten Strich vermerkt. Diese Zufuhr liegt bedeutend über dem notwendigen Verbrauch, die Sicherheit ist also groß. Wie ersichtlich, dürfte die Spannung auf 15·8 V sinken, bis das Relais versagte. Diese Sicherheit mit 16 V wurde durchschnittlich für sämtliche Relais angenommen und diese auch derart geprüft.

Um auch gegen Kleben gesichert zu sein, wurde als obere Betriebsspannung 30 bis 32 V gewählt. Weiter zu gehen hat keinen Sinn mehr, weil der Stromverbrauch steigt und sich jetzt schon die Leistungen wie $16 : 24 : 32 = 0{\cdot}44 : 1 : 1{\cdot}78$ verhalten, das heißt der Normalverbrauch ist $\frac{1}{0{\cdot}44}$ oder rund das Doppelte des an sich genügenden. Mit Schwankungen jedoch muß gerechnet werden, sie können begründet liegen in der Spannung, der Widerstandserhöhung durch Temperaturzunahme usw., so daß eine Sicherheit vorgesehen werden muß, wenngleich jede Stromsicherheit Energievergeudung und unnütze Erwärmung bedeutet. Es ist sogar möglich, daß mehrere Schwankungen zusammen und in gleichem Sinne wirken.

Die Ordinate der Abb. 8 gibt die Vorschrift über die Mitlaufverhältnisse der Kontakte zu erkennen. Damit verglichen, besagt die Kurve mit den eingetragenen Bemerkungen, daß zum Beispiel dieses Relais plötzlich umschaltet.

Der Flächeninhalt ist ein Maß der beim Schalten der Kontakte verlorenen Arbeit und ist bestimmt durch den jeweiligen Abstand der Last-Kennlinie von der Kraft-Kennlinie. Beim idealen Relais wäre diese Fläche null und die Kurve selbst eine Senkrechte. Ein solches, flächenloses Relais wäre aber auch ohne jede innere Kraftsicherheit und zudem nur möglich, wenn Kraft- und Lastkurve außer der Größe auch gleiche Formen aufweisen. Ist der erforderliche Haltestrom wesentlich kleiner als der zum Anziehen notwendige (obere Begrenzungslinie der Kurve ist lang), so wird bei länger erregten Relais diese Strecke stromsparend ausgenutzt, indem nach erfolgtem Anziehen selbsttätig ein Widerstand eingeschaltet wird.

Diese kurze Erörterung der Kurve hat gezeigt, daß diese nicht etwa als „schöne Spielerei" betrachtet werden darf, sondern höchst reale Bedeutung hat.

12. Die Bauausführung der Zentralen.

Es bleibt noch übrig den Zusammenbau der einzelnen Bauelemente zur fertigen Zentrale zu besprechen. Selbstverständlich wurde von vornherein eine Trennung in Bedienungs- und Relayssätze vorgenommen und diese letzteren auf einem Relaisgestell vereinigt. Es wurde aufgestellt im Kabelboden, der unmittelbar unter dem Steuerraum gelegen ist. Dieser Einbau mit dem Verteilungskasten im Hintergrund ist in Abb. 9 zu

Digitized by Google

sehen. Die zu wählende Aufteilung der Sätze selbst ist bereits durch die Schaltung gegeben und gliedert sich wie folgt: Die beim Abfragen arbeitenden gemeinsamen Relais sind auf dem Abfragesatz zusammengefaßt. Die für den ankommenden und abgehenden Ruf notwendigen Teile bilden den Rufsatz, während die den

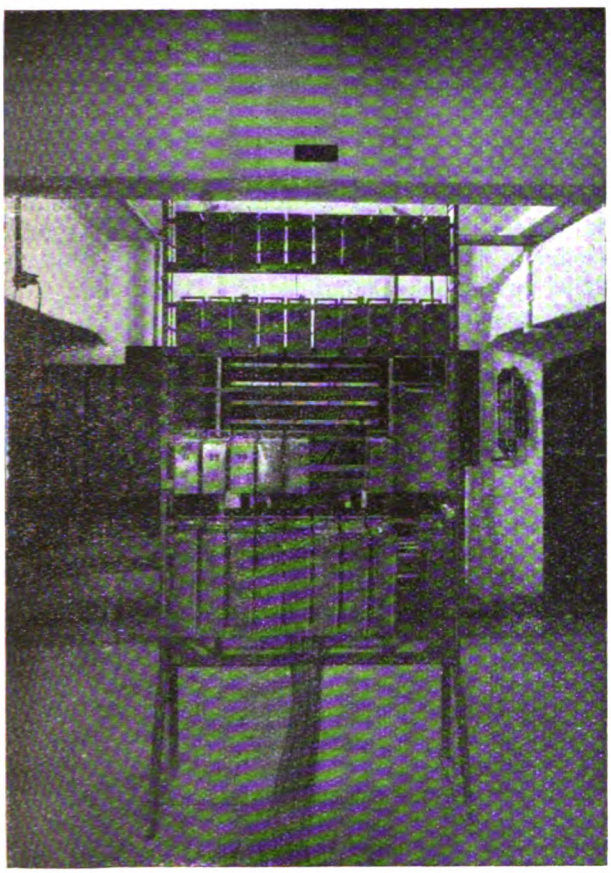


Abb. 9. Relaisgestell mit Verteiler.

Stöpselpaaren zugeordneten auf den Stöpselsätzen Platz finden. Da der dielektrische Widerstand einer Kabelader gegen Erde nur klein ist, so mußte, um einen Übertritt beim Rufen zu verhindern, ein Ruf-Trennsatz eingebaut werden. Die Verbindung mit dem Gestell erfolgt bei allen Sätzen durch die oben sichtbaren Kupplungen.

In der Ausgestaltung der Bedienungssätze gab der Zweck der Zentrale die nähere Baugrundlage und es trat eine Zweiteilung ein, die in der Benutzung der Anlage begründet ist: Die Zentralen der Steuerräume dienen vornehmlich der Vermittlung, die der Befehlstelle dem Endverkehr. Vermittlungen werden von der letzteren nur selten besorgt. Ihre Hauptaufgabe ist, die einzelnen Teilnehmer schnell und bequem zu erreichen. Die Grundunterschiede liegen also in der Gegenüberstellung: Vermittlungszentrale-Abfragezentrale (Abb. 10).

Von den Teilnehmern einer Anlage sprechen im Durchschnitt nur 10 bis 15 vH gleichzeitig. Ebenso groß ist dann auch die Zahl der Verbindungsleiter und man wird alle nur für das Gespräch (nicht auch für den Anruf) notwendigen Teile, nicht den Teilnehmerleitungen, sondern den an Anzahl kleineren Verbindungsgliedern zuordnen (*V*-System). Dies gilt namentlich für die Schlußzeichenrelais. Das einfachste Verbindungsglied aber ist der Stöpsel, mit welchem deswegen diese Zentralen ausgerüstet sind.

Für die Abfragezentrale hinwieder ist entschieden die Drucktaste das bequemere Einschaltmittel. Schlußzeichenorgane sind streng genommen nicht nötig. Dies ändert sich jedoch, sobald auch die Möglichkeit, Verbindungen herzustellen, verlangt wird. Und dies sollte immer bestehen; denn jede Verbindungsmöglichkeit stellt einen Verkehrsweg dar, welcher die Brauchbarkeit der Anlage erweitert. Die Mehrkosten sind nur gering gegen das in Leitungen und Apparaten schon einmal festgelegte Kapital. Bei der Befehlsstelle tritt noch ein besonderes hinzu: Es soll möglich

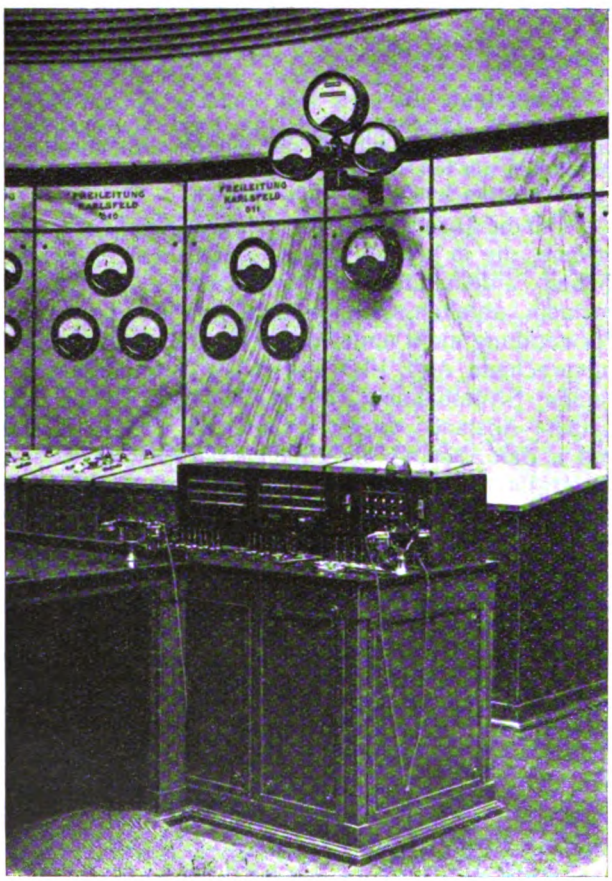


Abb. 10. Fernsprechzentrale im Steuerraum des Kraftwerkes Finsing.

sein, für Zeitmeldungen oder Befehlsübermittlungen mehrere Teilnehmer gleichzeitig anzurufen und gleichzeitig mit ihnen sprechen zu können. Dazu aber sind wieder Schlußzeichen nötig, damit die Zentrale übersehen kann, welche der angerufenen Teilnehmer sich gemeldet haben. Aus diesem Verlangen heraus folgt zweierlei:

Digitized by Google

1. Es wäre unbequem, gemeinsame Zeichen zu haben, die jeweils auf die betreffenden Leitungen aufgeschaltet würden, da die Zentrale stets nachprüfen müßte, welches Zeichen gerade zu dieser oder jener Leitung gehört. Für die Übersichtlichkeit ist es also besser, jeder Leitung ihr eigenes Zeichen zuzuordnen (*L*-System), ein Umstand, der die Drucktaste als Verbindungsglied nur noch näher legt.

2. Wenn, wie erläutert, die Zeichengabe gleichsam eine Anwesenheitskontrolle gegenüber den gerufenen Leitungen ist, so ist es zweckmäßig, nicht nur Schlußlampen zu haben, die beim Melden erlöschen, sondern Besetztlampen, die aufleuchten. Ein Blick genügt dann, um die „anwesenden" Teilnehmer zu übersehen.

Die Gespräche der Befehlstelle, auch die ankommenden, sind meist sehr wichtig. Die Schaltung ist deswegen derart, daß eine aufleuchtende Anruflampe brennen bleibt, auch wenn der anrufende Teilnehmer wieder einhängt, damit die zufällig abwesende Bedienung bei ihrer Rückkehr ihrerseits den betreffenden Teilnehmer anrufen kann. Aber kurzerhand nur mit Halterelais ist diese Sache nicht zu lösen, denn sonst würde die Anruflampe in all jenen Fällen aufleuchten und weiterbrennen, wenn nach Gesprächsschluß die Zentrale nicht wartet bis der Teilnehmer eingehängt hat, sondern früher aus der Leitung geht. Eine solche Vorschrift wäre aber unerträglich bezw. würde die Zentrale nötigen, jedesmal wieder besonders abzustellen. Der Stromlauf wurde deswegen so gestaltet, daß der notwendige Haltekreis nach erfolgtem Abfragen erst dann wieder in Tätigkeit treten kann, wenn die Sprechstelle zuvor eingehängt hatte. Damit ist diese Frage erledigt.

Kraftwirkung von Kreisströmen.

Ing. Hans **Korisko**, Weiz.

Übersicht. Es wird eine einfache Formel für die gegenseitige Anziehungskraft von zwei gleichachsigen Kreisströmen aufgestellt, in der nur die räumlichen Dimensionen der Kreisbahnen eingesetzt werden, ohne daß Tabellenwerke benützt werden müssen.

Für die Anziehungskraft, die zwei gleichgerichtete Ströme, die in kreisförmigen, gleichachsigen Leitern fließen, aufeinander ausüben, lassen sich exakte Formeln ableiten, die jedoch für die praktische Verwendung nicht ohneweiters brauchbar sind. Sind entsprechend Abb. 1 D und d die Durchmesser der beiden Strombahnen, B und b der größte und kleinste Abstand zweier Punkte der beiden Kreise und a der Abstand der Ebenen der beiden Ströme, so ergibt sich die Anziehungskraft zweier Ströme von je einer absoluten Einheit (= 10 A) in Dyn zu

$$p = 2\pi \frac{a}{B}\{E \operatorname{tg}^2 \alpha - 2(K-E)\} \quad . \quad (1)^1),$$

wobei der Hilfswinkel α aus

$$\cos \alpha = \frac{b}{B} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

zu bestimmen ist und E und K die elliptischen Integrale

$$E = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \varepsilon}\, d\varepsilon \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

$$K = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varepsilon}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \varepsilon}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

sind.

Für die Auswertung der Formel (1) ist im „Österreichischen Kalender für Elektrotechniker von Uppenborn", Seite 50, eine Tabelle angegeben, in der der Wert $\frac{p\sqrt{D\,d}}{a}$ als Funktion einer Größe q eingetragen ist, für die der Ausdruck

$$q = \frac{a^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}{D\,d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

angegeben ist.

Für q kann man auch schreiben

$$q = \frac{a^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}{\left(\frac{D+d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2} = \frac{b^2}{B^2 - b^2} = \operatorname{ctg}^2 \alpha \quad (6)$$

also q aus dem obigen Hilfswinkel α bestimmen.

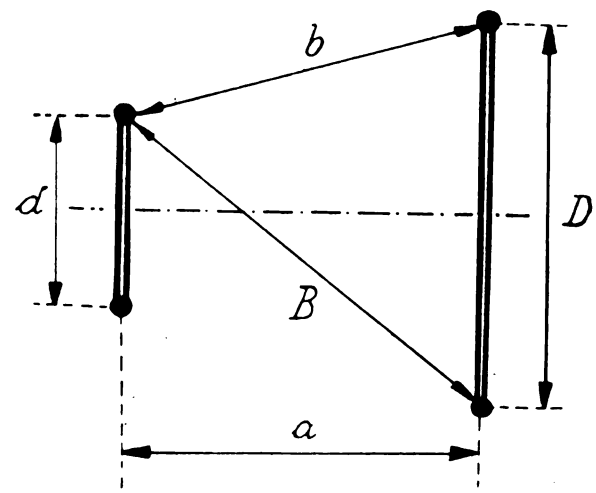


Abb. 1.

Die Tabelle gibt nur Werte für $q = 0{\cdot}15$ bis $0{\cdot}45$ entsprechend einem $\cos \alpha = 0{\cdot}36$ bis $0{\cdot}56$, so daß sie sowohl für sehr nahe als auch für sehr weit entfernte Kreise nicht verwendbar ist. Eine

1) Vgl. J. C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, Oxford 1873, Art. 701.

Digitized by Google

am selben Orte angegebene Näherungsformel für kleine Werte von q (nahe Kreise) ist zufolge ihres komplizierten Aufbaues praktisch nicht verwendbar. Weiters sind auch in der Tabelle die Funktionswerte so grob abgestuft, daß eine Interpolation sehr schwierig erscheint.

Eine genaue Darstellung der Formel (1) in Tabellenform verlangt daher einen Ausdruck für p, der im ganzen Bereich und namentlich an den Grenzen $\left(\alpha = 0,\ \alpha = \frac{\pi}{2}\right)$ endlich bleibt und leicht interpolierbare, möglichst wenig veränderliche Werte liefert.

Zur Bestimmung von p an der Grenze $\alpha = 0$, entsprechend einem großen Abstand der Kreisströme, entwickelt man den Ausdruck für p nach Formel (1) in eine Reihe nach $\sin\alpha$.

Da

$$E = \frac{\pi}{2}\left\{1 - \sum_{n=1}^{\infty}\left[\left(\frac{1.3\ldots(2n-1)}{2.4\ldots 2n}\right)^2 \frac{1}{2n-1}\sin^{2n}\alpha\right]\right\} = \frac{\pi}{2}\left\{1 - \frac{1}{4}\sin^2\alpha - \frac{3}{64}\sin^4\alpha - \ldots\right\},$$

$$K = \frac{\pi}{2}\left\{1 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[\left(\frac{1.3\ldots(2n-1)}{2.4\ldots 2n}\right)^2 \sin^{2n}\alpha\right]\right\}^{2}),$$

weiters

$$\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{\sin^2\alpha}{1-\sin^2\alpha} = \sum_{n=1}^{\infty}\sin^{2n}\alpha,$$

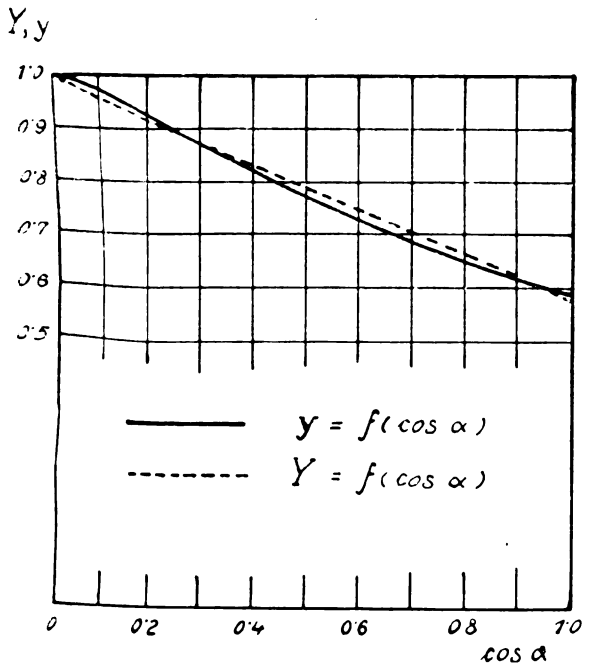


Abb. 2.

so ergibt sich

$$E\operatorname{tg}^2\alpha - 2(K-E) = \pi\left\{\frac{3}{16}\sin^4\alpha + \frac{30}{128}\sin^6\alpha + \ldots\right\} \quad . \quad (7)$$

und damit

$$p = 2\pi\frac{a}{B}\sin^4\alpha\left[\frac{3}{16}\pi + \frac{15}{64}\pi\sin^2\alpha + \ldots\right] \quad . \quad (8).$$

Für den andern Grenzwert $\alpha = \frac{\pi}{2}$, entsprechend einem kleinen Abstand der Kreise, muß Formel (1) in die für gerade parallele Leiter vom Abstande a und der Länge $D\pi$ gültige Formel übergehen. Da in diesem Falle die Feldstärke im Abstande a von dem den Strom 1 führenden Leiter gleich

$$\frac{4\pi.1}{2\pi a} = \frac{2}{a}$$

ist, ergibt sich für diese Kraft, durch Multiplikation der Feldstärke mit der Stromstärke 1 pro cm Leitungslänge, die Größe $\frac{2}{a}$ und für den Kreis vom Umfang $D\pi$ die Kraft

$$p = \frac{2}{a}D\pi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Da man dann $a = b$ und $D = B$ setzen kann, ist

$$\lim_{\alpha=\frac{\pi}{2}} p = \frac{2}{a}D\pi = \frac{2\pi}{\cos\alpha} = 2\pi\frac{a}{B}\frac{1}{\cos^2\alpha} \quad (10)$$

Schreibt man entsprechend dem Aufbau der Formeln (8) und (10) Gleichung (1) in der Form

$$p = 2\pi\frac{a\sin^4\alpha}{B\cos^2\alpha}.y = 2\pi\frac{a}{b}\frac{\sin^4\alpha}{\cos\alpha}.y \quad (11),$$

so ergibt sich y durch Vergleich mit Formel (1) zu

$$y = \frac{\cos^2\alpha}{\sin^4\alpha}\{E\operatorname{tg}^2\alpha - 2(K-E)\} = \frac{1}{\sin^2\alpha}\{E - 2(K-E)\operatorname{ctg}^2\alpha\} \quad . \quad . \quad (12).$$

Die Berechnung von y für eine größere Zahl von Werten erfolgte für die Werte von α zwischen $\frac{\pi}{4}$ und $\frac{\pi}{2}$ mit Hilfe einer 5-stelligen Tafel der elliptischen Integrale, für die kleineren Werte von α durch Reihenentwicklung von Gleichung (12) nach $\sin^2\alpha$. Stellt man die berechneten Werte von y als Funktion von $\cos\alpha$ dar, so ergibt sich nahezu eine Gerade von der Gleichung

$$Y = 1 - 0{\cdot}423\cos\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13),$$

wobei der Unterschied höchstens 2·1 vH beträgt. Wir setzen daher

$$y = Y.z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14),$$

wobei z Werte zwischen 1·021 und 0·979 annimmt und schreiben die Gleichung (1) in der Form

$$p = 2\pi\frac{a}{B}\frac{\sin^4\alpha}{\cos^2\alpha}(1 - 0{\cdot}423\cos\alpha).z = 2\pi\frac{a}{b}\frac{\sin^4\alpha}{\cos\alpha}(1 - 0{\cdot}423\cos\alpha).z \quad . \quad (15),$$

$$z = \frac{1}{\sin^2\alpha}\{E - 2(K-E)\operatorname{ctg}^2\alpha\} \times \frac{1}{1 - 0{\cdot}423\cos\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad (16).$$

[2]) Siehe zum Beispiel Krause, Theorie der elliptischen Funktionen S. 90 und S. 108, Bd. 13 der Math.-Phys. Schriften, herausgeg. v. E. Jahnke, Verlag Teubner.

Digitized by Google

Nachstehende Zahlentafel zeigt einige der berechneten Werte von y, Y und z, wobei unsichere Dezimalstellen durch kleineren Druck gekennzeichnet sind.

$\cos\alpha$	α	$\sin^2\alpha$	y	Y	z
1·00000		0·0	0·58905	0·57700	1·021
0·89443		0·2	0·62164	0·62166	1·000
0·77460		0·4	0·66253	0·67234	0·985
0·64279	50°		0·712$_7$	0·72810	0·979
0·50000	60°		0·774$_4$	0·78850	0·982
0·34202	70°		0·850$_6$	0·85533	0·994
0·17365	80°		0·937$_0$	0·92655	1·011
0·00000	90°		1·00000	1·00000	1·000

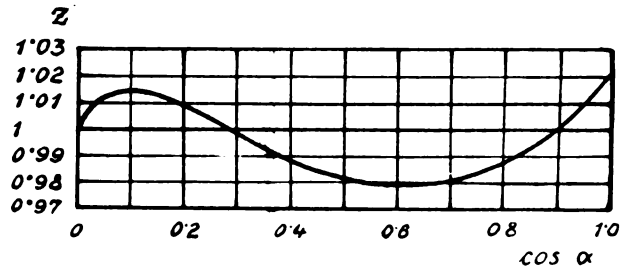


Abb. 3.

Die Werte y, Y und z sind in den Abb. 2 und 3 in Abhängigkeit von cos α durch Kurven dargestellt.

Führt man in den Formeln (15) und (16) noch einige kleine Umformungen durch und berücksichtigt man die Größe der in den Leitern fließenden Ströme, so gelangt man zum folgenden Ergebnis:

Zwei kreisförmige gleichachsige Ströme gleicher Richtung, deren Momentanwerte I_1 und I_2 Amp. betragen, ziehen sich mit einer Kraft von P kg an, für die folgende Ausdrücke gelten:

$$P\,\text{kg} = \frac{I_1\,\text{A}\,.\,I_2\,\text{A}}{9{\cdot}81\,.\,10^7} \times$$

$$\times 2\pi\frac{a}{b}\sin^3\alpha\,\operatorname{tg}\alpha\,[1 - 0{\cdot}423\cos\alpha]\,.\,z \quad . \quad (17)$$

oder

$$P = \frac{I_1\,I_2}{9{\cdot}81\,.\,10^7}\,.\,2\pi\frac{a}{B}\left[\frac{B}{b} - \frac{b}{B}\right]^2\,.\left[1 - 0{\cdot}423\,\frac{b}{B}\right].z,$$

wobei a, b, B aus Abb. 1 zu entnehmen sind, α ein Hilfswinkel ist, der nach der Gleichung $\cos\alpha = \frac{b}{B}$ bestimmt wird und z in Abb. 3 gegeben ist und für alle praktischen Rechnungen, bei denen ein Fehler von 2 vH ohne weiteres zulässig ist, gleich 1 gesetzt werden kann.

Eine ausführlichere Darstellung des Gegenstandes behält sich der Verfasser für eine spätere Veröffentlichung vor.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Eine neue Zweistabwicklung. Bekanntlich kommt bei einer gewöhnlichen Dreiphasen-Zweistab-Wicklung der letzte Stab eines Phasenstranges mit dem ersten in eine Nut zu liegen, so daß zwischen beiden eine Spannungsdifferenz von voller Phasenspannung herrscht. Bei Bruchloch- oder Sehnen-Ganzlochwicklungen sind die Verhältnisse noch insofern ungünstiger, als zwischen zwei Stäben einer Nut fast die volle verkettete Spannung als Differenz auftreten kann. J. Tittel beschreibt nun eine neue Zweistabwicklung mit Gabelverbindern, bei der der Spannungsunterschied zwischen zwei in einer Nut liegenden Stäben nur eine Windungsspannung beträgt, und zwar wird die Wicklung aus lauter gleichartigen Doppelschleifen, wie in Abb. 1 dargestellt, zusammengesetzt. Hiedurch müßten sich aber auf Seite a vier Wickelebenen für die Gabelverbinder ergeben. Um dies zu verhindern, werden, wie es Abb. 2 zeigt, die beiden Stäbe aus dem Nutmittel abgekröpft, so daß auf Seite b nur zwei Wickelebenen entstehen. Der Raum für das Abkröpfen ist dadurch vorhanden, daß fast immer die Wickelanordnung so zu treffen ist, daß je zwei Gabelseiten gleicher Richtung um zwei Nutteilungen von einander abstehen. Als Beispiel wird ein 80poliger Generator mit 2·25 Nuten je Pol und Phase genannt. Die Wicklung wiederholt sich somit nach je acht Polteilungen, auf welches Intervall je Phase drei Zweifach- und eine Dreifachspule entfallen. Es gelingt ohne weiteres die Wicklung so weit zu vereinfachen, daß lauter gleiche Wickelelemente mit einer Spulenbreite von sieben Nutteilungen entstehen, die sich gleich einer Dreiphasen-Zweischichtwicklung mit neun Nuten je Pol und Phase darstellen lassen. Da gleichlaufende Gabelseiten um je zwei Nutteilungen voneinander abstehen, ergeben sich Wickelköpfe nur in zwei Ebenen. Die erste Wickelanordnung wird immer verwendet, wenn die Nutzahl je Pol und Phase kleiner als zwei ist, bei mehr als zwei Nuten jedoch die zweite Art mit gekröpften Stabenden auf der Wickelkopfseite. Der Grund hiefür liegt in der wesentlich größeren Zahl der erforderlichen Schaltverbindungen bei der 2. Art. Hätte man die Wicklung mit Bogenverbindern ausgeführt, so wären vier Wickelebenen erforderlich gewesen, was die Kurzschlußversteifung und damit die Ventilation erschwert hätte. Außerdem hätte dies durch die ungleichmäßige Wickelkopfverteilung zu erhöhten Streufeldern mit erhöhten Verlusten und starken örtlichen Erwärmungen Anlaß gegeben. Dagegen ist bei Verwendung von Gabelverbindern nur eine einzige Gabelart nötig, was die Lagerhaltung wesentlich erleichtert. Die neue Wickelart kann auch für andere Wickelschemata, so beispielsweise für eine Dreistabwicklung, Anwendung

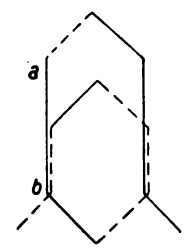


Abb. 1.

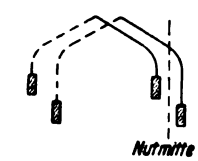


Abb. 2.

finden. Ausgeführt wurde eine Zweistabwicklung der zweiten Art für die Generatoren des Kachlet-Werkes mit 8500 kVA, $\cos\varphi = 0{\cdot}75$, 6300 V, 50 Per/s, 75 U/min, bei denen die Bedingung gestellt war, daß nur Leiter gleicher Phase in einer Nut liegen dürfen und der Spannungsunterschied zwischen zwei Stäben der gleichen Nut nur eine Windungsspannung betragen dürfe. Weiters wurde für die Spannungskurve eine Abweichung von höchstens 3% von der Sinusform zugelassen. Durch die neue Wicklungsart wurde nicht nur

Digitized by Google

diese Bedingung genau erfüllt, sondern auch in Verbindung mit feiner Unterteilung der Kupferquerschnitte erzielt, daß die Zusatzverluste, ermittelt aus der Kurzschlußmessung, nur 0·37% der Nennleistung betragen.

—hw—

(Siemens-Zeitschr., 7. Jg., H. 10, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Ölschalterfragen. Prof. A. Matthias, Berlin, vergleicht die jetzt auf dem Markt befindlichen Ölschalterkonstruktionen. Bei den Ölschaltern der SSW werden schräg gestellte Durchführungen verwendet, um außen möglichst große Abstände bei mäßigen Abmessungen des Ölraumes zu erhalten; der untere Teil der Durchführungen ist recht lang gemacht, um die Unterbrechungsstelle tief unter Öl zu legen. Isolierstrecken unter Öl werden grundsätzlich nur senkrecht angeordnet, da sich bei wagrechter Anordnung Kriechwege bilden, die Überschläge und sogar Explosionen zur Folge hatten. Die Kastenwand ist isolierend ausgebildet und zwischen den Phasen sind ebenfalls Isolierwände angebracht. Die AEG baut Schalter für hohe Abschaltleistungen mit Löschkammern. BBC wendet für höhere Spannung Vielfachunterbrechung an. Schalter von 100 bis 135 kV haben kugelförmige Kontakte. Die Schwierigkeiten des Einschaltvorganges sollen durch Solenoidkontakte behoben werden.[1]) Die EMAG baut „gasfreie" Ölschalter, bei denen die Schaltgase ins Freie entweichen, während das sich ausdehnende Öl in einen Aufsatz des Deckels austreten kann.[2]) Voigt & Haeffner verzichtet auf besondere Konstruktionsmittel, wie Löschkammer und besondere Kesselausbildung zur Erhöhung der Abschaltleistung. Diese Firma sucht die Betriebssicherheit in der Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Versagens des Schalters durch Einfachheit in der Konstruktion. Den Hauptwert legt sie auf einen größeren Öffnungsweg und hohe Schaltgeschwindigkeit. Noch erheblich größere Schaltgeschwindigkeiten wenden die Sachsenwerke an, die bis 4·5 m/sec erreichen und selbst beim 100 kV-Schalter noch auf 3·5 m/sec kommen. Sie bilden bis zu 100 000 V die Schalter als Einkesselschalter aus. Bergmann baut außenliegende Schutzwiderstände. Es hat sich in der letzten Zeit gezeigt, daß man ohne Vorstufenwiderstände doch schwer auskommen kann. Da aber der in Öl gebettete Widerstand immer eine Gefahrquelle ist, so scheint diese Rückkehr zur ursprünglichen Anordnung empfehlenswert.

Für die angegebene Abschaltleistung fehlen sichere Rechnungsgrundlagen und nur in wenigen Fällen konnten Versuche mit den angegebenen Leistungen ausgeführt werden. Die Gleichstromabschaltung ist durch eine Überspannungsspitze am Ende des Vorganges charakterisiert, die besonders schlimm bei Abkürzung der Schaltzeit wird; bei Wechselstrom liegen ähnliche Verhältnisse bei induktiver Belastung vor, wenn die Abschaltung so energisch betrieben wird, daß sie sich innerhalb einer Halbwelle vollzieht. Günstig ist das Abschalten im Stromnullpunkt, doch liegt bisher noch keine einfache Lösung vor, dies praktisch zu erreichen. Wichtig ist, daß die Konstante für die Ölgasmenge von Bauer mit rund 50 cm³ Ölgas je kW-Sekunde Schalterarbeit gefunden wurde[3]). Ob es sich hier wirklich um eine Konstante handelt, ist fraglich. Schaltet man die gleiche Leistung einmal mit höherem Strom und dann mit höherer Leistung, so wird man finden, daß bei der höheren Stromstärke die Abschaltung schwerer erfolgt. Der Ansicht von Bauer, daß eine Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit über 1 m/sec keine weiteren Vorteile hat, weil die Schaltzeit nicht mehr abnimmt und die Lichtbogenlänge zunimmt, hält Brühlmann entgegen, daß der schnell auf große Länge gezogene Lichtbogen leichter zu kühlen ist.[3])

[1]) Vergl. E. u. M. 1927, Seite 397 ff.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 487, 924.
[3]) Vergl. E. u. M. 1925, S. 705.

Noch schwieriger und heftiger umstritten ist die Frage nach dem Einfluß des Druckes. Es wurde durch Versuche festgestellt, daß durch Druck der Schaltvorgang wesentlich erschwert wird. Die zweifellos festgestellte gute Wirkung der Löschkammer muß also auf die kühlende Wirkung des aus der Kammer austretenden Ölstrahles zurückzuführen sein. Es ist die Frage, ob man mit den Ölschaltern grundsätzlich auf dem richtigem Wege ist. Kontakte mit Saugwirkung, Stromunterbrechung im Ölstrom, Einschieben einer isolierenden Trennwand in den Lichtbogen, Ölschalter mit seitlicher Einführung und horizontaler Öffnungsstrecke sollten näher untersucht werden. Die Schwierigkeit, Kontaktformen zu finden, die sowohl für die Einschaltung als auch für die Ausschaltung geeignet sind, könnte zur Ausbildung von Ölschaltern mit Drehbewegung führen. Die Frage, ob nicht Luftschalter auch gute Dienste leisten könnten, ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Aus Amerika hört man vom Vakuumschalter.

Ci.

(Elektrizitätswirtschaft Nr. 438, Juli 1927.)

Eine Panzerkastenschaltanlage in Amerika wurde erstmalig beim Erweiterungsbau im Waukegankraftwerk[1]) in Chicago angebracht. Es wurden sieben Schaltkästen-Einheiten mit Doppel-Hauptsammelschienen und einer Reserveschiene vorgesehen. Es sind zwei Reihen Schaltkästen und dazwischen, jedoch höher die Kästen für die Sammelschienen angeordnet. Von den Schaltern können sechs auf jede Sammelschiene geschaltet werden, der siebente dient zur Kupplung. Die Bemessung der Anlage erfolgte für 3000 A, 12 kV und 1 500 000 kVA Abschaltleistung. Jede Einheit wiegt einschließlich ihres Anteiles an der Sammelschiene 24 t, die Abmessungen sind 3 × 3·6 m bei 3·6 m Höhe. Sammelschienen-Trennschalter, Haupt- und Funkenkontakte der Hauptschalter, Kabeltrenn- und Erdungsschalter, Strom- und Spannungswandler sind in Öl, Verbindungsleitungen und die Sammelschienen in einer Verbundmasse eingelegt. Die Phasen sind in der ganzen Anlage durchwegs durch geerdete Eisenwände getrennt. Eine Schaltkasteneinheit besteht aus drei Einphasen-Schaltkästen auf gemeinsamer Grundplatte, zusammengefaßt von einer gemeinsamen Kopfplatte, an der die Trennschalterkästen vorn und rückwärts befestigt, sowie die Verbindungen zu der Sammelschiene an der rückwärtigen, zu den zu- oder abgehenden Kabel auf der vorderen Seite vorgesehen sind. Weiters sind dort Kontakte der Schalter und Betätigungsmechanismen für dieselben angebracht. Die Überprüfung der Hauptschalter erfolgt durch lotrechtes Abheben der Kopfplatte samt Zubehör durch einen Kran. Jeder Schaltkasten ist so verriegelt, daß die Schaltungen nur in einer bestimmten Reihenfolge vorgenommen werden können und kein spannungsführender Teil freigelegt werden kann. Untereinander sind die Einheiten so verriegelt, daß auch hier nur stromlose Teile zugänglich sind. Das Abheben eines Teiles kann erst erfolgen, wenn der Kranhacken über dem bereits spannungslos gemachten Teil gelangt ist. Die Hilfsschaltanlage ist in einem anderen Raume untergebracht. Sie ist einfacher gebaut, die Kästen können wagrecht herausgezogen werden. Zur Überprüfung der Kontakte werden die Schalterkästen herabgelassen. Der Einführung dieser in England gebräuchlichen, für amerikanische Anlagen aber ungewohnten Bauart lagen folgende Erwägungen zugrunde: Höchste Betriebssicherheit, Vermeidung jedes menschlichen Irrtums bei Schaltungen und größte Verläßlichkeit. Die Kosten stellten sich natürlich höher als bei gewöhnlichen Anlagen, wenn auch gewisse Ersparnisse wie durch Weglassen der Zellenwände und Durchführungen erzielt worden sind. Der benötigte Raum war 20 × 13 m, mit 11·6 m Höhe, der für dieselbe Größe in der gewohnten Anordnung, aber ohne Phasentrennung hätte sich auf 16 × 13 m bei 6·3 m Höhe gestellt. Die Schaltkasteneinheiten haben den Vorzug, daß sie fertig in

[1]) E. u. M. 1924, S. 267.

Digitized by Google

der Fabrik zusammengebaut werden können, als Einheit verschickt und am Orte aufgestellt werden können. Die Montagearbeit im Kraftwerk beschränkt sich im Wesentlichen nur auf das Einfüllen der Isoliermassen. Eine Erweiterung der Anlage kann durch bloßes Hinzustellen einer weiteren Einheit geschehen, die Aufstellung selbst kann außerordentlich rasch vor sich gehen, wodurch sich auch Ersparnisse an Zwischenzinsen ergeben. Alle Verbindungen innerhalb der Anlage sind in Kabeln ausgeführt, wodurch sich wesentlich einfachere Leitungsführung als bei blanken Verbindungen ergab.

V. H.

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 12, Sept. 1927).

Elektrische Meßkunde.

Messung von Arbeitswiderständen und Beanspruchungen. Von Prof. Dr. Ing. Sachsenberg, Dr. Ing. Osenberg und cand. ing. Gruner im Verein mit dem Psychologen Dr. Wohlfahrt ist ein Meßgerät gebaut worden, das auf der bekannten Methode beruht, kleine Bewegungen eines Meßgegenstandes durch die Frequenzänderungen zu messen, die ein elektrischer Schwingungskreis erfährt, wenn die Kapazität seines Kondensators durch die Lagenveränderung des Meßobiektes beeinflußt wird.[1]) Die Frequenzänderungen werden als helle und dunkle Streifen auf dem lichtempfindlichen Papierbelag einer Trommel aufgezeichnet, die während ihrer Drehung gleichmäßig in der Achsenrichtung verschoben wird und man erhält so ein genaues Bild der Vorgänge am Meßgegenstand. Abgesehen von dem Vorteile der Trägheitslosigkeit ist es auch durch Änderung des Flächeninhaltes oder der Entfernung der Kondensatorplatten leicht möglich, die Ordinatengröße der Aufzeichnungen im weitesten Maße zu verändern, also verschiedene Meßbereiche zu benutzen. Für Vorführungszwecke werden die Frequenzänderungen durch Überlagerung einer gleichbleibenden Hochfrequenzschwingung hörbar gemacht. Die Autoren haben ihr Meßgerät zunächst für die Kraftmessung bei Werkzeugmaschinen verwendet. (Bei Drehbänken wird zur Messung des Stahldruckes der Kondensator am Stahl und am Schlitten selbst angebracht. Ähnlich ist die Anordnung der Kondensatorplatten bei Messungen an Hobel- und Bohrmaschinen), ferner zur Messung von Trägerdurchbiegungen, der Schwerpunktsverschiebungen beim Auswuchten umlaufender Maschinenteile und zur Messung physiologischer Erscheinungen, wie der Atmung und des Pulses.

(ZVDI, Bd. 71, Nr. 46, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Das deutsch-dänische Fernsprechkabel 1926. Von Oberpostrat Ew. Müller, Berlin, und Telegraphen-Ingenieur K. Redin, Kopenhagen. Das in dem Aufsatz behandelte Kabel umfaßt das ganze rund 87 km lange Verstärkerfeld zwischen Rostock und Nykiöbing und besteht aus einem rund 14 km langen Landkabel zwischen Rostock und Warnemünde, dem anschließenden Seekabel von rund 47 km Länge zwischen Warnemünde und Gjesder und einem zweiten anschließenden Landkabel von rund 26 km Länge von Gjesder bis zum Verstärkeramt in Nykjöbing. Es wurde ein Pupinkabel mit 12 Vierdraht-Stromkreisen der Firma Siemens & Halske A.-G. verlegt, das den zu stellenden technischen und wirtschaftlichen Bedingungen unter den eingereichten Angeboten am besten entsprach. Mit diesem Kabel ist zum ersten Male ein längeres Papierbleikabel mit Pupinspulen über einen Meeresarm dem Betriebe übergeben worden. Obzwar schon früher kürzere Strecken von Pupinkabeln unter Wasser verlegt worden waren, wurde erst durch die letzt erzielten Fortschritte in der Kabeltechnik die Legung des Kabels soweit vereinfacht, daß man an längere Meeresstrecken herantreten konnte. Das Kabel wird jetzt schon in der Fabrik soweit hergerichtet, daß es bei allen Phasen der Verlegung als ein zusammenhängendes Ganzes behandelt werden kann. Die in den beiden Landkabelstrecken eingeschalteten Pupinspulen aus gepreßtem Eisenpulver sind nach den Vorschriften der deutschen Reichspost eingebaut worden. Die in das Seekabel eingefügten Spulen wurden nach einer Anordnung der Firma Siemens & Halske mit einer starken Bleihülle zu einem „Kabelspulenstück" aufgebaut und dieses so in das Seekabel eingefügt, daß ein zusammenhängendes, allen Beanspruchungen unter Wasser gewachsenes Ganzes entstand. Die während der Arbeiten und nach deren Abschluß durchgeführten Messungen zeigten, daß die Eigenschaften des Kabels und der Spulenausrüstung den gestellten Anforderungen entsprachen. Es konnte daher die neue Kabelstrecke am 19. März 1927 dem Verkehr übergeben werden. Mit der Inbetriebsetzung des neuen Kabels konnte die bisherige Fernsprechverbindung über das alte Telegraphenkabel zwischen Warnemünde und Gjesder aufgelassen werden, so daß dieses nur mehr zur Vermittlung des normalen telegraphischen Verkehrs zu dienen hat. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 4, 1927.)

Der Einfluß der Anzahl der Überschläge bei Beregnung, sowie der Beregnungszeit auf die Überschlagsspannung von verschiedenen Freileitungsisolatoren. Von Ing. Lienhard, Baden. Aus den Versuchen im Hochspannungslaboratorium der A.-G. Brown-Boveri & Cie. geht hervor, daß mit wachsender Zahl von Überschlägen an den unter Regen stehenden Isolatoren die Überschlagsspannung sinkt und schließlich einem Endwert zustrebt. Die Untersuchungen wurden an Motor-, Kappen- und Stützisolatoren, einzeln und zu Ketten zusammengestellt, vorgenommen. Für die Beregnung wurde verwendet: gewöhnliches Leitungswasser mit 3200 Ohm/cm, destilliertes Wasser mit 25 000 bis 30 000 Ohm/cm, mit 70 000 bis 80 000 Ohm/cm und mit 100 000 bis 115 000 Ohm/cm. Die Isolatoren wurden das eine Mal einer Vorberegnung von 30 sec, das anderemal einer solchen von 10 bis 40 min ausgesetzt, hierauf wurden dann in beiden Fällen Überschläge in 60 sec Abstand veranlaßt. Die Überschlagsspannung erwies sich am Beginn unabhängig von der Vorberegnungsdauer, sie sank rasch ab, und erreichte bei 25 bis 30 Überschlägen einen allmählich gleichbleibenden Wert, der bei einfachen Isolatoren bis zu 10 vH, bei dreigliedrigen Ketten bis zu 30 vH unter der Anfangsüberschlagsspannung lag. Die Abminderung war vom Grade der Leitfähigkeit des Wassers abhängig und war bei Wasser von 100 000 Ohm/cm nicht mehr zu bemerken. Wie nachgewiesen wurde, lag die Ursache in der Ausscheidung von Kalziumkarbonat in kristallinischer Form aus dem kalkhältigen Wasser unter dem Einfluß der Überschläge. Der Niederschlag blieb teilweise auf dem Isolator haften, die Haftung zwischen Wasser und Porzellan wurde dadurch vergrößert und somit auch die zusammenhängende Wasseroberfläche, aus der sich die Verminderung der Überschlagsspannung erklärte. V. H.

(Bull. schweiz. Elektr. Vereines, Heft 7, Bd. 18, 1927.)

Baustoffe.

Dauerversuche über die Alterung von Dampfturbinen-Ölen im Betrieb. Die Erfahrungen der Deutschen Kraftwerke mit Turbinenölen — es ergab sich eine ganz verschiedene Lebensdauer nicht nur für verschiedene Öle, auch wenn sie alle den aufgestellten Normen, das sind die „Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln", genügten, bei Verwendung in der gleichen Turbine, sondern auch für angeblich genau gleiche Öle in verschiedenen Turbinen und ferner änderte sich unter sonst gleichen Bedingungen die Lebensdauer der Öle nicht im gleichen Maße und Sinne wie die Eigenschaften abwichen — veranlaßten die Vereinigung der Elektrizitätswerke zur Durchführung groß

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 326; 1925, S. 1000; 1927, S. 928. (Eine ähnliche Meßeinrichtung ist auch in der Deutschen Patentschrift Nr. 436157 der Siemens & Halske A.-G. — Erfinder Dr. Hans Gerdien — vorgeschlagen. Der Ber.)

Digitized by Google

angelegter Versuche, an welchen sich auch die „Gemeinschaftsstelle Schmiermittel" des Vereines Deutscher Eisenhüttenleute beteiligte. Das Ziel der Versuche war die Beantwortung folgender Fragen: 1. Welches sind die Merkmale der Alterung eines Turbinenöles nach Maß, Zeit und damit Geschwindigkeit, zahlenmäßig festgestellt am gebrauchten Öl während des Betriebes bis zu seiner völligen Erschöpfung, das heißt bis zu dem Zeitpunkte an dem die ganze Ölfüllung mangels genügender Betriebssicherheit der Turbine gegen eine neue ausgewechselt werden muß? 2. Welches sind die Eigenschaften des neuen Oles, deren Kenntnis uns seine Alterung im Betrieb nach Maß und Zeit mit Sicherheit vorausbestimmen läßt? 3. Reichen die bisher angewendeten Prüfungsverfahren aus, um die voraussichtlichen oder tatsächlichen Prüfungsmerkmale am neuen oder gebrauchten Ole zweifelsfrei festzustellen, bezw. wie müssen wir die bisherigen Prüfungsverfahren ändern oder ergänzen? 4. Welches sind die Bedingungen für die Konstruktion, die Ausführung und den Betrieb unserer Dampfturbinen, um die Alterung ihrer Ölfüllung auf das mögliche Minimum zu beschranken, das heißt deren Lebensdauer auf das mögliche Maximum zu erhöhen?

Die Versuche konnten an 21 Dampfturbinen verschiedener Bauart und Größe in drei von einander ganz unabhängigen Gruppen durchgeführt werden. Sie begannen zu Ende des Jahres 1925 und laufen zum groberen Teil noch fort (abgeschlossen ist nur etwa 1/3 der Versuche). Das bisherige Ergebnis ist aber bereits so wertvoll, daß die Vereinigung der Elektrizitätswerke sich entschloß, schon diese Teilergebnisse zu veröffentlichen[1]). Während man vor den Versuchen glaubte, sich mit 8000 Betriebsstunden für ein gutes Turbinenöl bescheiden zu müssen, kann heute bereits die Forderung nach mindestens 20 000 Betriebsstunden als einwandfrei begründet gelten. In einzelnen der Versuchsturbinen stehen aber Ole mit wesentlich höheren Stundenzahlen noch in Betrieb. Durch die Veröffentlichung der bisherigen Ergebnisse sollen ferner weitere Kreise zur Durchführung solcher Versuche angeregt und herangezogen werden, auch soll der wissenschaftlichen Olforschung die Möglichkeit zur kritischen Nachprüfung und zur Erganzung der noch fehlenden Erkenntnisse und Hilfsmittel gegeben werden.

Als wichtigste gemeinsame Ergebnisse der bisherigen Versuche, welche eine Reihe bemerkenswerter in dem angefuhrten Bericht enthaltener Einzelbeobachtungen lieferten, zum Beispiel über die Notwendigkeit bei gewissen Turbinenbauarten ganz bestimmte Öle zu verwenden, sind anzusehen: 1. Die Farbe des Neuöls berechtigt nicht zu einem Schluß auf die Qualitat des Öls. Die im Betrieb eingetretene Farbänderung eines Öls kann nicht als Maßstab der eingetretenen Olveränderung dienen. 2. Spezifisches Gewicht, Viskosität, Flammpunkt und Stockpunkt können als Alterungsmerkmale nur untergeordnete Bedeutung beanspruchen, weil die wahrend des Betriebes eintretenden Veränderungen entweder zu unbedeutend oder Auswirkung mehrerer Ursachen und daher nicht eindeutig auswertbar sind. 3. Wasser und mechanische Verunreinigungen kommen bei einwandfreiem Betriebe in den oberen Schichten des Ölsammelbehälters (überstehendes Öl) und im zirkulierenden Ol höchstens in Spuren vor, auch wenn sie am Grunde des Sammelbehälters reichlich vorhanden sind: ihr Auftreten im überstehenden oder zirkulierenden Öl weist daher bei Verwendung eines sonst einwandfreien Öls auf einen Mangel in der Turbine oder im Betrieb hin. 4. Das Auftreten eines benzollöslichen Filterrückstandes im überstehenden oder zirkulierenden Öl ist immer ein Zeichen von Überalterung des Öls, die durch Zersetzungsvorgänge oder durch Eindringen löslicher Fremdstoffe bewirkt sein kann. 5. Die Prüfung auf Emulgierbarkeit gibt weder für das neue noch für das gebrauchte Öl Anhaltspunkte für die Beurteilung des Öls im Betrieb. Emulgiert ein Öl im Betrieb, so ist die Ursache in einer Veränderung des Öls oder in einem Fehler der Anlage oder Bedienung zu suchen. 6. Unter den meßbaren und daher zahlenmäßig verfolgbaren Ölveränderungen verdienen Säurezahl und Verseifungszahl besondere Beachtung. 7. Die Verteerungszahl nach den verschiedenen üblichen Bestimmungsarten ist nicht imstande, ein Urteil über die voraussichtliche Ölalterung zu geben. 8. Weder die Lagertemperaturen noch die in den Lagern eintretende Temperaturerhöhung ließen bis jetzt einen einfachen Zusammenhang mit der Ölveränderung erkennen. 9. Der Ölbedarf kann weder als Wertmesser des Öls noch als Alterungsmaß angesehen werden, weil die Olverluste nicht nur durch die eigentlichen Schmierorgane, sondern auch durch Undichtigkeiten verursacht werden können. — Zum Schlusse stellen die Leiter der drei Versuchsgruppen fest, daß die Versuche derzeit noch nicht gestatten, einwandfreie Vorschläge dafür zu bringen, welche Anforderungen an ein neues Öl zu stellen sind, auf Grund deren dann ein befriedigendes Verhalten des Öls im Betrieb erwartet werden kann. Desgleichen fehlt noch die einwandfreie Feststellung des Punktes, bei welchem das gebrauchte Öl unter allen Umständen ausgewechselt werden muß. Die weiteren noch laufenden Versuche lassen auch für diese beiden Punkte ein befriedigendes Ergebnis erhoffen. J.

[1]) Dauerversuche über die Alterung von Dampfturbinen-Ölen im Betrieb. Auf Grund gemeinsamer Versuche herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin, und dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel in Düsseldorf. 50 S. mit 9 Textabbildungen und 7 Tafeln. Berlin-Düsseldorf, 1927. Preis 8 Mk.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Die Theorie der Wechselstromkorona an Hochspannungsleitungen behandelt Ragnar Holm. Ein Abriß der ursprünglichen Fassung dieser Theorie wurde an dieser Stelle bereits gegeben[1]). Während in der gegenwärtigen Fassung die Gleichungen für die Zündfeldstärke

$$X_0 = 30\,(1 + 0{\cdot}3/\sqrt{a})\ \text{kV/cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3b)$$

und für die effektive Zündspannung $E_1 = E_0/\sqrt{2}$:

$$E_1 = a\,.\,\ln(D/a)\,.\,42{\cdot}3\,(1 + 0{\cdot}3/\sqrt{a})\ \text{kV/cm} \quad . \quad (3c)$$

für zwei Drähte vom Radius a cm im Abstande D cm sowie $E_2 = E_1/2$ für einen Draht vom Radius a in der Achse eines Kreiszylinders vom Radius D, beibehalten werden, ergeben sich bezüglich des Energieverlustes W Änderungen. Der Energieverlust W während einer Halbperiode τ ist allgemein (im Nachstehenden wird durchaus elektrostatisches Maßsystem verwendet):

$$W = \int_0^{\tau} \Delta J\,.\,E\,.\,dt = \bar{E}\,.\int_0^{\tau} \Delta J\,.\,dt = \bar{E}\,.\,Q,$$

worin $\bar{E}$ einen passenden Mittelwert der Spannung und Q die pro Welle von der Korona über die normale Drahtladung hinaus erzeugte zusätzliche Elektrizitätsmenge bezeichnet. Ist $\varrho = E_{max}/4\ln(D/a)$ die Drahtladung ohne Korona; ferner $\varrho_1 = E_0/4\ln(D/a)$ die Drahtladung und $\varrho_2 = (E_{max} - E_0)/4\ln(D/L)$ die Ionenladung im Spannungsmaximum bei Koronabildung (E_{max} = Scheitelwert der Betriebsspannung; $E_0 = E_1/\sqrt{2}$; L = mittlerer Ionenabstand von der Drahtachse beim Spannungsmaximum), so ist die Zusatzladung q zu ϱ, die $q + \varrho = \varrho_1 + \varrho_2$ macht,

$$q = \varrho_1 + \varrho_2 - \varrho =$$
$$= (1/4)\,.\,(E_{max} - E_0)\,[1/\ln(D/L) - 1/\ln(D/a)]\,.\,(6a).$$

Es wird nun ein zweiter mittlerer Ionenabstand von der Drahtmitte L_1 eingeführt, der der Lage der Raumladung im Augenblicke der Spannungswende entspricht, wobei der Draht die Ladung ϱ_0 besitzt, so daß

$$E = 0 = 4\,\varrho_0\,.\,\ln(D/a) - 4\,\varrho_2\,.\,\ln(D/L_1) \quad . \quad (6f)$$

[1]) E. u. M. 1925, S. 807.

Digitized by Google

ist. Es ist dann

$$Q = \varrho_a - \varrho_0 + q = (1/4)(E_{max} - E_0) \cdot$$
$$\cdot \{2/\ln(D/L) - [1 + \ln(D/L_1)/\ln(D/L)] \ln(D/a)\} \quad (6\,h).$$

$\overline{E}$ liegt nach den Oszillogrammen zwischen E_0 und E_{max}, und zwar in der Phase etwas näher an E_0. Es wird daher, wenn $E_0 = E_{max} \cdot \cos\alpha$ ist, angenähert etwa

$$\overline{E} = E_{max} \cdot \cos(0{\cdot}6\,\alpha)$$

zu setzen sein. Der Effektverlust je Sekunde $W = 2\nu w$ ist dann:

$$W = [\cos(0{\cdot}6\,\alpha)/9 \cdot 10^9] \cdot \nu \cdot E_{eff}(E_{eff} - E_1)\{2/\ln(D/L) -$$
$$- [1 + \ln(D/L_1)/\ln(D/L)] \cdot \ln(D/a)\} \text{ kW/km} \quad . (61).$$

Die Berechnung von L und L_1 liefert unter vereinfachenden Annahmen:

$$L^2 = 0{\cdot}85 \cdot 10^9 \cos(0{\cdot}3\,\alpha) \cdot E_{eff}\,\alpha \cdot \beta/2\pi\nu \ln(D/a) \text{ cm}^2 \quad (7\,c)$$
$$L_1^2 = L^2[1 + \pi\,\beta_1/2\,\alpha\,\beta\cos(0{\cdot}3\,\alpha)] \quad . \quad . \quad . \quad (7\,d).$$

Hierin sind β und β_1 den betreffenden Feldzuständen entsprechende Ionengeschwindigkeiten. Für β_1 wird die mittlere Ionengeschwindigkeit in feuchter Luft nach Zeleny[3]) $\beta_1 = 1{\cdot}44$, für β ein durch Probieren für die Energieformel günstig gefundener Wert $\beta = 2{\cdot}12$ eingesetzt. Dieser höhere Wert wird damit begründet, daß in nächster Nähe der Koronahaut auch noch beweglichere freie Elektronen, nicht nur die schwereren Ionen am Strom beteiligt sind. Die einfacheren Formeln der ursprünglichen Theorie, die mit $\cos(0{\cdot}6\,\alpha)$ an Stelle des Zahlenfaktors 0·82 lauten

$$W = [2 \cdot \cos(0{\cdot}6\,\alpha)/9 \cdot 10^3] \cdot \nu\, E_{eff}(E_{eff} - E_1)[1/\ln(D/L_0) -$$
$$- 1/\ln(D/a)] \text{ kW/km} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8\,a),$$
$$L_0^2 = 3\,a\,E_{eff} \cdot 10^3/2\pi\nu\sqrt{2}\ln(D/a) \text{ cm}^2 \quad . \quad . \quad (8\,b),$$

sind für mäßige Effektivspannungen gut zu verwenden. Für einen einzelnen Draht in der Achse eines Zylinders ist in obigen Formeln zu setzen:

statt E_1 die Größe $E_1/2$;
„ L und L_1 die Größen $L\sqrt{2}$ und $L_1\sqrt{2}$;
„ W die Größe $2W$.

Für einen Dreiphasen-Vierleiter mit den Phasenleitern im gleichseitigen Dreieck mit den Seiten D und der Rückleitung in der Dreiecksmitte ist zu setzen

statt E_1 die Größe $E_1/2\sqrt{3}$;
„ L und L_1 die Größen $L\sqrt{2}$ und $L_1\sqrt{2}$;
„ W die Größe $6W$;
„ E_{eff} die Größe $E_{eff}/\sqrt{3}$;

worin E_{eff} die Spannung zwischen zwei Phasenleitern bedeutet. Für eine Drei-Phasenleitung mit drei in gleichen Abständen D nebeneinander angeordneten Leitern sind statt der Ausdrücke von der Form $\ln(D/x)$, worin $x = a$, L oder L_1 ist, Ausdrücke von der Form

$$(1/4)[3\ln(D/x) + \ln 2 - (2/3)\ln^3 2/\ln(D/x)]$$

zu gebrauchen; ferner ist

statt E_{eff} die Größe $E_{eff}/\sqrt{3}$ und
„ W „ „ $3W$

zu setzen. Nachstehender Auszug aus den vom Verfasser angeführten Tabellen zeigt den Grad der Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung. Tabelle 1 bezieht sich auf einen geerdeten Draht zwischen zwei parallel und in gleicher Ebene mit ihm ausgespannten, auf gleicher Spannung befindlichen Drähten vom gleichen Radius a; Tabelle 2 auf das System Draht-Zylinder. In diesem letzteren Falle wurde $E_1/2$(beob.) als diejenige Effektivspannung bestimmt, bei der zuerst Korona auftrat.

[3]) Trans. Roy. Soc. 21, 711; 1911.

Tabelle 1.

Nr.	a cm	D cm	ν	E_{eff} kV	E_1 kV	Verluste W in kW/km beob.	n. Holm (61)	n. Peek
1	0·15	45	51·5	72·2	59·8	4·81	4 8	18·3
4	0·15	45	51·5	95·5	59·8	23·6	24 0	42·4
5	0·15	60	50·5	85	64·2	8·67	8·5	20·5
7	0·15	60	50·5	113 8	64·2	33·1	32·0	52·1
8	0·15	80	52	81·2	68·3	2·94	3·7	7·9
13	0·15	80	52	127·7	68·3	33·5	34·4	—
14	0·04	80	52·5	72·9	31·8	10·9	10·6	11·5
19	0·04	80	52·5	122·6	31·8	50·7	44·8	48·6
20	0·2	66	51	99	80	9 8	9·6	25·7
24	0·2	100	49·9	117	85·3	12·4	12·7	26·4

Tabelle 2.

Nr.	a cm	D cm	ν	E_{eff} kV	$E_1 = E_1/2$ ber.	$E_1 = E_1/2$ beob.	Verluste W in kW/km beob	n. Holm m. E_1 ber.	n. Holm m. E_1 beob.	n Peek
25	0·25	200	50	100	56·6	—	17·5	17·4	—	8
27	0·25	200	50	300	56·6	—	354	380	—	265
28	1·0	200	50	200	145	125	76	53	77	53
30	1·0	200	50	375	145	125	558	515	550	630
31	2·0	200	50	250	237	200	80	12·8	60	19
33	2·0	200	50	380	237	200	489	332	437	365

R. H.

(Arch. f. Elektrot. Bd. XVIII, H. 6, 1927.)

Chronik.

Zum Gedächtnis an Svante Arrhenius.

Mit dem am 2. Oktober d. J. verstorbenen nordischen Physiker August Svante Arrhenius, dessen Gedächtnis die nachstehenden Zeilen gewidmet sind, ist einer der hervorragendsten Forscher aus dem Leben geschieden; ein Gelehrter, der durch seine Arbeiten bahnbrechend für die Entwicklung der physikalischen Chemie gewirkt hat: auch zugleich ein äußerst fruchtbarer und erfolgreicher Schriftsteller, dessen zahlreiche, in verschiedene Sprachen übersetzte Werke als populärwissenschaftlich in des Wortes bester Bedeutung zu bezeichnen sind, welche unzähligen Lesern genußvolle Stunden und angenehme Belehrung gebracht haben.

Arrhenius wurde geboren am 19. Februar 1859 auf Schloß Wijk bei Upsala, wo sein Vater die Verwaltung eines Gutsbesitzes führte und zugleich an der Universität Upsala die Geschäfte eines Kronvogtes besorgte. Svante war das zweite von vier Kindern und zeigte schon in ganz frühen Jahren eine auffallende mathematische Veranlagung. Nachdem er das Gymnasium absolviert und die Universitätsstudien in Upsala vollendet hatte, ging Arrhenius im Alter von 22 Jahren nach Stockholm zu Edlund, dem Physiker der Akademie der Wissenschaften, wo er bald Gelegenheit fand (die ihm in Upsala fehlte) selbsttätig zu arbeiten, so daß er im Juni 1883 der Stockholmer Akademie eine Untersuchung „Über die Leitfähigkeit der Elektrolyte" vorlegen konnte, welche 1884 gedruckt wurde. Diese Schrift, in der bereits der Gedanke der elektrolytischen Dissoziation ausgesprochen ist, enthält in ihrem experimentellen Teile die Widerstandsmessungen an zahlreichen elektrolytischen Leitern in sehr verdünnten Lösungen mittels kurz dauernder Wechselströme, wobei vornehmlich die Proportionalität zwischen Leitfähigkeit und Gehalt an elektrolytischen Molekeln gezeigt wird; im theoretischen Teile ist die Ansicht verfochten, daß Elektrolyte in aktiver und inaktiver Form auftreten können, wobei nur der, einen Bruchteil der Gesamtmenge ausmachende, aktive Anteil die Elektrizität leitet. Die Arbeit von Arrhenius ist auch in deutscher Übersetzung in Ostwalds „Klassiker der exakten Wissenschaft" im Jahre 1907 erschienen; der Herausgeber (Otto Sackur) sagt von ihr, daß kaum eine Abhandlung so grundlegend gewesen und gleichwohl so rasch überholt worden sei als diese. Sie wurde

Digitized by Google

jedoch bei ihrem Erscheinen von der Mehrzahl der Fachgenossen durchaus nicht günstig aufgenommen; auch ist sie erst auf Ostwalds (damals noch in Riga) Autorität hin als Habilitationsschrift anerkannt worden.

Über Edlunds Antrag erhielt nun Arrhenius ein bedeutendes Reisestipendium der schwedischen Akademie; dieses ermöglichte dem jungen Forscher seine Studien an auswärtigen Hochschulen zunächst bei Ostwald in Riga fortzusetzen; dann ging er nach Würzburg zu Kohlrausch; hierauf (über Anraten von Nernst) nach Graz zu Boltzmann, ferner zu van't Hoff nach Amsterdam und sodann nochmals zu Ostwald nach Leipzig. Unterdessen hatte er seine Theorie weiter ausgebaut und unter dem Titel „Über die Dissoziation der im Wasser gelösten Stoffe" in zwei Abhandlungen in den Berichten der schwedischen Akademie, sowie in der Zeitschrift für physikalische Chemie vom Jahre 1887 dargelegt.

Aus den Arbeiten jener Zeit seien nur noch zwei hervorgehoben: eine, betitelt „Theorie der isohydrischen Lösungen", in welcher die Eigenschaften von Lösungen auf Grund der Übereinstimmung zwischen dem verdünnten Zustand der Materie in Form von Gas oder von Lösung und des Prinzips der elektrolytischen Dissoziation hergeleitet werden, und eine Untersuchung „Über die Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Elektrolyten", worin die über die Stärke oder Avidität der Säuren und die Zersetzung der Neutralsalze gezogenen experimentellen Schlüsse durch theoretische Betrachtungen bestätigt werden.

Bei allen untersuchten chemischen Gleichgewichtserscheinungen gab die Dissoziationstheorie eine mit der Erfahrung quantitativ bestens übereinstimmende Erklärung. Arrhenius' Anschauungen stießen aber auf manch harten Widerstand und konnten sich nur allmählich allgemeinere Anerkennung erringen; doch trugen wesentlich zum Siege der Dissoziationstheorie die hoch bedeutsamen Arbeiten von W. Ostwald und W. Nernst bei. Es zeigte sich, daß die neuen Ansichten imstande waren, nicht nur über bisher unerklärliche Vorgänge Rechenschaft zu geben, sondern auch unerwartete Erscheinungen (wie Elektrolyte mit negativem Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit) vorauszusagen. Van t' Hoff, dessen große Entdeckung der Anwendbarkeit der Gasgesetze auf gelöste Körper auch den Ausgangspunkt für die Betrachtungen von Arrhenius bildete, konnte bereits im Jahre 1890 den Satz aussprechen: „Die elektrolytische Dissoziationstheorie ist fast zu einer Tatsache geworden".

Von den vielen Arbeiten, welche Arrhenius veröffentlichte, fallen auch einige in das Gebiet der physiologischen Chemie; er wies darauf hin, daß die Gleichgewichtsverhältnisse auch hier eine bedeutende Rolle spielen. Es seien genannt die Aufsätze „Zur Theorie der Bindung von Toxin und Antitoxin", „Die Anwendung der physikalischen Chemie auf die serumtherapeutischen Fragen", „Hämolytische Versuche" und andere. Im Jahre 1903 arbeitete er bei Geheimrat Ehrlich im Institute für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M. Ferner beschäftigte er sich mit Untersuchungen über Leitungsvermögen beleuchteter und phosphoreszierender Luft und von Salzdämpfen in Flammen, sowie mit elektrischer Spitzenwirkung; er studiert die Periodizität der Südlichter, untersucht die physikalischen Grundlagen der Kohlensäuretheorie der Klimaschwankungen und das elektrische Gleichgewicht der Sonne, behandelt aber auch die Gesetze der Verdauung und Resorption, sowie manches Andere. Eine sehr mühevolle Arbeit ist die Studie über den Einfluß des Mondes auf den elektrischen Zustand der Erde, die er (1894) mit seinem Landsmanne Ekholm ausführte, in der die beiden Forscher unter anderem zu dem Ergebnis kommen, daß das Potentialgefälle in der Atmosphäre in regelmäßiger Weise mit der Zenitdistanz des Mondes wachse und daß eine monatliche bedeutende Variation des Potentialgefälles auftrete, unabhängig von der Mondphase. Dies ließe sich durch die Annahme erklären, daß der Mond eine etwa 1200 mal größere Ladung als die Erde besitze.

Hatte sich Arrhenius durch seine elektrolytische Dissoziationstheorie schon in jungen Jahren in wissenschaftlichen Kreisen rasch bekannt gemacht, so ist sein Name in die weitesten Kreise gedrungen durch die große Zahl der von ihm verfaßten Werke. Es erschienen das „Lehrbuch der Elektrochemie" (deutsch von Euler 1901) und die Schrift „Theorien der Chemie", letztere nach den im Sommer 1904 an der Berkeley-Universität gehaltenen Vorlesungen; zwei Jahre später wurde sie aus dem Englischen übersetzt.

Eine großartige Verbreitung aber haben seine Bücher astronomischen Inhaltes gefunden; außer dem ausführlichen „Lehrbuch der kosmischen Physik" (2 Bände, 1903) ist besonders das Werk „Das Werden der Welten" zu nennen, welches (aus dem Schwedischen übersetzt) zum ersten Male im Jahre 1906 erschien und in der Folge viele Auflagen erlebte. Dieses Buch, in welchem der Verfasser in geistreicher Weise den Strahlungsdruck (der schon von Newton in der Korpuskulartheorie vermutet, von Maxwell für Wellen berechnet und von Lebedeff experimentell nachgewiesen wurde) auf kosmische Probleme anwendet, hat einen für ein wissenschaftliches Werk ganz außerordentlichen Erfolg gefunden; neben vielem Anderen fesselt in demselben die Darstellung der Ansichten über die Ausbreitung des Lebens durch den Weltraum, die sogenannte Panspermie. Dasselbe gilt von dem (gleichsam die Fortsetzung bildenden) Buche „Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten". Weitere astronomische und kosmogonische Schriften sind „Der Lebenslauf der Planeten" und das spätere Werk „Erde und Weltall" (1926), das in gewissem Sinne eine Vereinigung und zusammenfassende Darstellung der in den oben erwähnten Werken behandelten Gebiete gibt; es enthält auch eine anziehend geschriebene Übersicht über den Ursprung der Astronomie und deren Bedeutung für die Entwicklung der Chronologie, die bei den höher entwickelten Völkern dann zur Entstehung des Kalenders geführt hat. Trotz mehrfacher Verbesserungen besitzt dieser aber auch heute noch manche Mängel und zu ihrer Beseitigung sollen ja die in allerneuester Zeit dem Rate des Völkerbundes erstatteten Vorschläge beitragen. Diese Reformbestrebungen, welche möglichste Gleichförmigkeit für das ganze Jahr schaffen sollen, wobei jedes Datum in jedem Jahre stets auf denselben Wochentag zu fallen hätte, finden in „Erde und Weltall" eingehende Erörterung.

In einem besonders interessanten, auch für weitere Kreise bestimmten Buche (nach dem Kriege verfaßt), welches ebenso wie die anderen Werke durch die Akademische Verlagsgesellschaft in Leipzig den deutschen Lesern in Übersetzung (von Dr. B. Finkelstein, 1922) zugänglich gemacht wurde[1]), wird die hohe Bedeutung der chemischen Wissenschaft vor Augen geführt, „welche mehr als jede andere der gegenwärtigen materiellen Kultur zu Grunde liegt." Der Verfasser spricht zugleich die Ansicht aus, daß der Wiederaufbau Deutschlands nach dem verheerenden Kriege in höchstem Grade auf der Verwendung der Chemie begründet sein werde. Das Buch bietet eine Fülle von Belehrung in den verschiedensten Gebieten, sei es, daß von der Chemie der Erdrinde, von Erzen, Silikaten und fossilen Brennstoffen, oder über die Herstellung von Gläsern und Zement, über Farb- und Riechstoffe oder über Arzneimittel und die Brotfrage gesprochen wird. Das Schlußkapitel handelt sehr eindringlich vom Haushalten mit den Naturschätzen. Immer wieder setzt den Leser die seltene Universalität und die enorme Belesenheit des Verfassers der Schrift in berechtigtes Erstaunen und Verwunderung.

[1]) „Die Chemie und das moderne Leben." Von Svante Arrhenius. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. B. Finkelstein. 373 Seiten mit 20 Abb. im Text. 1922. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. in Leipzig.

Digitized by Google

Arrhenius besaß in hervorragendem Maße die Gabe, Gesetzmäßigkeiten aus experimentellen Daten herauszuschälen und verfügte über ein ganz ungewöhnliches, sicheres Gedächtnis. Durch die vielen Reisen, die er unternommen, ist er mit zahlreichen Gelehrten des Auslandes persönlich bekannt geworden, mit denen er auch später in wissenschaftlichem Verkehr blieb.

Von allen Seiten ist seine große Bedeutung anerkannt worden; er war Ehrendoktor von mehreren Universitäten und Ehrenmitglied vieler Akademien. Im Jahre 1903 wurde ihm als ersten Schweden der Nobelpreis für seine Dissoziationstheorie verliehen, 1914 hielt er die Faraday Lecture; sowohl Gießen wie Berlin hatten an ihn Rufe ergehen lassen, welche er aber ablehnte. Als Direktor des Nobel-Institutes für physikalische Chemie bezog er im Jahre 1909 das nach seinen Angaben neu errichtete Institut, welches sich auf einer Anhöhe in Experimentalfältet, einer Vorstadt von Stockholm, in herrlicher Umgebung befindet. Nach achttägiger, schwerer Krankheit ist er daselbst verschieden und am 8. Oktober in seiner Vaterstadt Upsala beigesetzt worden.

Arrhenius gehörte zu den Lieblingen der Natur, die ihn nicht nur mit außergewöhnlicher Begabung, sondern auch mit einem heiteren Sinn, tiefem Gemüte und Empfänglichkeit für alles Schöne reichlich ausgestattet hatte. Mit Recht sagt Prof. Dr. E. H. Riesenfeld in seinem Nachrufe in der „Umschau" 1927, Heft 47 (aus dem einige Angaben hier verwendet wurden): „Er liebte die Menschen, sowie er auch das Leben und alle seine schönen Gaben liebte." A. E.

Literaturbericht.

3619 **La mesure des Débits et l'Aménagement des Usines hydrauliques.** (Die Wassermessung und die Belieferung der Wasserkraftwerke.) Von E. Montagné unter Mitarbeit und mit Vorwort von L. Barbillion. 200 Seiten, 16 × 24 cm, mit 118 Abb. Verlag von Albin Michel, Paris. Preis geh. 20 Frcs.

Nach Festlegung des Begriffes und der Genauigkeit einer technischen Wassermessung, nach Erörterung der Veränderlichkeit der Wasserführung der Flüsse und der darauf Einfluß nehmenden Faktoren werden die direkten Messungen kleiner Wassermengen, die Messung durch Bestimmung der Wassergeschwindigkeit an einzelnen Punkten des Querprofils, die Messung durch Ausfluß, die chemische Messung, die Überfallmessung, sowie die Messung an geschlossenen Kanälen und Rohrleitungen erörtert. Eine Beschreibung der verwendeten Druck- und Geschwindigkeitsmesser, insbesondere das chronophotographische Verfahren beschließen das Werk.

Nicht hohe Theorie wird in dem Buch geboten, sondern eine Fülle praktischer Winke: Das Buch ist in erster Linie von einem erfahrenen Fachmanne für den Praktiker geschrieben worden. Dr. Baudisch.

Eingegangene Bücher.

3139 Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. Von Dr. Richard Mollier. 5. Aufl. 28 S. mit 6 Zahlen- und 2 Diagrammtafeln. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 2·70.

Der Inhalt der Neuauflage deckt sich vollständig mit dem der 4. Auflage[1]), nur sind in der Zahlentafel VI mit den Hilfsgrößen zur raschen Berechnung des Volumens, der Entropie und des Wärmeinhaltes von überhitztem Dampf jetzt die Werte von 5 zu 5° statt wie früher von 10 zu 10° C eingesetzt. Auch ist, wie im Vorwort mitgeteilt wird, die Richtigkeit einer Reihe von bisher nur durch Extrapolation gewonnenen Werten für Dampf von höheren Spannungen durch Versuche bestätigt worden. Daß die Zahlentafeln einem Bedürfnis der Fachkreise entsprechen, geht schon daraus hervor, daß seit zwei Jahren vier Auflagen erschienen sind. k.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 672.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 22. Februar d. J., um **1/26** Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Ing. A. Rossow über: **„Das Großkraftwerk Klingenberg".** (Mit Lichtbildern und Filmvorführung.)

Inhaltsangabe: Richtlinien für den Bau und Entwurf der Anlage; Lageplan; die Kohlenförderanlagen; die Mahlanlage; Kohlentrocknung; das Kesselhaus; das Turbinenhaus; elektrische Anlagen; Stockbauten.

Öst. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI).

Am 16., 17. und 18. Februar 1928 findet in Wien eine gemeinsame Tagung des Fachausschusses für Schweißtechnik des Deutschen und Österreichischen V. D. I. statt.

Gelegentlich dieser Tagung werden zwei allgemein zugängliche Hauptvorträge abgehalten.

Donnerstag, den 16. Februar, 17·45 Uhr, Prof. Dr. Ing. P. Schimpke, Direktor der Staatlichen Gewerbeakademie, Chemnitz, über: **„Wirtschaftlichkeitsfragen der gesamten Schweißtechnik"** (mit Lichtbildern) im Ost. Museum für Kunst und Industrie, Wien I., Wollzeile 41.

Freitag, den 17. Februar, 18·30 Uhr, Prof. Dr. Ing. A. Hilpert, Berlin-Charlottenburg, über: **„Die Rückwirkung der Schweißtechnik auf die Gestaltung der Erzeugnisse"** (mit Lichtbildern) im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule, Wien IV., Gußhausstraße 25, Hörsaal 3.

Außerdem finden am 17. und 18. Februar 1928, ab 9 Uhr, im Industriehaus, Wien III, Schwarzenbergplatz 4, die Beratungen des Fachausschusses für Schweißtechnik statt.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesen Vorträgen eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	30. I. 1928	1. II. 1928	3. II. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135¼	135¼	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 3. Februar 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		66	10	0	66	15	0
Wire bars		66	15	0	—	—	—
Standard	Kassa . .	62	7	6	62	8	9
	3 Monate .	61	17	6	61	18	9
Zinn:							
Engl. ingots		244	10	0	245	10	0
Standard	Kassa . .	245	5	0	245	7	6
	3 Monate .	246	0	0	246	2	6
Blei:							
Engl. pig common . .		22	10	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		25	17	6	25	17	6
Remelted		26	5	0	—	—	—
English Swansea . .		26	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17 9 sh/Pf. 17 12 sh 6 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 19. Februar 1928 | Heft 8

Schutzeinrichtungen der Krafterzeugungs- und Verteilungsanlagen der Vorarlberger Kraftwerke Gesellschaft m. b. H., Bregenz.

Von Dir. Ing. K. **Semler**, Bregenz[1]).

Die Elektrizitätsversorgung des Landes Vorarlberg erfuhr im Vergleich zu anderen Bundesländern schon recht frühzeitig eine hohe Entwicklung. Die zahlreichen Wasserkräfte im Lande einerseits, die bedeutenden Transportkosten für Kohle und der industrielle und gewerbliche Wohlstand anderseits gaben Veranlassung hiezu. Die Erstellung der heute für die allgemeine Stromversorgung in Betracht kommenden größeren Elektrizitätswerke und Stromverteilungseinrichtungen erfolgte in den Jahren 1900 bis 1910. In der Zeit von 1911 bis 1921 ist in der weiteren Ausgestaltung der Elektrizitätserzeugung- und Versorgung ein gänzlicher Stillstand eingetreten. Die Schwierigkeiten in der Kohlenbeschaffung und die vermehrte Nachfrage nach elektrischer Energie hatten zur Folge, daß in den darauffolgenden Jahren der Zusammenschluß der bestehenden Elektrizitätswerke durch eine Landessammelschiene[2]) und der Bau des Gampadelswerkes[3]) als Ergänzungskraftquelle zu Stande kam.

Der Beschreibung der Schutzapparate der Anlagen der Vorarlberger Kraftwerke (V. K. W.) soll eine kurze Erläuterung der Werkseinrichtungen vorangeschickt werden. (Vgl. Abb. 1).

Als Kraftstationen kommen in Betracht:

Die Zentrale Andelsbuch, erbaut in den Jahren 1906 bis 1908 ausgenützt werden hier 60 m Gefälle der Bregenzerachse in Verbindung mit einem Tagesausgleichsweiher. Es sind 4 Francisturbinen zu je 2800 PS mit horizontaler Welle und direkt gekuppelten Drehstromgeneratoren 2800 kVA, 5·5 kV aufgestellt. Jedem Generator ist ein Mantel-Transformator 5·5/25 kV in direkter Verbindung zugeordnet[4]). Durch eine geeignete Schaltdisposition kann der vorhandene fünfte Transformator als Reserve für einen beliebigen Generator, bezw. Transformator verwendet werden. Die Schaltanlage ist einstöckig gebaut; die Betätigung der gesamten Einrichtungen der Zentrale erfolgt mittels Fernsteuerung. Die erzeugte Energie wird über zwei 25 kV-Leitungen in das Konsumgebiet übertragen.

Zentrale Rieden: Daselbst werden 7·5 m Gefälle der Bregenzerache mittelst einer 800 PS Doppelfrancisturbine ausgenützt. Diese arbeitet mit horizontaler Welle direkt auf einen Generator, der zur Erzeugung von Blindströmen für 2300 kVA dimensioniert wurde, während entsprechend der Turbinenleistung 550 kVA genügt hätten. In dieser Zentrale ist ferner eine 12 000 PS-Dampfturbinenanlage eingebaut mit vier Aggregaten zu 6000, 2600 und 2 × 1700 PS und acht Dampfkesseln zu je 250 m² Heizfläche; die Kesselanlage wird in den nächsten Monaten durch einen neuen 600 m² Hochleistungskessel mit kombinierter Wanderrost- und Kohlenstaubfeuerung ergänzt. Die kalorische Anlage erzeugt die Ergänzungsenergie während der Trockenperioden und dient als Reserve in Störungsfällen. Die Zentrale Rieden ist der wichtigste Knotenpunkt der Gesamteinrichtungen der V. K. W. Dementsprechend befinden sich daselbst neue 3·6-, 25- und 45 kV-Schalt- und Transformatorenanlagen mit einem gemeinsamen Kommandoraum.

Im Gemeindegebiet Dornbirn, das heißt zwischen der Rappenloch- und Alplochschlucht befindet sich die Zentrale Ebensand, in der 175 m Gefälle der Dornbirnerache mit 3 Turbinen zu je 300 PS und direkt angebauten Generatoren ausgenützt wird. Die hier erzeugte elektrische Energie dient zur direkten Speisung des ausgedehnten Ortsnetzes Dornbirn.

In der Längsrichtung des Versorgungsgebietes der Vorarlberger Kraftwerke und zwar von Hohenems bis ins bayrische Allgäu führt eine 45 kV-Leitung, in deren Zug die Unterwerke Hohenems mit 3000 kVA, Lustenau mit 7900 kVA, Hard mit 4000 kVA, die Zentrale Rieden mit 16 000 kVA und die Unterwerke Lochau mit 900 kVA, sowie Biesenberg und Wangen im Allgäu liegen.

Die Zentrale Andelsbuch ist durch je eine getrennt geführte 25 kV-Leitung mit der Zentrale Rieden und dem Unterwerk Lustenau und an

[1]) Vortrag, gehalten auf der 24. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke in Bregenz am 23. September 1927.

[2]) A. Fürst, E. u. M. 1927, S. 774.

[3]) A. Fürst, E. u. M. 1926, S. 698.

[4]) Die an den Klemmen der Generatoren angeordneten Schalter sind ebenso wie die Hilfsschienenabzweigschalter als nichtautomatische Ölschalter ausgebildet.

Digitized by Google

diesen beiden Orten durch die entsprechenden Kuppeltransformatoren mit der 45 kV-Leitung verbunden. Das Unterwerk Dornbirn ist an die 25 kV-Leitung Andelsbuch-Lustenau angeschlossen.

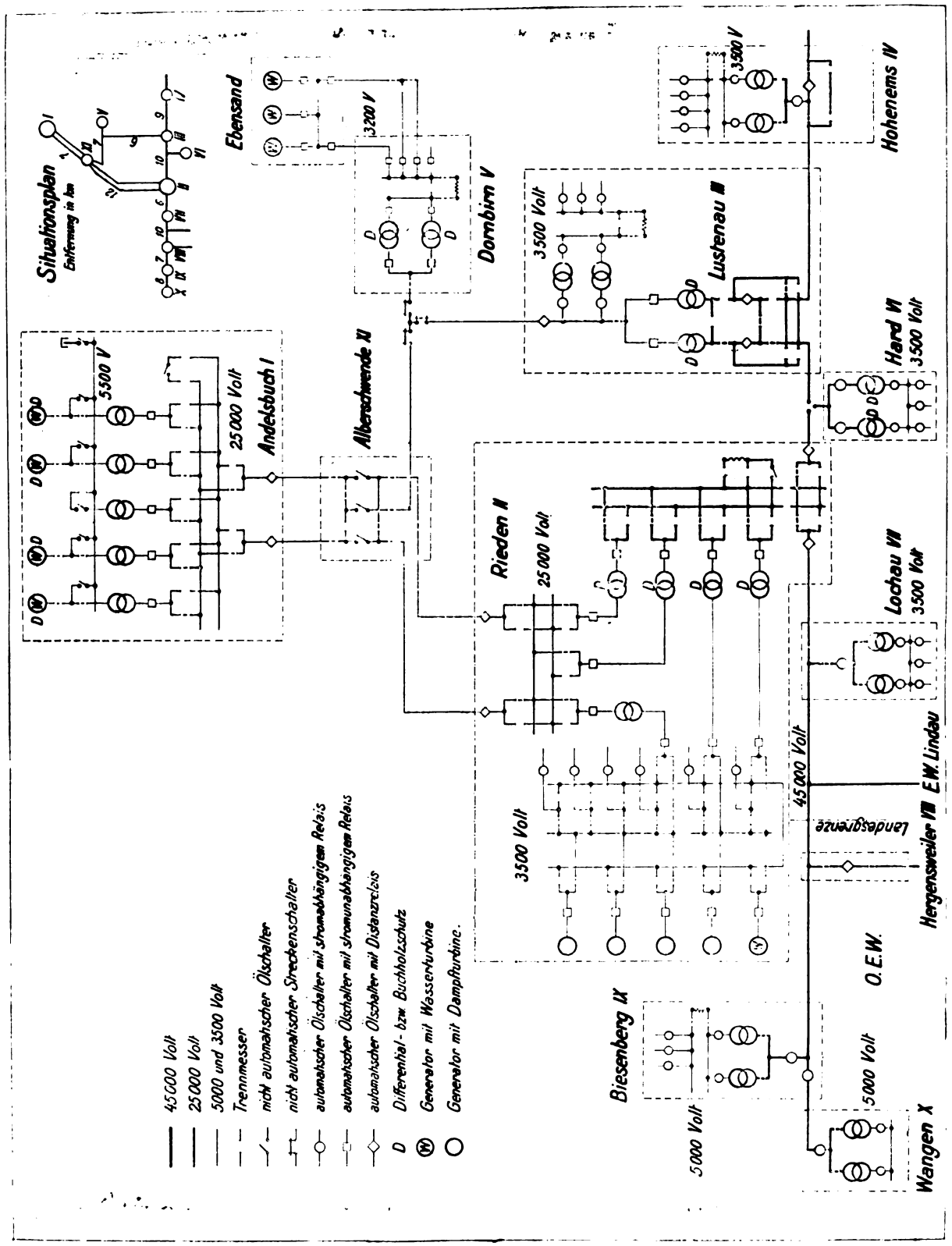


Abb. 1. Netz der Vorarlberger Kraftwerke.

Leitungsquerschnitte sind derart reichlich gewählt, daß in Störungsfällen die gesamte Andelsbucher Zentralenleistung entweder über die Strecke Andelsbuch-Rieden oder über die Strecke Andelsbuch-Lustenau auf die 45 kV-Leitung übertragen werden kann. Außerdem besteht ohne weiteres die Möglichkeit, mit Hilfe der Schaltstation in Alberschwende die Strecke Lustenau-Rieden

Hinsichtlich der Speisemöglichkeit in Störungsfällen ist folgendes zu bemerken:

Das Leitungsdreieck Andelsbuch-Rieden-Lustenau-Andelsbuch ist so disponiert und die

Digitized by Google

auszuschalten und die Energie aus dem Gampadelswerk von Lustenau über Alberschwende, bezw. Andelsbuch nach Rieden zu leiten. Dadurch ergibt sich der große Vorteil, daß Arbeiten an Leitungen ohne weiteres an Wochentagen ausgeführt werden können und bei Störungen auf den Übertragungsstrecken die sofortige Umleitung der Energie möglich ist.

An den in den Vorkriegsjahren erbauten elektrischen Anlagen der V. K. W. zeigten sich, wie andernorts, Mängel und Schwächen, sodaß Betriebsstörungen ziemlich häufig auftraten. Auch schalttechnisch ließ die seinerzeitige Disposition zu wünschen übrig. Die Störungsursachen waren im besonderen Explosionserscheinungen an zu schwach dimensionierten Schaltern, Kurzschlüsse in den Unterwerken wegen ungenügender Distanzierung der einzelnen Leiter unter sich und gegen Erde, mangelhaftes Funktionieren der Schalterrelais und Versagen der übrigen Schutzeinrichtungen. Schwierigkeiten zeigten sich durch das Fehlen von Ring- oder Parallelleitungen. Der Stromabnehmer stellt aber an das Elektrizitätswerk heute die Forderung auf fast störungsfreie Stromlieferung, weshalb ein Umbau der Anlagen dringend war.

Bei der Umgestaltung, bezw. Verbesserung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen ergaben sich zufolge der eben geschilderten Verhältnisse und wegen dem Zusammenschluß mit dem Gampadelswerk, dem ausgedehnten Netz des Bezirksverbandes Oberschwäbischer Elektrizitätswerke und anderer Kraftstationen die folgenden Forderungen:

1. die Schalt- und Leitungsanlagen für die größte Betriebssicherheit auszubauen,

2. Reguliereinrichtungen zur Erreichung konstanter Spannung in den Sekundärnetzen vorzusehen und

3. jene Schutzeinrichtungen anzuwenden, die Gewähr geben für die ungestörte Energielieferung an die Verbraucher.

Zu 1. Bezüglich des Ausbaues der Schaltanlagen für die größte Betriebssicherheit ist zu bemerken, daß bei der Auswahl der Ölschalter, der wichtigsten Teile jeder Schaltanlage, die maximale Kurzschlußabschaltleistung vorab berücksichtigt wurde. Ferner war bei der Wahl der Ölschaltertype aber auch die Disposition des betreffenden Schalthauses maßgebend. So haben sich die V. K. W. entschlossen, für die 45 kV-Schaltanlage in Rieden, die als Hallenbau ausgeführt ist, besonders leistungsfähige Ölschalter mit Löschkammern und einer Abschaltleistung von 350 000 kVA aufzustellen, während zum Beispiel im Unterwerk Lustenau unter sonst gleichen Verhältnissen gewöhnliche Serienschalter (Serie VI) gewählt werden konnten, da die letzteren in Räumen eingebaut wurden, die von den übrigen Anlagen gasmsicher abgetrennt sind.

Zur Fernbetätigung der Schalter kamen für die Einkessel-Ölschalter Hubmagnete und Schaltmotoren zum Einbau, während bei den großen Dreikesselschalter-Aggregaten für die Einschaltung die sogenannten Kraftspeicher verwendet werden. Der Vorteil der letzteren besteht nicht nur darin, daß der zur Betätigung erforderliche Effekt gering ist, sondern vor allem darin, daß man einen Apparat besitzt, der ein absolut zuverlässiges und rasches Einschalten gewährleistet, weil es sich bei der Einschaltung praktisch nur um das Auslösen einer Klinke bezw. die Entspannung einer vorher aufgezogenen Feder handelt. Im Falle eines Versagens der Hilfsstromquelle kann das Aufladen des Kraftspeichers auch von Hand geschehen, so daß eine unbedingte Betriebssicherheit des Apparates samt Fernbetätigung gewährleistet ist. Der allgemein wünschenswerten Verwendung von Kraftspeichern an Stelle von Hubmagneten und Motorantrieben stehen die hohen Anschaffungskosten derselben entgegen.

Die Schalterauslösung von den Relais her ist bei sämtlichen Ölschaltern als Freiauslösung ausgebildet und wird von einer unabhängigen Gleichstromquelle gespeist.

Die Dispositionen der Werkseinrichtungen der V. K. W. sind durchwegs mit reichlichen Reserven getroffen; in den Hauptanlagen Rieden und Andelsbuch kamen Doppelsammelschienen zur Anwendung. Schalttechnisch interessant ist das Unterwerk Lustenau ausgeführt. An Stelle der sonst üblichen Bezeichnung der Sammelschienensysteme durch Nummern wurde entsprechend der örtlichen Orientierung die Bezeichnung Nord-Süd, bezw. Ost-West, gewählt, was sich sehr gut bewährte.

Die Trennschalter der 45 kV-Anlage sind durchwegs mit Antrieben versehen, während dies auf der 25 kV-Seite nur bei den wichtigeren Abzweigen der Fall ist. Die 45 kV-Anlage in Rieden ist, wie erwähnt, nach dem Hallenbau-System ausgeführt, bei welchem sich die Einmauerung der Ölschalter erübrigt, sofern, wie es hier der Fall ist, für die letzteren eine Hochleistungstype mit 350 000 kVA Abschaltleistung gewählt wird, bei welcher die Abschaltung in der Lösch-, bezw. Explosionskammer vor sich geht, sodaß eine Überbeanspruchung des Ölschalterkastens verhindert ist und damit auch eine Verqualmungsgefahr für die Anlage nicht besteht. Das Hallenbausystem hat den Vorteil der großen Übersichtlichkeit, der einfachen und logischen Bauweise und der bedeutenden finanziellen Einsparungen. Für die 3·6- und 25 kV-Abzweige kamen Einkessel-Schalter (Serie III und V) mit einer Abschaltleistung von etwa 150 000 kVA, montiert in Schalterzellen mit Ölabflußleitungen, zur Anwendung. Die höchste betriebsmäßige Abschaltleistung beträgt zirka 110 000 kVA.

Überall, wo Doppelsammelschienen vorhanden sind, ist ein Kuppelschalter vorgesehen, der für die Verbindung der beiden Systeme dient und hiezu in die Synchronisiereinrichtung einbe-

Digitized by Google

zogen werden kann. Ferner dient derselbe als Ersatz für irgend einen defekt gewordenen Abzweigschalter, ohne daß hiezu Montagearbeiten notwendig sind. Der defekt gewordene Schalter wird einfach metallisch überbrückt und der bezügliche Abzweig an das zweite, vollständig freigemachte Sammelschienensystem angeschlossen. Die Einschaltung des Abzweiges erfolgt nun durch den Kuppelschalter über das zweite System. Es muß auch dafür gesorgt werden, daß die Relaisauslösungen, welche bisher auf den zu ersetzenden Abzweigschalter arbeiteten, auf den Kuppelschalter wirken. Zu diesem Zwecke sind die geeigneten Steckvorrichtungen vorhanden. Als besondere Ausführung ist der in der Zentrale Rieden auf der 45 kV-Seite eingebaute Prüfwiderstand zu erwähnen, welcher mit Hilfe des zweiten freien Sammelschienen-Systems und dem Kuppelschalter dazu dient, festzustellen, ob eine mit Kurzschluß behaftete und durch den Selektivschutz abgeschaltete Leitung noch krank ist. Die Einrichtung umfaßt einen Metall-Widerstand, der bei dreiphasigem Kurzschluß auf der 45 kV-Seite 10 A durchläßt, ohne sich vor Ablauf von drei Minuten unzulässig zu erwärmen. Ein auf den Prüfwiderstand aufgebautes Maximalrelais mit Zeiteinstellung löst den Kuppelschalter wieder aus, wenn der Leitungsdefekt noch besteht. Unter Zuhilfenahme eines Reserve-Transformators und des betreffenden zweiten Sammelschienensystems kann mit diesem Prüfwiderstand auch jeder 25-, bezw. 3·6 kV-Abzweig ausprobiert werden.

In der Zentrale Andeisbuch ist ein Belastungswiderstand eingebaut, der mit Hilfe der Reserve in den Schaltanlagen und Übertragungsleitungen auch für Belastungsproben in Rieden und in den Unterwerken benützt werden kann.

Für die im Werk Rieden räumlich getrennt untergebrachten 3·6-, 25- und 45 kV-Anlagen wurde in einem bereits vorhandenen Raum eine zentrale Kommandostelle errichtet. Dieselbe enthält sämtliche Schaltfelder der Generatoren, Transformatoren und der abgehenden Leitungen, außerdem die Panele für die Relais und die Betriebskontrolle. Ferner ist ein komplettes Rückmeldeschema eingebaut, das die Schaltstellungen durch farbige Signallampen wiedergibt. Die üblichen Farben rot und grün für die Schaltstellungen wurden durch Hinzunahme einer leuchtenden Beschreibung „ein" — „aus", „Nord" — „Süd" „Ost" — „West", vervollständigt. Überdies ist eine zentrale Gefahrmeldestelle bezw. Betriebskontrolle geschaffen, die das Bedienungspersonal auf alle wichtigen Betriebsfälle: Auslösung eines Ölschalters, Vorhandensein von Erdschluß, zu hohe Temperatur des Transformatoröles usw. aufmerksam macht. Die diesbezüglichen Signalrelais funktionieren so, daß bei ihrem Ansprechen eine rote Klappe fällt, eine Hupe ertönt und gleichzeitig eine zum Relais gehörige Lampe aufleuchtet, sodaß man sieht, welches Relais neu angesprochen hat. Durch Betätigung des Relaisknopfes wird die Hupe zum Schweigen gebracht und gleichzeitig die Lampe ausgeschaltet. Die rote Fallklappe des Relais bleibt jedoch solange in Alarmstellung, als die Betätigungsursache (Schalterfall, Erdschluß usw.) vorhanden ist. Man hat also durch diese Betriebskontrolle einerseits Gewähr dafür, daß das Bedienungspersonal unbedingt auf jeden abnormalen Zustand aufmerksam gemacht wird, anderseits ist aber durch den Aufbau des Apparates dafür gesorgt, daß ohne Dazutun des Bedienungspersonals das Relais sich von selbst in die Ruhestellung begibt und damit für eine neue Meldung wieder betriebsbereit ist. Bei Anwendung von gewöhnlichen Signallampen oder Glocken kommt es vor, daß das Personal wohl diese Signale ausschaltet, dabei aber das Einschalten für eine neue Meldung vergißt. Zu erwähnen ist noch die vorhandene Fernthermometer-Einrichtung, welche die an wichtigen Stellen jeweils herrschende Temperatur auf einfache Weise zu messen gestattet.

Zu 2. Die Reguliereinrichtung zur Erreichung konstanter Spannung in den Sekundärnetzen besteht in Tirrill-Schnellreglern in den Zentralen Andelsbuch und Rieden, womit für die an diese Werke unmittelbar angeschlossenen Verteilungsnetze konstante Spannung gewährleistet ist. Überdies sind alle Haupt-Transformatoren auf der Ober- und Unterspannungsseite mit geeigneten Anzapfvorrichtungen versehen, welche es ermöglichen, mittelst außen am Transformatorkasten angebrachten Handrädern eine in Abhängigkeit vom Belastungszustand erforderliche Änderung des Übersetzungsverhältnisses ohne weiteres vorzunehmen. Sämtliche Haupttransformatoren des Netzes besitzen die gleichen elektrischen Daten und sind für den Parallelbetrieb geeignet, ein Umstand, der eine weitgehende Reserve bedeutet.

In den Unterwerken sind für die Regulierung der Ortsverteilspannung unter Last verstellbare Dreh-Transformatoren für Spannungsänderungen von ± 6% vorhanden. Die Disposition der neuen 3·6 kV-Schaltanlage in Rieden ist so getroffen, daß für den Fall der Notwendigkeit auch hier ein Drehtransformator eingebaut werden kann, und es besitzen auch sämtliche Ortsnetztransformatoren geeignete Anzapfungen.

Zu 3. Schutzeinrichtungen zur Gewährleistung der ungestörten Energielieferung sind nach dem heutigen Stand der Technik eingebaut; es wurden jene Einrichtungen angewendet, welche das Entstehen von Kurzschlüssen und schädigende Einwirkungen auf die Anlagen, soweit dies überhaupt möglich ist, verhindern, bezw. beim Zustandekommen von Defekten für rasches Abschalten des kranken Teiles sorgen.

Mit den früher vorhandenen Überspannungsschutzeinrichtungen, das sind Blitzhörner mit Wasserwiderständen, Rollenableiter und Wasserstrahlapparate, sind ungünstige Erfahrungen ge-

Digitized by Google

macht worden. Diese Schutzapparate haben wegen ihres geringen Ableitungsvermögens überhaupt nicht die gewünschte Wirkung bringen können und deshalb sind häufig die unangenehmsten Überspannungserscheinungen aufgetreten. Eine große Zahl der gefährlichen Überspannungen wird durch Lichtbogen-Erdschlüsse veranlaßt. Zur radikalen Verhinderung des Entstehens von intermittierenden Erdschlüssen wurden Petersenspulen eingebaut, wodurch sich noch der weitere Vorteil ergibt, daß der Dauerbetrieb auch mit Erdschluß möglich ist. Ohne Petersenspule, bezw. Löschtransformator schmelzen die Leitungen, bezw. Seile bei einem Isolatoren-Durchschlag auf geerdete Stützpunkte in der Regel ab, womit die Unterbrechung der Stromlieferung erfolgt. Trotz direkten Erdschlüssen auf der 45-, bezw. 25 kV-Leitung konnte ohne Störung der Betrieb stundenlang fortgeführt werden. Zur Ermittlung der Erdschlußstellen sind in den Zentralen und Unterwerken Erdschlußrelais eingebaut. Nachteilige Erscheinungen durch die Petersenspule wurden bisher nicht beobachtet.

Günstige Verhältnisse für die Ableitung von Überspannungswellen, welche durch Schalten oder infolge von atmosphärischen Entladungen, Blitzschlägen u. dergl. veranlaßt sind, weist der Bendmann-Überspannungsschutz auf, bei welchem der geeignete Widerstandswert von 400 bis 700 Ohm pro Phase vorhanden ist. Zudem bewerkstelligt derselbe die Unterbrechung des nachfolgenden Maschinenstromes durch einen Schaltermechanismus unter Öl. Durch die Kugelelektroden dieses Schutzapparates, bezw. das ziemlich homogene elektrische Feld zwischen denselben bleibt die Entladeverzögerung auf ein Mindestmaß beschränkt. Der Bendmannableiter hat überdies den Vorteil, daß es infolge der Überbrückung der Funkenstrecke unter Öl nicht zum Aufsteigen eines Lichtbogens kommen kann. Die 45- und 25 kV-Fernleitungen der V. K. W. sind am einen Ende mit einem Bendmann-Ableiter, am anderen Ende mit einem Sterndreieck-Hörnerableiter mit Metallölwiderständen ausgestattet. Bisher haben sich diese Einrichtungen gut bewährt. Die 3·6 kV-Leitungen sind zum Teil mit Bendmann-Apparaten und zum Teil mit gewöhnlichen Hörnerableitern geschützt.

Um Beschädigungen durch Sprungwellen an den Transformatoren zu verhüten, sind verschiedentlich auf der Unter- und Oberspannungsseite derselben Drosselspulen eingebaut. Ob dieselben in der üblichen Ausführung die Transformatoren tatsächlich schützen, konnte bisher nicht sicher beurteilt werden.

Durch den Zusammenschluß großer Kraftzentralen sind die bei Kurzschlüssen auf die Fehlerstelle wirkenden Energien ganz gewaltig. Um nun alle von Kurzschlußstrom durchflossenen Anlageteile zu schützen und die Beanspruchung der Ölschalter zu vermindern, ist man gezwungen, die freiwerdenden Energien in mäßigen Grenzen zu halten. Es wurden deshalb Strombegrenzungsregler[5]) in den Kraftstationen eingebaut. Diese Schutzapparate arbeiten in Verbindung mit den vorhandenen Tirrill-Spannungsreglern und gestatten den Dauer-Kurzschlußstrom der Maschine mit Sicherheit auf den gewünschten Wert, das ist zirka 30 vH über dem Nennstrom, zu begrenzen. Die Stromregelung ist seit eineinhalb Jahren in Betrieb und bewährte sich bisher gut. Zu Klagen der Abonnenten wegen zu weitgehender Absenkung der Netzspannung beim Einsetzen der Stromregelung lag bis heute keine Veranlassung vor.

Weiters ist darauf zu verweisen, daß das Wiederintrittkommen der Zentralen nach erfolgten Kurzschlüssen durch die Stromregelung günstig beeinflußt wird, da einerseits die geschwächte Erregung das Entstehen großer pendelnder Ausgleichströme hindert, anderseits die nach Abschalten der Störung durch den Tirrillregler einsetzende allmähliche Steigerung der Erregung den Generatoren Zeit gibt, in die Synchronlage einzuspielen.

Ein weiterer Vorteil der Stromregelung liegt bei Kurzschlüssen über einen Flammenbogen darin, daß dieser bei der einsetzenden Spannungsabsenkung abreißt, worauf der Betrieb binnen wenigen Sekunden wieder normal weiter läuft, ohne daß überhaupt selbst eine Abschaltung der Fehlerstelle nötig wird.

Durch die gemeinsame Erregung der Generatoren in Andelsbuch konnte die Spannungs- und die Stromregelung mit einem einzigen Apparat erfaßt werden, während bei Eigen-Erregung für jede Maschine die diesbezüglichen Apparate erforderlich sind. In dieser Zentrale wird die Stromregelung wahlweise von einem in Betrieb befindlichen Generator als Führermaschine gesteuert. Günstig ist dabei die gleiche Charakteristik und Größe aller vorhandenen Maschinen. Ohne weiteres wäre es auch möglich, mit der sogenannten Mittelwertsschaltung die Stromregelung mit sämtlichen jeweils in Betrieb stehenden Generatoren zu steuern.

Ebenso wichtig wie die Einschränkung der Zahl der Kurzschlüsse sowie die Niedrighaltung der Kurzschlußenergie ist die beiderseitige rasche Abschaltung der Fehlerstelle. Um dies zu erreichen, wurde der Distanzschutz[6]), System AEG, eingebaut. Diejenigen Relais, die der Fehlerstelle am nächsten liegen, kommen am raschesten zum Ablauf und trennen damit die kranke Leitung vom übrigen Netz ab. Die Auslösezeiten der Distanzrelais schwanken je nach der Entfernung von der Fehlerstelle zwischen 1·5 und 5 Sekunden. In der zweijährigen Betriebszeit hat sich der Distanzschutz in allen Störungsfällen bewährt.

Im Zusammenhang mit dem Überstromschutz des Netzes müssen auch die Transformatoren und Generatoren mit Relais ausgerüstet

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 22.

[6]) J. Biermanns, E. u. M. 1925, S. 469. E. Groß, E. u. M. 1925, S. 881 und E. u. M. 1927, S. 801.

Digitized by Google

werden, damit bei allfälligem Versagen der Freileitungsrelais oder bei Kurzschlüssen in den Zentralen selbst, die Schalter der Transformatoren, bezw. Generatoren auslösen. Hiezu fanden unabhängige Maximalstromrelais Verwendung, die mit Auslösezeiten von 5 bis 8 Sekunden arbeiten. Diese scheinbar lange Auslösezeit ist jedoch unbedenklich, weil durch die Stromregelung mit schädlichen Überlastungen der einzelnen Anlageteile nicht zu rechnen ist.

Die Generatoren der Zentrale Andelsbuch, der 2300 kVA-Generator und die Transformatoren in der Zentrale Rieden, sowie die Haupttransformatoren in der Unterstation Hard und Lustenau sind mit dem Differentialschutz ausgerüstet, durch welchen bei Defekten deren Abschaltung in längstens 1½ Sekunden erfolgt.

Sämtliche früher vorhanden gewesenen Rückwattrelais wurden ausgebaut, da dieselben wegen Zusammenbrechen der Sammelschienenspannung versagten. Zudem treten nach Kurzschlüssen sowie Entlastungen oder Belastungen oft Energiependelungen auf, welche vom Rückwattrelais im Sinne einer Auslösung erfaßt werden, womit die Wirkungsweise der übrigen Schutz- und Regeleinrichtungen störend beeinflußt wird.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß im Schutzsystem der Zentrale Andelsbuch die unabhängigen Maximalrelais auf der 25 kV-Seite der einzelnen Maschinengruppen durch einen Kunstgriff den Charakter von Rückwattzeitrelais erhielten, indem deren Auslösestromstärke höher als die geregelte Dauerkurzschluß-Stromstärke eines Generators eingestellt ist. Der Generator ist dadurch nicht in der Lage, sein eigenes Relais zum Ablaufen zu bringen. Dieses löst daher zum Beispiel bei einem Fehler im Transformator nur durch den von außen einfließenden Fehlerstrom aus. Diesem Relais mit Rückwattcharakteristik haften die vorerwähnten Nachteile dieser Relaisart nicht an.

In der Zentrale Andelsbuch sind die Verhältnisse für die Schutzeinrichtungen und Regulierung der Generatoren wegen der Zentral-Erregung eigenartig. Jeder Generator besitzt eine Aberregung, die als Feldschwächung im Rotorkreis ausgebildet ist. Beim Einsetzen der Aberregung wird die Rotorwicklung vom Erregernetz abgetrennt und unterbrechungslos auf einen Widerstand geschaltet, der zirka achtmal größer ist, als derjenige des Rotors. Diese Aberregung wirkt so energisch, daß die Spannung des Generators in zirka 1½ Sekunden nach Einsetzen der Feldschwächung bereits auf den Remanenzwert abgeklungen ist.

Zur Aberregung der Generatoren in Rieden wird ein Widerstand in den Nebenschlußkreis der Erregermaschine eingeschaltet. Bei jedem Ausschalten eines Maschinenaggregates durch die Schutzeinrichtungen setzt stets die Aberregung des Generators ein.

Zur Beseitigung statischer Aufladung der Fernleitungen sind in den Zentralen und Unterwerken Ableitungsdrosselspulen mit 4. und 5. Eisenschenkel eingebaut, sodaß auch die Erdschlußprüfeinrichtungen an dieselben angeschlossen werden können.

In Verbindung mit den Stromreglern ist ein auf 12 Sekunden eingestelltes Zeitrelais vorhanden, bei dessen Kontaktgebung sämtliche Maschinengruppen der betreffenden Zentrale ausgeschaltet und aberregt werden. Dieses Relais, das gewissermaßen die letzte Instanz der Schutzeinrichtung ist, hat nur dann anzusprechen, wenn die anderen vorgeschalteten Schutzeinrichtungen versagen.

Die Ausläuferleitungen sind durchwegs mit verhältnismäßig kurzzeitig eingestellten stromabhängigen Relais geschützt, welche einen eigenen, mit dem Auslösekontakt in Reihe liegenden Hilfskontakt besitzen, durch den das Nachlaufen der Relaisscheibe unschädlich gemacht und auch die Selektivität der Abschaltung erzielt wird.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß sämtliche Zentralen und Unterwerke durch eine gut funktionierende Hochspannungstelephonanlage unter sich verbunden sind. Der telephonische Verkehr ist auch im Falle von Erdschlüssen anstandslos möglich.

Gedanken zur Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926.

Von Ing. Carl **Reindl**, München.

Die beiden Kennzeichen der neuesten Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft sind scheinbar Gegensätze: Expansion und Intensivierung sind die Ziele. Bis in die letzten Jahre hinein war es das Bestreben, möglichst große Leistungen zu erschließen, möglichst viel Kilowatt Primärkraft auszubauen. Die stürmische Entwicklung auf diesem Weg ist in den meisten Ländern ruhiger geworden; eine gewisse Bedarfssättigung einerseits und der verschärfte Wettbewerb der Wärmekraft andererseits haben dem „Streben nach Kilowatt" Grenzen gezogen. Die Expansionspolitik im Sinne der Leistungssteigerung ist eingedämmt worden.

An ihre Stelle ist eine Expansionspolitik in räumlichem Sinne getreten. Die Elektrotechnik hat mit dem Übergang auf 220 kV Betriebsspannung bei isoliertem Nullpunkt und damit ohne tiefer greifende Änderungen später — nach Aufhören der bedauerlichen, hemmenden postalischen Bestimmungen — auf 380 kV mit geerdetem Nullpunkt die Möglichkeit geschaffen, die größten praktisch in europäischen Wirtschaftsverhältnissen vorkommenden Leistungen über alle ebenso in Frage kommenden Gebiete zu verteilen, die Entfernungen zwischen den beiden Wasserkraftzentren: den mitteleuropäischen Alpengebieten und Skandinaviens, und allen zwischen diesen beiden Zentren sowie südlich der Alpen gelegenen Bedarfsgebieten zu überwinden. Die Expansion hinsichtlich des Wirkungsbereiches hat begonnen, damit ist die Wasserkraftarbeit ein Gegen-

Digitized by Google

stand des zwischenstaatlichen Handels ebenso geworden wie es die bisher in Brennstoffen steckende und in Form von Kohle und Öl international gehandelte Arbeit war.

Diese Expansion schafft rechtlich neue Probleme. Die Brennstoffe als Arbeitsübertrager sind materielle Dinge, die elektrische Arbeit ist ein Zustand, ist für unsere Sinne nicht materiell; schon der Rechtsbegriff Diebstahl versagte bei ihr und bedurfte neuer Formulierungen. Dann darf auch Recht und Wirtschaft nicht an jenem grundlegenden Unterschied vorübergehen: Die Arbeitsausfuhr in Form von Brennstoffen verringert den Vorrat des ausführenden Landes, macht dessen Wirtschaft ärmer; dies gilt natürlich auch für die Ausfuhr elektrischer, aus Brennstoffen gewonnener Arbeit. Die Ausfuhr hydroelektrischer Arbeit hingegen schmälert den Arbeitsvorrat des Ausfuhrlandes nicht, sie ist aus dem dauernden Kreislauf des Wassers genommen und beeinflußt die Wirtschaft nicht.

Die Ausfuhr von Wasserkraftarbeit und die Ausfuhr von Wärmekraftarbeit (oder Brennstoffen als Arbeitsspeichern) ist also mit ganz verschiedenen wirtschaftlichen Maßstäben zu messen.

Dem früheren Streben nach großer ausgebauter Leistung steht heute das Streben nach möglichst voll ausgenützter Arbeit der ausgebauten Leistung gegenüber, das „Streben nach Kilowattstunden", das ist die Intensivierung. Ihr Ziel ist der möglichst vollkommene zeitliche Ausgleich zwischen Bedarf an Arbeit und Darbietung der Arbeit, ermöglicht durch Verbundwirtschaft, Speicherung und Erschließung neuer Absatzmöglichkeiten, die sich der Differenz zwischen Dargebot und bisherigem Verbrauch anpassen lassen oder von selbst anpassen.

So ist die Bewirtschaftung der Energievorräte zu einer internationalen Angelegenheit geworden, der Wirtschaftler und der Techniker können vor den willkürlich durch den Politiker gezogenen Grenzen nicht Halt machen. Erfassung und Nachweis von Vorrat und Bedarf an Arbeit, Austausch der technischen und wirtschaftlichen Erfahrungen zur Durchführung des Ausgleiches zwischen Vorrat und Bedarf sind die Grundlinien der Staats- und Weltwirtschaft geworden.

Aus dieser Erkenntnis heraus ist die erste Weltkraftkonferenz 1924 zu London entstanden, in ihrem Wesen mehr organisatorischer und statistischer Art. Als erste ins einzelne gehende Behandlung des wichtigen Sondergebietes der Wasserkraftwirtschaft auf breitester Grundlage entwickelte sich aus der allgemeinen Londoner Konferenz in Verfolg des Beschlusses, auf Sondertagungen bestimmte aktuelle Probleme der Weltkraftwirtschaft zu behandeln, die erste Sondertagung 1926 zu Basel über Wasserkraftnutzung und — im Anschluß an die gleichzeitige Ausstellung — über Binnenschiffahrt. International war vorher schon, vom Standpunkt der Gesetzgebung aus, im Völkerbund die „Durchleitung elektrischer Arbeit" und die „Nutzbarmachung der Wasserkräfte, an welchen mehrere Staaten beteiligt sind", im Rahmen der Konferenz über Verkehrswege und Durchgangsverkehr erörtert und durch Vereinbarung vom 9. Dezember 1923 geregelt worden, allerdings nicht von allen Staaten unterzeichnet (Vgl. E. u. M. 1927, „Das Elektrizitätswerk", S. 41). Ähnlich waren Teilprobleme der Elektrotechnik schon in der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in rein elektrotechnischer Hinsicht zur Erörterung gestanden. — Die immer noch reichlich bestehenden privatrechtlichen und öffentlich-rechtlichen Schwierigkeiten im zwischenstaatlichen Energieaustausch zu beleuchten und auf deren Behebung hinzuarbeiten, die technischen und wirtschaftlichen Fragen der Energiegewinnung (insbesondere aus Wasserkraft), der Fortleitung und des Bedarfsausgleiches durch das Übertragungsmittel der Elektrizität und der Wege zur Intensivierung der Kraftwirtschaft durch Erfahrungsaustausch zu klären, war der Zweck der Tagung, deren Programm Nizzola in die Worte kleidete: „zu untersuchen, unter welchen Bedingungen die hydraulisch und thermisch gewonnene Energie vorteilhaft nebeneinander bestehen und sich ergänzen können", denn „die Verbindung unter den Völkern durch den Draht ist stärker als Gesetze" (Trümpy).

Ein zweibändiges vornehmes Werk vermittelt auf 2850 Seiten die Ergebnisse und Anregungen jener von den Vertretern aus 39 Staaten besuchten Sondertagung, Basel 1926, der Weltkraftkonferenz. Den Teilnehmern eine wertvolle Zusammenfassung, den vielen Nichtteilnehmern ein grundlegendes Buch mit wörtlicher Wiedergabe aller Berichte und Diskussionsbeiträge. Diese sind jeweils in der Sprache abgedruckt, in der sie vorgelegt bezw. gehalten wurden, den Berichten sind Zusammenfassungen in den beiden anderen Konferenzsprachen (deutsch, englisch, französisch) angefügt. Die Tagesordnung war bekanntlich in fünf Sektionen gegliedert und in jeder Sektion gab ein Generalbericht die zusammenfassende Übersicht über alle in den Einzelberichten steckenden Gedanken und darüber hinaus noch oft wertvolle eigene Meinungen der Generalberichterstatter; diese Generalberichte sind vollinhaltlich in allen drei Sprachen abgedruckt. Die Eröffnungs- und Schlußreden nebst den Beschlüssen, die gesamten Programme, Teilnehmerverzeichnis und Bilder von einzelnen Anlässen vervollständigen das Werk[1]).

Viele Einzelberichte über die Tagung hat die Literatur der verschiedenen Fachgebiete schon verstreut gebracht und auch in dieser Zeitschrift war mehrfach über die Konferenz berichtet[2]). Ein vollständiger Bericht über das gesamte Material war für den Ingenieur wie für den Wirtschaftler daher um so nötiger und mag daneben noch beweisen, wie stark der wirtschaftliche Zwang zur gegenseitigen Annäherung unter den Völkern ist und daß die Wirtschaft doch eines Tages über die Politiker hinwegschreiten muß und wird.

Hier darf ein kurzer Blick auf die Bedeutung der Kraftwirtschaft in der Gesamtheit der Wirtschaft eingefügt werden, um diesen eben ausgesprochenen Satz zu beweisen, denn immer noch gilt die Machtpolitik, nicht die Wirtschaft, als die Gestalterin der Geschichte.

Weder Reichtum an Rohstoffen noch Reichtum an Kraftquellen noch geistig hoher Stand können einen Staat dauernd auf hoher Stufe halten. Nur die Verbindung aller drei Faktoren sichert den Bestand eines Staatsganzen im Inneren wie nach Außen: im Inneren durch volle Beschäftigungsmöglichkeit aller Angehörigen und dadurch Sicherung der Lebenshaltung jedes Einzelnen, nach Außen durch die Möglichkeit des Tauschhandels, durch wirtschaftliches Übergewicht über Andere und als ultima ratio durch das Übergewicht der Waffen und die Möglichkeit länger als Andere durchzuhalten. Aber auch dieser letzte Rückhalt der Rüstungen ist heute ein rein technisches Problem der Rohstoffe und der Möglichkeit und Fähigkeit, sie zu verarbeiten. Jedes Endprodukt des Verbrauches oder Handels ist die Summe aus Rohstoffen + Energieaufwand + Geistesaufwand, der letzte Summand ist das Kennzeichen der zielgerichteten Bewirtschaftung. Wo die Rohstoffe oder wo die Energievorräte fehlen, dort kann nur Veredlungswirtschaft getrieben werden und dort herrscht unbedingte wirtschaftliche Abhängigkeit von anderen Quellen, bei deren Versiegen jeder Güteraustausch aufhören muß. Wo aber bestimmte Rohstoffe oder bestimmte Kraftquellen vorhanden sind, ist die Austauschmöglichkeit von Gütern gegen Rohstoffe, von einer Energieform gegen eine andere Energieform gegeben, und die Verteilung der Rohstoffe wie der Energiequellen über die Erdoberfläche macht diesen Austausch zur Notwendigkeit.

Man darf sich nur einmal die Zusammenhänge der Kraft- und Stoffwirtschaft klar machen.

---

[1]) Berichterstattung der Weltkraftkonferenz, Sondertagung Basel 1926. Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel 1927. 2 Bände in Leinen, zusammen 2850 Seiten Text mit zahlreichen Abb. Preis schw. Fr. 125.—.

[2]) Vgl. diese Zeitschrift, Jahrg. 1926, Hefte 45 bis 50.

Digitized by Google

Wenn man den Stammbaum aller Gütererzeugung und aller menschlichen Lebensbedingungen verfolgt, der in Abb. 1 nur in seinen stärksten Ästen ohne die vielen feineren Verzweigungen angedeutet ist, erkennt man unschwer, daß die ganze Weltwirtschaft nur auf den beiden Tragpfeilern Kraft und Stoff ruhen kann und daß der Ausgleich zwischen Darbietung und Verbrauch an Kraft wie an Stoffen das Problem der Weltwirtschaft und damit der Einzelwirtschaft der Staatengebilde sein muß.

In der Wirtschaft gilt ebenso wie in der Natur das Gesetz von der Erhaltung der Energie; Ausfuhrüberschuß bedingt eine Aufspeicherung (Kapitalbildung)

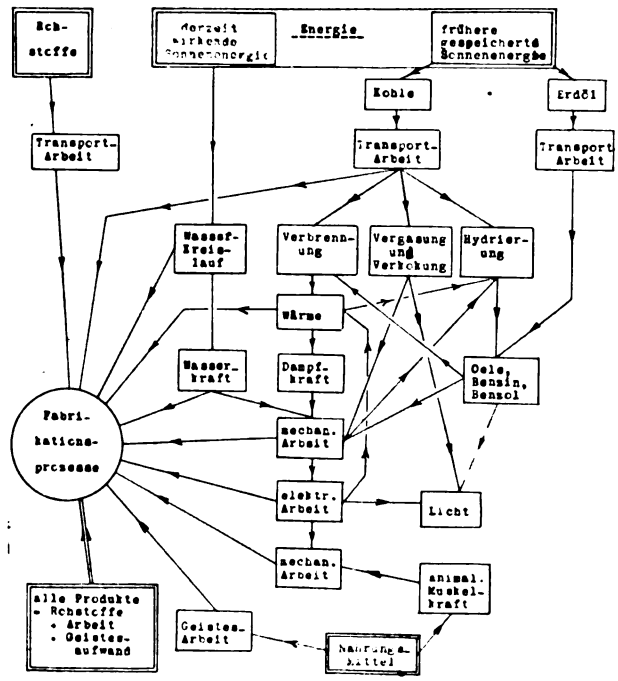


Abb. 1. Zusammenhänge zwischen Kraft und Stoff.

in dem produktiv arbeitenden Land. Einfuhrüberschuß umgekehrt zehrt das natürlich oder künstlich Aufgespeicherte (das ist das angesammelte Volksvermögen oder die Naturschätze) auf und führt zur wirtschaftlichen Abhängigkeit. Und ebenso wie in der Mechanik arbeitet auch jeder Wirtschaftskomplex vom Einzelbetrieb bis zum Wirtschaftsganzen des Staatswesens mit einem gewissen Eigenverbrauch zur Deckung der Verluste und muß der Forderung folgen, daß dieser Eigenverbrauch ein Minimum sei, zugunsten einer höchsten Ausbeute von möglichst hochwertigen Produkten aus einheimischen Rohstoffen, für welche wieder fremde notwendige Rohstoffe und mangelnde Nahrungsmittel eingetauscht werden können. Ähnlich verhält es sich mit den Energievorräten; die hauptsächlichen Energievorräte Kohle, Öl und Wasserkraft kommen im allgemeinen getrennt voneinander vor, gebietsweise konzentriert und vielfach wieder getrennt von den hauptsächlichen Verarbeitungsstätten, die sich um die Rohstoffragen, wie um die Verkehrszentren und Wasserstraßen gruppieren. So folgt auch die Notwendigkeit des Austausches von Kraft gegen Rohstoffe oder gegen Produkte und nicht minder von einer im Überfluß vorhandenen Energieform gegen eine andere mangelnde. Die Gesamtwirtschaft geht einen steten Kreislauf, in welchen Rohstoffe und Energie dauernd eingeführt werden (vgl. Abb. 2).

So ist es verständlich, daß die infolge der früheren Machtpolitik zusammengebrochene Weltwirtschaft mit allen Mitteln sucht, auf dem Weg der Wirtschaftspolitik wieder zu gesunden. Die willkürlich aufgerichteten machtpolitischen Grenzen, durch die Friedensschlüsse vielfältig noch widersinniger gemacht als sie zuvor waren, sind aber nicht die wirtschaftlichen Grenzen. Die notwendigen Zusammenhänge zum Ausgleich zwischen Stoffen und Energieen sind zerrissener als früher. So sind die Staaten auf den Weg des wirtschaftlichen Zusammenarbeitens gedrängt worden, von den politischen Konferenzen der ersten Nachkriegszeit ging die Entwicklung zu den Weltwirtschafts- und Weltkraftkonferenzen. Man erkannte, daß die Kraftfrage überhaupt eine der Grundlagen (neben der Rohstoffrage) der Wirtschaft ist, und der Erfolg von 1924 bewies die Richtigkeit dieser Erkenntnis. Die nächste Weltkraftkonferenz 1930, deren Abhaltung in Deutschland vor Kurzem vom internationalen Exekutivkomitee zu Cernobbio beschlossen worden ist, nach einer vorausgehenden Sektionssitzung in Tokio im Jahr vorher, wird uns wieder einen Schritt weiter in der Welt- und Energiewirtschaft bringen, auf den Basler Arbeiten, Erkenntnissen und Forderungen fußend. Im Jahre 1928 soll all dem eine zweite internationale Kohlenkonferenz in Pittsburgh vorangehen als Fortsetzung der ersten Kohlenkonferenz 1926 des Carnegie Institute of Technology[3]), die sich vorwiegend mit dem neuen Problem der „Kohle als Rohstoff" befassen wird (Verflüssigung, Vergasung usw.).

Ein Maßstab für die Bedeutung der einzelnen Sektionen im Rahmen des Gesamtthemas „Wasserkraft und Binnenschiffahrt" ist bei durchwegs geübter Kürze und Prägnanz aller Berichte und Wechselreden der Umfang der Abteilungen des Berichtswerkes; es umfaßt die Wasserkraftnutzung 478 Seiten, der Austausch elektrischer Energie zwischen verschiedenen Ländern 199 Seiten und die Beziehungen zwischen hydraulisch und thermisch gewonnener Energie 438 Seiten; von den Ver-

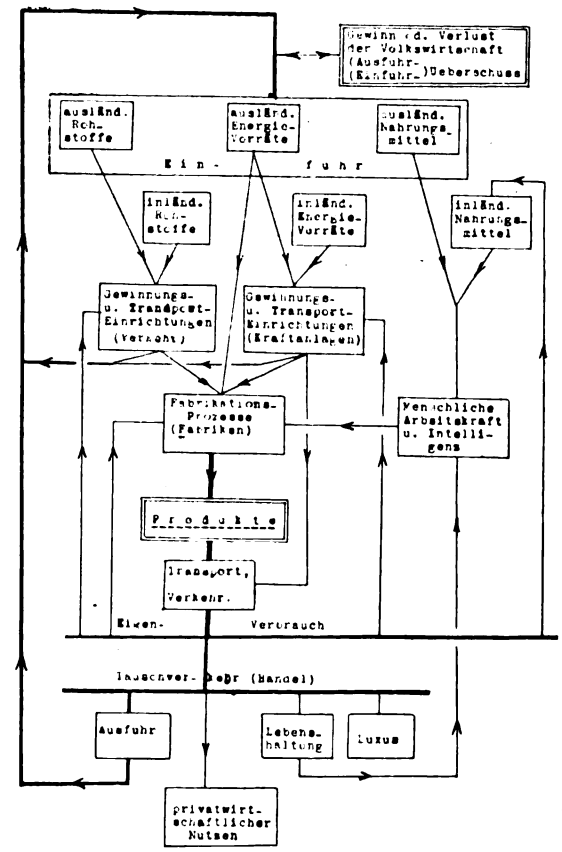


Abb. 2. Die Energie im Kreisprozeß der Weltwirtschaft.

brauchsgebieten behandeln die Elektrizität in der Landwirtschaft (auf besondere Anregung Englands hin auf das Programm gesetzt) 430 Seiten in Ansehung der vom Präsidenten Tissot der Konferenz betonten „Not-

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 9, S. 80; Heft 16, S. 332; „Das Elektrizitätswerk", Heft 5, S. 42.

Digitized by Google

wendigkeit, in der sich alle Völker befinden, den Ertrag des Bodens zu heben", denn fast alle Länder gehen einer unheilvollen Übervölkerung entgegen, welche die Lebenshaltung des Einzelnen herabdrückt und den Staat als Wirtschaftsganzes vor die schwersten Aufgaben stellt. Der Bahnelektrifizierung war schließlich mit 629 Seiten so viel eingeräumt wie dem gesamten Fragenkomplex des Ausgleiches der Energie nach Raum und Zeit, ein Kennzeichen für die überragende Bedeutung, welche die Wirtschaft diesem Zweig der Rationalisierung zumißt; denn der Techniker schafft solche Umwälzungen nicht wegen ihres technischen Interesses, sondern als Helfer der Wirtschaft.

Ein Bericht über den Inhalt[4]) des Konferenzwerkes wäre ein Bericht über die Konferenz selbst und müßte im zulässigen Raume zusammengedrängt zu einer Aufzählung von Stichworten werden. Es mag daher versucht werden, einzelne sich durch die ganze Konferenz hindurchziehende wegleitende Gedanken und deren wirtschaftliche Folgerungen herauszulösen und näher auszuführen.

Die ganze Tagung kristallisierte sich in technischer wie in wirtschaftlicher und rechtlicher Beziehung um das Problem des Energieaustausches, dessen Mittelpunkt der Präsident Dunlop in seiner Eröffnungsrede (I, 1190) im „Alpen-Kraftblock" sieht: Schweiz, Österreich, Süddeutschland (Tissot nennt etwas kursorisch nur Bayern), Norditalien und Frankreichs Alpenteil repräsentieren einen Kraftbezirk von über 4 Mill. ausgebaute kW mit einer Jahresarbeitsmöglichkeit von 20 Milliarden kWh mitten in Europa; ringsum liegen Gebiete dichter Besiedelung und reger Industrie, nördlich dieses Kraftzentrums noch mit reichlichen Bodenschätzen zur Weiterverarbeitung unter Arbeitsaufwand ausgestattet, südlich dagegen vorwiegend kohlenarm und mehr auf Agrarwirtschaft und Veredlungsindustrie eingestellt. So dringend daher die hinsichtlich politischer Grenzen schrankenlose, austauschende Kraftwirtschaft wäre, findet sie heute noch zu viel Erschwerungen, weil die europäischen Länder „heute geistig und wirtschaftlich noch nicht ganz reif" dazu erscheinen (Haas, I, 987). Dazu trägt bei, daß jedes Land besondere und überall verschiedene Gesetze über die Ausnutzung der Wasserkraft und über deren Export besitzt, teils erschwerend, teils erleichternd. Man muß sich vor Augen halten, daß die Gewinnung hydro-elektrischer Arbeit infolge der Unverbrauchbarkeit der Wasserkraftvorräte, wie schon erwähnt, gegensätzlich zur Gewinnung von Wärmekraftarbeit steht, daß also eine Abgabe auf Wasserkraftarbeit in Form von Besteuerung der Wasserkraft an sich (des Wassernutzungsrechtes) ebensowenig statthaft sein dürfte, wie in den meisten Ländern zum Beispiel die thermisch erzeugte Arbeit oder das Recht ein thermisches Kraftwerk zu betreiben als besteuerungsfähig gilt. Ähnlich wie die Wasserkraft ist die atmosphärische Luft ein mengenbeständiges Gut; will man das Recht, aus Wasserkraft ein Produkt zu gewinnen (gleich ob Arbeit in Form von elektrischer Arbeit oder in Form von mechanisch durch unmittelbare Kraftnutzung weiterverarbeiteten Produkten), einer Abgabe unterwerfen, so müßte logischer Weise ebenso die Gewinnung von Stickstoff oder Sauerstoff aus der Luft abgabepflichtig sein. Es liest sich wie ein Hohn auf die Grundbegriffe der Wirtschaft und wie ein Spott auf die Basler Konferenz, daß in einem Lande, das ebendort ausgezeichnet vertreten war und viel beachtete Berichte lieferte — nämlich in Bayern —, der Ministerpräsident im Landtag die Forderung eines staatlichen Elektrizitätwirtschaftsmonopoles und damit implicite eines staatlichen Wasserkraftnutzungsmonopoles stellt und „heute noch keine allzu großen Hoffnungen auf künftige Steuermöglichkeiten" der Elektrowirtschaft setzen möchte, von welchen letzteren seitens eines Abgeordneten gesprochen wurde. Staatmonopol und Besteuerung der Energieversorgung sind die besten Wege, um ein Land wirtschaftlich außer Wettbewerb zu bringen, zumal wenn es durch verschiedene Umstände (wie geographische Abseitslage, hohe Steuerlasten, mangelnde Fortschrittlichkeit) ohnehin schon von der Industrie als der besten Kraftverbraucherin gemieden wird. Um sich international auszuschließen braucht man keine Vertreter auf Weltkraftkonferenzen zu senden. Während also die Vertreter der Technik als der Wirtschaftsträgerin sich um Kraftverbilligung und Überwindung von Hindernissen bemühen, arbeiten ihnen manche Politiker immer noch nach Kräften entgegen, ein schlechter Dienst am Vaterland! Die Techniker streben nicht nach Verbesserung der Kraftwirtschaft und Stoffwirtschaft, um den Weg für neue Steuern zu ebnen, sondern um die Wirtschaft zu aktivieren.

Das Widersinnige einer Belastung der Wasserkraftarbeit mit Abgaben und indirekt auch durch Elektrizitätssteuern soll an anderer Stelle noch einmal gezeigt werden. Wie also die in Brennstoffen aufgespeicherte Arbeit allgemeines unumschränktes Handelsgut ist, so müßte naturnotwendiger Weise auch die Arbeitsform „Elektrische Energie" ein Gegenstand des freien ungehinderten Handels sein, denn Beides ist Arbeit. Im Gegenteil, vernünftiger Weise erscheint eine Beschränkung oder Abgabepflicht für den vorratsmindernden Gebrauch und Ausfuhrhandel der Arbeit thermischer Herkunft angebracht im Gegensatz zur Arbeit aus Wasserkraft, geschöpft aus konstantem Naturkreislauf. Während Deutschland und Italien keine gesetzlichen Beschränkungen der Arbeitsausfuhr kennen, wobei Italien neuerdings die Einfuhr bewilligungspflichtig und abgabepflichtig (2·5 cts/kWh) machte und Deutschland in ganz unlogischer Weise die Umsatzsteuer dann erhebt, wenn eine Transformierung stattfand (als ob dadurch die elektrische Arbeit verändert würde!), ist in Frankreich nur die Ausfuhr der Wärmekraftarbeit frei und die Ausfuhr hydraulischer Arbeit bewilligungspflichtig, die Einfuhr unterliegt der Umsatzsteuer. Die Schweiz stellt die Einfuhr von elektrischer Arbeit frei, macht dagegen die Ausfuhr von einer zeitlich begrenzten, jederzeit widerruflichen Erlaubnis abhängig, die vom Bundesrat auf den Nachweis der Unanbringlichkeit im eigenen Lande gegen eine Gebühr von 30 cts/kW/Jahr für eine festgelegte Jahresarbeit und Höchstleistung erteilt werden kann. Abgaben je ein- oder ausgeführte kWh kennt Deutschland, Frankreich und die Schweiz nicht. Dänemark verlangt für die aus Schweden eingeführte Wasserkraftarbeit — hierüber gibt Angelo (I, 1176) interessante technische Einzelheiten an — 7·5 vH vom Wert der eingeführten Arbeit bei Ausschluß eines Lieferungsmonopoles für die Ausfuhrgesellschaft, die Südschwedische Kraft-A.-G.; die Übertragungsfähigkeit der beiden Seekabel durch den Sund beträgt 20 000 kW, im Bedarfsfalle liefert das dänische Netz Dampfstrom nach Schweden. Ein Kabel ist mit 25 kV, das andere, unmittelbar an die beiderseitigen Freileitungsnetze angeschlossen, mit 50 kV im Betrieb.

Prächtige Übersichtskarten von Niesz (I, 1064)[5]) über die geographische Verteilung der Wasserkraft- und Wärmekraftvorräte sowie über die Verbrauchsdichte der Energie in Europa, wie sie meines Wissens noch nicht gezeigt wurden, wirken besonders kennzeichnend, wenn man sie durchscheinend übereinanderlegt: das dichte, vorhin erwähnte Wasserkraft-Zentralmassiv fällt genau auf die leerste Stelle, auf die Senke in der Verbrauchskarte, im Gegensatz zur Kohle, wo fast stets Darbietungsort und hohe Energieverbrauchsdichte zusammenfallen. Solche Karten der Energievorratsdichte und Verbrauchsdichte, kombiniert mit der Darstellung der wichtigsten Hochspannungsübertragungen, Wasser- und Schienenstraßen für den Kohlen- und Warenverkehr würden noch mehr Einblicke bieten, als dies zum Beispiel die neuen vorzüglichen Karten der Vereinigung der

[4]) Im Folgenden bezeichnet bei den Stellenhinweisen auf das Berichtswerk jeweils die römische Ziffer den Band, die arabische Zahl gibt die Seitenzahl an.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 865.

Digitized by Google

Elektrizitätswerke für Deutschland über die Hochspannungsleitungen und über die Verbrauchsdichte gestatten[6]) und würden vor allem die zwischenstaatlichen Bedürfnisse erkennen lassen. Die von mir schon früher niedergeschriebene Klage über die Mängel der Statistiken und über das mangelnde Interesse an brauchbaren Statistiken[7]) hat Niesz ebenso eindringlich in Basel ausgesprochen und als Ergebnis hat denn auch das Internationale Exekutivkomitee beschlossen die Nationalkomitees zu ersuchen, Berichte über die Gesetze der einzelnen Länder betreffend Wasserkraftnutzung zu sammeln und die besten Mittel und Wege zu einer Statistik der Energiequellen der Erde aufzusuchen; schließlich werden die Regierungen aller Länder ersucht, die Ausführung aller notwendigen Arbeiten für einen internationalen Zusammenschluß zum Ausgleich der Energieen zu erleichtern, damit überall die Gesetze auf diesem Gebiet in freiem Sinne angewendet werden und alle unnötigen und die Energie verteuernden Formalitäten und die Beschränkungen in der Entwicklung nationaler und internationaler Netze wegbleiben[8]). Die Vorsorge für die Sicherstellung des Inlandbedarfes darf aber, wie O. v. Miller (I, 1171) betont, bei den Bestrebungen nach uneingeschränktem Freihandel mit elektrischer Arbeit nicht vergessen werden. In der Diskussion wurde auch mit Recht darauf hingewiesen, daß die gesetzliche Regelung des Freihandels mit Arbeit nicht durch möglichst viele, sondern durch möglichst wenige Gesetze gesichert werden sollte, um die erforderliche Freiheit zu gewährleisten. Der Begriff der „Arbeit" analog der Ware muß eben erst noch von der Gesetzgebung erkannt werden.

Für einen Arbeitsaustausch grundlegend sind die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen hydraulischer und thermischer Energie[9]); nicht mit der Aufgabe des Wettbewerbes, sondern mit der Aufgabe des Zusammenarbeitens, wie Nizzola in seinem Generalbericht (II, 362) betont. Beiträge auch aus anderen Sektionen gehören inhaltlich zum Teil in dieses Gebiet.

Das große Interesse, das die V. St. A. trotz ihres Kohlenreichtums dem Ausbau der Wasserkräfte entgegenbringen, findet in den eingehenden Beschreibungen der Riesenanlagen am Wilson-Damm (18 × 33 000 PS) und St. Lawrence-Damm (48 × 55 000 PS Vollausbau) durch Cooper (I, 835) seinen Beweis. Letztere Anlage soll aus zwei parallel in der Strömungsrichtung im Fluß stehenden Krafthäusern mit je 24 Maschinensätzen bestehen, welche an den unterstromigen Enden durch das Stauwerk für 25 m Gefälle verbunden sind, so daß ein U-förmiger Grundriß der Gesamtanlage entsteht; der Innenraum zwischen den Schenkeln dieses U bildet das Einlaufbecken. Das Stauwerk muß stündlich 600 000 t Eis abführen lassen. Es mag nur zunächst noch fraglich erscheinen, ob eine solche ungeheure Zusammenballung der Leistung auf rund 2·4 Mill. PS an einer Stelle nicht schon jenseits der Wirtschaftlichkeit und der betriebstechnischen Sicherheit liegt.

Zahlenmäßig werden Vergleiche zwischen Wasserkraft- und Dampfkraftwerken von Meyer und Noack (II, 202) angestellt und mit reichlichem Material belegt. Für neuzeitlichste Dampfkraft-Großanlagen kommen die Berichterstatter auf Gesamtwirkungsgrade von maximal 25 vH entsprechend einem Wärmeverbrauch von 3440 WE/kWh und erwarten eine Verbesserung auf maximal 28 vH oder einen Wärmeverbrauch von nur 3070 WE/kWh = 0·44 kg Kohle[10]). Die amerikanischen Berichter Mitchell und Gallalee kommen nach den Erfahrungen der Alabama Power Co. (II, 78) zu dem Ergebnis, daß trotz der Fortschritte in der Wärmekrafttechnik ein thermisches Werk solange teuerere Energie liefern wird, als die Kohle die hauptsächlichste Quelle zur Wärmeerzeugung ist und folgern, daß die Wasserkräfte möglichst hoch ausgebaut werden und mit Dampfkraftwerken unmittelbar an den Gruben oder an Kohlenverladeplätzen zusammen arbeiten sollen, um billigsten Gesamtpreis der Arbeit zu erreichen. Ehrensperger stellt (II, 256) fest, daß in der näheren Zukunft dem abgeschriebenen Wasserkraftwerk der Vorrang vor dem thermischen Kraftwerk gehören wird — allerdings wird diese Politik auf weitere Sicht von einer anderen Richtung ebenso energisch bekämpft, deren Vertreter die Wirtschaft von heute und den geringsten Kapitalsaufwand voranstellen. In Basel war hiervon allerdings nicht die Rede; der Gegensatz zwischen beiden Richtungen tritt aber zum Beispiel in Deutschland stark zutage[11]).

Schweden schilderte durch Enström (II, 33) seine vorbildliche Verbundwirtschaft, die sich — besonders durch Sten Velander gefördert — auf höchstmöglichen Gesamtwirkungsgrad der Wasserkraftwerke einstellt, der letztere befürwortet gleichfalls den Ausbau auf möglichst hohe Wassermenge, da die hiefür entstehenden Mehrkosten fast nur die Maschinenausrüstung betreffen und eine verhältnismäßig geringe Rolle auf die Kosten der installierten kW ausmachen, dagegen die Arbeitskosten vermindern helfen (II, 394). Neuestens bringt derselbe den Vorschlag, zur Erzielung geringster Arbeitskosten das „Ein-Maschinen-Kraftwerk" auszuführen, wozu die heutige Entwicklung der Kaplanturbine mit ihrer flachen Wirkungsgradkurve durch die günstige Erfassung auch kleiner Teilwassermengen die Möglichkeit geschaffen habe. Solche Kraftwerke mit nur einem Aggregat sind im Bau und Betrieb das denkbar Billigste[12]) und die Reserve liegt eben im Zusammenschluß mehrer Kraftwerke und Netze. Es erscheint denn auch heutzutage überflüssig, bei jedem einzelnen Kraftwerk mit jenen Sicherheiten zu rechnen, wie man sie früher gewohnt war, wo noch jedes Kraftwerk und Kraftwerksunternehmen hinsichtlich Reserve auf eigenen Füßen stehen mußte.

Als eine Grundlage zielsicherer Verbundwirtschaft wurde mehrfach die Voraussage der Wassermengen bezeichnet, wie sie vorbildlich von Beurle für Partenstein organisiert wurde[13]) und für längere Zeit in den Wasserstandsvoraussagen von Wallén für Schweden gepflegt wird[14]).

[6]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1927, S. 99.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, „Das Elektrizitätswerk", S. 89, links oben.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 824.

[9]) Vgl. E. u. M. 1926, Heft 46, S. 845.

[10]) Vgl. „Das Elektrizitätswerk" 1927, S. 69.

[11]) Beachtlich erscheint einerseits das Interesse, das die deutsche elektrochemische Großindustrie an der Braunkohle nimmt und das zum Fallenlassen großer Wasserkraftprojekte und zur Sicherung von Braunkohlenlagern für solche Unternehmungen führte mit einer Lebensdauer von 200 Jahren; andererseits die Interessennahme des auf Braunkohle stehenden Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes an größten Wasserkräften (Vorarlberg, Westtirol, man spricht auch vom oberen Inn und von der oberen Donau sowie Badens Wasserkräften), neben dem Ausbau von Wasserkräften und der größten derzeitigen hydraulischen Speicheranlage bei Herdecke a. d. Ruhr. (Vgl. E. u. M. 1927, S. 546.) — Bezüglich Wasserkraft und Großchemie vergleiche unter anderem Waeser, Die Verwertung der Wasserkräfte für die chemische und metallurgische Industrie, Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26, S. 65, und Debar, Wasserkraft und Aluminium, ebendort S. 86.

[12]) Svenska Vattenkraftföreningens publikationer 1927, 6. Diskussionsbeitrag Sten Velander zum Vortrag Rossander über elektrische Ausrüstung und Kraftverteilung (ebendort).

[13]) Bull. d. S. E. V. 1926, Heft 10, S. 457 und Deutsche Wasserwirtschaft 1927, Heft 9, S. 222 und Forts. Heft 10. — Weiteres bringt das Wasserkraft-Jahrbuch 1927/28 (erscheint Anfang 1928) und E. u. M. 1927, S. 22.

[14]) Mitteilungen des Schwed. Wasserkraftvereins, bisher alljährlich ein Bericht. Wallén wies schon 1914 auf die wirtschaftliche Bedeutung solcher Voraussagen hin.

Digitized by Google

Über die hydraulischen Hochspeicheranlagen gingen auf der Konferenz die Stellungnahmen auseinander: insbesondere von schwedischer Seite wurde betont, daß es vorteilhafter erscheine, primäre Speicherwerke (natürliche oder künstliche Seen mit natürlichem Zulauf) anzulegen — auch bei der Notwendigkeit weiter Fortleitung der elektrischen Arbeit bis zur Bedarfsstelle — als Pumpenspeicheranlagen zu errichten; so zum Beispiel Sten Velander (II, 427). Für die primär speicherbaren Hochdruckwasserkräfte des Alpenblocks trifft diese Meinung sicher zu, besonders wenn der Nacht- und Sonntagsüberschuß etwa noch durch Export abgesetzt werden kann, und für solche Zuflußspeicherung gibt Wyssling (I, 273) als Anhaltspunkte den Speicherinhalt eines Tagesspeichers zu 0·07 vH der Jahresarbeit, für Wochenspeicher zu 0·2 vH der Jahresarbeit an. Wenn dagegen die Fortleitungskosten erhebliche Beträge erreichen und wenn ferner noch der Gesichtspunkt einer jederzeit aushilfsbereiten Störungsreserve mit der Speicherung zu verbinden ist, gewinnt die Pumpenspeicherung doch an Bedeutung, auch dort wo Wärmekraft in dieser Form zu speichern ist[15]). Dazu kommt noch ein weiterer wirtschaftlicher Gesichtspunkt.

Die Benutzungsdauer von Jahresspeicherwerken und Spitzendeckungswerken mit natürlichem Zufluß ist, bezogen auf die installierte Leistung als Maßstab der Baukosten und demzufolge auch der Jahreskosten, meist gering (zum Beispiel Walchenseewerk 1560 Stunden, Achenseewerk 1800 Stunden), die Kosten je kWh sind daher verhältnismäßig hoch. Wenn dagegen die Benutzungsdauer der Anlage durch wiederholte Auffüllung des Speichers erhöht und dadurch bei gleichbleibenden Bedienungskosten und nur gering angewachsenen Kapitalkosten deren Ausnutzung verbessert werden kann, muß sich eine wesentliche Senkung der Erzeugungskosten ergeben. Ein näherer und rechnerischer Nachweis für diese Grenzbedingungen der verbesserten Kapitalsausnützung muß einer anderen Gelegenheit vorbehalten bleiben, er würde hier zu weit führen. Es sei nur angedeutet, daß die zusätzlichen Kosten für eine Pumpenspeicherung zu einem Hochdruckwerk etwa mit natürlichem Speichersee sich zwischen 7·5 und 15 vH der Anlagekosten eines solchen Hochdruckwerkes bewegen; sobald also — überschlägig und, wie noch gezeigt werden wird, sogar zu ungünstig gerechnet — die Jahresarbeitsmöglichkeit der Anlage durch die Pumpenspeicherung um mehr als diesen Prozentsatz erhöht wird, ist die Rentabilität durch Senkung der Erzeugungskosten je kWh gegeben. Eingehend hat unlängst Dr. Gleichmann die Wirtschaftlichkeit der Pumpenspeicherung im Rahmen der Bahnelektrisierung der Deutschen Reichsbahn auch unter Verwendung von Kohlenstrom aus einem dann konstant belasteten Wärmekraftwerk untersucht und bewiesen, daß sich dadurch sogar namhafte Ersparnisse gegenüber dem unmittelbaren Betrieb aus Dampfkraftwerken zusammen mit nichtspeicherfähigen Wasserkräften ergeben. Auch bei verhältnismäßig niedrigen Gefällen kann die Pumpenspeicherung schon wirtschaftlich werden bis herab zu 25 bis 30 m, wie ein von Hallinger aufgestelltes Projekt zeigt. Wo Wasserkraft-Überschuß zu speichern ist, dort werden die Pumpen am besten unmittelbar von den Niederdruckturbinen über Zahnradvorgelege angetrieben (wie in Reutlingen und Mitweida) zur Einsparung von 10 vH und mehr Verlust an der Jahresarbeit des Speichers. Bei niedrigen Gefällen von Speicheranlagen darf nicht vergessen werden, daß der Wirkungsgrad dann erheblich variieren kann und nie eine Konstante ist; der Wirkungsgrad der hydraulischen Speicherung ist durchaus nicht 100 vH. Die Hinweise müssen hier genügen[16]).

Man kann billigerweise nicht erwarten, daß eine einmalige Konferenz Übereinstimmung aller Anschauungen und ein fertiges, wegweisendes und allgemein gültiges Rezept liefert, zumal wasserwirtschaftliche Fragen zu einem überwiegenden Teil von dem hydrographischen und damit topographischen Besonderheiten jedes Landes abhängen, zumal ferner gerade derzeit noch keine wirtschaftlichen Erfahrungen mit großen Pumpenspeicheranlagen als Wärmekraftspeicher wie als Momentreserve vorliegen; vielleicht werden auch die Möglichkeiten bezüglich der Steigerung der Wärmekraftwirtschaft mit einem gewissen Optimismus betrachtet und wird die Grenze noch nicht scharf genug gesehen, jenseits welcher die Betriebssicherheit oder die kommerzielle Wirtschaftlichkeit (Verteuerung durch Wirkungsgradsteigerung) leidet. Jedenfalls aber haben alle diese divergierenden Meinungen, wie sie der Konferenzbericht studieren läßt, ihre guten Grundlagen und bieten wertvolles Material.

Eine weitaus größere Einheitlichkeit der Meinungen ließ das Gebiet der Bahnelektrifizierung erkennen[17]), so daß der Generalberichter dieser Sektion, Huber-Stockar, mit Berechtigung betonen konnte, alle technischen Fragen des elektrischen Vollbahnbetriebes seien als gelöst zu betrachten und ein Risiko sei heute dabei nicht mehr vorhanden. Die drei Systeme: Einphasenstrom, Drehstrom und Gleichstrom ebenso wie die Arbeitsbeschaffung aus bahneigenen oder aus fremden Kraftwerken stellen sich als gleichwertig und nur abhängig von den energiewirtschaftlichen Eigentümlichkeiten der einzelnen Länder dar.

Nicht um die Stromart an sich kann diskutiert werden, die Frage der wirtschaftlichsten Erzeugung und Verteilung ist das Primäre: dort, wo sich genügend jahresspeicherfähige Kräfte mit Laufwerken so vereinen lassen, daß weder Überschuß verbleibt noch auch Mangel auftritt, ist ein grundsätzliches bahneigenes Einphasen-Kraftwerkssystem (gegebenen Falles mit Lieferung von Saisonüberschuß in Form von Drehstrom) gerechtfertigt (Schweiz, Österreich). Wo aber ein gewisser Mangel an jahresspeicherfähigen Kräften keinen vollen Ausgleich innerhalb des Einphasensystems gewährleisten kann, dort bietet entweder eine Zusammenlegung der Einphasen- und Drehstromerzeugung aus getrennten Maschinengruppen in gemeinsamen Kraftwerken mit hydraulischer Kupplung im Wasserschloß (Bayerisches Netz) die möglichst verlustlose Auswertung der Wasserkraftdarbietung, und einen Schritt weiter geht noch die Kupplung der Erzeugung in gemeinsamen Turbinensätzen mit Doppelgeneratoren asynchroner (nicht frequenzstarrer Bauart) wie dies im Kraftwerk Pfrombach der Mittleren Isar mit einer 20 000 kVA-Einheit ausgeführt wird[18]). Wo sich aber die Wasserwirtschaft grundsätzlich in den Dienst der allgemeinen Landesversorgung stellt und wo ein gesondertes System speicherfähiger Großwasserkräfte für den Bahnbetrieb fehlt, dort erscheint der Bezug von Bahnstrom aus dem Drehstromnetz voll gerechtfertigt und die bisherige Entwicklung

[15]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 882. Vgl. auch Maas, Untersuchung über die hydraulische Speicherung von Dampfkraftenergie, Wasserkraft-Jahrbuch 1926/27, S. 124, ferner Wasserkraft u. Wasserwirtschaft 1927, Heft 17 (Speicher-Sonderheft). Die meist viel zu eng begrenzten zulässigen Absenkungstiefen unserer Gebirgsseen zwingen geradezu, eine erhöhte Ausnutzung der installierten Leistung durch wiederholte Auffüllung zur Tagesspeicherung (Vergrößerung der Jahresarbeit) zu suchen.

[16]) Vgl. zu dem oben Gesagten: Dr. Gleichmann, Nutzbarmachung der Wasserkräfte für Reichsbahn-Elektrisierung, Glasers Annalen, Sonderheft zum 50jährigen Bestehen, 1927, S. 190. — Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1927, Heft 17, Sonderheft über hydraulische Speicherung. — Hallinger, Ein Speichervorschlag für die Stadt Rosenheim, Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1927, Heft 21, S. 290. — Fransén, Några allmänna synpunkter på reglerringsmagasin vid vattenkraftstationer, Svenska Vattenkraftföreningens publ. 1927, 5. usw. — Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 75, 1927, S. 867.

[17]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 911.

[18]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1019.

Digitized by Google

der elektrischen Traktion hat auf die Umformung, sei es in Einphasenstrom wie in Schweden oder in Gleichstrom wie in Frankreich, hingewiesen; der Drehstrombetrieb Italiens folgte aus der historischen Entwicklung der Traktion und aus der Schwierigkeit nachträglicher Systemänderung. — Die Zukunft bietet aber noch mancherlei Ausblicke, die im Folgenden gestreift werden sollen. Die Systemfrage bei der Bahnelektrifizierung ist keine für sich bestehende rein eisenbahntechnische Frage, sondern kann nur in Einordnung in die gesamte Kraftwirtschaft des Landes beurteilt werden.

Von der Kraftwirtschaft der Eisenbahn im Rahmen der Weltkraftwirtschaft geht, anschließend an die schwebenden Probleme der Turbinen- und Höchstdruck-Dampflokomotiven und neuestens der kohlenstaubgefeuerten Lokomotiven, Kurzel-Runtscheiner (Wien) aus, und behandelt in seinem Referat[19]) den Vergleich der Betriebsformen als weltwirtschaftliche Frage (II 1241). Die Öllokomotive rechnet er zu dem neuesten Fragenkomplex „Öl aus Kohle"[20]), das heißt„ Kohle als Rohstoff", und in elektrotechnischer Hinsicht dringt in seinem Referat der vom Verfasser dieser Zeilen schon früher ausgesprochene Gedanke durch, daß unser Einphasensystem sich vielleicht noch zum Spaltphasensystem mit Umformerlokomotiven verwandeln könne, um den Drehstrom der Allgemeinversorgung zugleich zum Bahnbetrieb zu verwenden. Vor dem Bekanntwerden dieses Referats hatte ich bereits geschrieben[21]): „Vielleicht würden wir, wenn die Phasenumformerlokomotive 20 Jahre früher ausgebildet worden wäre, auch uns auf 50 periodigen Drehstrom für die Erzeugung und Verteilung und auf 50 periodigen Einphasenstrom für den Betrieb (der Vollbahnen) normalisiert haben." — Wenn auch dieser Satz ursprünglich einigen Widerspruch in Eisenbahnkreisen erregte (er wäre beinahe nicht abgedruckt worden), so mag doch die Zukunft noch darüber anders entscheiden. Die guten Erfahrungen des Probebetriebes der königl. Ungarischen Staatsbahnen mit 50 periodigem Drehstrom[22]) wurden auch in der Diskussion zu Basel erwähnt. Wo Wasserkraft oder hochwertige Kohle fehlen oder die Verkehrsdichte zu gering für die Rentabilität der Fahrleitungs- und Speiseleitungsanlagen ist, dort sieht Kurzel-Runtscheiner das Anwendungsgebiet der Thermolokomotive.

Über die Ausrüstung der Elektrolokomotiven mit Kontrolleinrichtungen stand der englischen und amerikanischen Auffassung, daß der Führerstand so wenig Apparate als möglich enthalten solle, sozusagen nur Fahrschalter und Bremsen, unsere Praxis gegenüber, dem Führer Überwachung aller für größte Leistungsausbeute nötigen Betriebszustände und Teile zu bieten; vor allem muß nach der von Wichert zum Ausdruck gebrachten Meinung der Führer in den Stand gesetzt sein, nach der Übertemperatur seiner Maschine zu fahren, um das Maximum an Zugkraft herausholen zu können. Auch dieser Gesichtspunkt ist eine reine Wirtschaftlichkeitsfrage.

Italien sieht die Frage nach dem Stromsystem bezw. den Meinungsstreit zwischen bahneigener Erzeugung oder Bezug des Stromes für untergeordnet an im Hinblick darauf, daß der Arbeitsbedarf selbst bei großzügiger Elektrifizierung nicht 10 vH des gesamten Arbeitsverbrauches eines Landes ausmache; vom sicherheitlichen Standpunkt aus hält dieser Berichter die Verbindung von Landes- und Bahnnetz für erwünscht. Schweden berichtete über die Erfahrungen mit Umformung aus dem Landesnetz ebenfalls sehr günstig. Italien führt Versuche mit 42 periodigem Drehstrom auf der Strecke Rom—Avezzano durch, ohne vorerst auf Ergebnisse einzugehen (II 1457). Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, sich den Weg zur unmittelbaren Bahnspeisung aus der Landesversorgung offen zu halten, auch die Darstellung der österreichischen Phasenumformer-Lokomotive Reihe 1080.100 (Einphasen/Gleichstrom)[23]) mit stetiger Drehzahlregelung, deren konstruktive Eignung auch für 50 Perioden betont wird, eine Rücksichtnahme auf die mögliche hier weiter unten noch angedeutete Zukunftsentwicklung.

Es verbietet der Raum, auf die Fülle interessanten Materials gerade auf diesem Gebiet der Bahnelektrifizierung näher einzugehen. Wohl an keiner anderen Stelle ist eine gleiche Menge von Erfahrungen, Vergleichsmöglichkeiten und Anregungen zusammengetragen wie hier, auf einem Gebiet, das Huber-Stockar in seinem Generalbericht[24]) bemerkenswert kennzeichnet: „Elektrifizierung führt in einem weiten Gebiet lebenswichtiger, mit Energieverbrauch verknüpfter menschlicher Tätigkeit zu einer besseren und schöneren Energienutzung und wirkt im Energiehaushalt im Sinne der Sparsamkeit. Elektrifizierung macht den Betrieb der Eisenbahnen schöner, technisch sicherer und in vielen Fällen wirtschaftlich besser. Elektrifizierung ist daher Fortschritt im Gebiet des Baues und Betriebes der Eisenbahnen."

So werden die weiteren Fortschrittsbestrebungen auf diesem Gebiet nur mehr der Rationalisierung durch Vereinheitlichung der Lokomotivbauarten in möglichst wenigen Typen und der Erhöhung der Störungssicherheit gewidmet sein, den hohen Grad der Störungsfreiheit brachte die Konferenz ebenfalls zum Ausdruck. Die Systemwahl kann nach den guten Erfahrungen und der heutigen Durchbildung aller Teile nicht als Streitfrage gelten; an den Landesgrenzen wird jede Lokomotive Halt machen und ein kurzes Stück Schleppverkehr stört nicht, umsomehr schon schwere Gleichrichterlokomotiven mit Batterie vorbereitet werden, welche ebenso unter der Fahrleitung wie auf leitungslosen Strecken (hier als Akkumulatorlokomotive) fahren können. Hauptsache ist einheitliches System innerhalb eines Landes, ein von amerikanischer Seite mit Bedauern auf der Konferenz konstatierter eigener Mangel. Dies trifft zu einem gewissen Grad aber auch für Italien zu, wenn sich dort Drehstrom mit 42 Per/s neben der bisherigen Bahnstrom-Periodenzahl von 16⅔ einführen würde. Übrigens ein Beweis dafür, daß die früheren Rücksichten auf Übergangsfähigkeit der Triebfahrzeuge, wie sie vordem leider eine Bahnelektrifizierung aus militärischen Gründen bis zur wirtschaftlichen Unmöglichkeit erschwert hatten, nicht einmal mehr innerhalb Landesgrenzen zwingende Notwendigkeit seien.

Statistisch brachte die Basler Konferenz auch auf dem Gebiet der Bahnelektrifizierung nur zerstreute Zahlen. Der Versuch einer ergänzten Zusammenstellung mag in diesem Rahmen von Interesse sein.

Seit der Konferenz ist noch ein wie mir scheint bemerkenswerter Vorschlag zur leitungsparenden Verbindung der Bahnstrom- und Allgemeinversorgung in die Öffentlichkeit gekommen bei Wahrung der Verschiedenheit der Stromart für beide Zwecke und Stromerzeugung in getrennten Maschinen: Dr. Ing. Jacob, Stuttgart, schlägt nämlich die Übereinanderlagerung von 50 Per. Drehstrom und 16⅔ Per. Einphasenstrom in einem

[19]) Den wichtigsten technischen Inhalt dieses Berichtes siehe E. u. M. 1926, H. 50, S. 915; die wirtschaftlichen Ausblicke sind dort nicht näher erwähnt.

[20]) Über die Auswirkung der Kohlenverflüssigung auch auf die Bahnkraftwirtschaft vgl. der Verf., „Kohle, Öl, Elektrizität und Gas", E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, H. 5, S. 46; ferner der Verf.: „Kohlenverflüssigung und ihre kraftwirtschaftliche Bedeutung", Ztg. des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1927, H. 15, S. 404.

[21]) Ztg. des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1926, H. 25, S. 669. (Kraftwirtschaftliches zur Bahnelektrisierung.)

[22]) Über die Umformerlokomotiven der königl. Ungarischen Staatsbahnen E. u. M. 1919, H. 30, S. 437 und 1925, H. 7, S. 114.

[23]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 387.

[24]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 911.

Digitized by Google

Zahlentafel I.

Die Vollbahn-Elektrifizierung in den verschiedenen Ländern, einschließlich der im Bau stehenden Strecken. Stand: Mitte 1927.

Land	Streckenlänge km	vH d. ges. Vollbahn-Netzes	Stromart, Frequenz
Schweiz	1566	26·2	E 16·7
Österreich	622	9·4	E 16·7
Bayern	745	8·85	E
Italien*)	1600	7·7	D, Gl*)
Schweden	926	5·9	E 16·7
Norwegen	206	5·9	E 16·7
Holland	115	3·3	Gl
Chile	255	2·9	Gl
Deutschland	1445	2·7	E 16·7
Frankreich	zirka 1060	2·0	Gl, E
Ungarn	143	1·5	Gl
Spanien	166	1·1	Gl, E
Japan	zirka 211	1·0	Gl
Kuba	52	0·9	Gl
V. St. Amerika	3127	0·8	Gl, E**)
Kanada	301	0·5	Gl, E
England	130	0·3	Gl, E
Brasilien	64	0·2	Gl
Mexiko	48	0·2	Gl

*) Italien: Gleichstrom mit dritter Schiene 108 km, Drehstrom 42 Per/s, 10 kV, 172 km, Rest Drehstrom 16·7 Per/s. — An Nebenbahnen ist von Interesse (im Bau): Turin — Ceres Gleichstrom 4000 V, Umbrisches Netz Einphasenstrom 11 kV.

**) Neuerdings geht man dort bei Einphasenstrom auf 22 kV über mit Einphasen-Gleichstrom-Umformerlokomotiven (Detroit).

gemeinsamen Drehstromnetz vor[25]). Die Kostenfrage zeigt, daß unter Voraussetzung einer Übertragungsleistung von 20 MW für Drehstrom 110 kV zugleich mit 15 MW Einphasenstrom von 60 kV bei dieser „simultanen" Übertragung die Baukosten von Leitungs- und den beiden Umspannanlagen um rund 14 vH niedriger, die Betriebskosten um rund 17·5 vH niedriger sind als bei getrennter Übertragung; allerdings dürfte im letzteren Falle die im deutschen Bahnbetrieb übliche Übertragungsspannung von 100 kV den Unterschied etwas zu ungunsten der simultanen Übertragung beeinflussen. Immerhin beweist die Untersuchung von Dr. Jacob — wenn ein sehr wünschenswerter Betriebsversuch in großem Ausmaß an einer der zum Umbau vorgesehenen längeren Strecken die Hoffnungen bezüglich der Betriebssicherheit und -Einfachheit noch bestätigt —, daß Entwicklungsmöglichkeiten noch bestehen, und es wäre zu begrüßen, wenn eine der Bahnverwaltungen des „Einphasenblocks" den Entschluß dazu fassen möchte. Die Bahn-Hauptspeiseleitungen laufen doch immer den Drehstrom-Hauptspeiseleitungen eng parallel, denn die Energie-Erzeugungszentren Wasser und Kohle sind beidesmal dieselben und die Hauptbahnlinien fallen ebenso mit den sonstigen (besonders industriellen) Energie-Verbrauchszentren zusammen. Daraus scheint sich die Perspektive zu eröffnen: entweder Erzeugung und Fortleitung nur einer Stromart (Drehstrom 50 Per/s) und Phasenauflösung zum Bahnbetrieb mit 50 Per/s Einphasenstrom unter der Zukunftsvoraussetzung, daß es gelingt Lokomotiven zu bauen (wohl Umformerlokomotiven), die sowohl mit 50 wie mit $^{50}/_{3}$ Perioden fahren können; denn die Übergangsfähigkeit der Betriebsmittel mindestens innerhalb eines Landes, besser innerhalb eines wirtschaftlich zusammengehörigen Komplexes (wie zum Beispiel Süddeutschland und Österreich) muß als Forderung gelten; oder die getrennte Erzeugung der beiden Stromarten wie bisher und deren Übertragung in wirtschaftlicherer Weise wie bisher eben durch die erwähnte Simultanschaltung. Es wird hier ebenso gehen wie in ähnlichen Fällen, zum Beispiel bei der Kaplanturbine: zuerst Ablehnung in allen Stadien von der Lächerlichmachung bis zum Patentkampf, schließlich begeisterte Aufnahme auf der ganzen Linie[26]).

Als zweiten wichtigen Punkt des Arbeitsverbrauches, der Intensivierung der Ausnützung, brachte die Konferenz die Elektrizität in der Landwirtschaft[27]). Ein in mancher Hinsicht zweischneidiges Schwert: eine Vermehrung der landwirtschaftlichen Abnehmer beschwört die gleiche Gefahr herauf, wie sie die Propagierung der Reklamebeleuchtung in den Städten nach sich zog als recht unerwünschte Begleiterscheinung: eine außerordentliche Erhöhung der Spitzenbelastung mit sehr kurzer Benutzungsdauer, Zwang nach großer installierter Leistung und stark dimensionierten Netzen bei schlechter Ausnutzung. So muß die Unterbringung von Überschuß- und Nachtarbeit in der Landwirtschaft (wie im Haushalt) ein Hauptziel bilden. Der landwirtschaftliche Konsum steht heute ungefähr auf gleicher Höhe wie ihn eine Vollelektrifizierung des Vollbahnnetzes ausmachen würde. Von allen Seiten wird die Wichtigkeit der Speicher-Wärmeapparate für alle Zwecke anerkannt, als Warmwasserbereiter, Futterdämpfer und dergleichen, nicht weniger die Grünfutterkonservierung nach den verschiedenen Systemen; heute liegt der Bau wirklich zuverlässiger Apparate noch ziemlich im Argen, was besonders von den Temperaturreglern und Relais gilt, auch die Zeitschalter wirklich guten Systems sind heute noch recht teuer, so daß die Nebenkosten bei Einrichtung einer elektrischen Wärmespeicheranlage für Viele noch untragbar sind, soweit nicht die Werke die Gesamteinrichtung gegen erschwingliche Mieten erstellen. Wie weit wir hinsichtlich der Installationstechnik noch zurückstehen, gerade mit Rücksicht auf die schwierigen Verhältnisse in landwirtschaftlichen Anlagen bezüglich rauher Behandlung — besser Mißhandlung — der Einrichtungen, bezüglich der Festigkeit gegen die Feuchtigkeit und die ätzenden Dünste (Ammoniakdunst) und im Hinblick auf die bei dem wertvollen Inhalt der Scheunen und Ställe gebotene unbedingte Feuersicherheit, das zeigt eindringlich der Bericht von Rung und Faaborg-Andersen, Dänemark (II, 492)[27]), an Hand reichen Bildmaterials mit seinen Bleikabelinstallationen und Gußeisenarmaturteilen, Übergangsdosen mit Isolationsmasseausguß und Verzicht auf Nullung und Erdung bei 220/380 V neben den andernorts dargestellten[28]) schönen schwedischen Stahlpanzerinstallationen mit gekapselten Verteilungen und Zählergarnituren. Man sollte meines Erachtens die Betriebsbedingungen in landwirtschaftlichen Anlagen, allein aus Gründen der Erhaltung wirtschaftlicher Werte (Feuersicherheit), gleichstellen mit jenen in rauhen und säuregefährdeten Betriebsstellen; leider weiß ich selbst aus Erfahrung, daß diese Grundsätze durchzuführen aus Konkurrenzgründen bei der Sparsamkeit der Besteller am falschen Platze solange scheitern muß, als nicht staatliche Aufsicht oder Maßnahmen der Feuerversicherungsgesellschaften dieser Notwendigkeit den Weg ebnen.

[25]) Gleichzeitige Übertragung von Drehstrom- und Einphasen-Bahnstrom auf den Fernleitungen des allgemeinen Drehstrom-Hochvoltnetzes. Dissertation, Stuttgart 1927, Auszug in ETZ 1927, Heft 35, S. 1249, und in E. u. M. 1927, Heft 50, S. 1042.

[26]) Es sei gestattet an die verschiedenen Angriffe gegen mich zu erinnern, als ich in den ersten Zeiten der Kaplanturbine für deren technische Möglichkeit und wirtschaftliche Berechtigung eingetreten bin, von theoretisch gehaltenen Einwendungen bis zur offenen Ablehnung seitens Fachzeitschriften.

[27]) Näherer Bericht E. u. M. 1926, Heft 49, S. 896.

[28]) Die Anwendung von 380/220V Wechselstrom in ländlichen Installationen und deren Ausführung, von Faaborg-Andersen, Teknisk Tidskrift 1923, Heft 40, Elektrotechnik, Heft 10, S. 153.

Digitized by Google

Den Kraftverbrauch für das elektrische Pflügen brachte Matthews (II, 445)[27]) wohl erstmals in eine formelmäßige Abhängigkeit von den maßgebenden Faktoren, nämlich von der gesamten Breite aller gleichzeitig gezogenen Furchen W in cm, der Furchentiefe D in cm, der Arbeitsgeschwindigkeit V in km/h und dem Erdwiderstand R in kg/dm² mit dem Ergebnis $N = \frac{R.W.D.V}{27000}$ ausgedrückt in PS. Maschinenwagen mit Akkumulatoren ausgerüstet können nach seiner Meinung auch als Traktoren zur Beförderung der Fahrzeuge zwischen Gutshof und Feldern dienen; bisher arbeiten etwa 200 elektrische Pfluggarnituren zur Zufriedenheit auf dem Kontinent. Das wirtschaftliche Elektropflügen setzt allerdings große arrondierte Güter in möglichst ebenem Gelände voraus, wie es für bedeutende Teile Österreichs und Deutschlands nicht zutrifft, und wenn insbesondere die neuen Wege der Kohlenwirtschaft[29]) die Treibstoffrage verbessern, dann erscheint der vereinigte Pflugmaschinenwagen und Traktor (zugleich als ortsbewegliche Antriebsmaschine zum Dreschen und anderem) mit Verbrennungsmotor wirtschaftlich überlegen zu werden. Die Elektrifizierbarkeit wird stets gewisse wirtschaftliche Grenzen finden.

Zur Intensivierung der Elektrizitäts- und Wasserkraftwirtschaft kann auch auf dem Gebiet der Landwirtschaft sicher noch Manches geschehen, doch dürfen meines Erachtens die Erwartungen nicht überspannt werden. Zunächst sind technische Umstellungsmöglichkeiten und wirtschaftliche, das heißt der Vermögenslage der fraglichen Kreise erschwingliche Umstellungsmöglichkeiten zwei recht verschiedene Begriffe, hier wie auf anderen Gebieten der Kraftwirtschaft; ich hatte an dieser Stelle schon früher[30]) vor zu weit gespannten Umstellungshoffnungen gewarnt, wie sie immer wieder in Elektrowirtschaftsplänen eine Rolle spielen. Die Elektrowärme auch in der Landwirtschaft vermag keinesfalls eine nur annähernd erfolgreiche Vergleichmäßigung der Belastungskurve zwischen Tag und Nacht zu bringen, abgesehen von ihrem zur Wasserkraftdarbietung inversen Verlauf mit Bedarfsmaximum im Winter und abgesehen davon, daß weder eine Verstärkung der Verteilungsnetze noch auch die Heranziehung der Speicherinhalte aus den Jahreszeitspeichern für elektrothermische Zwecke wirtschaftlich sein kann. Ohne die Bedeutung der Elektrowärme aus Nachtstrom sowohl für die einzelnen Werke als Einnahmequelle wie für die Abnehmer als Mittel zur Rationalisierung zu verkennen, darf ein fühlbarer Einfluß auf den Gesamtarbeitsverbrauch nicht davon erwartet werden und ist Speicherstrom dafür zu wertvoll.

Daß die elektrische Bodenbearbeitung nur vereinzelte örtliche Bedeutung gewinnen kann in ebenen Gegenden mit arrondiertem Großgrundbesitz, wurde bereits erwähnt. Auch dann trägt sie ebensowenig wie das elektromotorische Dreschen zu einer Intensivierung und Vergleichmäßigung der Kraftwirtschaft bei, sondern kommt in der Steigerung der Spitzenbelastung den unerwünschten Folgen der Reklamebeleuchtung nahe. Im großen Ganzen ist also die Landwirtschaft besonders in den dünn besiedelten Gegenden mit vorwiegenden Kleinbetrieben kein angenehmer Abnehmerkreis für die Stromlieferer und wird es bei uns nie werden.

Dagegen kann und muß die Intensivierung der Kraftwirtschaft durch die Landwirtschaft indirekt erfolgen; eine intensivere Bodenbearbeitung muß den Ertrag steigern und damit die ertragverarbeitenden Industrien (Mühlenwerke) ebenso wie die landwirtschaftlichen Hilfsgewerbe (Maschinenwerkstätten, Schmieden, Wagnereien usw.) stärker beschäftigen, dadurch Neuanschluß und Mehrverbrauch an elektrischer Arbeit schaffen. Der Ertragssteigerung muß eine vermehrte künstliche Düngung vorangehen und die kohlefreie Herstellung von Stickstoffdüngemitteln über synthetisches Ammoniak muß die Forderung der Zukunft an Stelle der energievergeudenden Herstellung aus der Kohle über Koks und Karbid sein, soweit nicht das Ammoniak Nebenprodukt der Hüttenindustrie ist. Mit einem Ausbau von konstant 100 000 kW lassen sich jährlich etwa 70 000 t Stickstoff nach dem Wasserkraft-Ammoniakverfahren herstellen[31]). Mit den in Süddeutschland und Österreich auch nach weitgestecktem Elektrisierungsprogramm noch freien Großwasserkräften und unter Ausnutzung der Überschußarbeit — denn auch diese läßt sich beim erwähnten synthetischen Verfahren heranziehen — könnte also der größte Teil des deutschen und österreichischen Stickstoffbedarfes aus den Wasserkräften gewonnen werden auf kohlenfreiem Wege. Es ist kennzeichnend, daß in allen unseren Nachbarländern diesen Verfahren große Aufmerksamkeit geschenkt wird: Italien, Frankreich, die Tschechoslowakei ebenso wie die Vereinigten Staaten wenden sich immer mehr solchen Verfahren zu, auch die norwegische Stickstoffindustrie, die seit 25 Jahren nach dem Lichtbogenverfahren arbeitete, stellt zufolge Vereinbarung mit der I. G. Farbenindustrie A.-G. die Betriebe Rjukan und Notodden der Norsk Hydro mit zusammen rund 200 000 kW unter Stillegung der gewaltigen Ofenanlagen zur Luftstickstoffgewinnung auf die Ammoniaksynthese mit elektrolytischer Wasserstoffgewinnung um und wird damit rund 140 000 t Stickstoff jährlich produzieren, das ist die fünf- bis sechsfache Menge wie bisher bei gleichem Arbeitsverbrauch. Von diesen Wegen zur Intensivierung der Kraftwirtschaft auf dem Gebiet der Landwirtschaft wurde in Basel nicht gesprochen.

Über den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen, deren reichhaltiges Konferenzmaterial in dieser Zeitschrift schon gewürdigt wurde[32]), sei nur auf Einzelnes hingewiesen.

Die Behandlung entsprach in ihrer Ausführlichkeit dem Leitgedanken, daß engstes Zusammenarbeiten zwischen dem Turbineningenieur und dem Elektroingenieur ebenso wie mit dem Bauingenieur eine Vorbedingung rationell gebauter und rationell arbeitender Wasserkraftanlagen sein muß. Die dort im Vorjahr genannten Spitzenleistungen sind inzwischen allerdings durch im Bau stehende Maschinen weit überholt: die im Werden begriffenen deutschen Pumpenspeicherkraftwerke enthalten Spiralturbinen von 48 000 PS unter 160 m Gefälle (Anlage Herdecke)[33]), mit den Pumpenleistungen ist man von 8000 PS zur Zeit der Basler Konferenz bei den im Bau stehenden Pumpen auf 27 000 PS (Niederwartha bei Dresden)[34]) und auf 34 000 PS (Herdecke) gegangen, den Turbinenleistungen entsprechen die Generatorleistungen, für Drehstrom und für Einphasenstrom erhält die Mittlere Isar eine Maschine für 20 000 kVA[35]).

Bei der wachsenden Größe der Maschinen und Erhöhung der Drehzahl wird die Material- und Prüfungsfrage im Hinblick auf die sich heute bis zu 135 vH steigernde Durchgehdrehzahl der Flügelradturbinen immer bedeutsamer: wirksamer Schutz gegen das Durchbrennen der Turbinen wird mehrfach besprochen[36]).

Neeser befaßt sich dankenswert gründlich (I, 173) mit der Verschiedenheit der Definition des wirksamen Gefälles bei Turbinen in Europa und Amerika, wobei die Geschwindigkeitshöhe im Unterwasserablauf in Amerika dem wirksamen Gefälle gutgebracht wird, die Wirkungsgrade also höher werden, und gibt

[28]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 20, „Das Elektrizitätswerk". Heft 5, S. 42, Kohle, Öl, Elektrizität und Gas.

[30]) Zum Ausbau weiterer Wasserkräfte, Statistisches und Wirtschaftliches, E. u. M. 1926, Heft 4, S. 72.

[31]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 77.

[32]) E. u. M. 1926, Hefte 46 und 48, S. 842 und 881.

[33]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546.

[34]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 797.

[35]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 515.

[36]) Vgl. die Ausführungen des Verfassers über das Durchgehen von Turbinen und den Schutz dagegen, E. u. M. 1923, Heft 39, S. 565, wohl als erstmalige eingehendere Behandlung.

Digitized by Google

zahlenmäßige Untersuchungen für diesen bis zu mehreren vH ansteigenden Unterschied als Folge der verschiedenen Leistungsberechnung. Die Tagung hat denn auch die Überweisung dieser Frage zur weiteren Behandlung an die Internationale Elektrotechnische Kommission beschlossen[37]). Krogstad berichtet interessante Einzelheiten über die vereinigte Kraftwerks- und Schleusenanlage Brekkefoss der Stadt Fredrikshald[38]) mit 40 m hoher Bogenstaumauer und zwei (später vier) Turbinen von je 5000 PS unter näheren Kostenangaben, die Turbinen sind horizontale Doppelspiralturbinen mit Rohreinführung von obenher bei dem beachtlichen Wirkungsgrad von 93·6 vH, was der Berichter dieser einfachen Wasserzuführung mit zuschreibt.

Selbsttätig arbeitende Wasserkraftwerke, welche durch Vermeidung der Bedienungskosten oft erst den Ausbau von Kraftstufen rentabel machen, wurden in Basel nur kurz von Zachrisson an Hand einiger schwedischer Ausführungen beschrieben (I, 233)[39]). Es ist eigenartig, daß trotz der ausgedehnten Anwendung dieses Grundsatzes in Amerika, wo 1925 schon insgesamt etwa 200 000 kW in zirka 200 automatischen Anlagen mit Einzelleistungen bis zu 17 500 PS der Turbine im Betrieb standen[40]), auf dem Kontinent mit Ausnahme von Schweden recht wenig Gebrauch davon gemacht wird. In Österreich, in der Schweiz und in Frankreich sind nur einige Anlagen meist für Fernbedienung, selten für vollautomatischen Betrieb ausgeführt worden. Neuerdings ist in Schweden ein solches Kraftwerk (Hemsjö) mit 2500 PS Turbinenleistung erstanden und neben einer Reihe kleinerer selbsttätiger Werke eine Anlage mit drei Maschinen von je 1500 kW in Majenfors kürzlich in Betrieb gekommen, während Deutschland für das Ausland einige automatische Wasserkraftwerke mit Turbinenleistungen zwischen 2000 und 3000 PS geliefert hat. Die Einrichtungen sind heute so durchgebildet, daß sowohl die Fernbedienung wie auch der vollautomatische Betrieb mit Anlassen und Abstellen aus der Ferne durch einfaches Schließen des Linienschalters im Hauptkraftwerk oder nur abhängig vom Wasserstand oder der Belastung im Netz in jeder Weise verläßlich ist[41]).

Die Besprechung baulicher Einzelheiten von Wasserkraftanlagen brachte Interessantes unter anderem über die elektrische Heizung von Rechen und Schützen[42]), der man neuestens auch bei uns Aufmerksamkeit schenkt; die wirtschaftliche Bedeutung dieser Maschinen einerseits durch Ersparnis an Hilfsarbeitern, andererseits durch Vermeidung von Leistungsausfall beim ohnehin knappem Winterwasser rechtfertigt weitgehende Beachtung. Ein Kraftverbrauch von etwa 5 bis 10 vH der verfügbaren Leistung ist ein wirtschaftlich tragbares Äquivalent für die Sicherheit vor Einfrieren des Betriebes. So ist im Werk Gratwein in Steiermark die Stauklappe an den Führungsflächen mit einem Energieaufwand von 20 kW und beim Rechen ein Drittel der Einlaufbreite unter rund 90 kW Aufwand elektrisch beheizt, wobei die Rechenstäbe selbst als Heizkörper dienen; die installierte Leistung beträgt dort 2×2500 kW, der Heizungsaufwand also bei nur halber Wassermenge noch knapp 10 vH der verfügbaren Kraft[43]).

Von Interesse sind die Untersuchungen, welche Norsa (I, 326) über den Anteil der Kosten der elektrischen Arbeit an den verschiedensten Fertigprodukten anstellt[44]); sie bleiben in den meisten Fällen — elektrochemische Erzeugnisse abgesehen — in der Gegend von etwa 5 bis 10 vH, sind also für den Endpreis der wenigsten Erzeugnisse maßgebend.

Statistisches und Beschreibendes über die Energieversorgung einzelner Länder erfuhr man in Basel wenig.

In diesem Rahmen ließ sich nur ein kurzer Überblick über den reichen Inhalt der Basler Konferenz bieten, wie ihn das Berichtswerk dem dauernden Gebrauch überliefert, und es durften manche eigene Bemerkungen hinzugefügt werden, um den vielfachen Zusammenhang mit technischen und wirtschaftlichen Zeitfragen zu beleuchten. Bei einer nächsten solchen Konferenz wird wohl auch die Ferngasversorgung mit in den Kreis der Erörterung gezogen werden in ihrer Bedeutung als Energiewirtschaftsfrage, als dritte mögliche Form des Energieaustausches: neben dem Transport von Arbeit durch die Verkehrsmittel (Kohle) und durch den Draht (thermo- und hydro-elektrische Arbeit) der Transport durch Rohre (Gas).

Bis dorthin wird auch schon mehr statistisches, vergleichbares Material vorliegen und es wäre zu begrüßen, wenn die naturgemäß in der Gesamtheit des Konferenzinhaltes verstreuten statistischen Daten dann (wo nötig auf gleiche Basis zurückgeführt) etwa in einem Anhang zum Berichtswerk übersichtlich zusammengetragen würden.

So mag die Berichterstattung Basel 1926 nicht nur einen Rückblick bieten, sondern mit gleichem Wert auch zum Vorausschauen anregen. Zu diesem Letzteren soll das Vorstehende ein Versuch sein.

---

[37]) E. u. M. 1926, S. 824, Beschluß II.

[38]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 884.

[39]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 843.

[40]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 322.

[41]) Vgl. auch die Beschreibung weiterer neuester automatischer Wasserkraftwerke in Schweden, darunter größere Leistungen, von Zachrisson und Sten Velander in dem (Anfang 1928 erscheinenden) Wasserkraft-Jahrbuch 1927/28; ferner Reindl, Vorteile und Einrichtungen selbsttätig arbeitender Wasserkraftwerke, Wasserkraft-Jahrbuch 1924, S. 497; auf die Wirtschaftlichkeit und die technischen Möglichkeiten unbedienten Betriebes habe ich schon 1911 in der Zeitschrift f. d. gesamte Turbinenwesen hingewiesen (Kleine Wasserkraft-Elektrizitätswerke, besonders deren selbsttätige Regulierungsarten).

[42]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 22.

[43]) Über elektrische Heizung von Wehrverschlüssen siehe neuerdings: Westerberg, En avstandsmanövrerad dammlucka, Teknisk Tidskrift 1926, Heft 21, Väg- och Vattenbyggnadskonst 5, S. 77. — Wegen Gratwein siehe Berger, Elektrische Heizung bei Wasserkraftwerken, Siemens-Zeitschrift 1927, Heft 10, S. 688.

[44]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 148.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Eine Erweiterung der oberösterreichischen und niederösterreichischen Verbundwirtschaft ist durch die im Bezirke Amstetten herrschende starke Nachfrage nach elektrischer Energie erfolgt. Die Niederösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft A. G. (Newag) wird Amstetten durch eine von ihr zu errichtende Hochspannungsleitung für 60 kV mit dem Umspannwerke der Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft Linz in Steyr verbinden. Die 90 km lange Leitung von 50 mm² Kupferquerschnitt wird auf imprägnierten Holzmasten auf Hängeisolatoren verlegt. In einem in Amstetten unmittelbar beim Elektrizitätswerk der Gemeinde zu errichtenden Umspannwerke von 2000 kVA wird die Spannung auf die Gebrauchsspannung von 3000 V herabgesetzt. Die Fortsetzung der 60 kV-Leitung ist über Amstetten hinaus geplant. Vor kurzem ist auch eine von der Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft Linz neu erbaute 25 kV-Leitung über Enns—Mauthausen—Grein—Sarmingstein—Ispersdorf bei Persenbeug fertiggestellt und dem Betrieb übergeben worden; sie schließt an der Grenze der beiden

Digitized by Google

Bundesländer die von den Gemeinden St. Pölten und Melk erbauten und betriebenen Erlaufkraftwerke an ihr Netz an.

Infolge der weitgehenden Neuinvestitionen im Ausbau des Großkraftwerkes Partenstein der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft[1]) und der Kraftwerke Ranna und Timelkam der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl Aktiengesellschaft können nicht nur alle Stromabnehmer Oberösterreichs, sondern auch die des westlichen Niederösterreichs ohne Schwierigkeiten versorgt werden. K.

(Die Wasserwirtschaft, Nr. 2, 1928.)

Das Wasserkraftwerk Higashiyama, Japan, ist eine vollautomatische, bedienungslose Anlage, die von einem handbedienten Hauptkraftwerk aus gesteuert wird. Das Zuschalten des Generators erfolgt durch Grobsynchronisieren in mehreren Stufen über Vorwiderstände, die größere Stromstöße vermeiden. Das Anlassen und Abstellen erfolgt stets mit der der Turbine vorgeschalteten Drosselklappe, indem der Leitapparat während des Stillstandes geöffnet ist. Das Öffnen der Drosselklappe vollzieht sich durch Wasserdruck, der durch eine Hubmagnetvorsteuerung eingeschaltet wird. Das Schließen der Drosselklappe erfolgt durch eine Gewichtsbelastung. Diese Klappe steht mit einem Endschalter in Verbindung, der ihre Öffnung nur zuläßt, wenn sie vorher völlig geschlossen war. Der Regler besitzt: 1. Ein Öldruckrelais, das beim Sinken des Öldruckes auf einen für das Schließen des Leitapparates noch zulässigen Wert die Drosselklappe schließt. Hiedurch wird ein Versagen des Öldruckreglers hintangehalten. 2. Ein gesteuertes Absperrventil für den Windkessel, wodurch verhindert wird, daß während des Stillstandes der Turbine der Öldruck unter den vorerwähnten Kleinstwert sinken kann. 3. Eine selbsttätige Luftansaugevorrichtung für den Windkessel. 4. Eine Sicherung gegen Durchgehen bei Riemenbruch. 5. Eine Fernschwimmervorrichtung mit Öffnungsbegrenzung. Der 425 kVA, 3450 V, 50 Per/s Generator mit 750 U/min + 80 vH wird von der japanischen Tochtergesellschaft der SSW, der 110 V, 5·5 kW Erreger und die Automatik von den SSW selbst, die Turbine samt Regler von J. M. Voith, Heidenheim, geliefert. Die Turbine ist eine mit Innenregelung ausgerüstete Einfachspiralturbine mit liegender Welle, welche bei 27 m Gefälle und 1·67 m³/s 480 PS bei 750 U/min leistet. β.

(Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 22. Jg., H. 23, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.

Betriebsresultate der Staatlichen Überlandwerke Rußlands im ersten Halbjahr 1926/27. (Veröffentlichungen der Elektrifizierungsabteilung der Hauptverwaltung für elektrische Industrie in Rußland.) In allen Überlandwerken Rußlands sind im Berichtshalbjahre 112 000 kW neu in Betrieb gekommen, während 8000 kW durch Demontierung alter Aggregate in Abzug treten; der Zuwachs an Kapazität beträgt in diesem Zeitabschnitt 24 vH[1]).

Sämtliche Überlandwerke erzeugten im ersten Halbjahre 1926/27 721·6 Mill. kWh, gegenüber 585 Mill. kWh im ersten Halbjahre 1925/26; die Erhöhung der Leistung beträgt 23 vH. Im Moskauer Gebiet allein betrug sie 25 vH, im Leningrader Gebiet 20 vH und im Gebiet Baku 15 vH. Die Überlandwerke Balachna (bei Nishni-Nowgorod), Kiselow (Ural) und Schterow (Donjezgebiet) besitzen noch immer ungenügende Belastung, einerseits weil sie noch nicht ganz fertiggestellt sind, andererseits wegen mangelhafter Werbung von Verbrauchern. Die Stromversorgung Moskaus und Leningrads kämpft hingegen mit großen Schwierigkeiten. Ungeachtet dessen, daß ihre Belastung künstlich herabgesetzt wurde, blieben die Werke im Winter, zur Zeit der Höchstbelastung, ganz ohne Reserve. Das intensive Anwachsen des Strombedarfs wird hier durch die Erweiterung des Verbraucherkontingents, sowie durch Erhöhung des spezifischen Verbrauchs an Energie der früher angeschlossenen Abonnenten hervorgerufen (vgl. Tab. I).

Tabelle I. Kapazität und Stromerzeugung der Überlandwerke Rußlands.

Überlandwerke	Kapazität (kW)		Erzeugte Energie (in Tausend kWh)	
	Oktober 1926	März 1927	1. Halbjahr 25/26	1. Halbjahr 26/27
Moskauer Vereinigung (6 Zentralen)	167 300	175 300	263 189	330 200
Leningrader „ (6 „)	98 150	158 150	155 770	187 610
Bakuer „ (3 „)	89 750	89 750	154 916	177 812
Balachna, Kiselow, Schterow (3)	46 000	46 000	11 148	25 974
Insgesamt in allen Überlandwerken . .	401 200	469 200	585 023	721 596

Für die Industrie und den sonstigen technischen Bedarf sind von allen Überlandwerken 367·5 Mill. kWh geliefert worden oder um 21 vH mehr als im ersten Halbjahre 1925/26. Für Lichtzwecke beträgt die Mehrlieferung 20 vH, für Straßenbahnen 25 vH. Besonders stark gestiegen ist der Strombedarf für die Industrie, in Moskau 34 vH, in Leningrad 10 vH. Interessant ist festzustellen, daß der Energiebedarf für die Großindustrie um 32 vH, für die mittlere um 16 vH gegenüber dem ersten Halbjahr 1925/26 gestiegen ist, während für die Kleinindustrie sich der Energiebedarf sogar vermindert; ein Beweis dafür, daß die Kleinindustrie in Rußland langsam, aber konsequent im Abnehmen begriffen ist (vgl. Tab. II).

Tabelle II. Energieverbrauch- und -verteilung im ersten Halbjahr 1926/27.

Überlandwerke	An Verbraucher gelieferte Energie (Tausende kWh)							Insgesamt (2+6+7+8)
	Licht	Industrie			Insgesamt an die Industrie (3+4+5)	Sonstiger technischer Bedarf	Straßenbahn	
		große	mittlere	kleine				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Moskau	82 209	120 165	13 723	6 740	140 628	1 177	42 763	266 777
Leningrad	46 682	56 024	11 367	10 360	77 751	1 993	26 398	152 824
Baku	7 310	siehe Rubrik 6			134 067	—	3 116	144 493
Balachna	2 890	„ „ 6			4 076	710	723	8 399
Kiselow	—	„ „ 6			1 261	—	—	1 261
Schterow	—	„ „ 6			5 815	—	—	5 815
In allen Unterwerken	139 091	siehe Rubrik 6			363 598	3 880	73 000	579 569

Der mittlere Brennstoffverbrauch (auf 7000 kg/kal bezogen) betrug in allen Werken im Berichtshalbjahre 0·92 kg je 1 kWh gegenüber 0·96 kg

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 73 und 1927, Das El.-Werk, S. 58.

Digitized by Google

im Halbjahre 1925/26. Einen auffallend geringen spezifischen Verbrauch von 0·74 kg weist das Überlandwerk Schatura auf, was sich durch einen überaus hohen Ausnutzungsgrad der Anlage, der in einzelnen Monaten des Halbjahres 86 vH erreichte, erklärt. Dieser niedrige spezifische Brennstoffverbrauch in einer Torfzentrale kann bloß infolge der weitgehenden Rationalisierung des Betriebes der wärmetechnischen Anlage stattfinden. In allen Überlandwerken ist die Herabsetzung des spezifischen Brennstoffverbrauches um durchschnittlich 4 vH trotz immerwährenden Schwierigkeiten in der Brennstoffbeschaffung erzielt worden, was darauf hindeutet, daß die Rationalisierung der Wärmewirtschaft dort gute Früchte trägt.

Es erübrigt noch das Bestreben hervorzuheben, hochwertige Brennstoffe durch minderwertige, darunter Kohle des Moskauer Reviers, Torf usw. zu ersetzen: So wurde 1925/26 an Naphtha (ohne die Kraftwerke Bakus zu zählen) 41·4 vH des gesamten verbrauchten Brennstoffes verheizt, im Berichtshalbjahre bloß 21·1 vH; mit Berücksichtigung Bakus bezw. 54·7 vH im Vorjahre gegenüber 38·3 vH im ersten Halbjahre 1926/27.

Ing. A. Brauner.

(Elektritschestwo, Nr. 7, 1927.)

Aus der Elektrizitätsversorgung Kanadas. Dem in „The Electrical Review" vom 29. Juli 1927 auszugsweise wiedergegebenen Bericht der Hydro-Electric Power Commission of Ontario für das am 31. Oktober 1926 endende Jahr sind folgende interessante Zahlen zu entnehmen: Die Gesamtleistung der der Kommission unterstehenden Anlagen ist rund 1 Mill. PS, wovon 522 790 PS allein auf das Queenston-Werk entfallen[1]), und auf die beiden anderen Niagarawerke 331 100 PS. Die Jahreserzeugung aller Anlagen war 3·6 Milliarden kWh, davon sind die drei Niagarawerke mit 3·17 Milliarden beteiligt. Da der von den eigenen Werken erzeugte Strom nicht ausreichte, wurden noch rund 193 Mill. kWh Fremdstrom bezogen. Eigen- und Fremdstrom zusammen sind gegen das Vorjahr um etwa 580 Mill. kWh gestiegen. Die eigenen Anlagen sind sehr stark in Anspruch genommen worden, so war im Queenstonwerk die größte Spitzenlast 525 469 PS. Die an die Niagarawerke angeschlossene Leistung ist um 45 000 PS gestiegen, daher wurde im Queenstonwerk ein neunter 62 000 PS-Satz aufgestellt. Die Niagaraanlagen versorgen jetzt etwa 170 städtische Netze und 70 ländliche Bezirke. Um den zunehmenden Kraftbedarf sicher decken zu können, ist mit der Gatineau Power Co. ein langfristiger Vertrag auf Lieferung von 260 000 PS aus einer Anlage in Quebec geschlossen worden[2]). Für die Übertragung dieser Leistung wird eine 220 kV-Leitung nach Toronto zum Anschluß an die eigenen Anlagen der Kommission gebaut. Neben den Anlagen am Niagara sind noch die an den Cameron-Fällen zu erwähnen, die in der Berichtszeit auf 75 000 PS ausgebaut wurden und fast 200 Mill. kWh lieferten. Besonderen Wert legt die Kommission auf die Erschließung der ländlichen Bezirke. Mit einem Aufwand von 4 Mill. Doll. wurden bisher 3700 km Leitungen in diesen Gebieten verlegt und die Zahl der Abnehmer beläuft sich auf fast 19 000. Insgesamt verfügte die Kommission am Jahresschluß über 5400 km Fernleitungen, darunter 1250 km für 110 kV. Am Schlusse des Berichtsjahres waren in den Anlagen der Kommission über 203 Mill. Doll. investiert. Hiezu kommt noch der Wert der städtischen Verteilungsnetze und anderer Anlagen mit fast 75 Mill. Doll. Die Einnahmen der Kommission für den verkauften Strom betrugen 20·5 Mill. Doll., die Ausgaben 15·7 Mill., die Einnahmen der von der Kommission versorgten Netze waren 22·7 Mill. und deren Ausgaben 21·5 Mill. Die Kommission verfügte über 24·75 Mill. Doll. Reserven, die angeschlossenen Netze über 30·7 Mill. Der Strompreis beträgt für 83 vH des verkauften Stromes für Wohnungsanlagen 1·9 cts/kWh und weniger, nur 2 vH wird zu einem höheren Preis als 7 cts. verkauft. 89 vH des sonst verkauften Lichtstromes haben einen Preis von höchstens 2·9 cts. kWh und bei drei Viertel des Kraftstromes wird das kW um 25 Doll./Jahr und weniger abgegeben.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 482; 1924, S. 674; 1928, S. 24.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 24.

Wasserkräfte und Wasserbauten.

Talsperrenmodellversuche sind nach A. Mesnager und I. Veyrier in kleinerem Maßstabe ausführbar, wenn statt Wasser eine n-fach dichtere Flüssigkeit, statt Beton ein m-fach schwächeres Material verwendet wird. Der Modellmaßstab der Verkleinerung stellt sich dann auf $1/nm$. Ist zum Beispiel für Quecksilber $n = 13·6$, für Gips nach entsprechender Erhärtungsdauer $m = 7·35$, so beträgt der Modellmaßstab $1/nm = {}^1/_{100}$. Die Kubatur des Modelles umfaßt dann nur 10^{-6} der tatsächlichen Ausführung, ist daher mit geringen Mitteln ausführbar. Auf diese Weise wurden bereits Vielfachbogenmauern und hintereinandergeschaltete Mauern mit Spiegelabstufung untersucht. β.

(Revue générale de l'électricité, Bd. 22, Nr. 17, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

20 000 kW Turbogenerator der Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. Von A. Risler. Der in einem Kraftwerk der Compagnie de Gaz in Lyon aufgestellte Satz läuft mit 3000 U/min. Die für Dampf von 12 atü und 300° bemessene Turbine ist zweigehäusig. Im Hochdruckteile sind neun voll beaufschlagte Gleichdruckstufen von 1·1 bis 1·24 m mittlerem Laufraddurchmesser vorhanden. Bei Belastungen über 16 000 kW (der wirtschaftlichsten Leistung) wird der dritten Stufe über ein vom Regler gesteuertes Ventil selbsttätig Frischdampf zugeführt. Für Überlast bis 25 000 kW kann auch noch durch ein von Hand betätigtes Ventil der vierten Stufe Frischdampf zugeführt werden. Der Niederdruckteil von der üblichen Zweiflußbauart mit zwei Abdampfstutzen umfaßt zwei Gleichdruckstufen von 1550 mm mittlerem Laufraddurchmesser und 413 mm Schaufellänge in der letzten Stufe. Der Dampf wird aus dem Hochdruckteil, den er bei 16 000 kW mit einem Druck von 0·35 ata verläßt, durch zwei zu beiden Seiten der Turbine unterhalb der Turbinenachse liegende Rohre in den Niederdruckteil geführt. Dadurch erspart man das Ausbauen der Rohrleitungen wie bei den meist verwendeten über den Turbinen geführten Überstromrohren, wenn die Gehäuse geöffnet werden sollen. Durch den großen Querschnitt der Abdampfstutzen (je 4 m²) und die dadurch bedingte geringe Dampfgeschwindigkeit beim Austritt aus der Turbine (80 m/sec bei 16 000 kW und 95·5 vH Luftleere im Kondensator) wird der Austrittsverlust auf ein Mindestmaß gebracht (0·5 vH bei den angegebenen Verhältnissen). Abgesehen von dem erwähnten selbsttätigen Überlastventil ist nur eine einfache Drosselregelung vorhanden, außerdem sind zwei Schnellschlußregler üblicher Bauart eingebaut. Für die Oberflächenkondensation sind eine Luftpumpe System Westinghouse-Leblanc, sowie eine Kühlwasser- und eine Kondensatpumpe vorhanden, die alle drei gemeinsam über ein Zahnradgetriebe mit der Übersetzung von rund 1 : 10 von einer 380 PS Dampfturbine mit einer zweikränzigen Geschwindigkeitsstufe und vier Druckstufen angetrieben werden. Diese Hilfsturbine läuft mit 4700 bis 5300 U/min und ihr Abdampf strömt unmittelbar in den Kondensator der Hauptturbine. Der mit der Turbine gekuppelte Drehstromerzeuger für 10 000 bis 11 000 V hat eine Normalleistung von 28 600 kVA. Die Kühlluft wird in geschlossenem Kreislauf durch den Stromerzeuger und den Kühler geleitet, der aus Rippenrohren von 18/20 mm Durchmesser besteht. Umfangreiche Versuche an dem Satz hatten folgende Ergebnisse: Bei Belastungen von 16 238, 10 210 und 6208 kW und bei Leerlauf war der auf die Garantiebedingungen (12 atü, 300° und Kühlwasser von 15° beim Eintritt in den Kondensator) umgerechnete Dampfverbrauch 4·956, 5·380 und 5·887

Digitized by Google

kg/kWh bezw. 8470 kg/h bei Leerlauf. Der thermodynamische Wirkungsgrad, bezogen auf die Dampfverhältnisse vor der ersten Stufe und jene im Kondensator wurde für die angegebenen Belastungen zu 82·55, 80·3 und 80·1 vH bestimmt. Bei einer Überhitzungstemperatur von 350° wäre demgemäß mit einem Wirkungsgrad zwischen 86 und 87 vH zu rechnen. Die Hilfsturbine leistete bei den angegebenen Belastungen etwa 330, 312 und 312 PS, die Luftleere im Kondensator war 95, 96·32 und 96·82 vH und bei Leerlauf 97·04 vH. Die Kühlwasserpumpe förderte 6·25, 6·445 und 6·2 t/h, das Kühlwasser wurde um 7·2°, 4·8°, 3·2° und 0·8° (bei Leerlauf) erwärmt. Die Eintrittstemperatur des Kühlwassers schwankte zwischen 19° und 12·6°. Im Luftrückkühler des Stromerzeugers wurde die mit 46 bis 51·3° eintretende Luft auf 23 bis 26·3° abgekühlt und hiebei zwischen 408 und 529 m³/h Kühlwasser um 1·3 bis 1·92° erwärmt. J.

(Bull. de la Société Alsacienne, 5. Jahrg., Nr. 20, 1927.)

Fortschritte auf dem Gebiete der Feuerungstechnik. In der ersten Oktober-Nr. 443 der „Elektrizitätswirtschaft" verweist K. Prantner, Berlin, auf die Verwendungsmöglichkeiten der Unterschubfeuerung, die in Amerika entwickelt wurde und jetzt auch in Deutschland Fuß zu fassen beginnt. Sie kommt nur für hochwertigen Brennstoff in Betracht, ist aber von der Sortierung der Kohle fast unabhängig. Die Rostbahn, die gegen den Aschenfall zu schwach geneigt ist, setzt sich aus einzelnen feststehenden Mulden zusammen, die beiderseits durch bewegliche Düsenbalken begrenzt werden. Die Kohle wird von einem wagrecht liegenden Stempel in die Mulden unter die glühende Schicht geschoben und dabei schon zum Teil vergast. Die flüchtigen Bestandteile eilen der Kohle gewissermaßen vor und werden in der Glühschicht gleichzeitig mit dem Koks verbrannt. Die Verteilung der Luftzufuhr unter den Rost kann durch mehrere Regelklappen der Belastung und dem Brennstoff angepaßt werden. Besondere Vorzüge dieser Feuerung sind: Große Leistungs- und Anpassungsfähigkeit, freie Wahl der Brennstoffsorten und die Möglichkeit, die Feuer tagelang in gedämpftem Zustand zu belassen, um sie bei Bedarf in wenigen Minuten wieder hochzubringen.

Bei den wassergekühlten Feuerräumen, die in Amerika immer häufiger und in immer größerem Umfange angewendet werden[1]), wurde, wie Dipl. Ing. Kaiser, Magdeburg, mitteilt, durch die Einführung der Mischbrenner, die eine kurze Flamme ermöglichen und der vorgewärmten Verbrennungsluft, welche die Zündung wesentlich verbessert, eine dauernde Verbesserung erzielt. Bei wassergekühlten Kesseln sinkt bei plötzlichem Abstellen der Brenner auch sofort der Wasserstand in den Trommeln (die dabei sogar leer werden können), weil kein wärmespeicherndes Mauerwerk vorhanden ist. Wird jetzt durch selbsttätige Speisung Wasser in den Kessel gefördert, so kann bei plötzlichem Einsetzen der Belastung der Wasserstand gefährlich hoch werden. Auch treten im Betrieb durch die Fallrohre zu den gekühlten Wänden starke Differenzen in den Wasserständen der einzelnen Trommeln auf. Bei Großrostfeuerungen wurde nach Dipl. Ing. Pradel, Berlin, durch Wirbelung der Rauchgase eine Leistungserhöhung erzielt[2]). Da sich bei größeren Rosten trotz richtiger Einstellung der Luftzufuhr doch unvollkommene Verbrennung einstellt, weil sich Löcher im Brennstoffbett bilden, hat man zunächst durch Einblasen von Oberluft über der Verkokungszone eine bessere Durchmischung der Rauchgase zu erreichen versucht. Zu einem guten Erfolg sind aber ziemlich beträchtliche Drücke notwendig, weshalb man zur Verwendung von reinen Dampfstrahlen an Stelle der Druckluftstrahlen übergegangen ist. Bei einer Doppeltreppenrostfeuerung wurde durch entsprechende Anordnung der Dampfdüsen eine korkzieherartige Form der Rauchgase über dem Brennstoffbett erreicht, wobei die Leistung des Kessels bei besserer Ausnützung der Kohle bis um 50 vH gesteigert werden konnte. Der Rauch war schwach durchsichtig, die Rückstände besser ausgebrannt und der CO_2-Gehalt um 2 bis 3 vH erhöht. Nach dem Vorbild des bekannten Bettington-Kessels wird ein neuer Kohlenstaubkessel angegeben, der aus zwei Untertrommeln, drei Obertrommeln und einem Dampfsammler besteht; er hat einen aus senkrechten Wasserrohren gebildeten vierkantigen Feuerraum, in dem die Flamme senkrecht aufsteigt, oben umkehrt und sich auf dem Rückwege selbst einhüllt. Im zweiten Zug, in dem auch der hängende Überhitzer untergebracht ist, steigen die Rauchgase wieder, fallen im dritten Zug und gelangen durch einen Luftvorwärmer in den Rauchkanal. Dadurch, daß sich die Flamme im eigentlichen Brennraum selbst einhüllt, wird es möglich, daß noch verhältnismäßig gasarme Brennstoffe sicher zünden. Die Schlacke kann sich erst an der zweiten Umkehrstelle der Flamme, vor dem Eintritt in die Wasserrohre, ausscheiden, also in einer an und für sich kühlen Zone. Zur Verhütung von Braunkohlenstaubbunkerbränden sind nach Dipl. Ing. H. Müller, Bitterfeld, Aufwirbelungen von Staub möglichst zu vermeiden; ferner wird empfohlen, Temperaturmeßanlagen einzubauen und bei Stillegung des Betriebes die Bunker vollständig zu entleeren. Bei Anzeichen von Selbstzündung ist es vorteilhaft, die Staubmengen zur Abdichtung mit Kohlensäure zu übergießen. Überhaupt sollen Kohlenstaubbunker möglichst luftdicht abgeschlossen werden. Nach Versuchen konnte ein brennender Bunker durch vollständigen Luftabschluß in vier Stunden gelöscht werden. Auch bei den Elektrofiltern von Mahlanlagen sind durch Brückenbildung zwischen Sprühkette und Erdplatte Brände aufgetreten. In einem Elevatorschacht trat durch Funkenreißen der Elevatorketten auf den Rillenscheiben ein Brand auf. Stip.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 835; 1927, S. 826; vgl. a. Das Elektrizitätswerk 1925, S. 239; 1926, S. 64.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 621.

Wasserturbinen, Windmotoren.

Die Energiegewinnung bei Windkraftmaschinen. Wird nach A. Betz, Göttingen, dem Winde mit der Geschwindigkeit v eine Fläche F winkelrecht entgegengestellt, so beträgt der Winddruck

$$W = c_w \frac{\varrho}{2} F v^2,$$

wobei c_w die Widerstandsziffer, ϱ die Luftdichte ist. Wird hiebei die Fläche F mit der Geschwindigkeit v' weitergeschoben, so verringert sich W auf

$$W' = c_w \frac{\varrho}{2} F (v - v')^2.$$

Die vom Wind geleistete Arbeit ist

$$L = W' v' = c_w \frac{\varrho}{2} F (v - v')^2 v'.$$

Sie wird ein Maximum für $v' = \frac{v}{3}$. Es ist

$$L_{max} = \frac{4}{27} c_w \frac{\varrho}{2} F v^3.$$

Um diesen Wert zu vergrößern werden rotierende Flügel statt der Flächen verwendet. Ist u (Abb. 1) die Umfangsgeschwindigkeit der Flügel mit der Fläche F, v die hiezu winkelrechte Windgeschwindigkeit, c demnach im Sinne der Abb. die Relativgeschwindigkeit der Luft gegenüber dem Flügel, $A = c_a \frac{\varrho}{2} F c^2$ der Auftrieb,

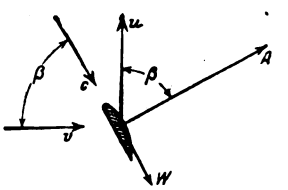


Abb. 1. Geschwindigkeits- und Druckverhältnisse am Windradflügel.

$W = c_w \frac{\varrho}{2} F c^2$ der Rücktrieb des Flügels, so wirkt in

Digitized by Google

Richtung der Geschwindigkeit u die Umfangskraft

$$U = A\cos\beta - W\sin\beta = A\cos\beta\,(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta),$$

wobei $\varepsilon = \frac{W}{A}$ die sogenannte Gleitzahl des Flügels ist.

Die erzielte Nutzleistung

$$L = U\,u = A\,u\cos\beta\,(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta).$$

Die in Windrichtung fallende Schubkraft

$$S = A\sin\beta + W\cos\beta = A\sin\beta\,(1 + \varepsilon\,\mathrm{cotg}\,\beta);$$

daher die vom Winde abgegebene Leistung

$$Lw = S\,v = A\,v\sin\beta\,(1 + \varepsilon\,\mathrm{cotg}\,\beta).$$

Mit $v\sin\beta = u\cos\beta$ ist der Wirkungsgrad des Windrades

$$\eta = \frac{L}{Lw} = \frac{1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta}{1 + \varepsilon\,\mathrm{cotg}\,\beta} = \frac{1 - \varepsilon\frac{u}{v}}{1 + \varepsilon\frac{v}{u}}.$$

Es ist $\varepsilon = 0{\cdot}01$ bis $0{\cdot}02$ je nach der Güte der Flügel. $\frac{u}{v}$ wird, bezogen auf die Flügelspitzen, mit ein bis zwei bei langsam laufenden Rädern mit vielen Flügeln, mit zwei bis drei bei mittleren Verhältnissen mit meist vier Flügeln, mit drei bis vier bei Schnelläufern mit zwei Flügeln angenommen. Man erhält daher bedeutend günstigere Verhältnisse, wie bei der einfachen, dem Winde entgegengestellten Platte. β.

(Die Naturwissenschaften, 15. Jahrg., Heft 46, 1927.)

Turbinenbremsung. Nach G. E. Haggas wurde im West Buxton Kraftwerk am Sacco-River eine sechsflügelige 3·35 m-Propellerturbine von 5400 PS bei 8·1 m Gefälle und 120 U/min nach drei Betriebsmonaten gebremst. Bei Ermittlung des Gefälles wurde dem Höhenunterschiede von Ober- und Unterspiegel die Geschwindigkeitshöhe im Obergraben zugezählt, jene im Untergraben abgezogen. Die Wassermenge wurde nach dem Allen'schen Verfahren[1]) bestimmt. Bei 80 bis 82 vH Leitschaufelöffnung wurde ein günstigster Wirkungsgrad von 92·1, bei Vollbelastung ein solcher von 87·1 vH erreicht. Die Kosten der Bremsung betrugen einschließlich aller Anschaffungen an Bottichen, Mischgefäßen, einschließlich aller Montage- und Demontagekosten 4000 Dollar. Es wurden insgesamt 1400 kg Steinsalz verbraucht, da während der Messung 313 Salzwolken zu erzeugen waren, um die Wirkungsgrade zwischen Leerlauf (40 vH Beaufschlagung) und Vollbelastung in 23 Meßpunkten zu bestimmen.

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 15, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Einlagenhohlleiter für höchste Spannungen. Von Dahl, Mannheim. Für Spannungen von 220 kV kommen zur Stromfortleitung Hohlseile in Betracht, da diese bei großem Außendurchmesser zur Vermeidung von Glimmverlusten eine wirtschaftliche Ausnutzung des Baustoffes und genügende Festigkeit verbürgen. Für den Bau der 220 kV Leitung des rheinisch-westfälischen Elektrizitätswerkes, die später mit 380 kV betrieben werden kann, wurden zwei Bauarten eines solchen Seiles verwendet. Beide benützen einen Mantel, der aus zwei Lagen von 24 und 18 Kupferleitern von sektorähnlichem Profil in Gegenschlag angeordnet, besteht. Innen befindet sich eine Stützung, die bei der Bauart der SSW aus einem hochkant spiralig gewundenen, gewelltem Kupferblech mit einer Breite gleich dem Innendurchmesser des Mantels, bei jener des RWE aus einer T-förmigen Spirale besteht. Der Außendurchmesser des Seiles beträgt 42 mm, der Gesamtquerschnitt 400 mm². Diese Bauarten haben aber Nachteile. Da die einzelnen Drähte nicht mathematisch genau gezogen werden können, verschieben sie sich unter Umständen unter dem Einfluß einer Zugbeanspruchung ein wenig in radialer Richtung und üben somit einen Druck auf die Innenstützung aus, entlasten sie also nicht, wie vielfach angenommen wird. Da die Drähte lose nebeneinander liegen, ist es auch unmöglich, sie mit genau der gleichen Spannung zu schlagen. Durch die Verschiedenheit der Zugbeanspruchungen beider Lagen auf der Trommel können Verdrehbeanspruchungen auftreten. Beide Erscheinungen bewirken, daß die Gesamtbruchfestigkeit nicht die Summe der Einzelbruchfestigkeiten erreicht. Als ideales Hohlseil könnte, wenn es die Erzeugungsverfahren gestatten würden, ein glattgezogenes Rohr von mindestens 1 km Länge gelten. Diesem Idealfall kommt ein vom Hedderheimer Kupferwerk hergestelltes Einlagenhohlseil ohne Innenstützung nahe. Es besteht aus 12 Profildrähten, die mit Feder und Nut ineinandergreifen, sich so gegenseitig stützen und eine gleichmäßige Beanspruchung der einzelnen Drähte gewährleisten. Den auftretenden Verdrehkräften wurde durch richtige Wahl der Schlaglänge, des Widerstandsmomentes der Einzeldrähte und ihrer Ineinanderfügung begegnet. Die Vorteile dieser Bauart ermöglichen ein einfaches Anbringen der Armaturen, bewirken eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Druckbeanspruchungen, was bei der Abspannung des Seiles von Wichtigkeit ist, und ergeben eine Bruchfestigkeit von fast 100 vH der Summe der Einzelbruchfestigkeiten. Während bei Doppellagenseilen zur Vermeidung von Verdrehbeanspruchungen eine kurze Schlaglänge gewählt werden muß, und daher härtere Drähte, die aber wieder spröder sind, genommen werden müssen, entfällt dieser Nachteil beim Einlagenhohlseil, das infolge seines Aufbaues mit großen Schlaglängen ausgeführt werden kann. Weiters ermäßigt sich das Gewicht um rund ein halbes Kilogramm je m Länge und die Erzeugungskosten um 10 bis 15 vH. Die Widerstandsfähigkeit gegen Druck ist besonders bei der Montage sehr wichtig, da zum Beispiel bei Doppellagenhohlseilen Brüche der Innenstützung vorgekommen sind, worauf sich die einzelnen Seile übereinanderschoben. V. H.

(Bull. schw. Elektr. Verein, Bd. 18, Heft 17, 1927).

Leistungsverluste in Stahl-Aluminium-Hohlseilen. Von Spielhagen. In Fortsetzung der Versuche an Stahlaluminium-Vollseilen[1]) wurden Untersuchungen an Hohlseilen angestellt, und zwar an einem einlagigen Hohlseil: Stahlseil 18 Drähte zu 1·8 mm Durchmesser und 29 Aluminiumformdrähte mit rechteckigem Querschnitt von 6 mm² bei 255 mm Schlaglänge und an einem doppellagigen Seil mit derselben Stahlseele und 32 + 35 Formdrähten mit 515 und 390 mm entgegengesetzt gerichteten Schlaglängen. Die Aluminiumlagen wurden durch ein Aluminiumband, das hochkant schraubenförmig um die Stahlseele herumlief, getragen, ähnlich wie beim Kupferstahlseil der 220 kV Leitung des RWE. (Der Gesamtaußendurchmesser ist leider nicht angegeben, dürfte aber 42 mm betragen.) Zur Messung wurde aus dem Seil eine lange Schleife gebildet, zur Vermeidung von Fehlerfeldern wurde ein Kupfervollseil als Rückleitung genommen. Bestimmt wurden die Verluste bei Wechselstrom und bei Gleichstrom und daraus das Verhältnis der Widerstände; die wichtigsten Angaben sind in der Zusammenstellung wiedergegeben.

Seil	Amp.	$R_w : R_g$ bei den Per/s		
		25	50	250
St-Al, einlagig	50	1·009	1·029	1·224
	175	1·015	1·038	1·327
	200	1·020	1·040	—
St-Al, doppellagig	50	1·012	1·009	1·086
	200	1·022	1·021	1·150
	400	1·024	1·030	—
Vollkupferseil	50	1·004	1·004	1·148
	200	1·011	1·011	1·230
	400	1·018	1·025	—

Bei den niedrigen Frequenzen ist die Widerstandserhöhung durch Stromverdrängung zu vernach-

[1]) E. u. M. 1925, Seite 144; 1926, Seite 172.

[1]) E. u. M. 1926, S. 670.

Digitized by Google

lässigen, die Verluste setzen sich hauptsächlich aus den Eisenverlusten, Ummagnetisierungs- und Wirbelstromverlusten zusammen. Hiezu kommen noch Wirbelstromverluste in der Tragschraube und den Aluminiumlagen. Die geringe Erhöhung der Verluste beim einlagigen Seil gegenüber dem Kupferseil deutet, da das Stahlseil normale Hysteresisschleife zeigt und also nicht unmagnetisch ist, auf ein geringes Längsfeld hin, was daraus zu erklären ist, daß die Aluminiumlagen enge an die Schraube gepreßt sind, wozu noch der gegenläufige Drall der Schraube hinzukommt. Auch beim doppellagigen Hohlseil ist die Längsmagnetisierung infolge der gegenläufigen Lage der Leiter und damit die Erhöhung der Verluste sehr gering. Bei höherer Frequenz ergeben sich die höchsten Werte beim einlagigen Seil, da außer den mit der Frequenz zunehmenden Eisenverlusten die Widerstandszunahme durch Stromverdrängung infolge des verhältnismäßig großen Drahtquerschnittes von 6 mm² am größten ist. Beim doppellagigen Hohlseil sind die Ummagnetisierungsverluste infolge des gegenläufigen Dralles der Leiter und des dadurch fast aufgehobenen Längsfeldes im Inneren des Seiles vernachlässigbar klein, so daß hier eine Widerstandserhöhung bei Wechselstrom neben den geringen Wirbelstromverlusten in der inneren Lage lediglich infolge der zunehmenden Stromverdrängung stattfindet. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 43, 1927.)

Das Tiefkyan-Verfahren für Fichten- und Tannenholz. Ing. W. Kinberg. Beim gewöhnlichen Kyanverfahren[1]) dringt die Quecksilberchloridlösung nur etwa 5 mm tief ins Holz ein. Der Verfasser hat sich schon im Jahre 1910 bemüht, eine tiefer reichende Kyanisierung von Fichten und Tannen durch Verwendung starken Druckes zu erreichen, doch gelang es selbst mit 60 at Druck nur, die Tränkflüssigkeit wenige Millimeter tief einzupressen. In den Jahren 1915 bis 1917 wurden zahlreiche Versuche zur besseren Aufnahme des Sublimates[2]) bei der Trogtränkung ausgeführt. Hierbei wurde das Holz mit chemischen Lösungsmitteln zuerst gedämpft und im warmen Zustande in die Tröge gebracht, die dann eingelassene Lauge erwärmt sich bis zu 80° C und wird vom Holz aufgesogen. Es wurde hiedurch eine gleichmäßige Tiefenimprägnierung von 30 bis 40 mm erhalten. Durch eine Reihe von Versuchen wurden die günstigsten Bedingungen für das neue Verfahren ermittelt. Das Maximum der Aufnahme an Sublimatlösung ergab sich zu 70° C, die Bildung von Kalomel und Quecksilberoxyd, die unerwünscht ist, ist am geringsten zwischen 50 bis 80°. Da die Temperatur der Lauge bei Beendigung der Tränkung nicht unter 40° sinkt, so erscheinen die im Betriebe auftretenden Temperaturen als zweckentsprechend. Die Bruchfestigkeit der so behandelten Stangen erleidet keinen Verlust. Durch das Verfahren wird mehr Sublimat dem Holze zugeführt und in tieferliegende Holzschichten verteilt. N o w.

(Ing. Ztschr. (Teplitz-Sch.) Jahrg. 2, H. 15.)

Energiewirtschaft.

Die Abzahlungsgeschäfte der deutschen Elektrizitätswerke. Über die Rateninstallation der Wiener städt. Elektrizitätswerke und die hiebei erzielten Erfolge hinsichtlich Steigerung des Anschlußwertes unter gleichzeitiger Verbesserung des Belastungsdiagrammes wurde kürzlich hier berichtet[3]). Es mag daher von Interesse sein, in welcher Weise die größeren deutschen Elektrizitätswerke die Ratengeschäfte abwickeln und welche Erfolge sie hiebei erzielten[4]). Aus einer Rundfrage der Vereinigung der Elektrizitätswerke an ihre Mitglieder ergab sich, daß von 152 Werken 100 irgend ein Teilzahlungssystem eingeführt haben, wovon wieder über 50 mit den konzessionierten Elektrikern und Händlern arbeiten. Die bisherigen Erfahrungen sind durchwegs gute, bloß in der Landwirtschaft sind mäßige oder schlechte Erfolge zu verzeichnen, weil die ländliche Bevölkerung meist nur kurze Zeit nach der Ernte über bares Geld verfügt und ihr mit langfristigen Krediten mehr denn mit einer Ratenzahlung geholfen ist. Es ist daher begreiflich, daß beispielsweise in Sachsen die Eltgas G. m. b. H. Kredite unter gewissen Kautelen nicht nur Betrieben des Handwerkes und der Industrie, sondern auch Betrieben der Landwirtschaft gewährt. Nach den bisherigen Erfahrungen im Deutschen Reich betragen die Teilzahlungsgeschäfte der Elektrizitätswerke zirka 1 Mk. je 100 kWh nutzbarer Energieabgabe pro Jahr, so daß schon einem mittleren Kraftwerk ein Kapital von mehr als 1 Mill. Mk. und einem Großkraftwerk wie Berlin ein Vielfaches dieses Betrages zur Verfügung stehen muß. Es ist also ohne weiteres einzusehen, daß die meisten Elektrizitätsunternehmungen mit einem oder mehreren Kreditinstituten arbeiten. Da sich die Banken mit geringen Provisionen zu begnügen scheinen, ist es möglich, zwischen Barzahlungspreis und Teilzahlungspreis äußerst geringe Unterschiede zu machen. Die meisten deutschen Werke rechnen für Zinsen und Risiko nur 0·5 bis 1 vH je Monat, 20 Werke heben sogar überhaupt keine Zuschläge ein und 16 berechnen nur Zinsen ohne einen Risikozuschlag. Die Einrechnung eines solchen bei richtiger kaufmännischer Führung ist übrigens ziemlich überflüssig; beispielsweise brauchte die Bewag bisher bloß 1·1 vT all ihrer Teilzahlungsgeschäfte durch ihre juristische Abteilung verfolgen zu lassen.

Was den Gegenstand der Teilzahlungsgeschäfte betrifft, sind zwischen den reichsdeutschen Unternehmungen und den Wiener städt. Elektrizitätswerken kaum wesentliche Unterschiede anzuführen. Hier wie dort hat man vorläufig etwa fünf Arten von Ratengeschäften zu unterscheiden: Landwirtschaft, Haushaltungsapparate und Beleuchtungskörper, Motoren und Wohnungsinstallationen. Was den wichtigsten Teil der Ratengeschäfte, die Haushaltapparate und Beleuchtungskörper, betrifft, so ist zu betonen, daß durch deren Massenverbreitung im Wege des Teilzahlungssystems eine gewaltige Popularisierung der Elektrizität erfolgte und daß die Elektrizitätswerke eben nur mit Hilfe eines entsprechenden Stromabsatzes bei der minderbemittelten Bevölkerung im Vereine mit einer günstigen Tarifpolitik jenen ungeahnten Aufstieg nehmen konnten, den sie eben in den letzten beiden Jahren nachzuweisen in der Lage sind. In allerletzter Zeit ist nun auch noch eine intensive Werbetätigkeit für solche Apparate aufgenommen worden, welche den Nachtstrom nutzbar machen und damit die unangenehmen Belastungstäler des Stromdiagrammes heben sollen. Bei uns wie auch in Deutschland konnte hier weder mit Krediten, noch mit Teilzahlungsgeschäften allein geholfen werden; tarifarische Maßnahmen erwiesen sich als notwendig und erweckten förmlich über Nacht das Interesse. Die Bewag verrechnet zum Beispiel für Nachtstrom nur 8 Pfg. statt 16 Pfg. Arbeitsgebühr je kWh und hebt außerdem für den notwendigen zusätzlichen Zähler keine Grundgebühr ein. Den selben Tarif haben auch die Neckarwerke in Eßlingen, welche überdies noch den Strom bis zur vollständigen Bezahlung des Apparates (Warmwasserspeicher, Kartoffeldämpfer usw.) zum Selbstkostenpreis verrechnen, so daß der Abnehmer den bezogenen Apparat tatsächlich nur mit etwa 70 vH bezahlen soll. Die Wiener städt. Elektrizitätswerke bringen wie bekannt einen noch weit niedrigeren Tarif für Speicherstrom zur Verrechnung, nur 7 g je kWh, welcher in gewissen Fällen sogar noch weiter rabattiert wird. Teilweise verschiedene Wege gehen die einzelnen Unternehmungen bei Wohnungsinstallationen und Hausanschlüssen. Es werden sehr häufig Installationskredite gegeben, was sich sogar als besonders vorteilhaft erwies, da auf diese Weise viele Installationsarbeiten auch in den Sommermonaten ausgeführt werden konnten. Seit einem halben Jahr — die Hamburger Elektrizitätswerke gehen diesen Weg schon länger — hat die Bewag das Kreditsystem

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 249; 1921, S. 459.

[2]) Vgl. E. u. M. 1915, S. 565; 1916, S. 461.

[3]) Siehe A. Velisek, E. u. M. 1927, „Das Elektrizitätswerk", Heft 9, S. 76.

[4]) Frankfurter Zeitg., 22. September 1927.

Digitized by Google

bei steigender Inanspruchnahme auch auf die Hausanschlüsse ausgedehnt. Die Wiener städt. Elektrizitätswerke haben hingegen auch bei elektrischen Wohnungsinstallationen wie auch bei Ausführung von Steigleitungen und Hausanschlüssen das Teilzahlungssystem, ähnlich wie bei den Haushaltgeräten, eingeführt und haben dieses nach Neuorganisation im Jahre 1925 weitgehendst ausgebaut.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Einführung der Teilzahlungsgeschäfte in Deutschland überaus befruchtend auf Industrie und Gewerbe gewirkt hat; das geäußerte Bedenken, daß hierdurch das schon bestehende Bargeschäft lediglich in ein Kreditgeschäft umgewandelt wird, hat sich als vollkommen unbegründet erwiesen, denn der Umfang der Bargeschäfte ist nicht zurückgegangen, ja es konnten sogar im Gefolge der Teilzahlungsgeschäfte sehr häufig auch neue Bargeschäfte abgeschlossen werden. Und noch eine angenehme Erscheinung zeigte sich: die Beschäftigung der Elektrohändler und der Industrie hat sich gleichmäßiger über das Jahr verteilt, indem seither in den sonst ruhigeren Sommermonaten rege Tätigkeit herrscht. Für die stromliefernden Unternehmungen aber hatten die geschilderten kaufmännischen Maßnahmen im Vereine mit einer günstigen, den Umständen angepaßten Tarifpolitik zur Folge, daß eine starke, andauernde Anschlußbewegung einsetzte. So hatten beispielsweise die Berliner Elektrizitätswerke Ende 1926 bereits 442 000 Konsumenten mit insgesamt 717 Mill. kWh bei einer Spitzenleistung der Kraftwerke im Dezember von 300 000 kW zu beliefern, während Ende 1923 nur 216 000 Konsumenten insgesamt 436 Mill. kWh pro Jahr bei einer Spitzenlast der Kraftwerke von 121 000 kW konsumierten. Es hat sich also die Abnehmerzahl in drei Jahren um mehr als das Doppelte vergrößert, wobei die jährlich abgegebene Nutzenergie um 65 vH und die maximale Stromspitze im Winter um das $2^1/_2$-fache gestiegen sind. Daß schließlich die Berliner Elektrizitätswerke mit dieser gewaltigen Energieerzeugung hinsichtlich der absoluten Größe an erster Stelle, die Wiener städt. Elektrizitätswerke erst an zweiter Stelle stehen, ist selbstverständlich; gerade deshalb ist es aber bemerkenswert, daß die Elektrizität in Wien weit volkstümlicher ist und daß ein weit größerer Prozentsatz der Wiener Wohnungen elektrifiziert ist als in Berlin, was schon daraus hervorgeht, daß das kleinere Wien am Ende des Jahres 1926 um fast 60 000 Konsumenten mehr hatte[1]). Dr. Vel.

Der Zusammenschluß der süddeutschen Kraftwerke. Die Generalversammlung der Württembergischen Landeselektrizitäts-A.-G. (WLAG) hat im Herbst 1927 eine Kapitalserhöhung um 5 Mill. Mk. beschlossen, die ausschließlich zum Neubau einer 100 kV-Leitung von Obertürkheim (Stuttgart) nach Pforzheim dienen soll. Damit wird die Verbindung der badischen und bayrischen Werke über Württemberg hergestellt sein, so daß in den drei Ländern 600 000 kW elektrische Maschinenleistung auf ein gemeinsames Netz von 1600 km Länge arbeiten wird. Die Übertragungsfähigkeit der geplanten Verbindungsleitung wird 60 000 kW betragen; die Leistung des Unterwerkes Obertürkheim soll daher durch Aufstellung eines 30 000 kVA Dreiwicklungstransformators auf 65 000 kVA erweitert werden und daselbst eine Lastverteilerstelle errichtet werden. Die Kosten der zu errichtenden Anlagen und der Verbesserung der bestehenden sind mit 2·3 Mill. Mk. veranschlagt. —dl—.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 27, Nr. 449, 1928.)

Patentbericht.

Quecksilberdampfgleichrichter.

(Fortsetzung aus Heft 6, Seite 136.)

Parallelschaltung von Gleichrichtern.

Bei Metalldampfgleichrichtern, die aus Drehstromnetzen gespeist werden, sucht man im allgemeinen die Phasenzahl des dem Gleichrichter zugeführten Wechselstromes durch entsprechende Schaltung des Transformators nach Möglichkeit zu erhöhen, damit einerseits Gleichstrom von möglichst geringer Welligkeit erzeugt wird, und andererseits die Ströme auf der Primärseite des Transformators möglichst sinusförmig sind. Eine Erhöhung der Phasenzahl des Wechselstromes hat aber den Nachteil, daß die Transformatoren, die Gleichrichter und die Leitungen zwischen Transformatoren und Gleichrichtern komplizierter werden. Wenn die Mehrphasenströme für die verschiedenen Gleichrichter in einem gemeinsamen Transformator erzeugt werden, kann nach einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, eine Vereinfachung der Leitungsführung erreicht werden, wenn die einzelnen Gleichrichter mit Mehrphasenströmen gespeist werden, deren Phasenlage sich aus der Wahl kurzer und einfacher Stromzuleitungen zu den Anoden des Gleichrichters unter Hintansetzung der Phasensymmetrie der den einzelnen Gleichrichtern zufließenden Anodenströme ergibt. Denn die Anordnung der Phasenendpunkte auf den verschiedenen Säulen des Transformators bedingt eine bestimmte Reihenfolge der Klemmen des Transformators. Es müssen bei symmetrischer Speisung unter Umständen Klemmen, die ganz an dem einen Ende des Transformators liegen, mit dem Gleichrichtergefäß verbunden werden, das auf der anderen Seite des Transformators steht. Nun ist die Verteilung der Phasen des speisenden Mehrphasennetzes auf die Anoden der einzelnen Gleichrichtergefäße für das richtige Arbeiten der Gleichrichter ganz belanglos. Nach der Erfindung sollen daher die Phasen ganz ohne Rücksicht auf die Lage der Spannungen im Vektordiagramm und nur mit Rücksicht auf eine möglichst einfache Leitungsführung auf die Anoden der einzelnen Gleichrichtergefäße verteilt werden, so daß die einzelnen Gleichrichter oder Gleichrichtergruppen mit unsymmetrischen Mehrphasensystemen gespeist werden.

(Ö. P. Nr. 103676.)

Beim Parallelschalten zweier Gleichrichtersysteme besteht die Gefahr, daß das eine der beiden Systeme die ganze Leistung übernimmt, das andere dagegen nicht anspricht. Man verhindert diese Erscheinung zum Beispiel durch Anodendrosselspulen, die etwa auf einem Eisenkern zwei von den Strömen zweier parallel geschalteter Anoden durchflossene Wicklungen tragen, die so geschaltet sind, daß ihre Amperewindungen bei gleicher Belastung der beiden Anoden sich aufheben. Sind nun die beiden parallel arbeitenden Gleichrichtergruppen durch Saugdrosselspulen gekoppelt, so ist das Hinzufügen von Anodendrosselspulen nachteilig und störend. Gemäß einer Erfindung der vorgenannten Firma wird die ohnehin vorhandene Saugdrosselspule besonders ausgebildet, wodurch ein Parallelarbeiten der beiden Gleichrichtergruppen auch bei den kleinsten in Betracht kommenden Spannungen derart stattfindet, daß eine gewünschte Verteilung der Gesamtleistung auf die beiden Systeme besteht. An Stelle zweier dreischenkeliger Anodendrosselspulen und einer zweischenkeligen Saugdrosselspule wird eine dreischenkelige oder mehrschenkelige Saugdrosselspule verwendet. Jedes der beiden Gleichrichtersysteme ist in zwei symmetrische Gruppen unterteilt, und die zu jeder Gruppe gehörenden Transformatorsekundärwicklungen werden in Stern geschaltet. Die so erhaltenen vier Systemnullpunkte werden über Spulen der Saugdrosselspule miteinander verbunden. Die aus den Nullpunkten desselben Systems fließenden gleichgerichteten Ströme erregen sämtliche Schenkel der Saugdrosselspule im gleichen Sinn. Der magnetische Fluß der zu irgendeiner Gruppe gehörigen Wicklungen ist mit den Wicklungen der gleichphasigen Gruppe des anderen Systems nur zum Teil verkettet.

(D. R. P. Nr. 435360.)

Es ist eine Schaltung für parallelarbeitende Gleichrichter, die von besonderen Sekundärwicklungen eines Transformators gespeist werden, bekannt geworden, bei der die Anoden der Gleichrichter derart an die einzelnen Teile der besonderen Sekundärwicklungen angeschlossen sind, daß die gleichzeitig stromführenden Sekundärwicklungsteile in ihrer Gesamtheit über die

[1]) Vgl. W. Majerczik, E. u. M. 1927, Seite 819 ff.

Digitized by Google

ganze Primärwicklung gleichmäßig, und zwar so verteilt sind, daß eine vollkommene Kompensation der primären Amperewindungen stattfindet. Diese Schaltung dient dazu, die Stromaufnahme des Gleichrichter gleichmäßig zu gestalten, indem bei geringerer Stromaufnahme eines der gespeisten Gleichrichter die Kompensation der primären Amperewindungen durch die zugehörigen Sekundärwicklungen aufhört, und das sich hiedurch im Transformator ausbildende Streufeld die Spannung an den voll arbeitenden Gleichrichtern vermindert, während die Spannung an dem Gleichrichter mit verringerter Stromaufnahme erhöht wird. Dem Vorteil der gleichmäßigen Stromaufnahme steht aber der Nachteil gegenüber, daß man, ohne den Betrieb der anderen Gleichrichter zu stören, keinen der Gleichrichter abschalten kann, da dies für die verbleibenden Gleichrichter einen großen Spannungsabfall zur Folge hätte. Man hat deshalb die Gleichrichter in Gruppen angeordnet und jede Gruppe von einem besonderen Transformator gespeist. Die Gleichrichter wurden dann gruppenweise zu- oder abgeschaltet und die Zahl der Transformatoren war dann gleich der Zahl der Gleichrichtergruppen. Die Erhöhung der Transformatorzahl läßt sich nun durch eine besondere Anordnung der Wicklungen auf einem allen Gruppen gemeinschaftlichen Transformator vermeiden. Nach der Erfindung der Firma Österreichische Brown, Boveri-Werke A.-G. in Wien wird jeder Gruppe eine Primärwicklung zugeordnet; alle Primärwicklungen sind auf den Schenkeln des Transformators nebeneinander angeordnet und parallel an das Primärnetz angeschlossen, wobei die Sekundärwicklungen, welche die Gleichrichter einer Gruppe speisen, der zugehörigen Primärwicklung derart gegenüber gestellt sind, daß in an sich bekannter Weise die gleichzeitig stromführenden Sekundärteile jeder Gruppe in ihrer Gesamtheit über die zugehörige Primärwicklung gleichmäßig, und zwar so verteilt sind, daß eine vollkommene Kompensation der primären Amperewindungen stattfindet. (Ö. P. Nr. 105980.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

10. Hauptversammlung der Brennkrafttechnischen Gesellschaft.

In der am 6. Dezember 1927 in Berlin abgehaltenen Versammlung sprach als erster Geheimer Regierungsrat Dr. Zetzsche, Berlin, über „Welterdölpolitik". Die Welterdölförderung hat sich seit dem Jahre 1913 bis zum Jahre 1926 fast verdreifacht. Für das Jahr 1927 ist noch mit einer weiteren Steigerung von etwa 12 vH zu rechnen. Von der Welterdölförderungsmenge des Jahres 1926 entfallen etwa 20 vH auf Benzin, 10 vH auf Leichtöl, 14 vH auf Schmieröl und etwa 55 vH auf Gas- und Heizöl. Amerika ist mit 70·7 vH, Mexiko mit 8·2 vH, Rußland mit 5·5 vH, Venezuela mit 3·4 vH, Persien mit 3·2 vH, Rumänien mit 2·1 vH und Holland mit 2 vH beteiligt, Deutschland nur mit 0·06 vH (95 000 t). Der Bedarf Deutschlands an Mineralölen von etwa 2 Mill. t im Jahre, muß zu etwa 75 vH durch Einfuhr aus dem Auslande gedeckt werden. Auf den Kopf der Bevölkerung entfallen von dem Welterdölverbrauch im Jahre in Deutschland 11 l, in Frankreich 60, in England 100 und in den Vereinigten Staaten 860 l.

Der Welterdölmarkt wird hauptsächlich von fünf Gruppen beherrscht, dem Standard Oil Trust in Amerika, dem Royal Dutch Shell Konzern in London, der Anglo-Persian Oil Company in London, dem russischen Naphthasyndikat in Moskau und von einer Gruppe von elf sogenannten „unabhängigen" Ölkonzernen in Amerika. Im weiteren Verlauf seiner Darlegungen besprach nun der Vortragende die aus dem Wettbewerb dieser Gruppen sich ergebenden wirtschaftlichen und politischen Fragen[1]) und die Bestrebungen verschiedener Länder, sich von diesen Gruppen unabhängig zu machen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 60.

Ein weiterer Vortrag von Wa. Ostwald über die Kraftstoffe des Verkehrs, ihre Beschaffung und die wirtschaftliche Bedeutung der Druckerhöhung, beschäftigte sich zunächst mit der Beschaffung der Kraftstoffrohenergie, welche leider erst nur zum kleinen Teil (Spiritus) aus täglich fließender Energie, in überwiegendem Maße aus Sonnenenergievorräten vergangener Zeiten (Braunkohle, Steinkohle, Erdöl), geschieht. Im übrigen haben die neuen Kraftstoffumwandlungsverfahren Freiheit und Unabhängigkeit gebracht, so daß fast jede Rohenergie grundsätzlich verwendbar ist. Sparsamkeit mit den Rohstoffen empfiehlt sich, so daß unter anderem die Verheizung von Öl unter Dampfkesseln als verschwenderisch erscheint. Anschließend wurde die Verarbeitung der Rohkraftstoffe in Gebrauchskraftstoffe und deren Verwendung in den Verbrennungskraftmaschinen für Fahrzeuge besprochen.

Nach einem weiteren Vortrag von Wilamowitz-Moellendorff, „Der Luftverkehr und seine Anforderungen an die Brennstoffversorgung" sprach zum Schlusse Dr. Faber über „Die Einstellung der deutschen Kohlenwirtschaft auf die Versorgung des Verkehrs mit Brennkraftstoffen". Auch in diesem Vortrage wurde auf die Wichtigkeit der Ölversorgung und die Bedeutung der Kohleverflüssigung hingewiesen.

Ing. Carlo Bonomi, dessen Name weit über die Grenzen seines Vaterlandes gedrungen ist, wurde im 50. Lebensjahre plötzlich aus einem arbeitsreichen Leben herausgerissen. Geboren im Jahre 1877 in Verona, studierte er an der Technischen Hochschule Padua, trat hierauf in die Dienste seiner Vaterstadt, widmete sich aber auch im öffentlichem Dienste dem Straßen- und Eisenbahn-, insbesondere aber dem Wasserbau. Von seinen bedeutungsvollen Arbeiten sei hier nur die Erforschung des Idrosees, sowie des Chieseflusses in Judikarien und seine Mitarbeit an der Normung der Berechnung der Staudämme und Staumauern erwähnt. Mit seltener Umsicht und Tatkraft trat er an die Gründung der „Annali delle utilizzazione delle acque" heran, die er zu einer der führendsten technischen Zeitschriften Italiens ausgestaltete. Mehrere seiner Abhandlungen, insbesondere seine lichtvollen Zusammenstellungen über die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Italien wurden in dieser Zeitschrift im Auszuge gebracht.

Literaturberichte.

Safety rules for the installation and maintenance of electrical supply and communication lines. Handbuch des Bureau of Standards, Nr. 10. Herausgegeben vom Department of commerce, Bureau of standards, Washington 1927.

Der 322 Seiten starke Band behandelt die Errichtung und den Betrieb von elektrischen Freileitungen und Kabelleitungen jeder Art zu Zwecken der Energieabgabe oder des Verkehrswesens. Die aufgenommenen Vorschriften sollen nur den wichtigsten Erfordernissen vom Standpunkte der Sicherheit der Betriebspersonen und des Publikums Rechnung tragen. Im übrigen soll die Ausführung der Anlagen der als gut anerkannten lokalen Praxis entsprechen. Ausnahmen wegen ungerechtfertigten Kostenaufwandes oder aus anderen Gegengründen oder, wenn die geforderte Sicherheit auf andere Weise leichter erzielt werden kann, bedürfen der Genehmigung der Verwaltungsbehörde. Die Vorschriften sollen auf alle Neuerrichtungen Anwendung finden, soferne nicht besondere Gründe dagegen sprechen oder der Vorteil der Gleichförmigkeit mit bestehenden Anlagen größer wäre als bei vorschriftsmäßiger Ausführung. Sie sind ferner auch bei bestehenden Anlagen anzuwenden, indem man an diesen Schutzeinrichtungen anbringt oder sie sonst mit den Vorschriften in Übereinstimmung bringt, so weit der hiermit verbundene Kostenaufwand nicht ungerechtfertigt erscheint. Ausnahmen sind ferner bei provisorischen Anlagen oder bei solchen, deren Abbruch oder

Digitized by Google

Rekonstruktion in kurzer Zeit zu erwarten steht, gestattet.

Die Vorschriften stellen das Mindesterfordernis für Abstände, Zwischenräume und Festigkeit der Konstruktion dar. Höhere Werte sind in diesen Belangen zulässig, soferne hiebei nicht andere Erfordernisse vernachlässigt werden. Auf sonstige Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Einzelne Vorschriften fallen durch ihre hierorts gern vermiedene Unbestimmtheit auf. So zum Beispiel auf Seite 14, Vorschrift 213 A 2: „Die Leitungen und ihre Ausrüstungen sollen von Zeit zu Zeit durch die für die Anlage verantwortliche Person besichtigt werden." Oder ebenda, A 3: „Die Leitungen und ihre Ausrüstung sollen erforderlichenfalls Prüfungen zur Feststellung ihrer Betriebsfähigkeit unterzogen werden." Fast die Hälfte des Textes nehmen Tabellen über A. Durchhang, Anspannung und Beanspruchung von Kupferdrähten verschiedener Härte und bei verschiedenen Temperaturen, ferner B. Mindestdurchhänge für Kupferdrähte verschiedener Härte, Stahldrähte und -Seile verschiedener Art, Stahl-Kupferseile, Aluminium- und Stahlaluminiumseile sowie Montagespannungen für diese Leiterarten ein. Unter C. folgen Kurventafeln für Leiter, die so gespannt werden sollen, daß der Leitungszug, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen 2000 Pfund nicht überschreitet; unter D. bis F. Abmessungen und Festigkeitseigenschaften von Drähten, Isolatoren, Masten usw.; schließlich unter G. Lieferungsbedingungen für Föhrenmaste aus den Südstaaten.

Dr. Rich. Hiecke.

3084 **Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen.** Ein Hilfsbuch für alle metallverarbeitenden Betriebe von Karl Meller. (Elektrizität in industriellen Betrieben, herausgegeben von Prof. Dr. Ing. E. h. W. Philippi, VII. Band). 224 S. mit 212 Abb. und 20 Tabellen. Verlag von S. Hirzel in Leipzig. Preis geh. 15 M, geb. 18 M.

Der elektrische Einzelantrieb ist bisher in den Werken über Werkzeugmaschinen ziemlich stiefmütterlich behandelt worden, ausführlicheres darüber ist nur in Zeitschriftaufsätzen zu finden, die sich aber in der Regel auf bestimmte Ausführungen solcher Antriebe beschränken und nur selten auf grundsätzliche Fragen eingehen. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß dieses Gebiet nun auch zusammenhängend besprochen wird, um so mehr, als der Verfasser nicht nur über sehr große praktische Erfahrungen verfügt, sondern auch vielfach Gelegenheit zu grundlegenden Versuchen hatte.

Das Buch, das für den Werkzeugmaschinenkonstrukteur und den Abnehmer von Werkzeugmaschinen bezw. den Betriebsingenieur bestimmt ist, gliedert sich in drei Hauptabschnitte. Bei der Darstellung der Grundlagen des Einzelantriebes wird besonders ausführlich der Wirkungsgrad der Energieleitung besprochen, ferner die Verwendung von Regelmotoren, die Steuerung und die vielen Vorteile, die durch den Einzelantrieb, nicht bloß infolge des geringen Energieverbrauches erzielt werden können. Der zweite Teil behandelt die verschiedenen in Betracht kommenden Elektromotoren, deren Eigenschaften und mechanische Ausführung, die Apparate und Schaltungen und die Leitungen. Schließlich werden im dritten Teile ausgeführte Antriebe, vorwiegend für spanabnehmende Maschinen, aber auch für Schleifmaschinen, Scheren, Stanzen, Pressen, Biege- und Richtmaschinen, Sägen und Hämmer besprochen und bei einzelnen der Nachweis der Wirtschaftlichkeit zahlenmäßig geführt. Zu diesem Abschnitte sei bezüglich der ersten Ausführungen von Drehbankspindelstockmotoren darauf verwiesen, daß bereits auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 die Wiener Werkzeugmaschinenfabrik „Vulkan" eine solche Drehbank zeigte[1]). Das Buch ist sehr klar geschrieben, insbesondere wird im zweiten Teile auch der Nichtelektrotechniker sehr gut in das Wesen der Elektromotoren eingeführt, die Zeichnungen und Abbildungen sind sehr gut gewählt und ausgeführt und der Stoff ist auch erschöpfend behandelt. Zu bemängeln wären nur die sehr spärlichen Literaturangaben (sie beschränken sich nur auf die Einrichtungen der SSW) und auch damit wird man nicht einverstanden sein, daß fast nirgends die Werkzeugmaschinenfabriken genannt sind, deren Erzeugnisse besprochen werden, denn gerade der Abnehmer von Maschinen hat großes Interesse daran, zu erfahren, an welches Unternehmen er sich wenden soll, wenn es sich um Sondermaschinen oder Sonderantriebe handelt. Hervorzuheben ist schließlich noch die sehr gute Ausstattung des Buches, das allen, die sich mit Werkzeugmaschinen befassen, nur empfohlen werden kann. Jellinek.

[1]) Vgl. Z. f. Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, 5. Jahrg., 1900/1901, S. 117.

3247 **Dinbuch 3, Schrauben, Muttern und Zubehör** von Dr.-Ing. E. h. Schmidt, 180 Seiten mit 225 Abb. und 58 Tafeln. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis Mk. 5·—

Da die Arbeiten auf dem Gebiete der Schraubennormung nunmehr zu einem gewissen Abschlusse gelangt sind, gibt der Deutsche Normenausschuß jetzt neben dem die bezüglichen Normenblätter umfassenden DIN-Taschenbuche 10[1]) auch eine Einführung in die Arbeiten der Normen des Arbeitsausschusses für Schrauben heraus, welche den Benützern der Normen deren Zustandekommen näherbringen soll. Demgemäß enthält das Buch nach einer kurzen Erläuterung der üblichen Schrauben- und Mutternherstellungsverfahren das Wichtigste über die Werkstoffe und Gewinde und eine Besprechung der einzelnen Normen. Die Verbraucher von Schrauben werden daher das Buch neben den Normen mit Nutzen zu Rate ziehen können, besonders wenn es sich darum handelt, die Normen einzuführen. —ll—

Eingelaufene Bücher.

91 Prüfbuch für Werkzeugmaschinen. Von Dr. Ing. G. Schlesinger. 40 S. mit 2 Textabb. und 29 Prüfanleitungen mit den zugehörigen Prüfkarten. Berlin, Verlag von Julius Springer 1927. Preis Mk. 6·—, mit Schreibpapier durchschossen Mk. 7·—.

Die Schrift, in der Hauptsache ein Sonderdruck eines Aufsatzes des Verfassers aus der „Werkstatttechnik", Jg. 1927, gibt Richtlinien für die Abnahme von Werkzeugmaschinen und Anleitungen für die Abnahme aller gebräuchlichen Bauarten von spanabnehmenden Metallbearbeitungsmaschinen, von Schleifmaschinen sowie von Pressen, Stanzen und Scheren mit Angaben über die zulässigen Fehler, nach den Vorschriften der großen deutschen Werkzeugmaschinenfabriken.

Da eine regelmäßige Überprüfung der Genauigkeit der Maschinen in den Betrieben, in welchen sie verwendet werden, unbedingt erforderlich ist und diesen Kreisen der Industrie nicht die Erfahrungen der Hersteller zur Verfügung stehen, wird das Buch, dessen Wert für die kleineren Werkzeugmaschinenfabriken nicht erst hervorgehoben werden muß, auch für den Verbraucher von großem Nutzen sein. —k.

3616 Technik Voran! Kalender für die technische Jugend 1928. Mit Beiträgen vom Deutschen Ausschuß für technisches Schulwesen, Deutschen Normenausschuß und Deutschen Institut für technische Arbeitsschulung, herausgegeben vom Reichsbund Deutscher Technik. Berlin, 156 S. Din A 6 mit vielen Abb. Für den Buchhandel: Georg Siemens Verlagsbuchhandlung, Berlin. Preis geb. Mk. 1·20.

Der technische Teil enthält recht gute Aufsätze über die wichtigsten Metalle, die Energiequellen, die chemischen Grundbegriffe und Formeln, eine ausführliche Beschreibung des Motorrades, über die Geschichte des technischen Zeichnens, die Normung und über die Arbeitsschule. Daran schließen sich noch einige Beiträge aus dem Gebiete der Staats- und Wirtschaftskunde. Das Büchlein ist jedenfalls geeignet, das Interesse für die Technik zu wecken oder zu festigen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 898. — Auslieferungsstelle für Österreich, Ungarn und Jugoslavien: Carl Jahoda, Wien, III. Radetzkystraße 11.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die amerikanische elektrotechnische Ausfuhr. Nach einer Zusammenstellung in „The Electrical Review" vom 30. Dezember 1927 ist die Gesamtausfuhr der Vereinigten Staaten an elektrotechnischen Erzeugnissen (außer isolierten Drähten und Kabeln) von 53 Mill. Doll. im Jahre 1922 auf 73·8 Mill. i. J. 1925 und 84·2 Mill. i. J. 1926 gestiegen. Außer den übrigen Ländern Nord- und Südamerikas sind unter den Staaten, in welche i. J. 1926 ausgeführt wurde, noch Japan, China, Indien, Britisch-Südafrika, Australien und von europäischen Staaten Frankreich, Spanien, Großbritannien, Holland, Italien, Norwegen und Deutschland (Telegraphenapparate im Werte von 88 000 Doll.) zu erwähnen. Die wichtigsten Ausfuhrgegenstände mit der Angabe des Wertes in 1000 Doll. (die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf 1925) waren: Gleichstromerzeuger unter 500 kW 960 (888), von 500 kW und darüber 455 (428), Wechselstromerzeuger unter 2000 kVA 188 (303), größere 1273 (1901), Dampfturbosätze 920 (795), Leuchten 1151 (1076), Leistungstransformatoren 2231 (2175), andere Transformatoren 1266 (1315), Zubehör und Bestandteile für Transformatoren 920 (1089), Gleichrichter, Motorgeneratoren und dergleichen 1557 (967), Schalttafeln 2193 (2305), Schalter und Stromunterbrecher über 10 A 2618 (2424), Sicherungen und Bestandteile 352 (343), Elektrizitätszähler 493 (447), andere Meßgeräte 2152 (1696), Blitzschutzvorrichtungen, Drosselspulen usw. 709 (707), Motoren unter 1 PS 2000 (2102), von 1 bis 200 PS 3207 (2472), über 200 PS 884 (604), Bahnmotoren 1126 (808), Anlasser und ähnliche Apparate 1359 (1159), Zubehör und Bestandteile für Motoren 2181 (2040), Isoliermaterial 1380 (1545), Ventilatoren 948 (917), Heiz- und Kochapparate 1732 (1340), elektrisch betriebene Haushaltungsgeräte 1744 (1206), Metallfadenlampen 1603 (1250), Magnete, Zündkerzen und dergleichen 1904 (2708), isolierter Kupferdraht und Kabel 4816 (4900), Taschenlampenbatterien 1674 (1214), andere Primärelemente 2020 (1203), Akkumulatoren 3443 (2683), Installationsmaterial 1164 (797), Telegraphenapparate 1018 (497) und Radioapparate 8795 (9904). —k.

Der elektrotechnische Außenhandel Dänemarks. Über die Ein- und Ausfuhr in den Jahren 1925 und 1926 entnehmen wir „The Electrical Review" vom 20. Jänner 1928 Folgendes: Haupteinfuhrländer waren Deutschland, Holland, die Schweiz, Schweden, England und die Vereinigten Staaten; Hauptausfuhrländer Polen, Norwegen, Schweden, England, Frankreich, Italien, Spanien, Holland, Belgien, Britisch Südafrika, Argentinien, China, Kleinasien und Syrien, sowie Australien. Die wichtigsten Einfuhrgegenstände und der Wert in 1000 Kr waren im Jahre 1926: Kabel 286 (1506 i. J. 1925), isolierter Draht 1023 (1904), Akkumulatoren und Platten 1493 (1135), Installationsmaterial 1676 (1518), Magnete, Lichtmaschinen für Kraftwagen und dergleichen 752 (595), Batterien und Elemente 868 (870), Radioapparate 6439 (3300), Maschinen und Bestandteile 2614 (2669), Meßgeräte 399 (539), Staubsauger 1673 (1360). Bei der Ausfuhr sind zu erwähnen: Kabel 512 (1051), Motoren und Stromerzeuger 1858 (2737), Installationsmaterial 658 (900), Batterien und Elemente 5954 (6389) und Porzellan 491 (433). Die Ausfuhr an isolierten Drähten und Apparaten für die drahtlose Übertragung ist gegen 1925 sehr bedeutend zurückgegangen (88 000 und 122 000 gegen 297 000 und 510 000 Kr).

Der Nachrichtendienst im technischen Außenhandel. In einem Vortrag im Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin besprach Dr. Ing. Kurt Lubowsky, Oberingenieur der AEG-Überseeabteilung, das wirtschaftliche und technische Informations- und Werbewesen der technischen Ausfuhr bezüglich Erkundung, Verbreitung und Auswertung, sowie die amtliche und private Organisation der in- und ausländischen Handels- und Fachpresse[1]). Unter 7000 deutschen Zeitungen behandeln von 5630 Fachzeitschriften allein 1163 Industrie und Handwerk, eine Menge, die natürlich für die beteiligten Kreise nicht mehr übersehbar ist, so daß auch auf diesem Gebiete eine Rationalisierung nötig ist, wobei aber neben der offiziellen Fachpresse der großen Verbände die freie Presse als Schrittmacher bestehen bleiben soll. Der Vortragende verwies dann auf die Hauszeitschriften der großen Industriekonzerne, die sich Weltruf verschafft haben und auf die auch die öffentliche Presse sowie das Unterrichtswesen zurückgreifen. Viel wichtiger noch als die Zeitschriften ist das industrielle Listenmaterial. Da der Informations- und Werbedienst in den letzten Jahren wieder stärker in den Vordergrund gerückt ist, muß das Anzeigenwesen, seine Verbreitung und die Überwachung des Erfolges mit besonderer Sorgfalt behandelt werden, damit die aufgewandten Summen nicht unnütz ausgegeben werden. Neben der unpersönlichen Werbung durch Text und Bild bedient man sich neuerdings auch wieder in höherem Maße des Vortrages, sowohl in engeren Interessentenkreisen als auch im Rundfunk. Die vielen Hinweise und Anregungen des Vortrages verdienen in allen Industriekreisen, die Ausfuhr betreiben, Beachtung.

[1]) Der Vortrag ist vollinhaltlich als Manuskript vervielfältigt worden.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 22. Februar d. J., um **1/2 6** Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dir. Ing. A. Rossow über: **„Das Großkraftwerk Klingenberg".** (Mit Lichtbildern und **Filmvorführung).**

Inhaltsangabe: Richtlinien für den Bau und Entwurf der Anlage; Lageplan; die Kohlenförderanlage; die Mahlanlage; Kohlentrocknung; das Kesselhaus; das Turbinenhaus; elektrische Anlagen; Hochbauten.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	6. II. 1928	8. II. 1928	10. II. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135¼	135	135¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	94—99

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 10. Februar 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa	61	18	9	62	0	0
Standard 3 Monate	61	10	0	61	11	3
Zinn:						
Engl. ingots	233	0	0	234	0	0
Standard Kassa	233	0	0	233	2	6
Standard 3 Monate	235	5	0	235	7	6
Blei:						
Engl. pig common	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	25	17	6	25	17	6
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea	26	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17 9 sh/Pf. 17 12 sh 6 d p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 89.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 26. Februar 1928 | Heft 9

Die Entnahme der Leistung und des Drehmomentes aus dem Kreisdiagramm des Induktionsmotors.

Von Prof. Dr. Ernst **Siegel** und Dr. Johann **Labus**, Deutsche technische Hochschule in Prag.

In einer in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeit[1]) wurde auf analytischem Wege aus den Differentialgleichungen für den Induktionsmotor das Kreisdiagramm desselben entwickelt. Aus diesem kann man in einfacher Weise sämtliche Größen wie zum Beispiel die Schlüpfung, die Nutzleistung und die in der zitierten Arbeit mit α_1 bezeichnet wurde, neben der Einheit vernachlässigt (R_1 ist der primäre Widerstand, ωL_1 die Leerlaufreaktanz des Motors).

Die Übereinstimmung mit den Versuchen ist nun eine sehr gute, solange es sich um Motoren von nicht allzu geringer Leistung handelt. Prof. Dr.

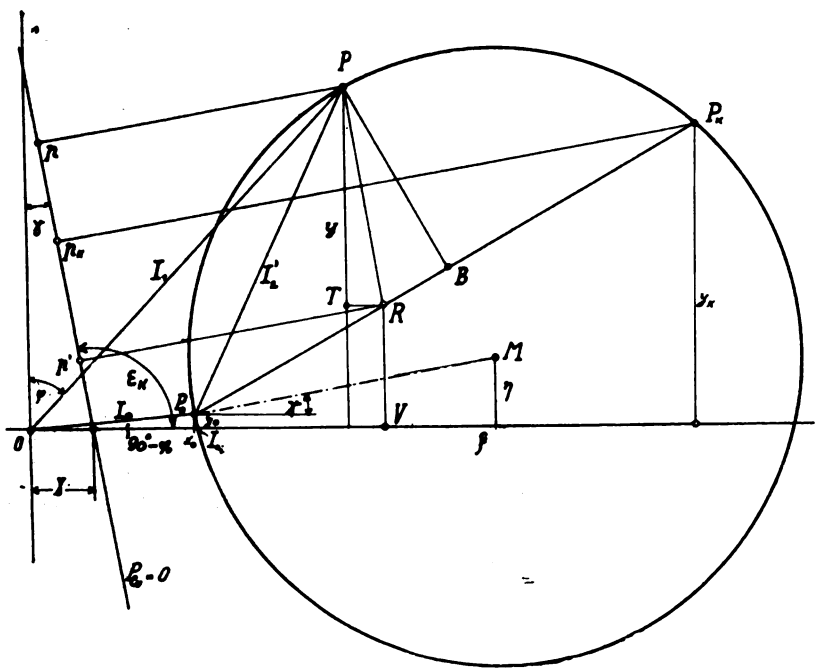


Abb. 1. Ermittlung der Nutzleistung aus dem Kreisdiagramm.

das an der Welle abgegebene Drehmoment entnehmen. Die beiden letzten Größen ergeben sich als Ordinatenabstände zwischen einem auf dem Kreise liegenden Betriebspunkt und der Leistungs- bezw. Momentenlinie. Die Leistungslinie ist die Verbindungsgerade des Leerlaufpunktes P_0 mit dem Kurzschlußpunkt P_K; die Momentenlinie verläuft von P_0 nach P_∞, dem Punkte der unendlichen Drehzahlen (Abb. 3). Man gelangt zu diesen einfachen Ergebnissen, wenn man die Größe $\frac{R_1}{\omega L_1}$,

Carl Breitfeld hat in seiner Veröffentlichung über das vervollständigte Kreisdiagramm[2]) darauf hingewiesen, daß bei Asynchronmotoren sehr kleiner Leistung (unter 1 PS) der Bremsversuch ein kleineres Drehmoment ergibt als das aus dem Kreisdiagramm entnommene, wobei das Diagramm auf Grund eines Leerlauf- und Kurzschlußversuches und einer Widerstandsmesssung gewonnen wird.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, beim allgemeinen Transformator die Nutzleistung und das Drehmoment auf Grund einer exakten Rechnung

[1]) Prof Dr. Ernst Siegel: E. u. M. 1922, H. 1, 2 und 5, S. 1 ff.

[2]) Das korrigierte Kreisdiagramm des Induktionsmotors, E. u. M. 1926, S. 453.

Digitized by Google

möglichst genau zu ermitteln, wobei aber die Eisenverluste für jeden Betriebspunkt als unveränderlich angesehen werden. Die Rechnung erfolgt auf ähnliche Weise, wie in einem über den kompensierten Asynchronmotor veröffentlichten Aufsatz[3]).

Wir bestimmen zunächst die gesamten Kupferverluste P_{Cu}, die sich aus den primären und den sekundären zusammensetzen: Bezeichnet man mit

$$R_2' = \left(\frac{L_1}{M}\right)^2 . R_2$$

(M ist die gegenseitige Induktion) den auf den Primärkreis reduzierten Sekundärwiderstand, so ergibt sich für einen Betriebspunkt P mit den Koordinaten x und y (Abb. 1):

$$\begin{aligned} P_{Cu} &= I_1^2 R_1 + I_2'^2 R_2' = (x^2+y^2) . R_1 + \\ &+ [(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2] . R_2' = \\ &= (x^2+y^2)(R_1+R_2') - \\ &- 2 . R_2' (x . x_0 + y . y_0) + R_2' I_0^2 . \end{aligned}$$

Aus der Kreisgleichung $\varrho^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2$ folgt weiter:

$$\overline{Pp} = -\frac{\frac{1}{2}\{2(\xi - v . x_0)x + 2(\eta - v . y_0)y + (\varrho^2 - \xi^2 - \eta^2) + v I_0^2\}}{\sqrt{(\eta - v y_0)^2 + (\xi - v . x_0)^2}} =$$

$$= \frac{-P_{Cu}}{2(R_1+R_2')\sqrt{(\eta - v . y_0)^2 + (\xi - v x_0)^2}} .$$

$$\begin{aligned} P_{Cu} &= [\varrho^2 - \xi^2 - \eta^2 + 2(x\xi + y\eta)](R_1+R_2') + \\ &+ I_0^2 R_2' - 2 R_2' (x . x_0 + y . y_0) = \\ &= 2[(R_1+R_2')\xi - R_2' x_0] . x + \\ &+ 2[(R_1+R_2')\eta - R_2' y_0] . y + \\ &+ I_0^2 R_2' + (\varrho^2 - \xi^2 - \eta^2)(R_1+R_2') \quad . . (1). \end{aligned}$$

Für $P_{Cu} = 0$ erhält man aus Gl. (1) die Gleichung einer Geraden mit der Neigung

$$\operatorname{tg}\varepsilon = -\frac{\xi - x_0 \frac{R_2'}{R_1+R_2'}}{\eta - y_0 \frac{R_2'}{R_1+R_2'}} \quad . . . (2)$$

gegen die X-Achse. Diese Gerade schneidet die X-Achse in einem Punkte in der Entfernung

$$X = -\frac{1}{2}\frac{(\varrho^2 - \xi^2 - \eta^2) + I_0^2 \frac{R_2'}{R_1+R_2'}}{\xi - x_0 \frac{R_2'}{R_1+R_2'}} \quad (3)$$

vom Ursprung.

Den Ausdruck $\frac{R_2'}{R_1+R_2'}$ wollen wir kurz mit v bezeichnen; dann ist

$$\operatorname{tg}\varepsilon_K = -\frac{\xi - v x_0}{\eta - v y_0} \quad . . . . . (4)$$

und

$$X = -\frac{1}{2}\frac{(\varrho^2 - \xi^2 - \eta^2) + v I_0^2}{\xi - v x_0} \quad . . (5).$$

Diese beiden Gleichungen gestatten eine einfache Konstruktion der Linie $P_{Cu} = 0$. Falls $R_2' \cong R_1$ und $y_0 \cong 0$ ist, läßt sich einfacher schreiben:

$$\operatorname{tg}\varepsilon_K = -\frac{\xi - \frac{x_0}{2}}{\eta} \quad . . . . (4a).$$

Die Richtung der Geraden $P_{Cu} = 0$ findet man also, wenn man auf die Richtung Kreismittelpunkt M und Punkt $x = \frac{1}{2}x_0$ das Lot fällt.

Wir versuchen nun die Kupferverluste maßstäblich aus dem Diagramm zu entnehmen (Abb. 1).

Der vertikale Abstand eines Kreispunktes P von $P_{Cu} = 0$ beträgt:

$$\begin{aligned} \overline{Pp} &= y . \sin\gamma + (x - X)\cos\gamma, \text{ wobei } \gamma = \varepsilon_K - 90^0 \\ &= \sin\gamma . \left[y + (x - X)\frac{1}{\operatorname{tg}\gamma}\right] = \\ &= \cos\varepsilon_K [(x - X) . \operatorname{tg}\varepsilon_K - y]. \end{aligned}$$

Aus Gl. (4) berechnet sich $\cos\varepsilon_K$ mit

$$\cos\varepsilon_K = \frac{\eta - v . y_0}{\sqrt{(\eta - v . y_0)^2 + (\xi - v . x_0)^2}}$$

und somit ist

Die Kupferverluste lauten dann mit Rücksicht auf Gl. (4)

$$\begin{aligned} P_{Cu} &= -2(R_1+R_2')(\eta - v y_0)\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varepsilon_K} . \overline{Pp} = \\ &= -2(R_1+R_2')\frac{\eta - v y_0}{\cos\varepsilon_K} . \overline{Pp} = \\ &= 2(R_1+R_2')\frac{\eta - v y_0}{\sin\gamma} . \overline{Pp} \quad . . . . . (6). \end{aligned}$$

Verschiebt man die Strecke $\overline{Pp}$ parallel durch den Punkt R, sodaß $Pp \parallel Rp'$, so verhält sich:

$$\overline{Rp'} : \overline{RV} = \overline{P_K p_K} : y_K$$

und es ist dann

$$\overline{Rp'} = \overline{Pp} = \overline{P_K p_K} . \frac{\overline{RV}}{y_K} \quad . . . . (7).$$

Für die Kupferverluste ergibt sich aus Gl. (6), wenn der Punkt P nach P_K, dem Kurzschlußpunkt, rückt:

$$\begin{aligned} P_{Cu} &= E_1 . I_K \cos\varphi_K = \\ &= 2(R_1+R_2')\frac{\eta - v y_0}{\sin\gamma} . \overline{P_K p_K} = E_1 . y_K \quad (8). \end{aligned}$$

Die Gleichungen (6), (7) und (8) führen daher zur einfachen Beziehung

$$P_{Cu}{}^{\text{Watt}} = E_1{}^{\text{Volt}} . \overline{RV}^{\text{Amp.}} \quad . . . . (9)$$

für die Ermittlung der Kupferverluste aus dem Diagramme.

Die Nutzleistung lautet dann

$$\begin{aligned} P_n &= E_1 . I_1 \cos\varphi_1 - P_{Cu} = E_1 (y - \overline{RV}) = \\ &= E_1 . \overline{PT} \quad . . . . . (10). \end{aligned}$$

Man erhält daher die Nutzleistung in einem bestimmten Betriebspunkt P, wenn man durch P eine zur Richtung ($M \rightarrow v x_0$) Senkrechte zieht, diese mit

[3]) E. u. M. 1925, S. 901, 1025 und 1926, S. 293.

Digitized by Google

der Geraden $P_0 P_K$ (frühere Leistungslinie) schneidet und den Schnittpunkt (R) auf die Ordinate von P projiziert (Abb. 1). Die Nutzleistung ist dann nach Gl. (10) proportional der Strecke $\overline{PT}$. Die Entfernung des Punktes $x = v x_0$ vom Ursprung beträgt annähernd $\frac{I_{0l}}{2}$; die genaue Ermittlung erfolgt aus Gl. (5).

Auf Grund dieses Ergebnisses wollen wir nun das Drehmoment berechnen.

Zunächst sei auf die bekannte Konstruktion zur Bestimmung der Schlüpfung hingewiesen (Abb. 2): Man zieht durch P_K parallel zu $\overline{P_0 P_\infty}$ eine Gerade; diese bringt man mit $\overline{PP_0}$ zum Schnitt und erhält den Punkt S_p. Die Dreiecke $P_0 S_p P_K$ und CBP sind infolge ihrer Winkelgleichheit einander ähnlich. Die Winkel α bei P und P_K sind einander gleich, da sie Normalwinkel sind; ferner ist der Winkel β

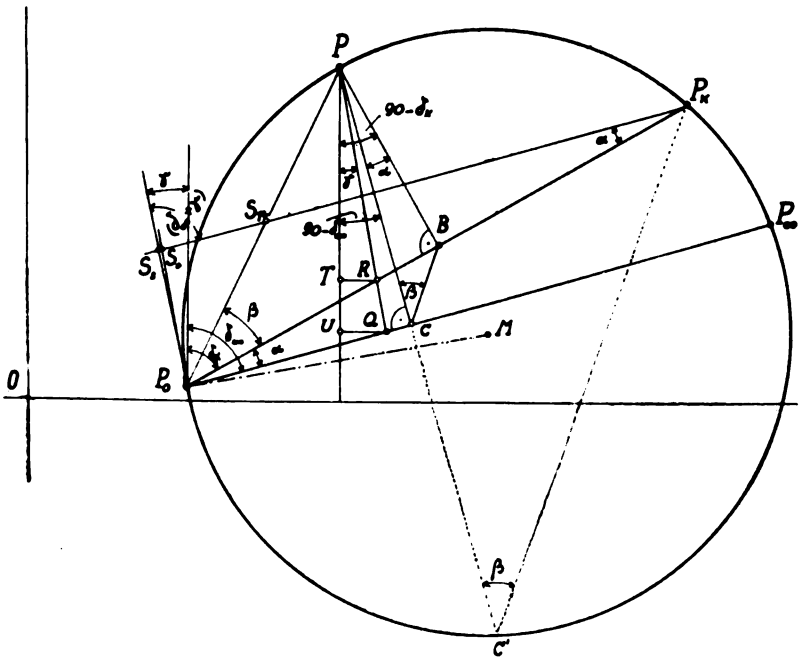


Abb. 2. Schlüpfungskonstruktion, Bestimmung des Drehmomentes.

bei P_0 gleich dem Winkel bei C (Peripheriewinkel) und dieser gleich dem Winkel bei C', da $CB \parallel C'P_K$. Die senkrechten Abstände $\overline{PB}$ und $\overline{PC}$ des Betriebspunktes P von der Leistungsgeraden ($P_0 P_K$) und von der Momentengeraden ($P_0 P_\infty$) sind der Nutzleistung bezw. dem Drehmomente proportional[4]). Es ergibt sich daher aus

$$P_n = 9{\cdot}81 \,.\, D^{\text{mkg}} \,.\, \omega_r$$

(ω_r ist die Winkelgeschwindigkeit des Rotors)

$$\omega_r = \frac{1}{9{\cdot}81} \cdot \frac{P_n}{D} = \text{Konst.} \frac{\overline{PB}}{\overline{PC}} \quad . \; . \; (11).$$

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $P_0 S_p P_K$ und CBP folgt ferner

$$\frac{PB}{PC} = \frac{P_K S_p}{P_0 P_K} = \text{Konst.}\, \omega_r$$

oder

$$\omega_r = \text{Konst.}\, P_K S_p \quad . \; . \; . \; . \; . \; (12).$$

Es ist daher $P_K S_p$ ein Maß für die Winkelgeschwindigkeit oder die Drehzahl. Wandert der Betriebspunkt P gegen den Leerlaufpunkt P_0, so rückt der Schnittpunkt S_p immer weiter nach links, bis er mit S_0 zusammenfällt. Dieser Punkt entspricht der Winkelgeschwindigkeit bei Leerlauf und wird erhalten, wenn man in P_0 das Lot auf die Richtung $\overline{P_0 M}$ fällt.

Bezeichnet ω_0 die Leerlaufgeschwindigkeit, so ergibt sich für einen beliebigen Punkt:

$$\omega = \omega_0 \frac{P_K S_p}{P_K S_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (13).$$

Das Drehmoment berechnet sich nun auf Grund der Gl. (10) mit

$$D^{\text{mkg}} = \frac{P_n}{9{\cdot}81 \,.\, \omega_r} = \frac{E_1}{9{\cdot}81 \,.\, \omega_r} \,.\, \overline{PT} \quad . \; (14).$$

Wir erweitern die Gleichung (12) mit $\overline{P_K S_s}$; der Punkt S_s wird erhalten, wenn man durch P_0 senkrecht zur Richtung ($M \rightarrow v x_0$), also unter dem Winkel γ gegen die Ordinate, eine Gerade zieht und diese mit der Schlüpfungsgeraden $\overline{P_K S}$ schneidet:

$$\frac{PB}{PC} = \frac{P_K S_p}{P_K S_s} \cdot \frac{P_K S_s}{P_K P_0} = \frac{\omega_r}{\omega_s} \cdot \frac{P_K S_s}{P_K P_0}.$$

ω_s ist ein von ω_0 nur wenig verschiedener Wert, der sich auf die genannte Weise leicht bestimmen läßt. Im Dreiecke $S_s P_K P_0$ besitzt der Winkel bei P_0 den Wert $\delta_K + \gamma$, ferner bei S_s den Wert $180^0 - (\delta_\infty + \gamma)$ und somit ist

$$\frac{\overline{P_K S_s}}{\overline{P_K P_0}} = \frac{\sin(\delta_K + \gamma)}{\sin(\delta_\infty + \gamma)} \quad . \; . \; . \; (15)$$

und

$$\overline{PB} = \overline{PC} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_s} \cdot \frac{\sin(\delta_K + \gamma)}{\sin(\delta_\infty + \gamma)} \quad . \; . \; (16).$$

[4]) Siehe E. u. M. 1922, S. 6.

Digitized by Google

Aus Abb. 2 kann man folgende Beziehung ablesen:

$$\overline{PB} = \frac{\overline{PT}}{\cos\gamma} \cdot \cos(90 - \delta_K - \gamma) = \frac{\overline{PT}}{\cos\gamma} \cdot \sin(\delta_K + \gamma)$$

und mit Bezug auf Gleichung (16)

$$\overline{PT} = \frac{\overline{PB} \cdot \cos\gamma}{\sin(\delta_K + \gamma)} = \overline{PC} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_s} \cdot \frac{\cos\gamma}{\sin(\delta_\infty + \gamma)}.$$

Es ist fernerhin nach Abb. 2

$$\frac{\overline{PC}}{\sin(\delta_\infty + \gamma)} = \frac{\overline{PC}}{\cos[90 - \delta_\infty - \gamma]} = \overline{PQ}$$

und somit ergibt sich schließlich die Beziehung

$$\overline{PT} = \overline{PQ} \cdot \cos\gamma \frac{\omega_r}{\omega_s} = \overline{PU} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_s} \quad . (17).$$

krümmte Kurve, die durch den Leerlaufpunkt P_0 und den Punkt unendlicher Drehzahl P_∞ geht.

Es zeigt sich nun bei der Ausführung dieser Konstruktion, daß die beiden Punkte S_0 und S_s fast zusammenfallen. Das beruht auf der Tatsache, daß der Winkel γ, unter welchem die Gerade $P_{Cu} = 0$ gegen die Ordinate geneigt ist, annähernd gleich ist der Neigung der Richtung $\overline{P_0 M}$ gegen die Abszisse (Winkel χ), und zwar wenn die Streuung τ des allgemeinen Transformators genügend klein ist gegenüber der Einheit, so daß man sie gegen diese vernachlässigen kann. Diese Vernachlässigung läßt sich beim Asynchronmotor, bei welchem die Streuung nur wenige Prozente beträgt, ohne weiteres machen. Sie wäre nicht mehr zulässig beim eisenlosen Transformator. Wir berechnen jetzt die beiden Winkel χ und γ.

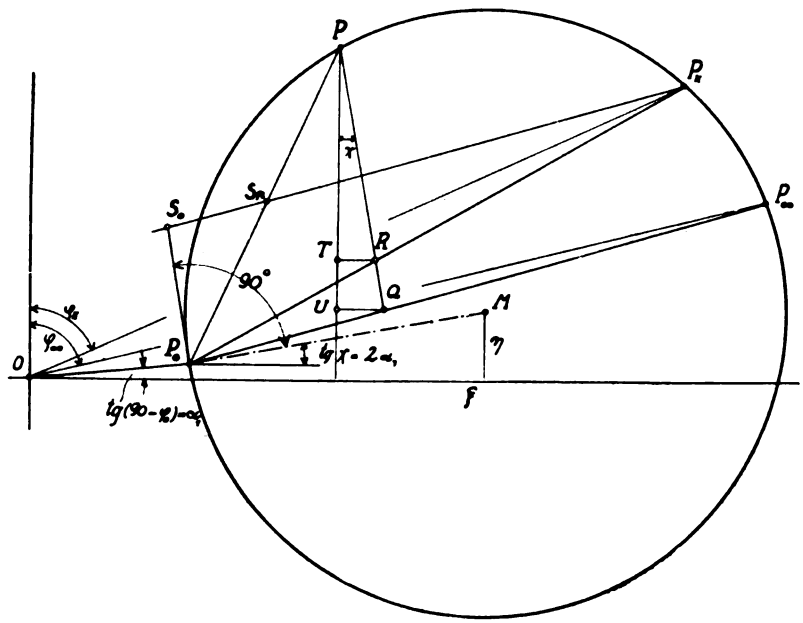


Abb. 3. Vereinfachte Entnahme der Nutzleistung und des Drehmomentes aus dem Diagramm:

$$P_n = E_1 \cdot \overline{PT}; \quad M = \frac{E_1}{9{\cdot}81\,\omega_0} \cdot \overline{PU}.$$

Setzt man diesen Wert in den Ausdruck für das Drehmoment [Gl. (14)] ein, so erhält man als einfaches Ergebnis:

$$D^{mkg} = \frac{E_1}{9{\cdot}81\,\omega_s} \cdot \overline{PU}^{Amp.} \quad . \; . \; . \; (18).$$

Es läßt sich daher das Drehmoment auf ähnliche Weise aus dem Kreisdiagramm (Abb. 2) entnehmen, wie die Nutzleistung:

Die durch den jeweiligen Betriebspunkt P auf die Richtung $(M \rightarrow v x_0)$ senkrecht gezogene Gerade wird mit $P_0 P_\infty$ zum Schnitt gebracht und der erhaltene Punkt Q auf die Ordinate von P projiziert. Die Strecke $\overline{PU}$ ist dann ein Maß für das an der Welle nutzbar abgegebene Drehmoment. Den Wert für ω_s bestimmt man aus der Schlüpfungskonstruktion und kann bei gegebener Motorspannung E_1 den Maßstab berechnen. Die Verbindungslinie der so erhaltenen Punkte (U) ergibt eine nach oben ge-

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{\eta - y_0}{\xi - x_0}; \quad \xi = \frac{I_{0l}}{2} \cdot \frac{1+\tau}{\tau},$$

$$\eta = I_{0l} \cdot \frac{\alpha_1}{\tau}, \quad x_0 \cong I_{0l}, \quad y_0 \cong I_{0l} \cdot \alpha_1 [5]).$$

Setzen wir diese Werte in den Ausdruck für $\operatorname{tg}\chi$ ein, so ergibt sich:

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{I_{0l} \cdot \frac{\alpha_1}{\tau} - I_{0l}\alpha_1}{\frac{I_{0l}}{2} \cdot \frac{1+\tau}{\tau} - I_{0l}} = 2\alpha_1 \quad . \; . \; (19).$$

Bei gegebenem Leerlaufpunkt P_0 kann man daher sofort den Kreisdurchmesser, auf welchem der Kreismittelpunkt M liegt, zeichnen. Er ist gegen die X-Achse um den Winkel $\operatorname{tg}\chi = 2\alpha_1$ geneigt.

Der Winkel γ berechnet sich nach Gl. (4) mit

[5]) Siehe E. u. M. 1922, Heft 1.

Digitized by Google

$$\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}(\varepsilon_K - 90) = \frac{\eta - v\,y_0}{\xi - v\,x_0} =$$

$$= \frac{\frac{I_{0i}}{\tau}\alpha_1 - v \cdot \alpha_1 I_{0i}}{\frac{I_{0i}}{2} \cdot \frac{1+\tau}{\tau} - v \cdot I_{0i}} = 2\alpha_1 \cdot \frac{1 - v \cdot \tau}{1 + \tau(1-2v)} \quad (20a)$$

und mit Rücksicht auf die Größenordnung von τ läßt sich annähernd schreiben:

$$\operatorname{tg}\gamma = 2\alpha_1 \quad \ldots\ldots\ldots (20).$$

Die Größe der Vernachlässigung soll an einem numerischen Beispiel gezeigt werden: Es sei ein Motor mit folgenden Größen gegeben: $R_1 = 0{\cdot}760\,\Omega$, $R_2 = 0{\cdot}208\,\Omega$, $R_2' = 1{\cdot}06\,\Omega$, $\tau = 0{\cdot}070$.

Dann ist

$$v = \frac{R_2'}{R_1 + R_2'} = 0{\cdot}582$$

und

$$\operatorname{tg}\gamma = 2\alpha_1 \cdot \frac{1 - 0{\cdot}07 \cdot 0{\cdot}582}{1 + 0{\cdot}07\,(1 - 1{\cdot}164)} = 0{\cdot}97 \cdot (2\alpha_1),$$

das heißt, man begeht in diesem Falle einen Fehler von 3 vH, wenn man für $\operatorname{tg}\gamma$ den Näherungswert nach Gl. (20) setzt. Man kann daher

$$\gamma = \chi \quad \ldots\ldots\ldots (21)$$

setzen und es vereinfacht sich die Ermittlung der Nutzleistung und des Drehmomentes aus dem Kreisdiagramm. Diese vereinfachte Konstruktion ist in Abb. 3 durchgeführt.

Zum Zwecke der Bestimmung der Nutzleistung P_n und des Drehmomentes D zieht man durch den Betriebspunkt P, für welchen diese Größen bestimmt werden sollen, eine Senkrechte auf die Richtung P_0M und schneidet diese mit P_0P_K bezw. P_0P_∞. Die beiden Schnittpunkte R und Q projiziert man dann auf die Ordinate von P. Die Nutzleistung beträgt

$$P^{\text{Watt}} = E_1 \cdot \overline{PT} \quad \ldots\ldots (22)$$

und das Drehmoment

$$D^{\text{mkg}} = \frac{E_1}{9{\cdot}81\,\omega_0} \cdot \overline{PU} \quad \ldots\ldots (23),$$

wobei E_1 in Volt einzusetzen und die Strecken $\overline{PT}$ und $\overline{PU}$ aus dem Diagramm unmittelbar in Ampere abzulesen sind.

Der Winkel χ läßt sich experimentell in einfacher Weise aus dem Leerlaufversuch, der ja die Leerlaufreaktanz $x_0 = \omega L_1$ liefert und dem Primärwiderstand R_1 nach der Beziehung

$$\operatorname{tg}\chi = 2\alpha_1 = \frac{2R_1}{\omega L_1}$$

bestimmen.

Hat man die Lage der beiden Punkte P_0 und P_K (aus dem Leerlauf- und Kurzschlußversuch) eingezeichnet, so ist auch schon der Kreismittelpunkt bestimmt: Man schneidet die Symmetrale dieser Punkte mit der durch P_0 gehenden, gegen die X-Achse um den Winkel χ geneigten Geraden (Abb. 3). Es fehlt nur mehr der Punkt der unendlichen Drehzahlen P_∞. Er liegt auf einem Strahl, der gegen die Ordinate um den Winkel φ_∞ geneigt ist[6]), wobei

$$\operatorname{tg}\varphi_\infty = \frac{\tau}{\alpha_1}.$$

Diese Beziehung gilt exakt, solange die Eisenverluste, wie bisher, als unveränderlich angenommen werden. Es ist daher die Kenntnis von τ erforderlich. Zu diesem Zwecke bestimmt man die Schnittpunkte des Kreises mit der X-Achse; ihre Abstände vom Ursprung bezeichnen wir mit I_{0i} und I_{Ki}. Dann ergibt sich für den Streukoeffizienten, wie sich aus der Gleichung des Kreises für $y = 0$ leicht findet, der Wert

$$\tau = \frac{I_{0i}}{I_{Ki}} - 2\alpha_1^2 \cdot \frac{I_{Ki} + I_{0i}}{I_{Ki} - I_{0i}}.$$

Zur Konstruktion des Diagrammes ist also die Leerlauf- und Kurzschlußmessung, sowie die Messung des Widerstandes der Primärwicklung erforderlich und auch hinreichend.

[6]) E. u. M. 1922, Gl. (15 *a*).

Das elektrotechnische Institut der jugoslavischen Universität Ljubljana.

Von Dr. techn. Milan **Vidmar**, ord. Professor an der Universität Ljubljana.

Historische Entwicklung und Organisation.

Die Universität in Ljubljana enstand am 1. September 1919. Das nach dem Weltkrieg gegründete Königreich der Serben, Kroaten und Slovenen beeilte sich, einen alten Traum der Slovenen zu verwirklichen. Die Universität bekam neben den bekannten vier Fakultäten noch die fünfte — die technische.

Die scheinbar so junge Universität hat erstaunlich alte Wurzeln. Schon im 17. Jahrhundert wuchs sich das Lyzeum der Jesuiten in Ljubljana allmählich in eine Hochschule aus. Theologie und Philosophie waren die ersten Sprößlinge; es gab schon damals Promotionen. Erst mit der Aufhebung der Jesuiten-Klöster unter Kaiser Josef II im Jahre 1773 wurde der Unterricht eingestellt.

Die Stürme der großen französischen Revolution brausten auch über das Land der Slovenen. Napoleon schuf das Königreich Illyrien und gab ihm Ljubljana (Laibach) zur Hauptstadt; er richtete dort eine vollständige Universität ein. Die technischen Wissenschaften bekamen unter Napoleon in Ljubljana ihre Lehrkanzeln. In der Restaurationszeit wurde die Universität wieder aufgelöst, sie blieb aber im Herzen des Volkes

Digitized by Google

verankert. Im Revolutionsjahre 1848 war die Universität eine der ersten Forderungen der Slovenen. Vorübergehend wurden dann an den Grazer Hochschulen einige slovenische Lehrkanzeln errichtet.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wirkten eine Reihe slovenischer Gelehrter an verschiedenen Hochschulen Österreichs. Es war deshalb verhältnismäßig leicht, im Herbst 1919 die ersten leitenden Lehrkräfte zusammenzustellen. Heute, nach achtjährigem Betrieb, ist vieles schon gründlich ausgebaut und die nachstehende Beschreibung des elektrotechnischen Instituts der Universität gibt einen Teileinblick, aus dem vielleicht ein genügender Schluß auf die Gesamtheit möglich ist.

Die Eingliederung der technischen Hochschule in den Gesamtrahmen der Universität gibt große Vorteile. Es liegt vor allem auf der Hand, daß die vorbereitenden theoretischen Fächer durch das

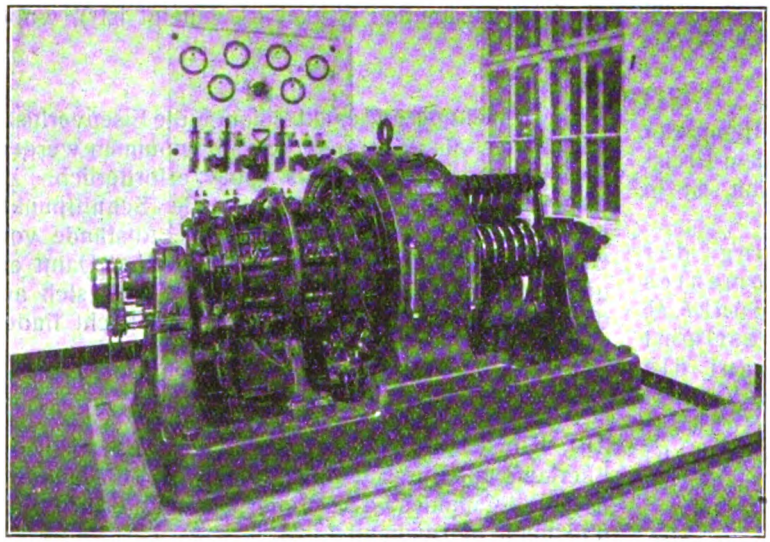


Abb. 1.

Zusammenleben der technischen und der philosophischen Fakultät nur gewinnen können. Die wissenschaftliche Erziehung der angehenden Ingenieure wird durch den Einfluß der auch auf der philosophischen Fakultät wirkenden Professoren ganz gewiß verfeinert. Die wissenschaftliche Arbeit wird wesentlich belebt, wenn sich die Theorie und ihre Verwertung unter einem Dach ausleben können. Eine junge Universität überwindet die materiellen Schwierigkeiten leichter, wenn sie sich nicht durch Abtrennung der technischen Studien unnötige Geldopfer aufbürdet. Als größerer Organismus ist sie in jeder Beziehung stärker. Schließlich gewinnt gerade die technische Fakultät und mit ihr die von ihr ausgebildeten Ingenieure zweifellos durch die Zugehörigkeit zur altehrwürdigen Institution einer Universität.

Die technische Fakultät der Universität Ljubljana hat ihre selbständige elektrotechnische Abteilung. Diese Abteilung übernimmt nach den ersten vier Semestern des allgemeinen theoretischen Studiums die Hörer, die sich der Elektrotechnik widmen wollen. Sie bietet durch vier Semester wöchentlich sechsstündige Vorträge über den Elektromaschinenbau. Ein Semester ist dem Transformatorenbau, das nächste dem Gleichstrommaschinenbau gewidmet. Ein Semester behandelt die Synchronmaschinen, eines die Asynchron- und Kollektormotoren. Die Lehrkanzel für elektrotechnische Messungen läuft durch dieselben vier Semester mit ihren praktischen Arbeiten parallel mit den beschriebenen Vorlesungen aus dem Elektromaschinenbau, außerdem hält sie ein Kolleg über allgemeine Meßkunde. Die Lehrkanzel für Kraftübertragung und Stromverteilung hat ein zweistündiges Kolleg durch zwei Semester über Installationen und ein dreistündiges Kolleg, ebenfalls durch zwei Semester, über Kraftübertragung. Dem Maschinenbau ist im Lehrplan nur soviel Raum zugeteilt als es die Elektrotechnik wirklich braucht. Maschinenzeichnen und Maschinenelemente werden natürlich schon in den ersten beiden Jahrgängen erledigt. Nach der ersten Staatsprüfung, die nach absolviertem vierten Semester abgelegt wird, hat die Lehrkanzel für allgemeinen Maschinenbau ein vierstündiges Kolleg durch zwei Semester über Dampfmaschinen und Thermodynamik und nachher ein vierstündiges Kolleg über Verbrennungskraftmaschinen und Wasserturbinen, ebenfalls durch zwei Semester. Neben den angeführten Hauptvorlesungen laufen Konstruktionsübungen und allgemeine technische Hilfsvorlesungen. Die Lehrkanzel für Schwachstrom ist im Entstehen begriffen. Vor der zweiten Staatsprüfung hat jeder Kandidat eine umfangreiche Diplomarbeit fertigzustellen.

Die Ausbildung des Elektroingenieurs verlangt heute vor allem eine gründliche theoretische Schulung. Die Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik dienen im dritten und im vierten Semester als Einführung, die Messungen im Laboratorium müssen ihnen helfen. Es wird das größte Gewicht auf den physikalischen Einblick gelegt. Es hat sich dabei gezeigt, daß das vorbereitende Studium der Physik nicht genügt. Die Vorträge über die Grundlagen der Elektrotechnik, durch zahlreiche Experimente belebt, müssen das physikalische Verständnis allmählich wecken und die späteren Fachvorträge, besonders über elektrische Maschinen, arbeiten in erster Reihe mit physikalischen Bildern. Nicht das Anhäufen von Erfahrungstatsachen wird als Hauptsache betrachtet, sondern die richtige physikalische und damit technische Schulung. Die Liebe zum Fach soll vor allem geweckt werden, die Schönheiten der Elektrotechnik greifbar dar-

Digitized by Google

gestellt werden, das Leben bringt dann schon von selbst das Rüstzeug der Arbeit.

Verfasser mußte von allem Anfang an als Vorstand der elektrotechnischen Abteilung dem Ausbau des Instituts alle seine Kräfte widmen. Es war ihm klar, daß das Studium erfolglos bleiben muß, wenn nicht ausgiebige Messungen und Versuche einen Anschauungsunterricht ermöglichen. Verhältnismäßig rasch bekam die elektrotechnische Abteilung ihre Ausrüstung.

Da in den ersten Nachkriegsjahren der junge Staat nicht große Mittel für seine Hochschulen bereitstellen konnte, mußte die private Opferfreudigkeit herangezogen werden. Mit privaten Mitteln wurde zunächst der Pavillon gebaut. Das elektrotechnische Institut bekam so im Frühjahr 1921 seine Räumlichkeiten. Andere Abteilungen der technischen Fakultät, zum Beispiel die chemische Abteilung, verschafften sich schon vorher ihr Dach anderwärts. Mit verhältnismäßig spärlichen öffentlichen Geldern wurde sodann der Ausbau begonnen. Ein Programm wurde aufgestellt, die Pläne entworfen und die Ausführung auf die sich folgenden Budgetjahre verteilt.

Natürlich war an ein großes Institut nicht zu denken. Vorderhand braucht der Staat nicht allzuviel Elektroingenieure. Vom Anfang an wurde mit etwa 40 Hörern je Jahrgang gerechnet. In der Tat wird heute die elektrotechnische Abteilung

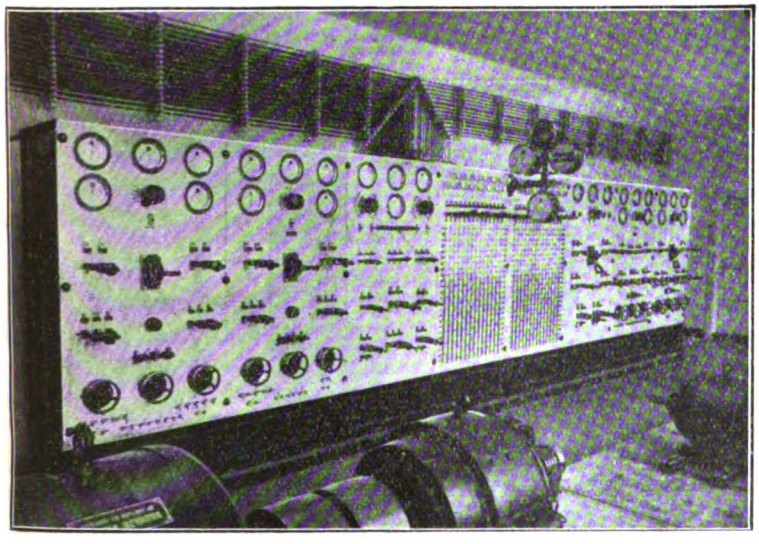


Abb. 3.

von 170 Hörern besucht, darunter Angehörigen aller südslawischen Stämme. Auch Bulgaren kommen nach Ljubljana. Selbstverständlich überwiegt das slowenische Element, aber gerade die elektrotechnische Abteilung wird mehr und mehr Gemeingut des slawischen Südens.

Die Einrichtungen des elektrotechnischen Institutes.

Das elektrotechnische Institut der Universität Lubljana ist vorderhand ganz auf den Starkstrom zugeschnitten. Es unterscheidet sich in dieser Beziehung wenig von den Instituten der deutschen, österreichischen und tschechoslowakischen tech-

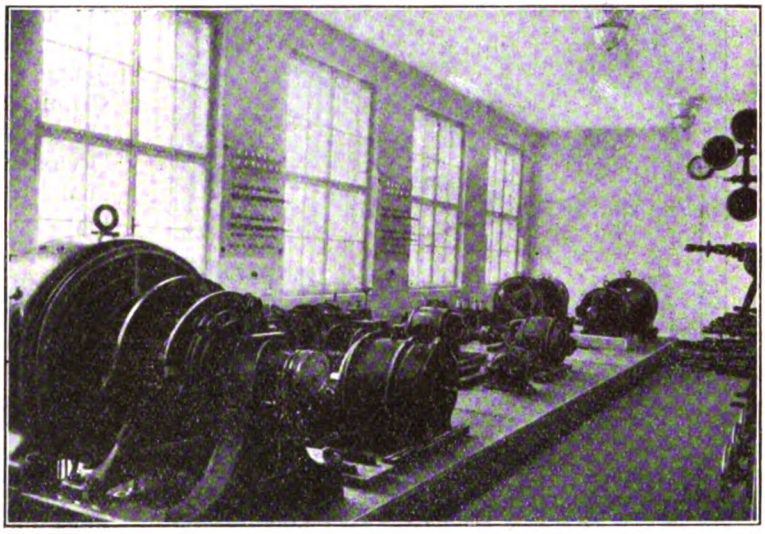


Abb. 2.

nischen Hochschulen. Es genießt alle Vorteile der Jugend, es ist ganz modern eingerichtet, und da es von der bekannten Firma Siemens & Halske gebaut wurde, kann es nicht schlecht eingerichtet sein.

Die Stromquelle des Instituts ist das städtische Elektrizitätswerk. Zur Zeit, als der Anschluß an das städtische Netz erfolgte, gab es nur Gleichstrom von 2×150 V. Seither gibt es an der Stadtperipherie auch Drehstrom, aber die Gleichstromquelle kann natürlich nicht mehr geändert werden. So haben die Laboratorien des Instituts zunächst unmittelbar Gleichstrom von 2×150 V zur Verfügung. Damit läßt sich natürlich noch nicht viel unternehmen. Genaue Messungen brauchen vor allem eine sehr ruhige Stromquelle. Die kann nur eine eigene Akkumulatorenbatterie geben. Der Akkumulatorenraum des Instituts enthält eine große Batterie für 2×220 V und 200 Ah. Außerdem steht im gleichen Raum auch noch eine kleinere Batterie für 2×24 V und 100 Ah. Die Batterien werden vom städtischen Netz aus geladen, und zwar über zwei Ladeaggregate, die nur für diesen Zweck unmittelbar neben dem Akkumulatorenraum in einem eigenen Kellerraum laufen.

Wechsel- und Drehstrom schafft sich das Institut durch Umformung des städtischen Gleichstroms. Abb. 1 zeigt den großen Einankerumformer für 210 kVA und seine, in die Wand ein-

Digitized by Google

gebaute Bedienungsschalttafel. Dieser Einankerumformer, ein Erzeugnis der Siemens-Schuckert-Werke, ist eigens für das Institut gebaut worden. Mit seinen sechs Schleifringen gestattet er die Abnahme von Sechs-, Vier-

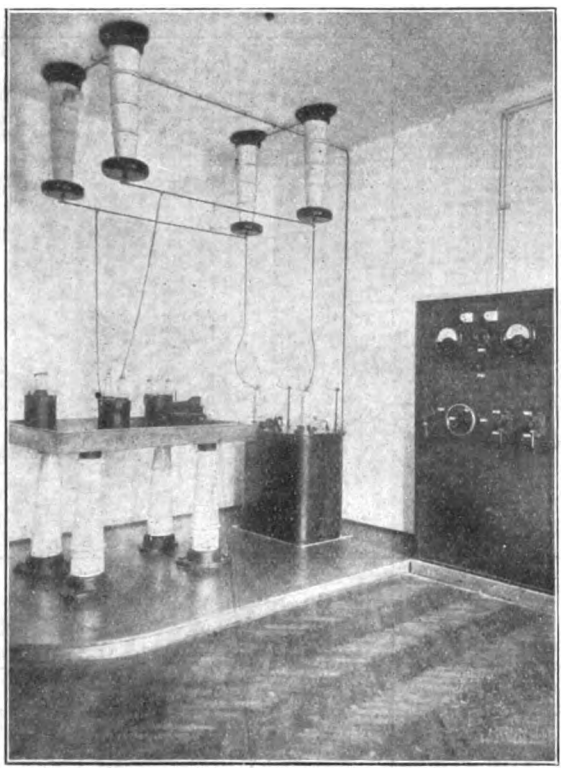


Abb. 4.

und Dreiphasen-Wechselstrom von 50 Per/s. Er ist außerdem mit allen möglichen Sondereinrichtungen ausgestattet, die für die schulmäßige Untersuchung dieser interessanten Maschinentype wünschenswert sind. Er dient somit nicht nur dem Betrieb, sondern auch als Versuchsobjekt.

Der Einankerumformer steht im Maschinensaal, der in Abb. 2 zum Teil überblickbar ist. Ganz vorne erkennt man darin die Kollektorseite des Umformers. Ganz hinten sieht man nebeneinander zwei Motorgeneratoren zu je 25 kVA, die ebenfalls der Umformung des städtischen Gleichstroms und zwar in Drehstrom von 3×220 V, bei 50 Per/s, dienen. Diese zwei Motorgeneratoren dienen natürlich ebenfalls als Versuchsobjekte. Vor allem ist es der Parallelbetrieb, der mit ihrer Hilfe vorgeführt werden kann. Einer der beiden Motorgeneratoren arbeitet mit Fremderregung.

Zwischen den beschriebenen drei Umformern liegt das Maschinenprüffeld, das in Abb. 2 deutlich sichtbar ist. In einer Betonplatte sind Spannschienen eingebaut, auf denen nach Wahl die zu untersuchenden Maschinen befestigt werden können. Die notwendigen Stromquellen sind jeweils durch die auf den Fensterpfeilern befestigten Marmoranschlußtafeln zugänglich.

Das Maschinenprüffeld ist mit ganz modernen, neuen Maschinen ausgestattet. Es enthält einen Gleichstrombahnmotor, einen normalen Gleichstromnebenschlußmotor, einen Drehstromasynchronmotor mit Käfiganker, zwei verschiedenpolige Asynchronschleifringmotoren für Drehstrom, die in Kaskade geschaltet werden können, einen Wechselstromkollektormotor und einen Drehstromkollektormotor samt Ausrüstung. Auf dem Prüffeld stehen auch zwei kleine Transformatoren und ein kleiner Hochfrequenzgenerator für 500 Per/s. Die verschiedenen direkten und indirekten Stromquellen geben alle in Betracht kommenden Stromarten, Spannungen und Periodenzahlen. Die Steuerung ist auf der großen Schalttafel des Instituts vereinigt, die im Maschinensaal steht und in der Abb. 2 rechts gerade noch durch die verschiedenen Schalthebel und Handräder erkennbar ist. Abb. 3 gibt den Überblick über diese Schalttafel, die in acht Felder eingeteilt ist. Ganz links sind die beiden Felder der Motorgeneratoren, ganz rechts die beiden Felder der zwei Batterien. In der Mitte befinden sich die Linienwähler, über die zu den einzelnen Laboratorien alle möglichen Spannungs- und Stromarten geführt werden können. In der Abb. 3 sieht man als Aufbau der Schalttafel die Synchronisierungseinrichtung der beiden Motorgeneratoren. An der Wand hinter der Schalttafel sieht man die Verteilungsleitungen, die zu den verschiedenen Arbeitsstellen laufen. Ganz vorne erkennt man einen Teil des Maschinenprüffeldes.

Das Institut hat vorderhand nur eine bescheidene Hochspannungsprüfstelle für 100 000 V. Abb. 4 läßt sie überblicken. Sie füllt einen Teil des Professorenlaboratoriums und arbeitet mit einem 10 kVA-Transformator.

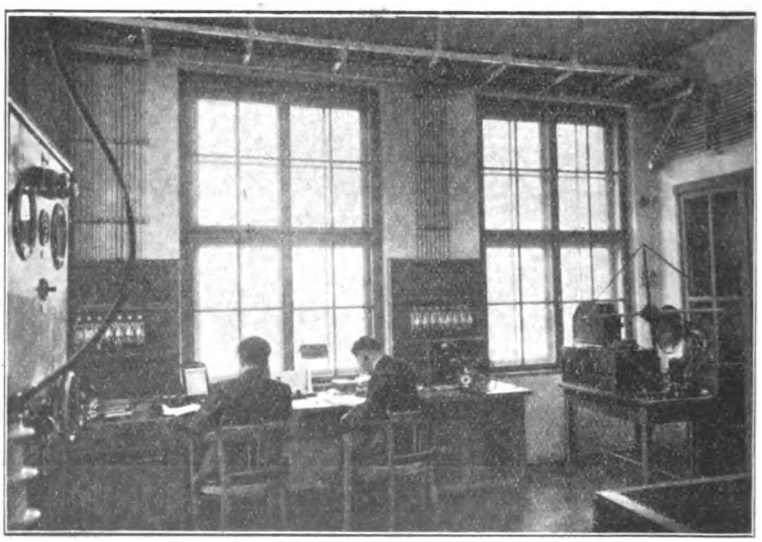


Abb. 5.

Digitized by Google

Im gleichen Laboratorium sind noch zwei Meßtische eingerichtet. Aus der Abb. 5 ist auch der Aufbau der Stromzuführungsleitung aus dem Maschinensaal ersichtlich. Die beiden Meßtische dienen den Assistenten der Lehrkanzel für den Elektromaschinenbau. Ganz vorne in der Abb. 5 sieht man einen Teil der Hochspannungsprüfeinrichtung, rechts die Radiostation des Instituts.

Für die praktischen Übungen der allgemeinen Meßkunde ist ein eigenes Laboratorium eingerichtet. Es enthält acht Meßtische, die in verschließbare Kästen eingebaut sind. Jeder Meßtisch vereinigt im Notfall eine Gruppe von fünf Mann. Er hat zwei Anschlußmöglichkeiten. Die eine Anschlußstelle des Meßtisches dient immer den festen

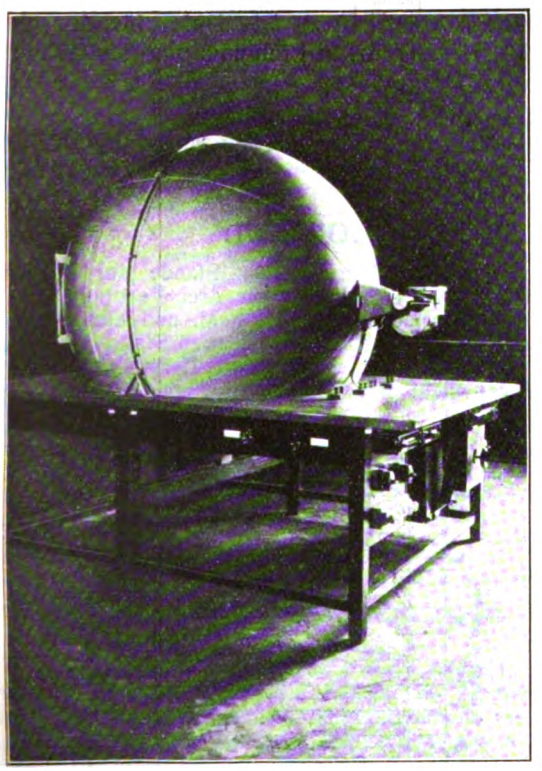


Abb. 6.

Betriebsspannungen. Von der anderen Anschlußstelle kann man beliebige Meßspannungen erhalten. Zu diesem Zwecke hat jeder Tisch auf der Schalttafel des Laboratoriums vier Schienen des Linienwählers, die man mit Steckern bedienen kann. Die Schienen entsprechen der Anordnung der Hauptschalttafel im Maschinensaal, die oben beschrieben wurde.

Bei den Meßübungen liegt jeweils die Prüfungsaufgabe vor. Die notwendigen Meßinstrumente müssen von der übenden Gruppe gesucht und zusammengestellt werden. Die Schaltung wird von ihr entworfen, mit Meßdrähten ausgeführt und dann dem Assistenten zur Kontrolle vorgelegt. Erst wenn alles in Ordnung ist, werden die herausnehmbaren Anschlußschalter des Meßtisches eingelegt, worauf die eigentliche Messung beginnen kann. Ganz ähnlich ist der Vorgang bei den Übungen am Maschinenprüffeld.

Das Institut ist mit Meßinstrumenten gut ausgestattet. Es besitzt natürlich neben Präzisionsinstrumenten aller Art auch Weicheiseninstrumente, außerdem hat es zahlreiche Prüfobjekte, wie Kocher, Heizapparate, kleine Motoren und regelbare Widerstände aller Art. Das Spiegelgalvanometer ist nicht im Laboratorium für allgemeine Meßkunde aufgestellt, sondern im weiter unten beschriebenen photometrischen Laboratorium. Teils war Raummangel dafür maßgebend, teils die Empfindlichkeit des Instruments. Ebenso ist der Oszillograph normal nicht im allgemeinen Laboratorium.

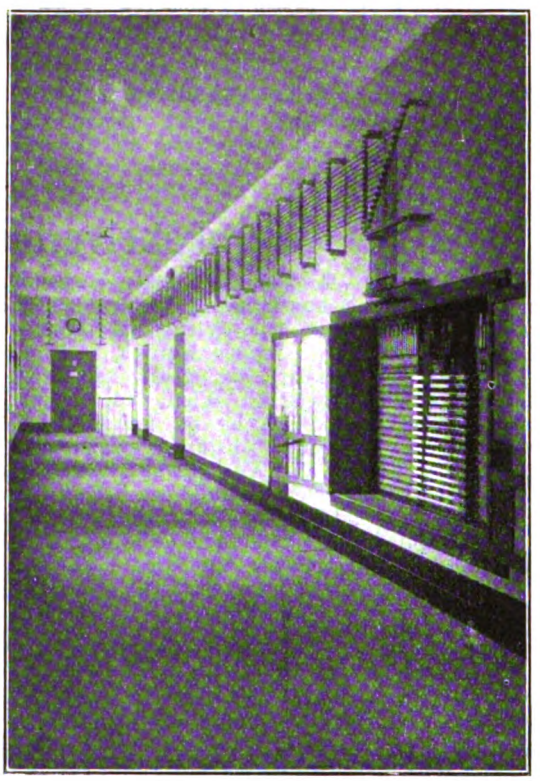


Abb. 7.

Das Laboratorium für photometrische Messungen ist ganz in Schwarz gehalten. Nicht nur die Wände, sondern auch der Fußboden und die Fensterläden, die das Tageslicht abwehren, sind schwarz. Das Laboratorium enthält eine Photometerbank und das Kugelphotometer, das in Abb. 6 dargestellt ist. Außerdem ist im Laboratorium auch noch das Spiegelgalvanometer aufgestellt.

Das Institut hat seinen eigenen Hörsaal, der Vorträge mit Lichtbildern und passenden Versuchen ermöglicht. Der kleine Hörsaal ist insoferne auffallend, als er neben einer tiefschwarzen Wandverkleidung eine dunkelrote Decke hat. Der bekannte Architekt der Fakultät, ordentlicher Professor J. Plecnik, riet zu dieser Art Ausstat-

Digitized by Google

tung. Seine Ratschläge wurden überhaupt beim Ausbau des Instituts vielfach benützt. Der Verfasser legt sehr viel Wert auf das äußere Aussehen der Einrichtungen, das gewiß für die Ausbildung der jungen Ingenieure nicht bedeutungslos ist.

Das Institut mußte sich von allem Anfang an eine kleine Werkstatt einrichten, um überhaupt ungestört arbeiten zu können. Die meisten Reparaturen werden im Hause erledigt, die meisten Versuchsmodelle im Hause angefertigt.

Die Leitungsführung von Laboratorium zu Laboratorium ist aus der Abb. 7 klar erkennbar. Abb. 7 zeigt auch die Rückseite der Schalttafel des Laboratoriums für allgemeine Meßkunde. Alle Schalttafeln des Instituts, mit Ausnahme der großen Schalttafel des Maschinensaales, sind in die Wände eingebaut und ihre Rückseiten sind durchwegs unter den Glaswänden der Kästen, die sie abschließen, sichtbar.

Das Institut hat eine eigene kleine Bibliothek, die zurzeit ungefähr 2000 Bände erreicht hat. Alle neueren Werke der Weltliteratur findet man in ihr. Das Institut bezieht augenblicklich 72 Fachzeitschriften in allen möglichen Sprachen. Natürlich steht die Bibliothek auch den Studierenden zur Verfügung und zweifellos hilft sie ausgiebig dem Unterricht. Deutsche und engliche Bücher beherrschen das Feld.

Die Zukunft des elektrotechnischen Instituts in Ljubljana kann nicht sehr zweifelhaft sein. Das Königreich der Serben, Kroaten und Slovenen ist, besonders in seinem westlichen Teil, ein Land der Wasserkräfte. Es steht zweifellos vor großen Elektrifizierungsproblemen. Es wird wissenschaftlich gebildete Arbeiter sehr bald in großer Zahl brauchen. Die Opfer für das elektrotechnische Institut in Ljubljana sind sicherlich nicht überflüssig gewesen. Das muß die nahe Zukunft zeigen.

Fernkabelverbindung Wien—London.

Nach langen Bemühungen und Verhandlungen konnte endlich der schon lange in Aussicht genommene Fernsprechbetrieb zwischen Wien und London mit 1. Dezember 1927 aufgenommen werden.

Für diesen Verkehr war zwar seinerzeit eine direkte Verbindung zwischen Wien und London ohne Umschaltstellen projektiert; hievon mußte jedoch aus administrativen Gründen Abstand genommen werden, so daß derzeit die Verbindung Wien — London durch fallweise Zusammenschaltung der beiden Leitungsstücke Wien — Frankfurt am Main und Frankfurt am Main — London durch Vermittlung des Amtes Frankfurt durchgeführt wird. Durch die Aufnahme dieses Betriebes erscheint die erste Epoche, die durch die Herstellung der

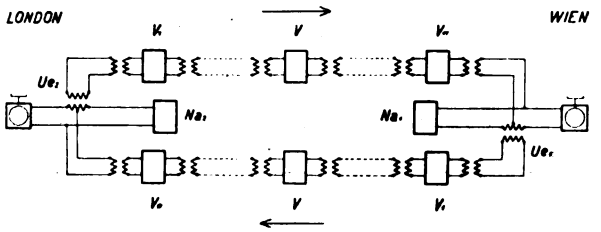


Abb. 1.

Fernkabellinie Wien — Passau — Nürnberg in Aussicht genommen war, beendet. Wien verfügt nunmehr über die nachstehenden Fernsprechverbindungen[1]):

6	Leitungen	Wien	— Berlin,
1	„	„	— Hamburg,
5	„	„	— Frankfurt a. M.
1	„	„	— Leipzig,
1	„	„	— Nürnberg,
2	„	„	— München,
1	„	„	— Paris,
1	„	„	— Amsterdam,
1	„	„	— Brüssel.

Durch Vermittlung des Amtes Berlin können die Verbindungen nach Schweden, Norwegen und Dänemark durchgeführt werden und durch Vermittlung des Amtes von Frankfurt a. M. die Verbindungen nach Straßburg und London. Außerdem ist der Verkehr von allen Orten Österreichs mit allen Orten Deutschlands zugelassen, was durch Vermittlung der Ämter Berlin, Frankfurt, Nürnberg und München erfolgt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 269 ff.

Gegenüber dem früheren Stande der Fernsprechleitungen, wo Wien nur über drei Verbindungen nach Berlin, eine nach Frankfurt a. M. und eine nach München verfügte, erscheint der heutige Stand ein bedeutender Zuwachs, der wohl durch Herstellung von Freileitungen nicht erreicht hätte werden können.

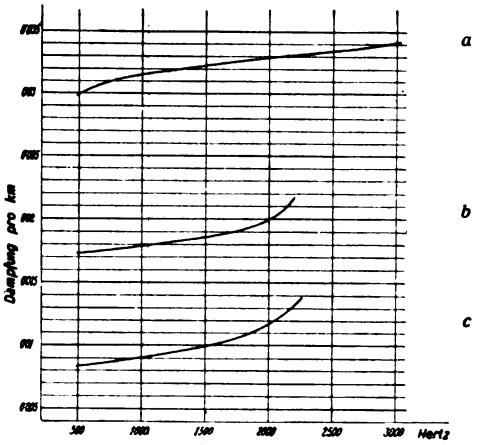


Abb 2.

a 0·9 mm Ader mit schwacher Pupinisierung
$\beta = 0{\cdot}03$ bis 0 034
$Z = 850$
$f_0 = 5400$ Hertz

b 0·9 mm Ader mit normaler Pupinisierung
$\beta = 0{\cdot}0172$ bis 0·02
$Z = 1700$
$f_0 = 2700$ Hertz

c 1·4 mm Ader mit normaler Pupinisierung
$\beta = 0\ 0084$ bis 0·012
$Z = 1700$
$f_0 = 2700$ Hertz

Wie auf allen langen Fernsprechverbindungen wird auch der Betrieb Wien — London durchwegs auf Kabeladern durchgeführt, und zwar in Vierdrahtschaltung. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß zwischen Wien und London zwei Paar Stromkreise herangezogen werden, und zwar das eine Paar für die Sprechrichtung von Wien nach London und das andere Paar für die Gesprächsrichtung London — Wien, wie dies durch die Pfeile dargestellt erscheint. In Wien und London ist durch eine besondere Brückenschaltung der Übergang auf die zweidrahtige Teilnehmerschaltung geschaffen. Die vom Teilnehmer in Wien ausgehenden Sprechströme werden über

Digitized by Google

den Übertrager Ue_1 auf den unteren Sprechkreis übertragen. Im Amte London tritt eine Stromteilung ein, so daß der eine Teil in die Teilnehmerleitung fließt, der andere Teil über ein Kunstgebilde (künstliche Belastung Na_2), das der Teilnehmerleitung vollkommen gleich ist. Dadurch tritt bekanntlich in der in der Teilnehmerleitung liegenden Wicklung des Übertragers Ue_2 eine Stromteilung nach links und rechts ein, so daß eine Übertragung in den oberen Stromkreis nicht erfolgen kann. Die vom Londoner Teilnehmer kommenden Sprechströme werden wieder durch den Übertrager Ue_2 auf den oberen Stromkreis übertragen und in Wien tritt beim Übertrager Ue_1 eine gleiche Stromteilung auf wie früher beim Übertrager Ue_2 geschildert wurde (künstliche Belastung Na_1). Der Vorteil dieser Schaltung ist der, daß die zwischen Wien und London zur Einschaltung kommenden Verstärker voll ausgenützt werden können, daher eine besonders gute Sprechübertragung erreicht wird.

Die Pupinisierung der für die Verbindung Wien — London in Verwendung genommenen Adernpaare ist eine schwache, das heißt, daß die nach je 2 km eingebauten Pupinspulen nur die geringe Selbstinduktion von 0·044 H aufweisen. Diese schwache Pupinisierung hat den Vorteil, daß die Dämpfungskurve für die einzelnen Frequenzen im Bereich der Sprechfrequenzen von 300 bis 2400 Hertz einen ziemlich linearen Verlauf hat

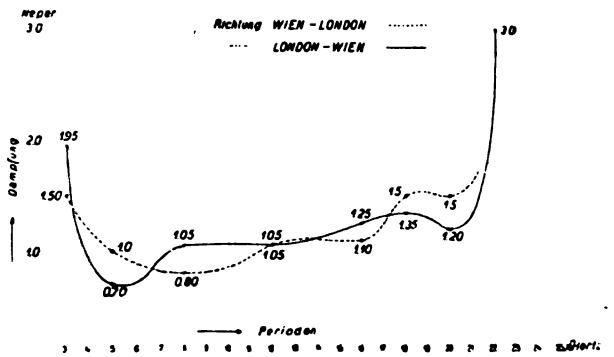


Abb. 3. Pegellinie der Fernsprechleitung Wien—London.

(Abb. 2 a), während für normal pupinisierte Adern in den höheren Frequenzen bereits ein merkliches Ansteigen, wie aus Abb. 2 b zu ersehen ist, wahrgenommen werden kann. Es tritt daher bei den schwach pupinisierten Leitungen nur ein ganz geringer Unterschied in der Dämpfung der höheren Frequenzen gegenüber den niederen Frequenzen ein, welcher geringe Unterschied aber durch die entsprechende Schaltung in den Verstärkersätzen leicht ausgeglichen werden kann, so daß auf die große Entfernung von zirka 1533·1 km die Sprechübertragung eine vollkommen reine und klare ist.

Die schwache Pupinisierung der Kabeladern hat dagegen wieder den Nachteil, daß diese Adern gegenüber den normal pupinisierten eine bedeutend größere allgemeine Dämpfung aufweisen, man daher gezwungen ist, schon nach je 75 km Verstärker einzuschalten, während dies bei den normal pupinisierten erst nach je 150 km erforderlich erscheint. Dementsprechend stehen für die Fernsprechverbindung Wien — London 17 Verstärker *V* in Betrieb, die auf die nachstehenden Orte verteilt sind: St. Pölten, Amstetten, Linz, Passau, Straubing, Hemau, Nürnberg, Iphofen, Marktheidenfeld, Frankfurt a. M., Bingerbrück, Andernach, Köln, Aachen, Brüssel, La Panne, Canterbury.

Als Verstärker stehen Elektronenröhren-Verstärker in Verwendung, die nicht nur die Aufgabe haben, die im Verstärkerfeld auftretende Dämpfung aufzuheben, sondern auch den Unterschied in der Dämpfung der einzelnen Frequenzen (Abb. 2) zu beseitigen, das heißt es muß die höhere Frequenz eine größere Verstärkung erfahren als die niederere. Da nun die einzelnen Verstärkerfelder nicht gleich lang sind, erfordert die Einstellung der Verstärker eine besondere Sorgfalt, so daß die Zusammenschaltung solcher langer Leitungen mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Für die Beurteilung der richtigen Schaltung einer solchen Leitung sind eigene Meßgeräte, die sogenannten Pegelmeßgeräte[2]), gebaut worden, mit denen die Niveaulinie für die Dämpfung der einzelnen Frequenzen vor und nach dem Verstärkersatze in jedem Verstärkeramte festgestellt werden kann. Die Pegellinie der für Meßzwecke zusammengeschalteten Leitung Wien — London zeigt Abb. 3. Es ist daraus zu ersehen, daß die Frequenzen unter 300 und über 2150 Hertz eine so große Dämpfung aufweisen, daß von einer Weiterleitung derselben nicht gesprochen werden kann. Dieses Abschneiden der Frequenzen im unteren Bereich ist ganz ohne Belang, da für die Sprechübertragung diese Frequenzen nicht in Betracht kommen. Bei den oberen Frequenzen würde höchstens bei den Buchstaben sch, s, f, ch die noch so hohe Frequenzen aufweisen, ein Abschneiden derselben erfolgen, dies ist jedoch auch ohne Bedeutung; die Reinheit der Übertragung der Sprache wird hierdurch nicht getrübt. Im normalen Frequenzband der Sprache von 300 bis 2400 Hertz ist jedoch der Verlauf der Pegellinie beinahe horizontal, das heißt die einzelnen Frequenzen erfahren beinahe dieselbe Dämpfung und tritt daher keine Verzerrung der Sprache ein.

Als Rufstrom kann der normale, sonst bei Fernsprechleitungen in Verwendung stehende Rufstrom von 25 Per/s nicht Verwendung finden, da seine Weiterleitung über die Verstärkersätze nur durch eigene Überbrückungen erfolgen könnte, was jedoch wieder eine Schwächung des Verstärkergrades bei den Verstärkern zur Folge hätte. Es wird daher der vom Teilnehmer bezw. vom Fernamt kommende Rufstrom von 25 Per/s im Verstärkeramt in einen solchen von 500 Per/s umgewandelt, der über die vorhandenen Verstärkersätze geleitet werden kann. Im Endamte erfolgt wieder die Umwandlung in 25 Per/s. Für die Erzeugung des 500 Per/s Rufstromes kommt ein Röhrengenerator in Anwendung.

Besondere Einrichtungen erscheinen noch in der Umschaltstelle im Fernamt Frankfurt a. M. erforderlich, da für die beiden Leitungsteile Wien — Frankfurt und Frankfurt — London die Leitungen zum Umschalter als Zweidrahtleitungen geführt werden, da ja diese beiden Leitungen für diese beiden Relationen auch benützt werden. Bei der Zusammenschaltung müssen nun die im Amte Frankfurt vorhandenen Zweidrahtleitungen aufgehoben werden und ein durchlaufender Vierdraht-Stromkreis von Wien bis London gebildet werden. Die Schaltungen hiefür sind ziemlich kompliziert und müssen, wie bei einem gewöhnlichen Umschalter, durch einfaches Stecken von Verbindungsklinken hergestellt werden.

Aus dieser kurzen Darstellung ist zu entnehmen, daß viele wichtige technische Momente bei der Herstellung einer solchen Verbindung zu beachten sind, die aber nach einmaligem Festsetzen auch immer beibehalten werden können, wodurch der einwandfreie Betrieb auch auf solchen langen Strecken gesichert erscheint.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 2, S. 55.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Möglichkeiten für die Stromausfuhr aus der Tschechoslowakei untersucht Ing. G. W. Meyer in der „Trua", Nr. 21 und 22 von 1927[1]). Mit der in den öffentlichen Werken installierten Maschinenleistung von 800 000 kW (davon 120 000 kW Wasserkraftmaschinen) werden jährlich nur 1·2 Milliarden kWh bezw. nur 88 kWh je Kopf der Bevölkerung erzeugt. Der Strombedarf im Inlande ist also noch lange nicht als gesättigt anzusehen und die Wasserkräfte spielen, auch wenn die im Bau befindlichen und geplanten Anlagen mit zusammen etwa 200 000 PS fertiggestellt sein werden, keine überragende Rolle in der Stromversorgung, abgesehen davon, daß sie vorwiegend im Innern des Landes liegen und meist Laufwerke sind und daher für die Stromausfuhr außer Betracht bleiben können. Die Dampfkraftwerke dagegen liegen zumeist in den Kohlenrevieren und viel näher der Grenze. Die bei ihnen schon vielfach angewendeten neuesten Errungenschaften der Dampftechnik, wie hohe Dampfspannung, Abdampfverwertung und selbsttätige Kesselregelung können aber erst voll zur Geltung kommen, wenn die Werke besser ausgenützt werden. Damit dies möglich wird, müssen zuerst große Versorgungsgebiete geschaffen werden, als welche sich neben Prag und Pilsen zwangläufig die Industriegebiete an der Nordwestgrenze von Eger über Bodenbach bis über Reichenberg hinaus sowie in Mähren und Schlesien von Brünn bis ins Ostrauer Kohlengebiet ergeben, für welche die Erbauung zweier 110 kV Sammelschienen nötig ist. Die nordböhmische Sammelschiene könnte im Süden mit dem Bayernwerk, im Norden mit den Sächsischen Werken verbunden werden, für die Mährisch-Schlesische ist der Anschluß an die österreichischen und oberschlesischen Netze gegeben. Werden die vorhandenen Werke etwa doppelt so stark ausgenützt als bisher (3000 h gegen 1500 h jährlich), so stehen dann ohne besonderen Aufwand für neue Maschinenanlagen unter Berücksichtigung der Verluste rund 1 Milliarde kWh zur Verfügung, für welche die Kohlenkosten 0·124 Kč/kWh, die Gesamtkosten einschließlich Tilgung und Verzinsung der Leitungen und Umspannwerke, Kosten der Wartung usw. 0·14 Kč/kWh betragen würden. Bei einem Verkaufspreis von 14 bis 30 H/kWh, im Mittel 20 H, wäre eine Jahreseinnahme von rund 200 Mill. Kč erzielbar, wobei besonders vorteilhaft ist, daß Strom für die Ausfuhr während des ganzen Jahres gleichmäßig zur Verfügung stünde, im Gegensatz zum Beispiel zur Schweiz, die bekanntlich vorwiegend während der Sommermonate Strom ausführt. —n—.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Über die beiden Einphasengeneratoren des Kraftwerkes Vernayaz[2]), die von der Firma Oerlikon geliefert wurden, berichtet „Bulletin Oerlikon" Nr. 78. Die Maschinen sind für eine Dauerleistung von 11 000 kVA (eineinhalbstündige Höchstleistung 14 000 kVA, 10 Minuten Spitzenleistung 17 100 kVA) bei einer Klemmenspannung von 15 000 ± 10 vH V, $16^2/_3$ Per/s, $333^1/_3$ U/min und einem cos $\varphi = 0{\cdot}75$ ausgelegt sind. Wegen der hohen Spannung sind die Spulen in den Nuten sehr sorgfältig durch hitzebeständige Mika-Präparate isoliert, die einzelnen Leiter durch 3 mm Mikanit getrennt und die nahtlos aufgepreßten Nutenkännel 5 mm stark, während die Spulenenden mit Compoundpapier mehrfach umbändelt sind. Durch Einbau eines besonderen Glimmschutzes in den Nuten und Isolierung der metallenen, kurzschlußsicheren Abstützung der Spulenköpfe ist erreicht, daß bei der Prüfspannung von 39 000 V effektiv auch im Dunklen noch keine Glimmentladung bemerkbar ist. An jenen zwei Stellen der Statorwicklung, wo vermutlich die höchsten Temperaturen auftreten, sind die Widerstandselemente einer Fern-Temperaturmeßvorrichtung eingebaut. Das vierteilige Statorgehäuse ruht auf wegnehmbaren Füßen und auf vier Rollen, auf denen es zur Vornahme von Reparaturen um seine Achse gedreht werden kann. In die Luftkanäle des ganz geschlossen gebauten Generators ist eine automatische Kohlensäure-Brandschutzvorrichtung eingebaut. F—r.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 444, 633.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 182.

Berechnung von Luftkühlanlagen bei Generatoren und Transformatoren. Für den Entwurf von Kraftwerken ist eine genaue Ermittlung der freien Querschnitte für die erforderliche Kühlluftmenge von Wesentlichkeit und dies um so mehr, als vielfach die Abwärme für die Heizung von Nebenräumen verwendet wird. Solange es sich um geschlossene Generatorkonstruktionen handelt, ist diese Verwertung für Heizzwecke leicht durchführbar. Bei offener Bauart der Generatoren muß jedoch die warme Abluft durch eigene Ventilatoren unter dem Dach des Maschinenraumes abgesaugt und mittels eines Rohrsystemes der weiteren Verwendung zugeführt werden, z. B. im Kraftwerk im Eglisau. Ein richtiger Heizeffekt läßt sich aber in wichtigen Räumen, die auch bei großer Kälte auf + 18° C zu erwärmen sind, nicht erzielen. Daher wird diese Heizart nur für das Anwärmen minder wichtiger Räume, wie Magazine, Werkstätten usw., benützt. M. Hottinger gibt nun eine Zusammenstellung des Berechnungsganges von Kühlanlagen in Kraftwerken. Zum Abtransport von Q Cal/h Verlustwärme in elektrischen Maschinen ist eine Luftmenge

$$L_t = \frac{Q(1+\alpha t)}{0{\cdot}31\,(t_2 - t_1)}\ \text{m}^3/\text{h}$$

erforderlich, wenn sich die Luft beim Durchgang durch die Maschine von t_1 auf t_2° C erwärmt. Hiebei sei

$$1 + \alpha t = \frac{\text{absolute Temperatur}}{273}.$$

Für einen 4000 kW-Generator mit einem Wirkungsgrad von $\eta = 0{\cdot}95$ ergibt sich somit eine einströmende Luftmenge bei einer max. Sommertemperatur im Schatten $t_1 = 30^0$ von

$$L_{30} = \frac{4000 \times 0{\cdot}05 \times 860 \times 1{\cdot}11}{0{\cdot}31\,(50 - 30)} = 31\,000\ \text{m}^3/\text{h}\ \text{von}\ 30^0\ \text{C},$$

wenn sich die Luft auf 50° beim Durchströmen erwärmen soll. Die austretende Luftmenge beträgt hiebei

$$L_{50} = \frac{31\,000 \times 1{\cdot}183}{1{\cdot}11} = 33\,000\ \text{m}^3/\text{h}\ \text{von}\ 50^0\ \text{C}.$$

Bei einem Barometerstand von 720 mm Hg entsprechen dieser Menge 34 000 kg Luft. Damit jedoch bei offener Bauart der Generatoren die Maschinenhaustemperatur nicht zu hoch steigt, ist die Generatorluft zur Erlangung einer mittleren Raumtemperatur von 40° C mit X kg Außenluft von 30°, die durch offene Fenster, Kabelkanäle usw. eindringen können, zu mischen, und zwar nach folgender Beziehung:

$$34\,000 \,.\, 50 + X \,.\, 30 = (34\,000 + X) \,.\, 40$$

woraus sich X zu 34 000 kg oder 31 000 m³/h von 30° ergibt. Je Generator müssen somit in der Stunde 68 000 kg oder 64 000 m³ Luft von im Mittel 40° C durch den Maschinenraum hindurchströmen und es ist durch entsprechend große Abzugsöffnungen unter oder in der Decke für die Beseitigung dieser Menge zu sorgen. Unter der Voraussetzung, daß das Einströmen der Mischluft von 30° durch Fenster und Türen widerstandslos erfolgt, ergibt sich die Abströmgeschwindig-

Digitized by Google

keit unter der Decke theoretisch zu

$$v = \sqrt{2 g h \frac{t_e - t_0}{T_0}} \text{ m/s},$$

wobei unter h Höhe von Mitte Generator bis Mitte Abströmöffnung in m, unter t_e die mittlere Raumtemperatur (40° C), t_0 die Außentemperatur (30° C) und unter T_0 die absolute Außentemperatur (303° C) verstanden werde; ist also beispielweise $h = 18$ m, so wird $v = 3{\cdot}4$ m/s, wobei jedoch noch die Widerstandszahl der Abströmöffnung (Jalousien) $\zeta = 2$ zu berücksichtigen ist, so daß sich praktisch die Geschwindigkeit auf $\frac{3{\cdot}4}{\sqrt{2}} = 2{\cdot}4$ m/s stellt. Der Querschnitt der Abströmöffnung beträgt somit rund $\frac{65\,000}{3600 \cdot 2{\cdot}4} = 7{\cdot}5$ m².

Ähnlich erfolgt die Berechnung bei geschlossener Bauart der Generatoren. Hiebei sind aber die Reibungswiderstände zu berücksichtigen, und zwar

$$R = 6{\cdot}61 \frac{v^{1{\cdot}924}}{d^{1{\cdot}281}} \text{ mmWS je m Kanallänge}$$

bei runden Blechkanälen. Bei rechteckigen Blechkanälen ist statt d zu setzen $d_g = \frac{2ab}{a+b}$ und bei gemauerten Kanälen sind die so berechneten Werte zu verdoppeln. Hiebei sei v die mittlere Geschwindigkeit im betreffenden Kanalstück in m/s, d der lichte Kanaldurchmesser in mm, a und b die Seitenlängen des rechteckigen Kanals in mm. Die Einzelwiderstandshöhen errechnen sich nach der Formel $\zeta \frac{v^2}{2g} \gamma$ [mmWS] mit v Luftgeschwindigkeit an der Stelle des Widerstandes in m/s, γ spezifisches Gewicht der Luft in kg/m³, g Erdbeschleunigung und ζ Widerstandszahl. Für diese kann gesetzt werden: bei Bogen von 90° in gemauerten Kanälen 1·0, in Blechkanälen 0·3, bei scharfem Knie von 90° 1·5 bis 2, bei Gittern 0 bis 2 nach dem Verhältnis von freiem zu totalem Querschnitt und für plötzliche Querschnittserweiterungen von f_1 auf f_2, bezogen auf die Geschwindigkeit v_1, $(1 - f_1/f_2)^2$.

In gleicher Weise erfolgt auch die Berechnung von Transformatorenzellen mit Lüftung ohne Ventilator. Nachdem auf Grund der vorstehend angegebenen Koeffizienten die Summe der Widerstandshöhen ermittelt sind, ergibt sich die nötige Auftriebshöhe der warmen Luft (h in m von Mitte Transformator bis Oberkante Abluftschacht) zu

$$h = \frac{\Sigma h w}{\gamma' - \gamma''},$$

wobei γ', γ'' die spezifischen Gewichte der Luft bei t_1 bezw. t_2° C bedeuten mögen. —hw—

(Bull. d. SEV, 18. Jg., H. 10, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Eine exakte Methode zur Messung der Magnetostriktion beschreibt Alfred Schulze (P. T. R.). Die Längenänderung des magnetisierten Stabes ändert den Abstand der beiden Platten eines ebenen Luftkondensators K, der sich im Schwingungskreise eines Hochfrequenzröhrenoszillators (700 000 Per/s) befindet[1]). Dieser letztere sowie ein zweiter mit einer festen Kapazität ausgerüsteter gleicher Oszillator sind induktiv mit einem Lautsprecher samt Verstärkerröhre gekoppelt und erzeugen zusammen einen Überlagerungston, der mit dem Normaltone eines mit der gleichen Lautsprecheranordnung gekoppelten Tonfrequenz-Oszillators von etwa 1000 Per/s verglichen wird. Ändert sich durch die Kapazitätsänderung von K im ersten Oszillator der Überlagerungston der Hochfrequenz-Oszillatoren, so treten im Lautsprecher Schwebungen auf, die mit einem zu K parallel geschalteten empfindlichen Differentialkondensator nach Zickner kompensiert werden. Der letztere besteht aus zwei fest miteinander verbundenen festen halbkreisförmigen Platten, die zusammen einen Vollkreis bilden und von der halbkreisförmigen beweglichen Platte vom Radius R die Abstände d und $d + \Delta d$ haben. Mit Weglassung der Glieder höherer Ordnung erhält man für kleine $\Delta d/d$

$$C = (R/2d)^2 \cdot \Delta d.$$

Es wurden zwei solche Differentialkondensatoren $R = 4$ cm, $d = 0{\cdot}28$ cm; ferner $\Delta d = 0{\cdot}1$ und $0{\cdot}01$ cm für $C \backsim 5$ cm und $0{\cdot}5$ cm verwendet. Ihre Einstellung wurde mit Spiegel und Skala abgelesen. Der kreisförmige Kondensator K ist mit seiner Achse in der Mittellinie eines dreisäuligen Gestelles knapp unter der oberen Abschlußplatte angeordnet. Die obere Platte ist parallel und koaxial in einem bestimmten Abstande zur unteren Platte einstellbar an dieser Abschlußplatte befestigt. Die Grundplatte des Gestelles trägt ein Messingrohr, in dessen oberes Ende das untere Ende des Eisenstabes eingeklemmt wird, das obere Stabende ist ebenfalls durch ein Messingrohr verlängert, das, durch eine Führung gehend, an seinem oberen Ende die untere Kondensatorplatte trägt. Den Eisenstab umgeben zwei lange, ihn beiderseits um die Hälfte seiner Länge überragende Magnetisierungsspulen, die eine zum Magnetisieren, die andere zum Entmagnetisieren. Die Kondensatorplatten wurden mittels Glasplättchen genau auf 0·111 cm Abstand eingestellt. Die relative Längenänderung des Stabes steht zur Kapazitätsänderung in der Beziehung:

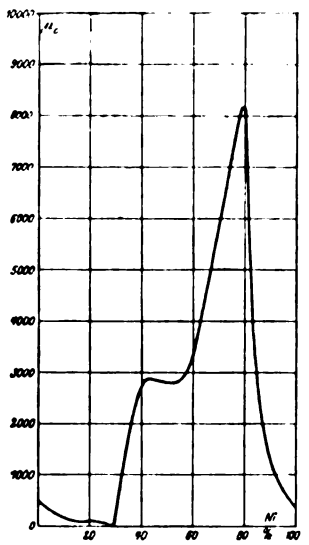


Abb. 1.

$$dl/l = -(d_1/l)\,\Delta C/C;$$

hierin bezeichnet d_1 den Abstand der Kondensatorplatten, l die Stablänge und dl deren Änderung durch Magnetostriktion. Man war in der Lage, noch 0·01 μ sicher zu messen. Als Beispiel wurden die Messungen an Eisen-Nickellegierungen angeführt. Abb. 1 und Abb. 2 zeigen die erhaltenen Ergebnisse, die ein ähnliches Bild, wie die von H. Kouda und K. Kido[2]) erhaltenen liefern. Abb. 1 stellt die Anfangspermeabilität μ_0 der Legierungen als Funktion des perzentuellen Nickelgehaltes; Abb. 2 die Längenänderungen $\Delta l/l$ als Funktion der äußeren Feldstärken $\mathfrak{H}'$ dar. Die Verfasser geben auch ausführliche Zahlentafeln über die Einzelmessungen. Über weitere Messungen bezüglich verschiedener Einflüsse auf die Magnetostriktion stehen weitere Veröffentlichungen in Aussicht. R. H.

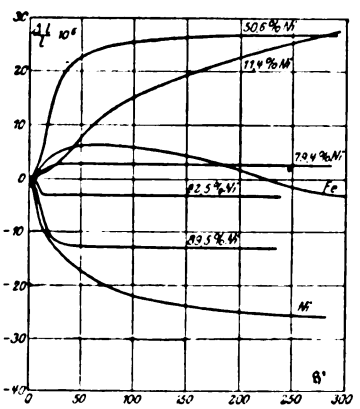


Abb. 2.

(Arch. f. Elektrot. Bd. XVIII, H. 6, 1927.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 928.

[2]) Science Report, Tôhoku Univ., Bd. 95, S. 220, 1920.

Digitized by Google

Leitungen und Leitungsbau.

Über Anpassung und Nachbildung von Kettenleitern schreiben Felix Strecker und Richard Feldtkeller. Es handelt sich um die theoretische Ableitung von Schaltungen wie die von Hoyt[1]) und Küpfmüller[2]) angegebenen, die den Zweck haben, Kettenleiter, zum Beispiel Pupinkabel so abzuschließen, daß sie reflexionsfrei (echofrei) miteinander verbunden werden können. Der Wellenwiderstand eines Vierpoles ist verschieden, je nach dem Klemmenpaar, welches man als Eingangsklemmen benutzt. Man erhält daher zwei Werte $\mathfrak{Z}_1$ und $\mathfrak{Z}_2$ für den Wellenwiderstand, die durch das geometrische Mittel aus Leerlaufs- und Kurzschlußimpedanz der betreffenden Seite dargestellt werden. Sie sind ferner durch die Eigenschaft mit einander verknüpft, daß der Eingangswiderstand auf der mit dem Index 1 bezeichneten Seite gleich $\mathfrak{Z}_1$ ist, wenn die Seite 2 mit der Impedanz $\mathfrak{Z}_2$ belastet wird und umgekehrt. Schaltet man mehrere Vierpole in Reihe, so treten an den Stoßstellen nur dann keine Reflexionen auf, wenn der Ausgangswellenwiderstand $\mathfrak{Z}_{12}$ des ersten gleich dem Eingangswellenwiderstand $\mathfrak{Z}_{21}$ des zweiten ist. Läßt sich das nicht ermöglichen, so muß ein dritter Vierleiter dazwischen geschaltet werden, der die Wellenwiderstände $\mathfrak{Z}_{12}$ und $\mathfrak{Z}_{21}$ besitzt, oder man schließt jeden der beiden Vierleiter durch je einen weiteren Vierleiter ab, dessen Eingangswellenwiderstand gleich dem des zu verbindenden Vierleiters ist und dessen Ausgangswellenwiderstand einen möglichst konstanten reellen Wert besitzt. Die Seiten der beiden Abschlußschaltungen, welche den konstanten Wellenwiderstand aufweisen, können dann durch einen induktiven Übertrager (Transformator) miteinander reflexionsfrei verbunden werden. Dieses letztere Prinzip ist aus praktischen Gründen vorzuziehen, da hiebei zum Beispiel in Telephonnetzen jedes Pupinkabel für sich so abgeschlossen werden

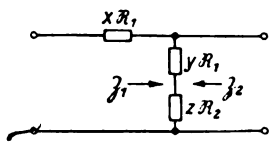


Abb. 3.

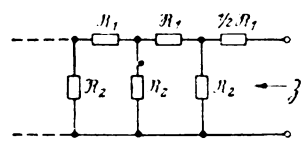


Abb. 4.

kann, daß es mit jedem anderen reflexionsfrei verbunden werden kann; es wurde daher auch von den beiden oben angeführten Erfindern gewählt. Stellt Abb. 3 die Abschlußschaltung und Abb. 4 den abzuschließenden Kettenleiter dar, so ist $\mathfrak{Z}_1$ der ersteren, berechnet aus Leerlaufs- und Kurzschlußwiderstand:

$$\mathfrak{Z}_1 = \sqrt{[(x+y)\,\mathfrak{R}_1 + z\,\mathfrak{R}_2]\,x\,\mathfrak{R}_1} =$$
$$= \sqrt{x\,.\,z\,\mathfrak{R}_1\,\mathfrak{R}_2\,[1 + 4\,(x+y)\,\mathfrak{R}_1/z\,.\,4\,\mathfrak{R}_2]}\;.\;.\;.\;(1).$$

Der Wellenwiderstand des Kettenleiters ist dagegen:

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\mathfrak{R}_1\,\mathfrak{R}_2\,(1 + \mathfrak{R}_1/4\,\mathfrak{R}_2)}.$$

Um $\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_1$ zu machen, muß also $x\,.\,z = 1$ und $4\,(x+y) = z$ sein. Zur Bestimmung von x, y und z fehlt daher noch eine Gleichung, die so aufzustellen ist, daß der Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}_2$ reell und möglichst konstant wird. Man erhält:

$$\mathfrak{Z}_2 = \sqrt{x\,\mathfrak{R}_1\,(y\,\mathfrak{R}_1 + z\,\mathfrak{R}_2)/(x\,\mathfrak{R}_1 + y\,\mathfrak{R}_1 + z\,\mathfrak{R}_2)} =$$
$$= k\,.\,\sqrt{x\,.\,z\,.\,\mathfrak{R}_1\,\mathfrak{R}_2} = k\,.\,\sqrt{\mathfrak{R}_1\,\mathfrak{R}_2}.$$

Hierin ist:

$$k = (1 - 4\,y\,\mathfrak{R}_1/z\,.\,4\,\mathfrak{R}_2)/\sqrt{1 + 4\,(x+y)\,\mathfrak{R}_1/z\,.\,4\,\mathfrak{R}_2} =$$
$$= (1 + 4\,y\,v/z)/\sqrt{1+v},$$

wenn $v = \mathfrak{R}_1/4\,\mathfrak{R}_2$ gesetzt wird. Trägt man k graphisch als Funktion von v für verschiedene Parameter $4\,y/z$ auf, so findet man den konstantesten Verlauf von k für $4\,y/z = 0{\cdot}625$. Hiemit wird $x = 0{\cdot}309$; $y = 0{\cdot}502$; $z = 3{\cdot}24$ und:

$v =$	$-0{\cdot}1$	$-0{\cdot}2$	$-0{\cdot}3$	$-0{\cdot}4$	$-0{\cdot}5$	$-0{\cdot}6$	$-0{\cdot}65$
$x =$	0·988	0·979	0·972	0·967	0·971	0·988	1·003

[1]) Amerik. Patent 1243066 und 1475997.
[2]) D. R. P. 330964.

es ist also mit einer Genauigkeit von etwa 2 vH $k = 0{\cdot}99$. Mit derselben Genauigkeit wird nun $\mathfrak{Z}_2$ gleich dem Wellenwiderstande der dem verlustlosen Kettenleiter entsprechenden homogenen Leitung und ist, wenn $\mathfrak{R}_1$ und $\mathfrak{R}_2$ in bezug auf ω reziprok sind und, wie zum Beispiel bei der verlustfreien Spulenleitung, der Kondensatorkette und den doppelt abgestimmten Siebketten ein reelles Produkt geben, reell und ebenso konstant, wie k. Bei einer verlustfreien Pupinleitung mit der Gliedinduktivität L und Kapazität C ist

$$v = (1/4)\,.\,j\,\omega\,L\,.\,j\,\omega\,C = -(1/4)\,.\,\omega^2\,L\,.\,C = -\eta^2,$$

wenn η die Frequenz in Bruchteilen der Grenzfrequenz bezeichnet. Dem Bereiche von $-0{\cdot}65 < v < 0$ ent-

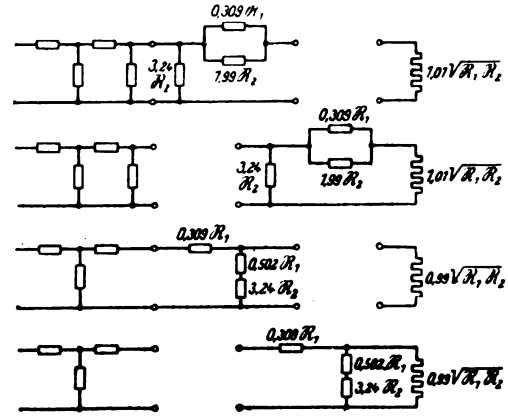


Abb. 5.

spricht also der praktisch vollkommen ausreichende Frequenzbereich $0 < \eta < 0{\cdot}81$. Die so berechnete Abschlußschaltung unterscheidet sich zwar von den beiden Hoytschaltungen und der Schaltung nach Küpfmüller, bildet aber mit ihnen eine abgeschlossene Schaltungsgruppe, wobei die einzelnen Schaltungen auf ähnlichem Wege, wie oben zu berechnen sind. Abb. 5 und Abb. 6 zeigen diese Gruppe, und zwar Abb. 5 all-

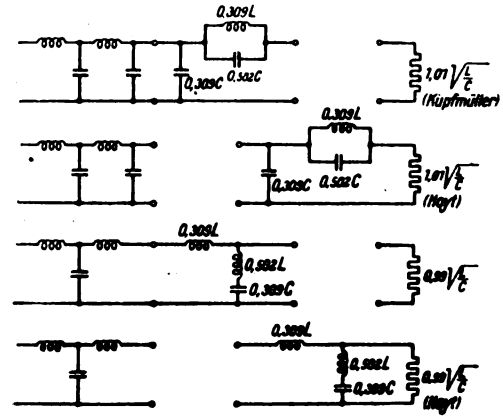


Abb. 6.

gemein und Abb. 6 in der Anwendung auf Spulenleitungen. In einer zweiten Abhandlung „Über die Nachbildung einer verlustbehafteten Pupinleitung" behandeln die Verfasser auch die zuerst von Hoyt[1]) entwickelte Anpassung der Abschlußschaltungen an technische Pupinleitungen. Hoyt löst die Aufgabe, indem er zu seiner Schaltung für verlustfreie Pupinleitungen Abb. 6, die zweite von oben, die Spule $0{\cdot}309\,L$ durch eine Reihenschaltung $0{\cdot}309\,L + 0{\cdot}309\,R$ ersetzt und in Reihe zu der Parallelschaltung $0{\cdot}309\,(L+R) \parallel (0{\cdot}502\,C)$ ein Zusatzglied einschaltet, das aus einem Kondensator von der Größe $2\sqrt{L\,.\,C}/R$, oder für einen größeren Frequenzbereich $0{\cdot}05 < \eta < 0{\cdot}8$ aus zwei Kondensatoren C_3 und C_4 von je $4\,L\,.\,C/R$ in Reihe,

[1]) Amerik. Patent 1124904; brit. Pat. 214249.

Digitized by Google

von denen einer, C_4, durch einen Wirkwiderstand $R_1 = \frac{1}{2}\sqrt{L/C}$ überbrückt ist, besteht. Der Scheinwiderstand dieser Schaltung soll zusammen mit dem Abschlußwiderstand $R_1 = \sqrt{L/C}$ dem Wellenwiderstande der verlustbehafteten homogenen Ersatzleitung $\sqrt{L/C - jR/C\omega}$ gleichkommen. Der erwähnte Scheinwiderstand ist

$$\mathfrak{R} = (1 + j\omega A - \omega^2 B)/(j\omega C_3 - \omega^2 D),$$

worin

$A = R_1 C_3 + R_4 C_4 + R_4 C_3$; $B = R_1 R_2 C_3 C_4$; $D = R_4 C_3 C_4$

ist. Die Gleichsetzung beider Ausdrücke führt auf eine Gleichung vierten Grades nach ω. Diese wird mit Ausnahme für sehr kleine ω identisch erfüllt, wenn man die Koeffizienten der ersten bis vierten Potenz von ω einzeln gleich Null setzt. Dies liefert zwei Wertsysteme für R_1, R_4, C_3 und C_4, von denen das folgende die besten Ergebnisse liefert:

$$R_1 = \sqrt{L/C};\quad R_4 = \tfrac{1}{2}\sqrt{L/C};\quad C_3 = C_4 = 4\sqrt{L \cdot C}/R.$$

Korrigiert man noch $R_1 = 1{\cdot}01\sqrt{L/C}$, so erhält man mit dieser Zusatzschaltung bis herab zu $\eta = 0{\cdot}5\,b$, also bei $b = 0{\cdot}1$ bis zu $\eta = 0{\cdot}05$, einerseits fast vollkommene Übereinstimmung mit dem Wellenwiderstand der homogenen Leitung, andererseits auch bei Frequenzen $0{\cdot}05 < \eta < 0{\cdot}8$ Übereinstimmung mit dem Wellenwiderstand der Pupinleitung bis auf weniger als 4 vH. Die graphische Darstellung der unkompensierten Abweichungen erfolgt mittels einer eigenartigen und interessanten Anwendung der Ortskurven nach O. Bloch[1]), bezüglich deren auf die Originalarbeit verwiesen werden muß. Diese Darstellung ermöglichte den Verfassern auch die Auffindung einer mit der Hoytschen gleichwertigen Abschlußschaltung für die verlustfreie Leitung, in der die Werte der Abb. 6, zweite Schaltung von oben, in folgender Weise abgeändert erscheinen:

statt	$0{\cdot}309\,C$	wird	$0{\cdot}315\,C$	verwendet
„	$0{\cdot}502\,C$	„	$0{\cdot}382\,C$	„
„	$0{\cdot}309\,L$	„	$0{\cdot}339\,L$	„
„	$1{\cdot}01\sqrt{L/C}$	„	$\sqrt{L/C}$	„

Auf dem gleichen Wege erhielten sie auch eine, der theoretischen im ganzen Frequenzbereiche mindestens gleichwertige empirische Hoytnachbildung für die verlustbehaftete Pupinleitung. Diese Nachbildung enthält ein Längsglied aus den zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren von je $4\sqrt{LC}/R$, von denen der eine wieder mit $R_4 = \frac{1}{2}\sqrt{L/C}$ überbrückt ist, hierauf ein Querglied, bestehend aus einem Kondensator $(0{\cdot}315 + 0{\cdot}47\,b)\,C$, und hierauf wieder ein weiteres Längsglied, bestehend aus $0{\cdot}339\,L$ | $0{\cdot}382\,C$ und schließlich den Abschlußwiderstand $R_1 = \sqrt{L/C}$. Diese auch für leichteste Pupinisierung genügende Nachbildung wird für Meßzwecke empfohlen, während für die gewöhnlichen Verkehrsleitungen das einfachste Hoytsche Zusatzglied, bestehend aus der Kapazität $C = 2\sqrt{L \cdot C}/R$ genügt. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, H. 3, 1927.)

Verwendungsdauer von Holzstangen im oberirdischen Linienbau. A. Stettler. Die Daten einer elfjährigen Stangenstatistik im Gebiete der schweizerischen Telegraphen- und Telephonverwaltung wurden zur Berechnung der mittleren Lebensdauer von Telegraphenstangen verwendet. Es wurden hierbei die Gesamtzahlen der wegen Fäulnis ausgewechselten Stangen und ihre Standdauer ermittelt, woraus sich die mittlere Lebensdauer als Quotient aus den Stangenjahren durch die Stückzahl ergibt. Die Gesamtzahl der in den Linien stehenden Stangen beträgt etwa 800 000 Stück, der jährliche Abfall durch Fäulnis nur etwa 7600, was rund 1 vH entspricht. Das kann als sehr günstiges Ergebnis bezeichnet werden. Sehr gut erhalten sich die mit Kupfervitriol nach Boucherie imprägnierten Stangen, deren mittlere Lebensdauer sich auf 20·1 Jahre beläuft. Dies ist einerseits in der guten Qualität der verwendeten erstklassigen Berghölzer, andererseits in der strengen Handhabung der Liefervorschriften durch die Verwaltung begründet, die es ermöglichen, auch nicht ganz vollwertige Hölzer zurückzuweisen. Die schweizerische Verwaltung hat keine Veranlassung vom Boucherieverfahren abzugehen. Wesentlich geringer ist die mittlere Lebensdauer der Boucheriestangen in den Berggegenden der Kantone Wallis, Tessin und Graubünden, wo sie 15 Jahre beträgt, ebenso kurz ist die Standdauer in Rebbergen und im Morast- und Sumpfgelände der Rhône; im Humusboden des Flach- und Tieflandes beträgt die mittlere Verwendungsdauer sogar 22 bis 25 Jahre. Die geringere Haltbarkeit in den Berggegenden wird auf den kalkhaltigen Boden und die großen Temperaturschwankungen zurückgeführt, welche die Bildung von tiefen Windrissen fördern und so das Eindringen von Pilzkeimen erleichtern. Die Lärche erhält sich im großen Durchschnitt 15·4 Jahre, die Kastanie 23 Jahre. In den obgenannten Kantonen ist die Lebensdauer der Lärche um 5 bis 7 Jahre kleiner. Now.

(Techn. Mitt. d. schweiz. Telegr.- u. Telephon-Verw. Nr. 5, 1927.)

[1]) Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik, Zürich 1917.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Kompensierter Drehstrommotor mit Zusatzschlupf. Von J. Kristen. Um bei Walzenstraßen die Schwungmassen zur Pufferung der Belastungsstöße heranzuziehen und das Drehstromnetz von den Stößen zu verschonen, ist es erforderlich, daß die Tourenzahl des Antriebsmotors mit steigender Belastung sinkt. Ein erhöhter Schlupf kann durch Einbau Ohmscher Widerstände in den Rotorkreis erreicht werden. Diese Tourenregulierung arbeitet aber mit schlechtem Wirkungsgrad. Die Maschinenfabrik Oerlikon verwendet an Stelle der erwähnten Regelungsart einen serienerregten, kompensierten Periodenumformer, welcher die aufgenommene Schlupfleistung wieder in mechanische Leistung umformt und an die Welle des Hauptmotors liefert. Diese Antriebsmethode eignet sich besonders für Belastungen mit konstanter Leistung. Gleichzeitig mit der erwähnten Tourenregulierung läßt sich auch der Blindleistungsbedarf der Asynchronmaschine decken, indem durch zweckmäßige Phasenverstellung eine EMK des kompensierten Periodenumformers eine Erregung des Rotorkreises bewirkt. Der Umformer besitzt im Stator eine Kompensationswicklung, der Anker ist mit Kollektor und Schleifringen ausgerüstet. Die Schleifringe sind an der Sekundärwicklung eines Stromtransformators angeschlossen, der primärseitig vom Hauptstrom des Asynchronmotors durchflossen wird. Bei Belastungen des Hauptmotors wird durch den Stromtransformator der Periodenumformer mehr erregt, dadurch eine größere Gegen-EMK dem Rotorkreis des Hauptmotors aufgedrückt und ein Tourenabfall bewirkt. Die Phasenlage wird ein für allemal durch Verstellung der Kupplungslage beider Rotoren eingestellt. Folgende Meßergebnisse an einem 350 PS-Asynchronmotor mit selbsterregtem kompensierten Periodenumformer zeigen die charakteristischen Eigenheiten des Maschinensatzes im Vergleich mit den Daten des nicht kompensierten Hauptmotors.

Aufgenommene Leistung in kW			50	100	150	200	250
Schlüpfung in vH bei Kompensation			1·3	2·4	3·5	4·6	5·7
cos φ	mit	Kompensation	0·92 n. e.	1·00	0·98 v. e.	0·97 v. e.	0·965 v. e.
	ohne		0·37 n. e.	0·60 n. e.	0·73 n. e.	0 80 n. e.	0·84 n. e.
Netzstrom in Amp.	mit	Kompensation	11	20	30	40	53
	ohne		26	31	40	49	58

Humb.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 74, August 1927.)

Digitized by Google

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Verschublokomotiven Ee 2/2 der Schweizerischen Bundesbahnen. A. E. Müller, Genf. Die SBB hatten neben den 1 C Verschublokomotiven[1]) für große Bahnhöfe Akkumulatorenlokomotiven von 50, 100 und 200 PS Stundenleistung, die in mittelgroßen Bahnhöfen Dienst machten. Um zu erproben, ob sich diese mit Erfolg durch kleine Oberleitungslokomotiven ersetzen lassen, wurden im März 1926 bei der S. A. des Ateliers de Sécheron und der schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur zwei Lokomotiven der Bauart 2/2 (B) bestellt. Verlangt wurde ein größter Achsdruck von 12·5 t und eine größte Geschwindigkeit unter Strom von 30 km/h im Zug. Die Anfahrzugkraft am Radumfang sollte 6000 kg betragen. Ein Zug von mindestens 300 t soll 20mal in drei Minuten Abständen beschleunigt werden können und in der Ebene in 60 sek 15 km/h erreichen. Druckluft für Bremse und Betätigung war ausgeschlossen.

Von den beiden durch horizontale Kuppelstangen verbundenen Achsen mit 1040 mm Raddurchmesser wird eine mittels doppelter Zahnradübersetzung 1 : 9·6 durch einen eigengelüfteten Motor angetrieben, der einstündig 200 PS bei 18·3 km/h und 2950 kg Radzugkraft, dauernd 150 PS bei 18·3 km/h leistet. Die Kühlluft wird wegen des Bremsstaubes durch einen Blechkanal vom Dach entnommen. Über dem Motor liegt der einseitige, von einer vorderen Plattform und von beiden Seiten zugängliche Führerstand, über der anderen Achse der Transformator, dazwischen der Ölschalter, eine Überschaltdrosselspule, der Erdungsschalter und die übrige elektrische Einrichtung. Der Transformator von 180 kVA hat seitliche, glatte Kühlrohre. Die Bedienung erfolgt ausschließlich von Hand und ist so einfach, daß die Führung der Lokomotiven ungelernten Magazinsarbeitern anvertraut werden kann.

Der Stromabnehmer übergreift mit seinen beiden Schleifstücken die Streckentrenner. Er wird durch Federn gehoben. Im herabgelassenen Zustand werden die Hubfedern durch eine Gegenfeder zusammengedrückt. Das Aufheben des Stromabnehmers erfolgt durch eine Handkurbel, mittels welcher die Gegenfeder zusammengedrückt und dadurch die Hubfedern freigemacht werden. Hiezu sind 16½ Umdrehungen nötig. Zum Senken wird die Gegenfeder nach halben Umdrehungen im Gegensinn entkuppelt und drückt die Hubfedern zusammen. Nur bei gesenktem Stromabnehmer können die Handgriffe des Stufenschalters und des Fahrtwenders abgezogen werden, andererseits müssen diese auf „Aus" stehen, damit der Stromabnehmer gesenkt werden kann. In dieser Lage kann das Dach des Vorbaues mit dem Schaltrad entriegelt werden, wobei gleichzeitig der Erdungsschalter eingelegt und die Kübelablaßvorrichtung des Ölschalters entriegelt wird. Das Schaltrad kann erst wieder bei Schließen des Daches abgezogen und auf den Stufenschalterantrieb aufgesetzt werden.

Der Stufenschalter selbst ist auf dem Transformatordeckel aufgesetzt und besteht aus 2 × 12 Hüpfern, die durch eine zwölfstufige Nockenwelle betätigt werden. Jeder Schaltstufe entspricht eine Viertelumdrehung des Handrades. Durch dessen Weiterbewegung wird eine Feder gespannt, welche durch eine Klinke so lange gehalten wird, bis die Viertelumdrehung beendigt ist. Dann erst bewirkt die Feder die plötzliche Verstellung der Nockenwelle. Der als Schaltwalze ausgebildete Fahrtwender ist im Führerstandtisch untergebracht und kann auf beiden Seiten des Führerstandes umgestellt werden. Die Beleuchtung ist an einen Hilfstransformator für 36 V angeschlossen, dessen Anzapfungen einen Ausgleich der Fahrdrahtspannung ermöglichen. Falls diese ausbleibt, kann auf eine Batterie umgeschaltet werden, welche sonst zwei elektrische Signalhörner und das Auslöserelais speist. Eine entladene Batterie wird ausgewechselt.

Die ausgeführte Lokomotive wiegt in ausgerüstetem Zustand 24·5 t, davon 9·5 t im elektrischen Teil. Es werden bei etwa 6 km/h mittlerer Fahrgeschwindigkeit täglich von der einen Lokomotive 80 km und von der anderen 50 bis 60 km zurückgelegt. Nach halbjährigem Betrieb wurden drei weitere Lokomotiven nachbestellt.

Wl.

(Bulletin Technique de la Suisse Romande, Bd. 53, Nr. 25, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 304.

Gleichrichter.

Eine Hochspannungsprüfeinrichtung zur Erzeugung von Gleich- und Stoßspannungen beschreibt Hans Mehlhorn. Die Beanspruchungen der Isolation im Betriebe treten entweder mit normaler Betriebsfrequenz, oder mit Hochfrequenz, oder bei Wanderwellen mit steiler Stirn auch als Stoßspannungen und Gleichspannungen auf. Die beiden letzten Beanspruchungen treffen besonders die

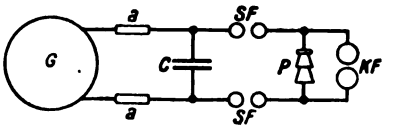


Abb. 7.

Porzellanisolatoren, wobei eher ein Überschlag als ein Durchschlag eintreten soll. Bei den Stoßspannungen, bei denen die Spannung in der kurzen Zeit von 10^{-7} s ihren Höchstwert erreicht und dann wieder abfällt, hat der Isolator wegen des Entladungsverzuges höhere Spannungen bis zum Überschlage auszuhalten, als bei Betriebsfrequenz. Die Ausdehnung der fabriksmäßigen Prüfung auf Stoß- und Gleichspannungen wird daher viele Isolatoren von vorneherein ausscheiden, die im Betriebe bei den ersten Wanderwellen durchgeschlagen worden wären und zu langdauernden Störungen Anlaß gegeben hätten. Zur Erzeugung der Stoßspannungen werden am

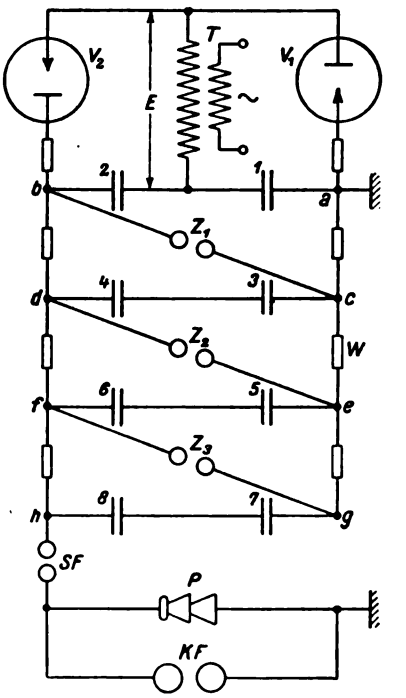


Abb. 8. 1 bis 8 = Kondensatoren; Z_1 bis Z_3 = Zündfunkenstrecken; W = = Dämpfungswiderstände; SF = Schaltfunkenstrecke; P = Prüfobjekt; KF = Kugelfunkenstrecke.

besten mit Gleichspannung aufgeladene Kondensatoren verwendet, deren Spannung, um den nötigen raschen Aufstieg zu erzielen, mittels einer Funkenstrecke auf das Prüfobjekt geschaltet wird. Abb. 7 zeigt die grundsätzliche Schaltung. Nach entsprechender Aufladung des Kondensators C über Schutzwiderstände a durch die Spannungsquelle G wird die Kondensatorspannung durch die Schaltfunkenstrecken SF plötzlich auf den zu prüfenden Isolator P übertragen. Mittels der Meßfunkenstrecke KF,

Digitized by Google

kann die dabei auftretende Höchstspannung gemessen werden. Hält der Isolator dem Spannungsstoße nicht mehr stand, so tritt der Überschlag nicht mehr an *KF*, sondern an *P* auf. Als Gleichspannungsquelle *G* wird für Fabriksprüfungen die mechanische Gleichrichtung, für Laboratorien und für Demonstrationen die geräuschlose Ventilröhren-Gleichrichtung eines hochgespannten Wechselstromes empfohlen. Der vom Verfasser verwendete mechanische Gleichrichter mit Synchronmotor besitzt ein rotierendes Schaltkreuz mit vier Kontaktarmen, von denen der erste und zweite, sowie der dritte und vierte miteinander leitend verbunden sind. Die festen Kontakte, die mit den Polen des Hochspannungstransformators verbunden sind, liegen an den Enden eines Durchmessers und die mit den Kondensatorklemmen verbundenen an den Enden des dazu senkrechten Durchmessers. Ist *E* die Scheitelspannung des Transformators, so wird der Kondensator auf die Spannung $2E$ aufgeladen. Abb. 8 zeigt eine Schaltung, in welcher die Transformatorspannung *E* durch Vermehrung der Dämpfungswiderstände, Kondensatoren und Schaltfunkenstrecken auf $8E$ am Prüfobjekt erhöht wird, also verachtfacht zur Wirkung kommt[1]). Mit einem Transformator für 50 bis 60 kV_{eff} kommt man hierdurch bis zu Prüfspannungen von 500 kV. Bei der ausgeführten Prüfanlage sind acht Kondensatoren von je 0·01 μF Kapazität verwendet. Die Kapazität der Serienschaltung ist dann 0·00125 μF (1125 cm). Der V. D. E. verlangt bei Prüfeinrichtungen für Porzellanisolatoren mindestens 0·001 μF (900 cm). Die Kapazität eines Isolators beträgt etwa 30 cm, ebensoviel die der Meßfunkenstrecke, insgesamt also 60 cm. Die Funkenstrecken sind entweder durch ein Zahngetriebe mit langer isolierender Welle und Handrad von Hand aus oder durch einen Motor mit Fernsteuerung einzustellen; die eingestellte Länge kann auf einem Ziffernblatte aus sicherer Entfernung abgelesen werden. Die Einrichtung für 500 kV nimmt ohne Gleichrichter und Transformator eine Grundfläche von nur 2·30×1·30 m und eine Höhe von 1·80 m ein. Durch Einschaltung eines Schwingungskreises kann sie auch zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen dienen, stellt also eine Universaleinrichtung dar. Ebenso kann sie zur Prüfung von Überspannungsschutz- und Blitzschutzvorrichtungen Verwendung finden. R. H.

(Siemens Zeitschrift, 1927, H. 8, S. 525.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über Elektrete schreibt Edwin P. Adams. D. Sc. Eguchi[2]) hat gefunden, daß Mischungen aus Harz und Wachs, die man im geschmolzenen Zustand einem starken elektrischen Felde aussetzt und darin erstarren läßt, durch Jahre hindurch eine dauernde Elektrisierung, ein dem magnetischen Moment der Magnete analoges elektrisches Moment aufweisen. Solche Körper werden nach Heaviside „Elektrete" genannt. Eguchi stellte plattenförmige Elektrete her, die an ihren Flächen eine dauernde Ladungsdichte von sechs elektrostatischen Einheiten aufwiesen. Die Elektrete des Verfassers bestanden aus 45 Teilen Carnaubawachs, 45 Teilen lichtem Harz und 10 Teilen weißem Bienenwachse, das in den Hohlraum zwischen zwei Messingzylindern, der eine von 1·9 cm Außen-, der andere von 2·4 cm Innendurchmesser, beide von 14 cm Länge, eingegossen wurde. Dieser Röhrenkondensator befand sich bis zum Erstarren in einer Bakelitform und wurde einer Gleichspannung von 4000 V zwischen seinen Elektroden ausgesetzt. So lange das Wachs flüssig war, floß ein Strom von 10 $^{-6}$ A, der beim Erstarren auf Null fiel. Wurden die Röhren einige Zeit nach dem Erstarren zuerst kurzgeschlossen, hierauf jedoch die innere isoliert und die äußere geerdet, so lud sich der Kondensator, ungefähr nach einer Exponentialkurve ansteigend, allmählich auf, und zwar bis zu einem Grenzwerte der Flächendichte, der unter einer elektrostatischen Einheit lag.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 454.
[2]) Phil. Mag. 49, S. 178; 1025.

Zur Erklärung wird auf die Kelvinsche Theorie der pyroelektrischen Kristalle (Quarz, Turmalin) Bezug genommen, wonach diese Kristalle dauernd elektrisch polarisiert sind, ihre Flächenladungen jedoch, wenn sie sich längere Zeit auf konstanter Temperatur befinden, durch die aus der umgebenden Luft zufließenden entgegengesetzten Ladungen kompensiert werden. Werden sie jedoch erwärmt oder abgekühlt, so bleibt das elektrische Moment der inneren Polarisation konstant, verteilt sich jedoch infolge der Wärmeausdehnung auf ein größeres oder kleineres Volumen, so daß die entsprechenden Flächenladungen abnehmen, bezw. zunehmen und die Kompensation vorübergehend im einen oder anderen Sinne gestört wird. Nimmt man nun bei den Elektreten noch an, daß die innere Polarisation zwar äußerst langsam, aber immerhin etwas abnimmt, so werden die entsprechenden Flächenladungen bei konstanter Umgebungstemperatur durch die Luftionen stets etwas überkompensiert sein. Der Körper zeigt sich daher nach außen immer etwas elektrisiert. Sei *P* die Flächendichte durch innere Polarisation und *t* die seit Aufhebung des Kurzschlusses vergangene Zeit in Stunden, so ist annähernd zu setzen

$$dP/dt = -\lambda P \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

worin λ eine Konstante ist, die mit der Temperatur erfahrungsgemäß rapid anwächst. Ist ferner η die freie Flächenladung und σ die kompensierende Ladung, so ist einerseits $\eta = \sigma - P$; andererseits kann ebenfalls wieder

$$d\sigma/dt = -\beta\eta \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

gesetzt werden, worin β eine zweite Konstante bezeichnet. Ist nun λ gegenüber β sehr klein und die Versuchs-

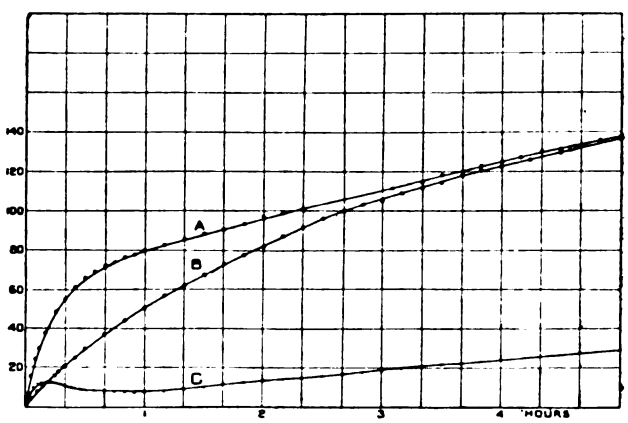


Abb. 9.

dauer verhältnismäßig kurz, so kann λ neben β vernachlässigt und $e^{-\lambda t} = 1$ gesetzt werden und man erhält schließlich

$$\eta = (\lambda P_0/\beta)(1 - e^{-\beta t}) \quad \ldots\ldots (6),$$

$$(d\eta/dt)_{t=0} = \lambda P_0 \quad \ldots\ldots\ldots (8),$$

$$\eta_{max} = \lambda P_0/\beta \quad \ldots\ldots\ldots (9).$$

Die allmähliche Aufladung wurde so beobachtet, daß in das Innere des Innenrohres ein Messingzylinder von 0·6 cm Durchmesser und 7 cm Länge an einem Quarzstabe eingeführt, vorübergehend geerdet und dann herausgehoben wurde. Mit dieser Prüfelektrode war ein Quadrantenpaar eines Dolezalek-Elektrometers und ein Glimmerkondensator von 900 cm Kapazität verbunden. Die so ermittelten Anstiegskurven waren keine genauen Exponentialkurven, die Ermittlung von β aus Gleichung (6) lieferte daher nur ungefähre Werte. Bei 27° C war $\beta = 0{\cdot}22$. Auch β nimmt merklich mit der Temperatur zu. Der absolute Wert von λ kann mangels der Kenntnis von *P* nicht bestimmt werden; da sich die Polarisation jedoch um weniger als 1 vH im Jahre ändert, muß bei Zimmertemperatur $\lambda < 10^{-6}$ sein. Dagegen ergab sich beim Übergange von 35·5° auf 40° und schließlich 49° C ein Anstieg von λ im Verhältnis 1 : 8 : 40. Es wurde auch der von dieser Theorie geforderte pyroelektrische Effekt untersucht. Ist der Tem-

Digitized by Google

peraturanstieg $d\vartheta$ und der räumliche Ausdehnungskoeffizient α, so gilt

$$dP = -\alpha P . d\vartheta.$$

Der Elektret werde nun in kurzgeschlossenem Zustande eine Zeit lang auf einer Temperatur gehalten, die höher oder niedriger als die Umgebungstemperatur bei der Untersuchung ist, so daß bei der Untersuchung eine Wärmeabgabe oder -aufnahme eintritt. Nach dem Newton schen Gesetz ist dann $d\vartheta/dt = -\gamma\vartheta$ (γ = Abkühlungskonstante). Vernachlässigt man wieder λ gegenüber β und setzt $e^{-\lambda t} = 1$, so erhält man mit ϑ_0 als anfänglicher Temperaturdifferenz gegen die Umgebung

$$\eta = (\lambda P_0/\beta)(1 - e^{-\beta t}) - [\alpha\gamma\vartheta_0 P_0/(\gamma - \beta)](e^{-\beta t} - e^{-\gamma t}) \quad (11);$$

$$d\eta/dt = \lambda P_0 e^{-\beta t} + [\alpha\gamma\vartheta_0 P_0/(\gamma - \beta)](\beta e^{-\beta t} - \gamma e^{-\gamma t}) \quad (12).$$

Abb. 9 zeigt in drei Kurven das Auftreten der Ladungen von der Aufhebung des Kurzschlusses an, bei der Umgebungstemperatur von 27° C; Kurve *A* bei vorgängiger Abkühlung auf 1° C, Kurve *C* bei vorgängiger Erwärmung auf 40° C und Kurve *B* ohne vorgängige Temperaturänderung. Da stets $\gamma > \beta$ war, so ist wegen

$$(d\eta/dt)_{t=0} = \lambda P_0 - \alpha\gamma\vartheta_0 P_0$$

bei der Vorabkühlung ϑ_0 negativ, also $(d\eta/dt)t$ 0 stets größer als für $\vartheta_0 = 0$ Im weiteren Verlaufe nimmt $d\eta/dt$ rasch ab, wird in einzelnen Fällen sogar schwach negativ, steigt dann aber wieder rascher zur Annäherung an die Kurve *B* an. Bei der Vorerwärmung überwiegt anfänglich der rapide Anstieg von λ mit der Temperatur, so daß auch diese Kurve zuerst rascher ansteigt als *B*; sie erreicht aber bald ein Maximum und nimmt hierauf bis zu einem Minimum ab, um zuletzt wieder anzusteigen. Eine Annäherung an *B* findet aber nicht mehr statt; erst wenn der Elektret mehrere Stunden bei 27° C kurzgeschlossen wurde, erholt er sich wieder, so daß die Kurve *B* wieder erhalten werden kann. Es tritt also durch die Erweichung des Wachses bei 40° irgend eine Änderung ein, die erst durch allmähliche Rekristallisation wieder verschwindet.

Bis auf diese letztere Erscheinung befinden sich alle Beobachtungen mit der Theorie in Übereinstimmung, auch die in einigen Fällen bei der Vorerwärmung im Minimum beobachteten negativen Werte von η. Auch die mit der pyroelektrischen Eigenschaft stets verbundenen piezoelektrischen Erscheinungen wurden, wenn auch nur qualitativ beobachtet. (Die Zusammensetzung der „Elektrete" erinnert stark an den Harzkuchen des bekannten „Elektrophors", der sich auch durch langes Festhalten der Ladung auszeichnet. Zur Erklärung der Bildung der Elektrete wären übrigens auch die nach Andreas Gyemant[1]) in isolierenden Flüssigkeiten unter hohen Spannungen auftretenden Raumladungen, deren Abfließen durch den hohen Isolationswiderstand der erstarrten Masse offenbar verhindert wird, heranzuziehen. D. Ber.)

R. H.

(Journ. of the Franklin Instit., Bd. 204, Nr. 4, 1927.)

Messung der Lichtgeschwindigkeit. P. Jordan berichtet über die von A. A. Michelson in den Jahren 1921 bis 1926 durchgeführten, außerordentlich genauen Messungen der Lichtgeschwindigkeit, die ja auch als Grundkonstante für die Elektrotechnik von größter Bedeutung ist. Der Weg des gemessenen Lichtstrahles, etwa 71 km lang, führte von einem rotierenden Spiegel aus Glas oder Nickelstahl zu einem Hohlspiegel am Mt. Wilson, von da zu einem Hohlspiegel am Mt. San Antonio und wieder auf demselben Weg zurück zum rotierenden Spiegel. Die Drehgeschwindigkeit des Spiegels, die durch Vergleich mit einer elektrisch angetriebenen Stimmgabel bestimmt wurde, und die Länge des Lichtweges, die aus der geodätischen Entfernung zweier Fixpunkte mit größter Genauigkeit festgelegt wurde, waren die beiden einzigen notwendigen Messungen, so daß Winkelmessungen gänzlich vermieden wurden; während das Licht einmal seinen Weg durchlief, vollführte der Spiegel ungefähr ein Achtel einer Umdrehung. Das endgültige Meßergebnis, dessen Genauigkeit schon an die spektroskopische Bestimmung des Normalmeters heranreicht, ist: $v = 299796 \pm 4$ km pro Sekunde. Die Versuche sollen fortgesetzt werden. Frd.

(Die Naturwiss., 16. Jg., Heft 2, 1928.)

[1]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 3, 1927; siehe auch E. u. M. 1927, S. 1002.

Patentbericht.

Quecksilberdampfgleichrichter.

(Fortsetzung aus Heft 8, Seite 185.)

Rückzündungsschutz.

Beim Parallelarbeiten mehrerer Gleichrichter kann der Fall eintreten, daß die ganze parallelarbeitende Gruppe vom Netz abgeschaltet werden muß, wenn in einem der Gleichrichter eine Rückzündung auftritt. Dies stellt in den meisten Fällen einen Kurzschluß für das Netz und für die anderen Gleichrichter dar, und um weitere Schäden zu vermeiden, werden vielfach selbsttätige Ausschaltvorrichtungen verwendet, die in Abhängigkeit vom Belastungsstrom die Gruppe abschalten, sobald dieser einen gewissen Maximalwert überschreitet. Eine Erfindung der Firma Österreichische Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien bezweckt, durch selektive Abschaltung des gestörten Gleichrichters eine Betriebsunterbrechung zu vermeiden (Abb. 10). Bei

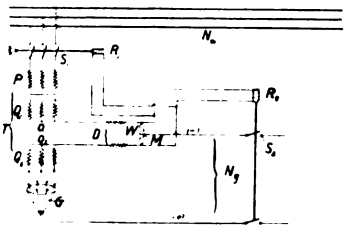


Abb. 10.

gesundem Gleichrichter ist die Spannung im Widerstand *W* annähernd Null. Es fließt zwar zwischen den beiden Sternpunkten O_1 und O_2 ein Strom der dritten Harmonischen, aber dieser Strom ist gegenüber dem den Widerstand durchfließenden Gleichstrom gering, da er durch die Saugdrosselspule *D* gedrosselt wird. Der Gleichstrom vom Minusleiter (—) des Gleichstromnetzes N_g über den Anzapfpunkt *M* zu den Sternpunkten O_1 und O_2 durchfließt die beiden Hälften des Widerstandes *W* im entgegengesetzten Sinne, an den äußeren Klemmen des Widerstandes herrscht also beim gesunden Gleichrichter keine Gleichspannung. Tritt nun aber infolge einer Rückzündung eine Symmetriestörung im Gleichrichter auf, indem beispielsweise die Wicklung O_2 in Kurzschluß gerät, dann ist der von *M* nach O_2 fließende Gleichstrom gleich Null, so daß für diesen Augenblick ein Gleichstrom nur von *M* nach O_1 fließt. Daher entsteht am Widerstand *W* eine erhebliche Gleichspannung, die zur Betätigung der Ausschaltrelais R_1, R_2 zum wechselstrom- und gleichstromseitigen Abtrennen des Netzes benutzt werden kann. (Ö. P. Nr. 104987.)

Bei Metall-Gleichrichtern treten häufig vorübergehende und ganz kurzzeitige Rückzündungen auf, die meist durch schroffes Abreißen des Lichtbogens der kranken Phase endigen. Diese plötzlichen Stromunterbrechungen rufen hohe Überspannungen in den Induktivitäten der Anodenstromkreise hervor, so daß die Isolation der Gleichrichteranlage hohen Beanspruchungen ausgesetzt ist und leicht zu Schaden kommt. Kommt dabei ein Funkenüberschlag von Anode zu Anode zustande, so kann dadurch eine neue Rückzündung von noch heftigerer Wirkung eingeleitet werden. Man muß daher diesen Funkenüberschlag verhüten, indem man Überspannungen auf eine ungefährliche Höhe begrenzt. Nun ist bei eingehenden Versuchen beobachtet worden, daß das Metallgefäß des Gleichrichters bei dem Auftreten von Überspannungen stets das Potential der normal arbeitenden Anoden annimmt, während die kranke Anode, das ist die

Digitized by Google

Anode, die bei der vorübergehenden Rückzündung als Kathode arbeitet, gegen das Metallgefäß eine hohe Spannung aufweist. Die Erfindung der vorgenannten Firma besteht nun in einer Einrichtung zur Ableitung der Überspannungen, indem zwischen den einzelnen Elektroden und dem Metallgefäß des Gleichrichters besondere Stromwege hergestellt sind, welche Funkenstrecken und Ohmschen Widerstand enthalten. Hiebei werden die Funkenstrecken zweckmäßig auf Überschlagsspannungen eingestellt, die geringer sind, als der für die Isolation der Anlage noch zulässige Spannungswert. Diese Einrichtung hat zur Folge, daß sich eine gefährliche Überspannung gar nicht ausbilden kann, indem sie schon bei geringer Höhe zu einem Funkenüberschlag zwischen Elektrode und Metallgefäß führt, wobei die elektrische Energie des Funkens im Ohmschen Widerstand verzehrt wird. (Ö. P. Nr. 103686.)

Gegenstand einer Erfindung der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz, ist eine Schutzeinrichtung für Gleichrichter, bei welcher die bei Rückzündung auftretende Änderung der Stromverhältnisse der dem Gleichrichter zufließenden und der von ihm abfließenden Gleichströme zur Betätigung von Einrichtungen verwendet wird, welche den Gleichrichter vom Netz abschalten. Eine vollkommene Lösung bringt die Firma, indem sie den Einfluß der Oberwellen auf den Auslösevorgang ganz vermeidet (Abb. 11). Der Anodengleichstrom wird mit dem Kathodengleichstrom verglichen, und zwar mit Hilfe des Relais R_1 mit den beiden Spulen U und V, die von den genannten Strömen derart durchflossen werden, daß sich ihre Wirkungen beim störungsfreien Betrieb aufheben. Um nun aber die reinen Gleichströme zu vergleichen und die Wirkung der Oberwellen auszuschalten, wird nicht der Anodenstrom I_A und der Kathodenstrom I_K direkt durch die genannten Wicklungen des Relais R_1 geschickt, sondern es werden in die Zu- und Ableitungen des Gleichrichters Shuntwiderstände S_A und S_K eingebaut, von welchen die Spulenströme abgezweigt werden. Bei dieser Art der Stromentnahme findet jede Oberwelle einen Kurzschlußkreis vor, und zwar erzeugt sich die die Spule V durchfließende Oberwelle des Kathodenstromes I_K in dem für sie sekundären Kreis ($U - S_A$) selbst den Kompensationsstrom, und die in Spule U fließende Oberwelle des Anodenstromes I_A, für welche der Stromkreis ($V - S_K$) einen sekundären Kurzschlußkreis darstellt, erzeugt in diesem Stromkreis einen Wechselstrom, welcher die Wirkung der ihn erzeugenden Oberwelle in jedem Moment kompensiert. Es bleiben als im Relais R_1 wirksam nur die Gleichströme übrig, die durch die Wahl des Windungsverhältnisses der Spulen U und V kompensiert werden. Bei einem inneren Fehler, zum Beispiel einer Rückzündung, überwiegt dann die Wirkung des einen Stromes, so daß das Relais R_1 anspricht und die Spule L des Auslösemagneten R_2 an die Hilfsspannung H legt. Hiedurch wird der Schalter Sch geöffnet. Der Auslösemagnet R_2 besitzt noch ein zweite, von dem Stromwandler W aus gespeiste Spule M, welche aber nur anspricht, wenn der Transformatorstrom einen gewissen Maximalwert überschreitet. Die Spulen M und L können mit verschiedener Zeiteinstellung wirken, so daß die Abschaltung als Folge eines Kurzschlusses im Netz langsamer erfolgt, als die als Folge einer Rückzündung im Gleichrichter. (Ö. P. Nr. 105772.)

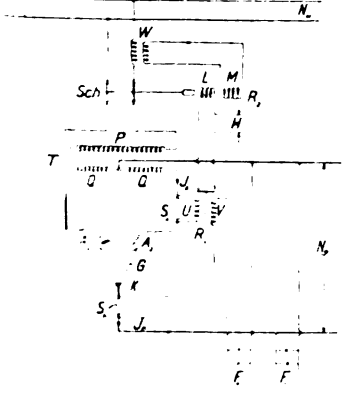


Abb. 11.

Bei einer Rückzündung versagt die Ventilwirkung des Gleichrichters und die für den Strom sonst nur in einer Richtung durchlässige Gasstrecke im Innern des Gleichrichters wird zu einem Kurzschluß mit sehr geringem Widerstand. Auf diesen Kurzschluß arbeiten im Wechselstromkreis der zum Gleichrichter gehörige Transformator, der über die einzelnen Anoden des Gleichrichters kurzgeschlossen ist, und ferner im Gleichstromkreis alle an den Gleichstromsammelschienen liegenden Stromerzeuger. Die Stromrichtung im Gleichstromkreis ist dabei entgegengesetzt wie im normalen Betrieb. Es besteht daher die Gefahr, daß durch diesen Überstrom auch die Schalter der nicht gestörten Gleichrichter auslösen und die Störung eines einzigen Gleichrichters zu unerwünschter Abschaltung der ganzen Anlage führt. Es ist bereits vorgeschlagen worden, zur Abhilfe dieser Nachteile die Auslösestromstärken oder die Zeiteinstellung der Schalter auf der Gleichstrom- und der Wechselstromseite verschieden einzustellen oder auch Rückstromauslösungen auf der Gleichstromseite zu verwenden. Alle diese Einrichtungen führen aber, auch wenn man sie gemeinsam verwendet, nicht zu einer befriedigenden Lösung. Eine einwandfreie Schaltung erhält man nach einer Erfindung der Firma AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien dadurch, daß man auf der Gleichstromseite jedes Gleichrichters außer einem gewöhnlichen Überstromautomaten noch einen nur auf Rückstrom ansprechenden Schnellschalter verwendet, der in bekannter Weise in ganz erheblich kürzerer Zeit anspricht als die übrigen automatischen Schalter. Bei Überströmen im Netz, bei denen die ganze Anlage gefährdet ist, schalten die gewöhnlichen Überstromautomaten sämtliche Gleichrichter aus. Bei einer Rückzündung in einem Gleichrichter hingegen wird durch den auf Rückstrom ansprechenden Schnellschalter nur der gestörte Gleichrichter ausgeschaltet. (Ö. P. Nr. 104964.)

Der Betrieb von Gleichrichtern, besonders solchen großer Leistung, bei denen das Vakuumgefäß zur Abführung der Wärme entweder von Wassermänteln umgeben ist, oder die mit wasserdurchflossenen Kühlrohren ausgerüstet sind, wird vielfach durch Rückzündungen gefährdet, die unter anderem dadurch herbeigeführt werden, daß im Gleichrichtergefäß Wasserdampf vorhanden ist. Dieser dringt infolge der Porosität des Metalls, besonders an den Schweißnähten, stets in das Innere des unter Hochvakuum stehenden Gefäßes ein. Hierzu kommt noch der Umstand, daß der in geringen Mengen im Gleichrichter befindliche Wasserdampf durch das zur Messung des Vakuums verwendete Mac-Leod-Instrument nicht angezeigt wird, so daß eine Überwachung des Wasserdampfgehaltes nicht möglich ist. Um den Wasserdampf zu beseitigen, hat man Behälter mit einer Wasserdampf stark absorbierenden Substanz, zum Beispiel Phosphorpentoxyd, in dem Vakuumraum des Gleichrichters untergebracht. Derartige Anordnungen haben sich aber bisher nicht in der Praxis durchsetzen können, da die im Betriebe in den Behälter eindringenden Quecksilberteilchen die Wirksamkeit der Substanz in Frage stellen. Nach einer Erfindung der AEG wird dieser Übelstand in einfacher Weise dadurch vermieden, daß der die Substanz enthaltende Behälter von einem Gefäß mit poröser Wandung umgeben ist, das den Wasserdampf leicht hindurchdiffundieren läßt, die Quecksilberteilchen jedoch von der Substanz fernhält. (D. R. P. Nr. 436198.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

2518 **Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen,** eine Einführung von Dipl.-Ing. Franz Seufert. Fünfte, verbesserte Auflage; 138 S. mit 105 Textabb. und 3 Tafeln. Verlag von J. Springer, Berlin 1927. Preis brosch. Mk. 4·—.

Gegenüber der vierten Auflage, über die bereits berichtet worden ist[1]), zeichnet sich die vorliegende insbesondere durch eine ausführlichere Behandlung des Dieselmaschinenbaues aus. Neben der Viertaktdieselmaschine mit Luftpumpe und der kompressorlosen Dieselmaschine haben auch die Gleichdruck-Zweitakt-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 358.

Digitized by Google

maschine und die Schiffsdieselmaschine größere Beachtung gefunden. So wird die Bauart und Arbeitsweise der modernen MAN-Maschine mit Umkehrspülung in einfach- und doppeltwirkender Ausführung eingehend erläutert. Da gleichzeitig einige veraltete Konstruktionen, wie zum Beispiel die Glührohrzündung, weggeblieben sind, hat das Buch seine knappe und dabei doch ziemlich erschöpfende Fassung beibehalten. Leider wird über den schnellaufenden Dieselmotor, wie er neuestens auch für Fahrzeugzwecke in Betracht kommt, nichts berichtet; ebenso wäre gelegentlich auch einiges über die Glühkopfmaschine aufzunehmen. Als Lehr- und Handbuch für den Lernenden, den Konstrukteur und den Fabrikanten bietet das Werk eine gute Übersicht über das große Gebiet des Brennkraftmaschinenbaues und stellt daher für die genannten Kreise einen wertvollen Behelf dar. Ing. Rußmann.

3621 **Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren.** Graphische Darstellung für die Berechnung und Untersuchung. Von Adolf Hinz, Obering. der Frankfurter Maschinenbau A.-G., vormals Pokorny und Wittekind. Zweite, verbesserte Auflage, 68 Seiten, 23 × 31 cm, mit 73 Abb., 19 Zahlentafeln und 20 graphischen Berechnungstafeln. Verlag von J. Springer, Berlin. Preis geb. Mk. 25·—.

Im vorlaufenden Text werden die wichtigsten Gesetze, welche dem Bau der Kolben- und Turbokompressoren zugrunde liegen, entwickelt. Ausgehend von den thermodynamischen Grundlagen, insbesondere der Zustandsgleichung der Gase und Gasgemische, werden die einzelnen Zustandsänderungen im Kompressor sowie das Ausströmen von Gasen aus Düsen ausführlich behandelt. Die angeschlossenen Tafeln illustrieren den Arbeitsbedarf bei ein- und zweistufiger adiabatischer sowie bei isothermischer Verdichtung, bringen aber auch das Wärmegewicht der Luft. Sie ermöglichen die Durchführung der wichtigsten thermischen Rechnungen, die im Kompressorbau vorkommen.

Das Buch ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben, wird aber auch dem Nichtfachmann, der sich in dieses Spezialgebiet einarbeiten will, ebenso wie dem Studierenden treffliche Dienste leisten. Es bringt viele Zahlenbeispiele. Die Ausstattung ist eine ausgezeichnete. Dr. Baudisch.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 7. März d. J., um **1/26** Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Professor Dr. techn. Milan Vidmar (Ljubljana) über: **„Ziele, Aussichten und Schwierigkeiten des Transformatorenbaues".**

Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein. Fachgruppe für Elektrotechnik.

Mittwoch, den 29. Februar 1928, abends 1/2 7 Uhr. Vortrag von Ing. Dr. Karl Maria Kohler: „Über Kurvenformen und Asymmetrie von Mehrphasensystemen" (Lichtbilder).

Dienstag, den 6. März 1928, abends 1/2 7 Uhr. Vortrag von Direktor Ing. Dr. Gustav A. Markt: „Energieübertragung auf große Entfernungen" (Lichtbilder).

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesen Vorträgen eingeladen.

Österr. Verein Deutscher Ingenieure — Gesellschaft für Wärmewirtschaft — Ortsgruppe Wien der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik.

Mittwoch, den 29. Februar, 3/4 6 Uhr, Vortrag von Dr. Ing. L. Richter, Wien, „Bericht über die Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung im Jänner 1928", Hörsaal 6 des Physikalischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Karlsplatz 13.

Montag, den 12. März, 3/4 6 Uhr, Vortrag von Dr. Ing. Friedrich Merkel, Privatdozent an der Technischen Hochschule Dresden: „Die Berechnung der Verdunstungsvorgänge (Trocknung und Rückkühlung) auf Grund der neueren Forschungen", Hörsaal 8 des Physikalischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien, IV., Karlsplatz 13.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesen Vorträgen eingeladen.

Berichtigung.

Fortschritte und Neuerungen im Bau elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen. Von F. Niethammer. E. u. M. 1928. Heft 1.

Die im ersten Abschnitt unter Wasserturbogeneratoren erwähnten beiden 25 000 kVA-Drehstromeinheiten mit $n = 500$ U/min für das Achenseewerk werden von der AEG-Union Elektrizitäts-Ges. in Wien in ihren Stadlauer Werkstätten (und nicht von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, wie dort irrtümlich angegeben ist) gebaut. Es sind dies wohl die größten Einheiten ihrer Art in Österreich. Der erste der beiden Generatoren wurde im Jänner 1927, der zweite anfangs 1928 der AEG-Union in Auftrag gegeben. Jeder Generator erhält eine Haupt- und Hilfserregermaschine in fliegender Anordnung. Zu jedem Generator gehört ein Drehstrom-Oltransformator von 25 000 kVA, 5500/121 000 V, Stern-Dreieck, Leerverluste 79 kW, Kupferverluste 193 kW, Kurzschlußspannung 11 vH. Es sind Freiluft-Typen mit Ölumlaufkühlung.

Herr Ing. C. Reindl macht die Schriftleitung darauf aufmerksam, daß der für die Kachletturbinen (S. 24) angegebene Durchmesser von 9·2 m sich auf den Außendurchmesser bezieht, während der Laufraddurchmesser 4·5 m beträgt. Ferner bezieht sich die für das Pumpspeicherwerk des Leitzachwerkes (S. 27) angegebene Leistung von 11 000 PS auf den Generatorsatz, der zu den 5 mal 5000 PS hinzukommt; die im Bau befindliche Anlage enthält jedoch zwei Pumpen von je 8000 PS.

Niethammer.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	13. II. 1928	15. II. 1928	17. II. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135¼	135	135

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	94—97	95—97	95—97

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 17. Februar 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	15	0	61	17	6
Standard 3 Monate .	61	8	9	61	11	3
Zinn:						
Engl. ingots	231	0	0	232	10	0
Standard Kassa . .	231	5	0	231	10	0
Standard 3 Monate .	234	0	0	234	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	12	6	25	11	3
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	26	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. Platin: Pf. 17 9 sh/Pf. 17 12 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 96.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 4. März 1928 | Heft 10

Die Personenseilbahn auf die Bürgeralpe bei Mariazell.

Von Dr. Ing. Felix Horschitz, Wien.

In den letzten Jahren sind in den österreichischen Alpen eine Anzahl Schwebebahnen für Personenbeförderung in Betrieb genommen worden, zu denen sich jetzt eine neue Bahn gesellt, deren Talstation in 894 m Seehöhe in der Hauptstraße des Marktes Mariazell gelegen ist und welche auf das Hochplateau der Bürgeralpe, eines altbekannten, beliebten Ausflugszieles, Seehöhe 1255 m, führt.

Die rund 1500 m lange Strecke, welche in sieben bis acht Minuten durchfahren wird, ist stark konvex und anfangs steil, während sie im oberen Teil flacher wird. Die Folge ist, daß das Anzugsmoment, sowie der Kraftbedarf im ersten Teil bei belastetem, aufwärtsfahrendem Wagen beträchtlich ist, während die Belastung im zweiten Teil der Bahn wesentlich geringer wird.

Abb. 1. Stützpunkt und Seile der Personenseilbahn Mariazell — Bürgeralpe.

Der mechanische Aufbau der neuen Bahn, welche von der „Fabbag" Förderungsanlagen-Bau- und Betriebs-A. G. in Wien entworfen und ausgeführt wurde, sei hier nur soweit erwähnt, als er die elektrische Einrichtung beeinflußt hat. Er ist insoferne jenen der bisher[1]) in Österreich gebauten Bahnen ähnlich, als die beiden Pendelwagen (Abb. 1) an zwei Tragseilen von 52 mm Durchmesser laufen, welche oben fest verankert sind, an den Stützpunkten auf langen Gleitschuhen liegen und in der Talstation durch schwere Gewichte gespannt sind. Die Wagen werden durch ein Zugseil, 24 mm stark, mit Unterseil, 29 mm Durchmesser, gezogen, welches an den Stützen über Rollen läuft und gleichfalls unten durch ein Gewicht gespannt wird. Ein wesentlicher Unterschied gegen frühere Ausführungen besteht jedoch darin, daß für den Fall eines Zugseilrisses die Abfangung des Wagens durch eine selbsttätige Bremse nicht am Tragseil, sondern ähnlich wie bei der Montblancbahn[2]) an einem besonderen Bremsseil erfolgt, welches das Wagengehänge durchläuft und an die Stelle des sonst gebräuchlichen Hilfsseiles tritt. Das Bremsseil ist in der Bergstation normal festgebremst, steht demnach still. Wird die Bremse gelöst, so können die Wagen ohneweiters mit dem Bremsseil gezogen werden. Die Wagenbremse fällt bei Zugseilriß selbsttätig ein, kann aber vom Wagenbegleiter durch Drahtseilzug jederzeit ausgelöst werden. Zu den besprochenen Seilen tritt noch ein dünneres Telephonseil, das eine Sprechmöglichkeit vom Wagen aus mit der Antriebsstation am Berg ergibt, außerdem aber, worauf noch zurückgekommen werden soll, ermöglicht, durch einen Tasterdruck den Antriebsmotor sofort stillsetzen.

Die Antriebskraft für die Winde wird dem Netz der „Newag" (Niederösterreichische Elektrizitäts- und Wasserkraft A. G.) mit 30 000 V entnommen. Ein Abzweig, welcher in einem besonderen Schalthaus nahe dem Bahnhof Mariazell hergestellt und dort abtrennbar ist, führt auf einem von der Seilbahntrasse verschiedenen Wege steil zur Bergstation, wo die Spannung in

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 562, 815; 1927, S. 600, 917.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 876.

Digitized by Google

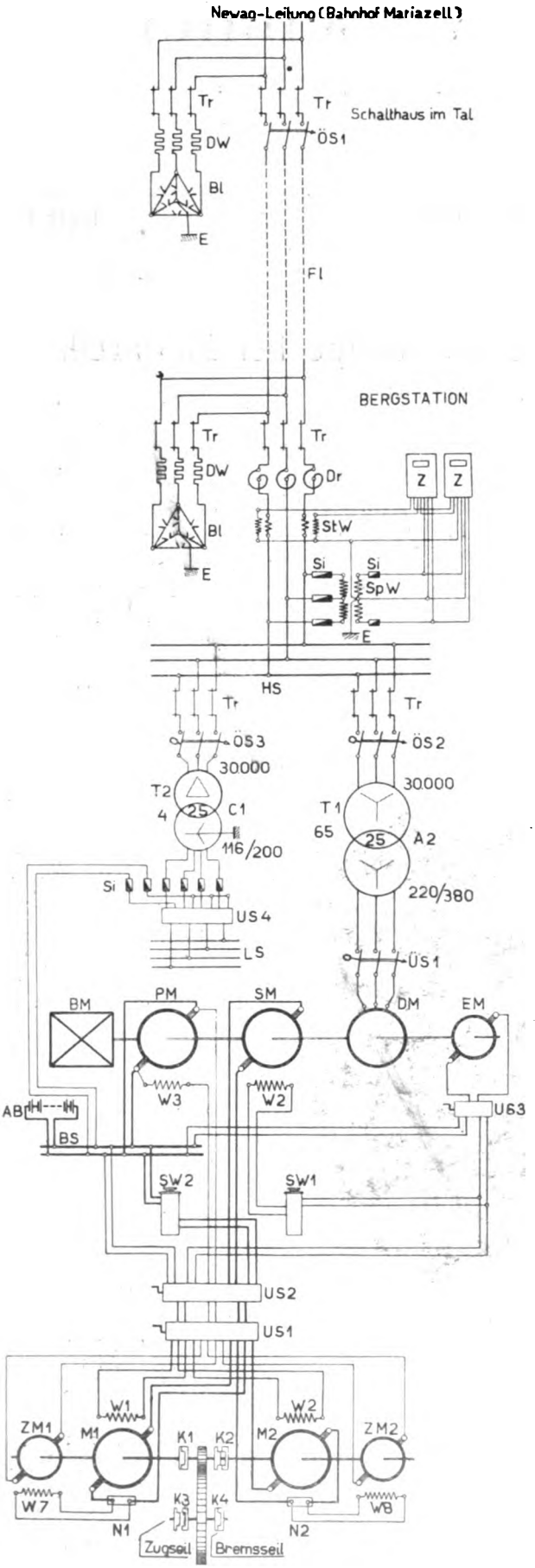


Abb. 2. Schaltbild[3]) für die elektrische Einrichtung der Personenseilbahn Mariazell—Bürgeralpe.

einem Krafttransformator $T1$ (Abb. 2)[3]) von 65 kVA auf 380 V, in einem Lichttransformator $T2$ von 4 kVA auf 115 V herabgesetzt wird. Die von der „Elin" A. G. für elektrische Industrie, Wien, entworfene und ausgeführte Einrichtung besteht zunächst aus einem Ward-Leonard-Maschinensatz, dessen Antriebsteil ein Drehstrommotor *DM*, 68 PS, bildet. Außer diesem besteht der Maschinensatz aus einer Steuermaschine *SM*, einer Puffermaschine *PM* und einer Erregermaschine *EM*. Letztere liefert den durch Widerstände veränderlichen Erregerstrom für die Steuermaschine, deren Spannung zwischen 0 und ± 330 V geregelt werden kann, und den konstanten Magnetstrom für den Antriebsmotor $M1$ oder $M2$. Die Puffermaschine dient zur Verbindung des Steuermaschinensatzes mit der Akkumulatorenbatterie *AB*, welche 56 Zellen mit einer Kapazität von 370 Ah besitzt. Die Puffermaschine hat, abgesehen davon, daß sie, gegebenenfalls von der Batterie *AB* gespeist, als Reserveantrieb des Steuersatzes oder auch als Lademaschine dient, die Aufgabe, je nach der momentanen Belastung den über einen gewissen Mittelwert hinausgehenden Kraftbedarf der Batterie zu entnehmen und ihn mechanisch der Steuermaschine zuzuführen, oder bei Minderbedarf den Kraftüberschuß des Drehstrommotors aufzunehmen und der Batterie zuzuführen. Auf diesem Wege wird die Beanspruchung des Drehstrommotors und des Netzes annähernd gleich gehalten. Zu diesem Zwecke wird das Feld $W3$ der Puffermaschine von einer Zusatzmaschine $ZM1$ ($ZM2$), welche mit dem Antriebsmotor $M1$ ($M2$) direkt gekuppelt ist, so beeinflußt, daß es eine positive oder negative Zusatzerregung erhält, welche der jeweils vom Motor aufgenommenen Energie annähernd proportional ist. Der Mittelwert der Feldstärke läßt sich durch einen Widerstand je nach dem Ladezustand der Batterie einstellen. Für den Fall einer Störung der Drehstromzufuhr ist ein Benzinmotor *BM* von 35 PS vorgesehen, welcher durch eine Friktionskupplung mit dem Steuersatz jederzeit rasch gekuppelt werden kann. Er treibt dann den Steuersatz entweder allein oder zusammen mit der Batterie an. Im ersten, selteneren Falle muß der Leistung des Motors entsprechend die Spannung der Steuerdynamo und damit die Fahrgeschwindigkeit vermindert werden. Im übrigen wird der Benzinmotor nur selten benötigt werden, weil in der

[3]) Bezeichnungen, soweit sie nicht im Text erklärt sind:
BS Batterie-Sammelschienen,
Dr Drosselspule,
Dw Dämpfungswiderstand,
E Erdung,
HS Hochspannungs-Sammelschienen,
LS Licht-Sammelschienen,
N 1, 2 Nebenwiderstände (Shunts),
ÖS 1–3 Ölschalter,
Si Sicherungen,
Tr Trennschalter,
W 1–8 Feldwicklungen.
Die Erregerwicklung der Steuermaschine *SM* ist richtig mit *W* 4 zu bezeichnen.

Digitized by Google

Regel die Batterie allein imstande ist den Steuersatz anzutreiben, wobei die Puffermaschine als Motor für die Steuerdynamo arbeitet. Diese Arbeitsweise wird abends die Regel sein, wenn der abwärtsfahrende Wagen stärker besetzt ist als die aufwärtsfahrende Kabine. In diesem Falle arbeitet die Puffermaschine als Dynamo und lädt die Batterie, während der Drehstrommotor abgeschaltet ist.

Bei den bisher ausgeführten Bahnen sind meist zwei ungleiche Motoren vorgesehen, von denen der große dem Normalbetrieb dient und nur von der Steuerdynamo gespeist werden kann, während der kleinere als Hilfsmotor für kleine Fahrgeschwindigkeit nur an die Batterie angeschlossen werden kann. Bei der Bürgeralpenbahn hingegen sind zwei völlig gleiche Antriebsmotoren, *M* 1, *M* 2, von je 48 PS aufgestellt, welche einander jederzeit ersetzen können und je nach Wahl entweder das Zugseil (Hauptantrieb) oder das Bremsseil (Hilfsantrieb) ziehen können. Im ersten Falle, es ist dies die normale Fahrt, wird der Motoranker von der Steuerdynamo mit 330 V gespeist, wobei die Fahrgeschwindigkeit bis 3·5 m/s beträgt. Im zweiten Falle, der nur ausnahmsweise eintritt, wird der Motor von der Batterie mit bloß 110 V gespeist und arbeitet mit etwa $^1/_3$ der normalen Drehzahl, aber vollem Drehmoment, so daß er das Bremsseil mit der geforderten verminderten Geschwindigkeit von etwa 1·2 m/s bewegt.

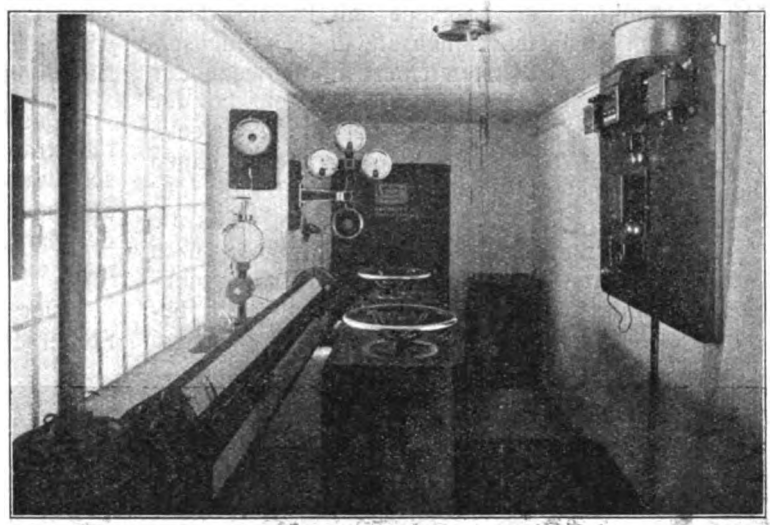


Abb. 3. Führerstand, links Teufenzeiger, Tachometer, Windmesser, Mitte die beiden Steuerschalter, rechts Telephon.

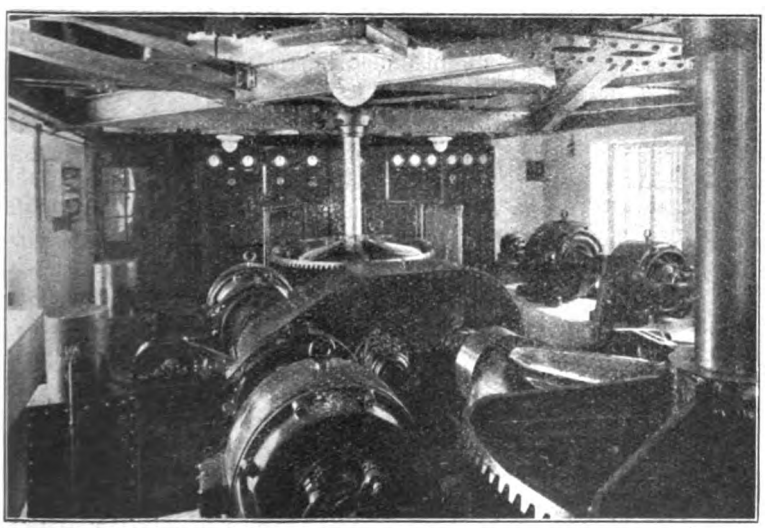


Abb. 4. Maschinenraum, im Hintergrund die Schalttafel, links die Motoren, rechts ein Teil des Steuermaschinensatzes.

Die Auswechselbarkeit der Motoren und Seile wird durch vier Kupplungen, *K* 1 — *K* 4, ermöglicht, von denen *K* 1, *K* 2 die Wahl des Motors, *K* 3, *K* 4 die Wahl des Seiles gestatten, so daß vier Kombinationen möglich sind. Jedes der Kupplungspaare ist gegenseitig elektrisch derart verriegelt, daß nicht gefahren werden kann, wenn beide Kupplungen eingerückt sind, so daß es nicht vorkommen kann, daß beide Seile gleichzeitig angetrieben werden oder daß ein Motor den anderen über die Zwischenwelle treibt. Eine mechanische Verriegelung zwischen den Feststellbremsen der beiden Seile und den Kupplungen *K* 3, *K* 4 bewirkt, daß die Bremsen nur dann gelöst werden können, wenn durch die zugehörige Kupplung das Getriebe angeschlossen ist, weil sich sonst unter Umständen das Seil ungewollt in Bewegung setzen könnte. Auf die Zwischenwelle der beiden Motoren wirken zwei magnetische Lüftungsbremsen, von welchen eine jedesmal gelüftet wird, wenn die Fahrt beginnt, während die zweite nur dann, und zwar gleichzeitig mit der anderen, einfällt, wenn eine der elektrischen Sicherheitsvorrichtungen ausgelöst wird.

Die mechanische Kupplung des zur Fahrt gewählten Motors wird durch die elektrische Umschaltung auf den betreffenden Motor ergänzt. Dies geschieht durch den in die Schalttafel eingebauten, neunpoligen Umschalter *US* 1, welcher gleichzeitig mit den Ankern die Zusatzmaschinen umschaltet. Ein zweiter Umschalter, *US* 2, gestattet die Wahl der Stromquellen, so daß jeder Motor entweder von der Steuerdynamo oder von der Batterie gespeist werden kann, im zweiten Falle, wie bereits erwähnt, mit verminderter Drehzahl.

Die mannigfachen Sicherheitsvorkehrungen sind durchaus auf zwei Schütze zurückgeführt, von welchen eines in Tätigkeit ist, wenn der Hauptantrieb, das andere, wenn der Hilfsantrieb betätigt wird. Das betreffende Schütz unterbricht im ersten Falle die Felder der Steuerdynamo und des Mo-

Digitized by Google

tors, im zweiten den Stromkreis zwischen Batterie und Motor, so daß der Antrieb stillgesetzt wird und gleichzeitig die Lüftungsbremsen einfallen. Im Erregerstromkreis der Schütze liegen verschiedene Unterbrecher, welche im Gefahrfalle geöffnet werden. Dazu gehören Endschalter über den Endpunkten der Tragseile, ein Fliehkraftausschalter am Steuermaschinensatz und ein ebensolcher an der gemeinsamen Übertragungswelle der Motoren. Endlich ist dafür Sorge getragen, daß der Führer gezwungen ist, eine bestimmte Strecke vor dem Einfahren der Kabinen in die Endlagen die Geschwindigkeit durch Zurückdrehen der Steuerschalterräder herabzusetzen, andernfalls die Bahn stillgesetzt wird. Es geschieht dies durch Auslöseschalter, welche durch den Spindelteufenzeiger betätigt werden und welche mit dem besonders eingerichteten Steuerschalter verbunden

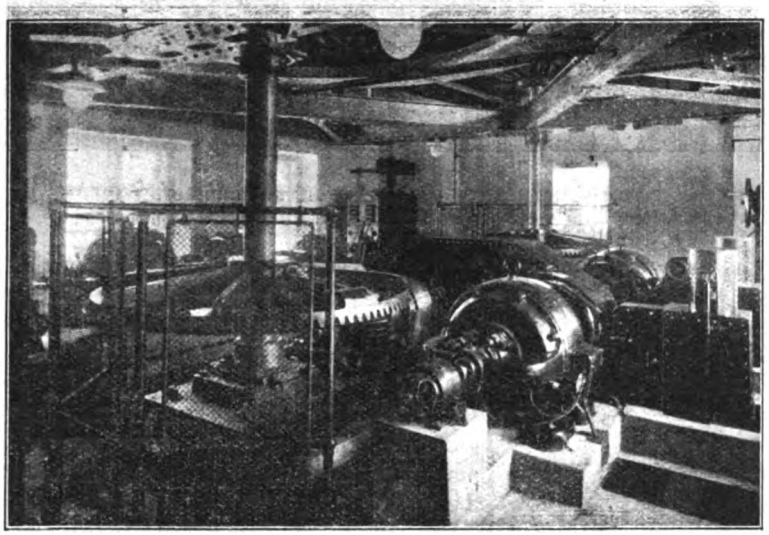


Abb. 5. Maschinenraum, vorne Motor mit Zusatzmaschine, rechts Bremsmagnet, im Hintergrund Steuersitz mit Benzinmotor.

sind. Diese Erzwingung geringer Geschwindigkeit in der sogenanten Schutzstrecke besteht nur für den einfahrenden Wagen, während die Geschwindigkeit der Ausfahrt freigegeben ist.

Um dem Wagenbegleiter die Möglichkeit zu geben, im Notfalle die Fahrt von der Kabine aus abzustellen, sind in den Schützenstromkreisen Relais vorgesehen, welche mit den Telephonsellen verbunden sind. Wird in einer Kabine der Drucktaster, welcher an die Beleuchtungsbatterie der Kabine angeschlossen ist, betätigt, so öffnet das Relais der Bergstation das Schütz, worauf der Motor abgestellt wird und die Lüftungsbremsen einfallen. Durch kleine Transformatoren ist dafür gesorgt, daß der Gleichstrom gegen die Telephonapparatur, welche für eine Sprechmöglichkeit zwischen Wagenbegleiter und dem Führer auf der Bergstation sorgt, gesperrt ist. Im übrigen sind an verschiedenen Stellen der Bergstation, in der Einfahrtshalle, beim Führer und im Maschinenhaus, Drucktaster für Ruhestrom angebracht, durch welche im Notfalle das sofortige Stillsetzen der Bahn veranlaßt werden kann.

Das Lichtnetz schaltet sich bei Versagen des Lichttransformators *T 2* selbsttätig durch den Umschalter *US 4* auf die Batterie um. Die Erregerströme können durch den Umschalter *US 3* statt der Erregermaschine *EM* der Batterie *AB* entnommen werden.

Der Führerstand (Abb. 3) enthält die beiden Steuerschalter *SW 1* und *SW 2* für die Fahrt mit dem Steuersatz und der Batterie, den Teufenzeiger und einen Instrumentenarm, welcher drei Strommesser für den Haupt- und Hilfsbetrieb und für die Batterie trägt. Eine Glühlampen-Anzeigetafel meldet dem Führer beim selbsttätigen Stillsetzen der Fahrt, durch welche der verschiedenen Sicherheitsvorkehrungen die Auslösung erfolgt ist. Der unmittelbar an den Führerstand anschließende Maschinenraum (Abb. 4. u. 5) enthält die fünffeldrige Schalttafel mit den verschiedenen Schaltern, Automaten, Relais, Schützen und Meßinstrumenten für Maschinen und Batterie, ferner den Steuersatz mit dem Benzinhilfsmotor, die Motoren, sowie die gesamte mechanische Übertragung mit Einschluß der beiden Triebscheiben. Durch diese örtliche Anordnung ist gute Übersicht und leichte Beaufsichtigung der gesamten Anlage gegeben.

Vom Maschinenhaus getrennt, aber unmittelbar benachbart ist der Hochspannungs-Schaltraum für 30 000 V angeordnet, in welchen die Fernleitung *Fl* mündet und welcher die Ölschalter *ÖS 2*, *ÖS 3* und die Meßwandler *StW*, *SpW* enthält. Im Erdgeschoß unter diesem Schaltraum sind die beiden Transformatoren *T 1*, *T 2* und der Überspannungsschutz *Bl* untergebracht.

Am 5. Februar d. J. fand im Beisein des Bundesministers für Handel und Verkehr und der Vertreter der Behörden die Eröffnung der neuen Personenseilbahn statt, welche darauf dem öffentlichen Verkehr übergeben wurde.

Digitized by Google

Bewertung von Ölanlassern auf Grund des Ölinhaltes.

Von Ing. Dr. Otto **Gramisch**, Wien.

Von den verschiedenen Anlasserbauarten erfreut sich der Ölanlasser (Metallanlasser mit Ölkühlung) eines auf Kosten des luftgekühlten und Flüssigkeitsanlassers immer ausgedehnteren Anwendungsgebietes. Die Überlegenheit des Ölanlassers gründet sich teils auf technische Vorteile (Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit, Spritzwasser, bei entsprechender Sonderkonstruktion auch Schutz gegen ätzende Dämpfe, bezw. Explosionssicherheit), bei größeren Leistungen auch auf den wirtschaftlichen Vorteil geringerer Herstellungskosten im Vergleich mit dem luftgekühlten Anlasser.

Im Nachstehenden sollen die für die Beurteilung der Belastbarkeit von Ölanlassern charakteristischen Größen besprochen und gezeigt werden, daß für die Bewertung von Ölanlassern auch die Bestimmung der Ölmenge von Wesenheit ist; die Ölmenge im Anlasser ist eine charakteristische Größe, welche die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Anlassers in kürzester Zeit gestattet.

Die Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten des V. D. E.[1]) enthalten in zwei Zahlentafeln unter anderem für die normalen Ölanlasser Angaben über die Anlaßzahl z, die Anlaßhäufigkeit h und die Anlaßarbeit $N_m . t$, aus denen unter Berücksichtigung der ebenfalls in den R. E. A. enthaltenen Temperaturvorschriften Mindestölmengen und Mindestoberflächen der Ölkästen berechnet werden können.

Bei einmaligem Anlassen wird die Hälfte der Anlaßarbeit $N_m . t$ innerhalb des Anlassers in Wärme umgesetzt, während die andere Hälfte die Reibungs- und Beschleunigungsarbeit des Motors und der von ihm angetriebenen Maschinen liefert. Die Anlaßzahl z ist nach den R. E. A. die Zahl der hintereinander — mit einer Pause $= 2 \times$ Anlaßzeit — bis zur Erreichung der Endtemperatur zulässigen Anlaßvorgänge. Die durch vorstehende Definition festgelegten Pausen und auch die Anlaßzeiten selbst sind so kurz, daß besonders bei Ölanlassern eine praktisch zu berücksichtigende Wärmeabgabe während der Anlaßvorgänge und der Pausen nicht eintreten kann. Denn die Wärmeabgabe kann nur an der Ölkastenoberfläche erfolgen und ist infolge der verhältnismäßig niedrigen Übertemperatur des Öls keine lebhafte. Anders liegen die Verhältnisse bei luftgekühlten Anlassern, wenn der Kühlluftstrom direkt die hocherhitzten Widerstandsdrähte berührt; dann tritt wohl auch in kurzen Zeiträumen eine merkliche Wärmeabgabe ein.

Nach dem vorstehend über das Verhalten der Ölanlasser bei mehrmaligem Anlassen in kurzen Zeitabständen Gesagten ist die größte Wärmemenge, die auf einmal in einem Ölanlasser entwickelt werden kann, gleich dem Produkt aus der Anlaßzahl und der Hälfte der Anlaßarbeit; sie erscheint hier in denselben Einheiten, wie die Anlaßarbeit, also in kWs gemessen. Nach Umrechnung in kcal erhält man:

$$Q = 0{\cdot}24 \,.\, z \,.\, \frac{N_m \,.\, t}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Durch die Aufnahme dieser Wärmemenge darf der Ölinhalt des Anlassers derart erwärmt werden, daß die oberen, beziehungsweise die zwischen den Widerständen befindlichen Ölschichten, die durch die Vorschriften zugelassene Höchsterwärmung von 80° C[2]) erreichen. Da aber die tieferliegenden Ölschichten erheblich kälter bleiben, wenn man nicht durch besondere Zirkulationspumpen für eine Durchmischung des Öls sorgt, wird man im Allgemeinen nur mit einer mittleren Erwärmung des Gesamtölinhaltes um ungefähr $\vartheta_m = 60°$ C rechnen können. Die Wärmemenge, welche von einer Ölmenge von $\ddot{O}$ dm³ bis zur Erreichung der Höchsterwärmung aufgespeichert werden kann, ist

$$Q = \ddot{O} \,.\, \gamma \,.\, c \,.\, \vartheta_m \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Setzt man das spezifische Gewicht des Öls $\gamma = 0{\cdot}92$ kg/dm³, die spezifische Wärme $c = 0{\cdot}4$ kcal/kg, °C und $\vartheta_m = 60°$ C in Gleichung 2 ein, so ergibt sich

$$Q = 22 \,.\, \ddot{O}.$$

Unter Berücksichtigung von Gleichung (1) erhält man:

$$\ddot{O} = 0{\cdot}00546 \,.\, z \,.\, (N_m \,.\, t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Zur Auswertung dieser Gleichung folgen die Zahlenangaben aus den erwähnten zwei Tafeln der R. E. A., soweit sie im vorliegenden Fall benötigt werden. Anschließend sind die Mindestölmengen und deren Oberflächen bei verschiedenen Behälterformen zusammengestellt.

---

[1]) REA 1928. Abänderungen gegen die REA 1925 veröffentlicht in ETZ 1927, S. 625, 663 und 925. — Im § 30 der ab 1. September 1927 in Kraft getretenen neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" sind als ergänzende Bestimmungen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" angegeben. Deren Herausgabe konnte nicht, gleichzeitig mit den „Sicherheitsvorschriften" erfolgen, weil die bezüglichen Regeln des VDE damals in Neubearbeitung standen und das Regulativkomitee es für richtig erachtete, die Beschlußfassung des VDE abzuwarten. Die Beschlußfassung ist auf der Jahresversammlung in Kiel erfolgt; die REA treten in Deutschland mit 1. Juli 1928 in Kraft.

In Österreich wurden vor kurzem die in Betracht kommenden Interessenten zu schriftlicher Stellungnahme zu den REA des VDE eingeladen; die Angelegenheit wird nach Einlangen der Äußerungen einen Sonderausschuß des Regulativkomitees beschäftigen, der darüber zu beraten haben wird, ob bezw. welche Änderungen der REA des VDE für den österreichischen Geltungsbereich notwendig sind. Die Herausgabe der österreichischen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten" steht für Mitte des Jahres in Aussicht. D. S.

[2]) REA 1928, § 13, Punkt 2.

Digitized by Google

Zahlentafel 1.

Nennleistung des Motors bis zu kW	3·1	6·2	12·5	25	50	100
Anlaßzahl z	5	4	3	3	3	3
Anlaßhäufigkeit h	4	3	3	2	1·5	0·6
Anlaßarbeit $N_m . t$ kWs	36·4	91	216	537	1330	3480
Mindestölmenge nach Gleichung (3) dm³	0·83	1·99	3·54	8·8	21·8	56·8
Oberfläche der Mindestölmenge (dm²) bei den Behälterformen: *a)* Kugel	4·26	7·5	11·2	20·3	37·8	69·8
b) gleichseitiger Zylinder	4·88	8·75	12·85	23·3	43·2	81·6
c) Würfel	5·28	9·48	13·9	25 2	46·8	88·6

Die notwendige Mindestoberfläche der Ölkästen ist durch die Anlaßarbeit und hauptsächlich durch die Anlaßhäufigkeit bestimmt. Finden in der Stunde h Anlaßvorgänge in gleichmäßigen Zeitabständen statt, so muß die durch einen Anlauf im Anlasser entwickelte Wärmemenge in $\frac{1}{h}$ Stunden durch die Ölkastenoberfläche abgegeben werden. Hiebei kühlt sich der Ölinhalt von der mittleren Höchsterwärmung ϑ_m um $\frac{\vartheta_m}{z}$ °C ab, wie leicht einzusehen ist. Denn um die Erwärmung ϑ_m hervorzurufen, waren z aufeinanderfolgende Anläufe erforderlich. Daher wird die mittlere Öltemperatur durch einen Anlauf um $\frac{\vartheta_m}{z}$ °C erhöht und im Beharrungszustande muß während der Pause von $\frac{1}{h}$ Stunden eine Abkühlung im gleichen Ausmaß erfolgen. Bei den Ölanlassern für Motorleistungen von 12·5 kW aufwärts ist nach der Zahlentafel 1 die Anlaßzahl $z = 3$; wird ϑ wieder zu 60° angenommen, so ist $\frac{\vartheta_m}{z} = 20°$. I kühlt sich also der Ölinhalt von einer mittleren Übertemperatur von 60° auf eine solche von 40° ab und der Mittelwert der Übertemperatur während des Abkühlungsvorganges ist $\vartheta_m' = 50°$ C. Für die kleineren Ölanlasser ist der Mittelwert der Übertemperatur während der Abkühlung allgemein:

$$\vartheta_m' = \vartheta_m \left(1 - \frac{1}{2z}\right).$$

Die Raumtemperatur kann nach den R. E. A. maximal 35° C betragen. Daher gibt eine um ϑ_m' erwärmte Oberfläche von F m² je Stunde folgende Wärmemengen ab:

Durch Strahlung:

$$Q_s = F . C \left[\left(\frac{273 + 35 + \vartheta_m'}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 35}{100}\right)^4\right].$$

Angenommen $C = 4$ kcal/m², h $(°C)^4$ und $\vartheta_m' = 50°$ C, entsprechend $z = 3$, so ist Q_s kcal/h $= 294\ F$ m².

Durch Konvektion:

$$Q_k = 2·2 . \vartheta_m'^{5/4} . F.$$

Für $\vartheta_m' = 50°$ C $(z = 3)$ ergibt sich:

$$Q_k \text{ kcal/h} = 292 . F \text{ m}^2.$$

Es ist also die gesamte Wärmeabgabe je Stunde:

$$Q = Q_s + Q_k = 586 . F.$$

In $\frac{1}{h}$ Stunden werden $\frac{586 . F}{h}$ kcal abgegeben und dies muß nach dem Vorstehenden die Hälfte der Anlaßarbeit sein.

$$\frac{586 . F}{h} = 0·24 \frac{N_m . t}{2},$$

$$F \text{ m}^2 = \frac{0·24 . (N_m . t) . h}{2 . 586},$$

$$f \text{ dm}^2 = 0·0205 . (N_m . t) . h \quad \text{(für } z = 3) \quad . \quad (4).$$

Für die Motorleistungen . 12·5 25 50 100 kW ergeben sich nach Gl. (4) die Mindestoberflächen . . 13·3 22 40·9 42·8 dm²

Für die Motorleistungen 3·1 und 6·2 kW ergibt derselbe Rechnungsgang unter Einsetzung von $z = 5$, bezw. $z = 4$ die Mindestoberflächen 2·7 und 6·6 dm².

Vergleicht man die so erhaltenen Mindestoberflächen mit den in der Zahlentafel 1 enthaltenen Werten der Oberfläche der Mindestölmenge, so erkennt man, daß — abgesehen von dem ohnehin nicht verwendeten kugelförmigen Behälter — die Mindestölmenge auch die nötige Oberfläche hat. Ist der Ölbehälter statt eines Würfels ein Prisma, bezw. statt eines gleichseitigen Zylinders ein Zylinder anderer Proportionen, so ist die Oberfläche noch größer. Auch die Verdrängung eines Ölvolumens durch die eingebauten Widerstände hat eine Vergrößerung der Oberfläche zur Folge, da ein größeres Gefäß gewählt werden muß, als für die Mindestölmenge allein erforderlich wäre. Die Verwendung von Wellblechkästen, wie für Öltransformatoren üblich, ist also bei den normalen Ölanlassern nach den R. E. A. nicht nötig. Auffällig ist, daß bei der Ölanlassertype 100 kW, bei der die Mindestölmenge zum Beispiel in einem als gleichseitiger Zylinder ausgeführten Gefäß eine Oberfläche von 81·6 dm² hat, infolge der geringen Anlaßhäufigkeit von 0·6 nur 42·8 dm² für die Wärmeabgabe gebraucht werden. Es wäre bei dieser Type möglich, die Anlaßhäufigkeit h etwa auf 1 zu erhöhen.

Nach den Vorschriften des VDE muß die Bewertung eines normalen Ölvollastanlassers beispielsweise für 12·5 kW, 440 V Gleichstrom folgendermaßen vorgenommen werden: Der Motor ist mit einem mittleren Anlaßstrom von 45 A mit einer Anlaßzeit von 11 s dreimal hintereinander (2 Pausen je 22 s) anzulassen, hierauf haben weitere Anläufe in Pausen von 20 Minuten zu folgen. Wer derartige Anlaßversuche durchgeführt hat, weiß, daß es durchaus nicht leicht ist,

Digitized by Google

den mittleren Anlaßstrom während des ganzen Anlaßvorganges konstant zu halten oder mit anderen Worten den Motor vom Stillstand bis zur vollen Drehzahl mit dem vollen Drehmoment zu belasten. Bei der Untersuchung von Anlassern für kleinere Motoren wird es wohl gelingen, diese durch Arbeitsmaschinen oder Transmissionen mit

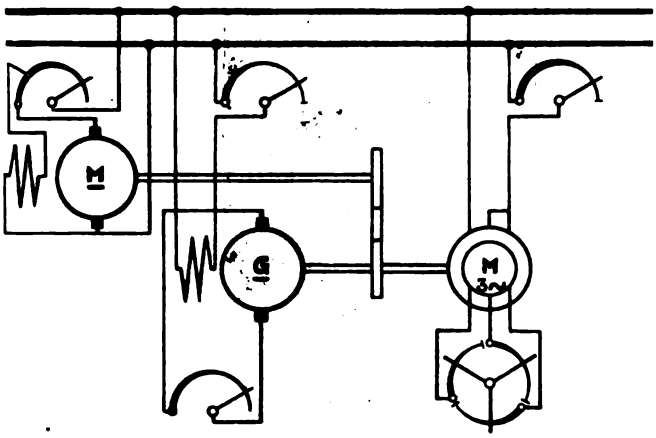


Abb. 1.

einem über den ganzen Drehzahlbereich nahezu konstanten Drehmoment zu belasten, während bei größeren Motorleistungen ausreichende Belastung durch Schwungmassen und dgl. meist schwer zu beschaffen ist. Der Prony'sche Bremszaum ist für Anlaßversuche nicht verwendbar, denn wenn man bei der vollen Drehzahl die Belastung einreguliert und dann den Motor abstellt, so ist er festgebremst und geht bei normalem Drehmoment überhaupt nicht an. Läßt man den Motor, dessen Anlasser untersucht wird, einen fremderregten Gleichstromgenerator antreiben, der auf einen Belastungswiderstand arbeitet, so steigt das Drehmoment mit zunehmender Drehzahl fast linear an.

Verfasser hat für Anlaßversuche die Schaltung nach Abb. 1 verwendet. Ein Gleichstrommotor *M*, dessen Ölanlasser untersucht wird, treibt ein Aggregat, bestehend aus einer Asynchron- und einer Gleichstrommaschine *M* 3~ und *G*, an. Die letztere arbeitet fremderregt auf einen Belastungswiderstand; durch den Ständer des Asynchronmotors wird Gleichstrom geschickt, wodurch dieser Motor bekanntlich als Bremse wirkt. Es ist dann möglich, durch Veränderung der Erregung der Gleichstrommaschine, des Belastungswiderstandes in ihrem Ankerstromkreis, ferner des durch den Ständer der Asynchronmaschine fließenden Gleichstromes und ihres Läuferwiderstandes den Verlauf des Drehmomentes in Abhängigkeit von der Drehzahl zu beeinflussen. Wie man bei der experimentellen Bestimmung der Anlaßzahl und Anlaßhäufigkeit von Ölanlassern die Messungen am Anlasser und ihre Auswertung vornehmen soll, ist in einer Arbeit von Treubert[3]) angegeben.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß die Aufnahme der Mindestölmenge der Ölanlasser in die Vorschriften empfehlenswert ist.

[3]) Ludwig Treubert, Bestimmung der Anlaßzahl und Schalthäufigkeit von Ölanlassern. ETZ 1927, S. 968.

Neuzeitliche Steuerungen für Werkzeugmaschinen-Antriebe.

Von O. **Pollok**, AEG. Berlin, Abteilung Werkzeugmaschinen.

Die Leistungsfähigkeit von Werkzeugmaschinen kann durch Anwendung von Reguliermotoren bedeutend erhöht werden. Im Nachstehenden seien zwei Steuereinrichtungen für Hobelmaschinen und für Drehbänke in Verbindung mit solchen Reguliermotoren beschrieben.

Für den Antrieb von Hobelmaschinen werden mit Vorliebe Wende-Regulier-Motoren verwendet. Das Fehlen von zwischengeschalteten

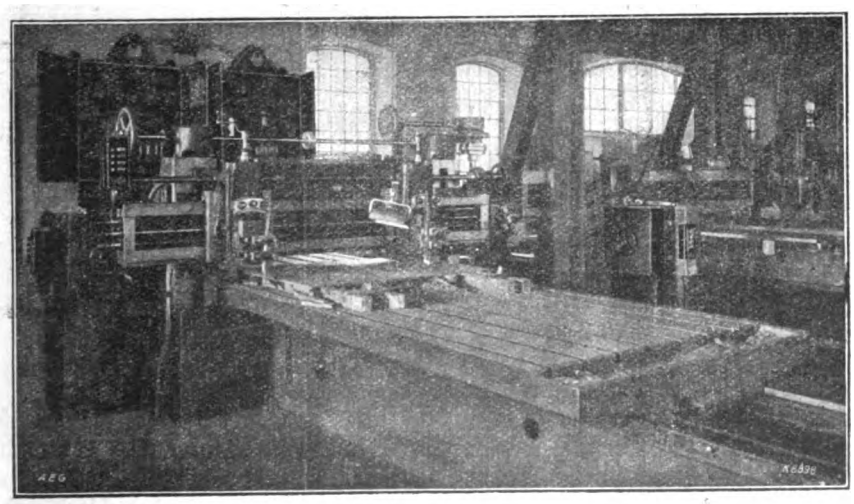


Abb. 1. Tischhobelmaschinen mit AEG-Höchstleistungs-Antrieben (Billeter & Klunz A.-G., Aschersleben).

Riemen und Kupplungs-Umkehrgetrieben, die hohe Regelfähigkeit, die stoßfreie Bewegungsumkehr, die ungehemmte Durchzugskraft, sowie große

Digitized by Google

Tischgeschwindigkeiten sind die Hauptvorteile dieser Antriebe. Den genannten Vorteilen steht lediglich ein Nachteil gegenüber, der jedoch ausschließlich bei sehr kurzen Hüben in Betracht kommt: die nicht allzuhohe Schnelligkeit der Bewegungsumkehr. Der zum Beispiel gegenüber magnetischen Umkehrkupplungen etwas trägere

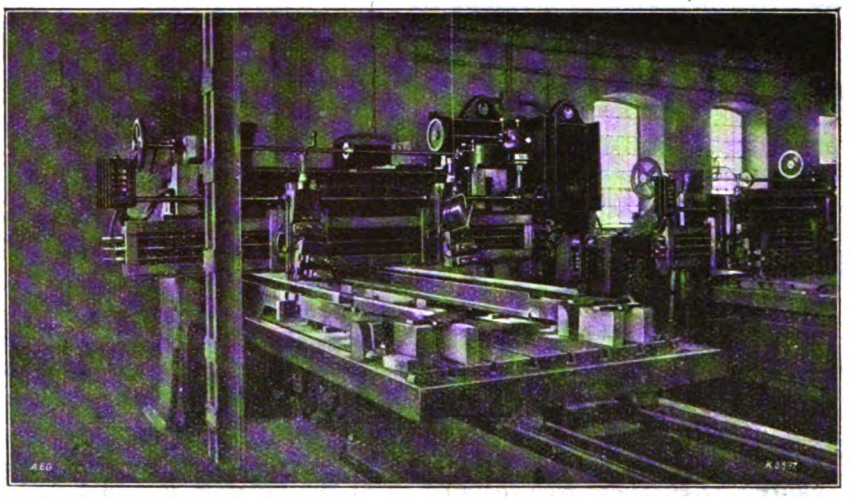


Abb. 2. Tischhobelmaschinen mit AEG-Höchstleistungs-Antrieben (Billeter & Klunz A.-G., Aschersleben).

Richtungswechsel kam daher, daß die selbsttätige Steuerung des Motors durch einen mechanisch betätigten Steuerschalter bewirkt wurde, der mittels Gestänge, Stiefelknecht und Knaggen bewegt wird. Diese mechanische Steuerung gestattete wegen ihrer Massenwirkungen keine besonders schnelle Betätigung. Außerdem war es nicht möglich, an Stelle oder neben der Bremsung durch Feldverstärkung (Nutzbremsung) noch die viel wirksamere dynamische Bremsung anzuwenden.

Diese Nachteile werden durch den neuen AEG-Hochleistungs-Antrieb überwunden. Der Steuer-

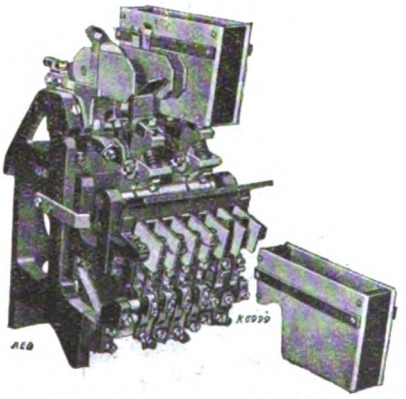


Abb. 3. Gleichstromschütz M[illegible].

schalter wurde durch eine Schützensteuerung ersetzt, deren Schützen und Einzelteile für diesen Zweck besonders ausgebildet sind. Die mechanische Steuerung mit ihren Massenwirkungen, ihrer Abnützung usw. kommt daher in Fortfall. An die Stelle der Bremsung durch Feldverstärkung tritt eine dynamische Bremsung, die durch eine im Bremsstromkreis liegende Zusatzhilfspol-Wicklung des Motors besonders wirksam gemacht wird, ohne daß am Kollektor Bürstenfeuer entsteht. Diese dynamische Bremsung schiebt sich selbsttätig zwischen jeden Richtungswechsel ein, so daß man das vollständig betriebsmäßige Umsteuern auch durch Druckknöpfe vornehmen kann. Dadurch wird die Bedienung der Hobelmaschine von dem Steuerhebel freigemacht und von jeder beliebigen Stelle aus durch Druckknöpfe ermöglicht, so lange die Druckknöpfe innerhalb des durch die Knaggen eingestellten Hubes betätigt werden. An den Hub-Enden tritt ganz unabhängig davon die selbsttätige Umsteuerung durch die Knaggen in Wirksamkeit.

Der Beweis, daß der Höchstleistungs-Antrieb neben seiner weit überlegenen Wirtschaftlichkeit,

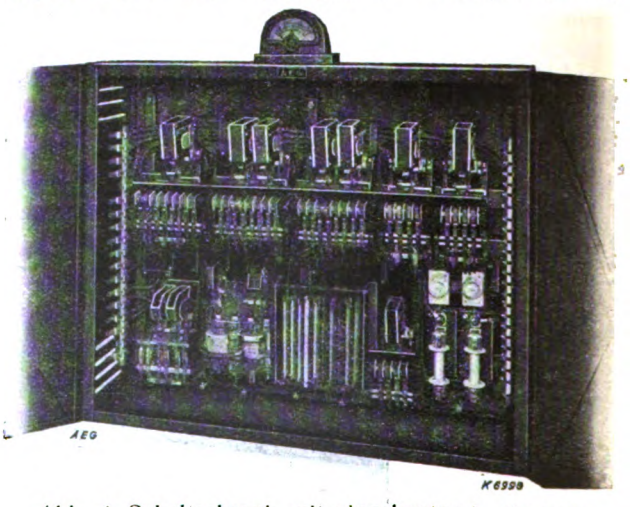


Abb. 4. Schaltschrank mit eingebauter Steue[illegible].

seiner ungehemmten Durchzugskraft, seinem stoßfreien Richtungswechsel auch in bezug auf Schnelligkeit der Bewegungsumkehr im Dauerbetrieb der magnetischen Umkehrkupplung überlegen ist, wurde auf einer Anlage in Süddeutschland erbracht. Hier werden hauptsächlich flache Gußstücke bearbeitet (Abb. 1), und zwar werden vorwiegend kurze Hübe von etwa 200 mm Länge ausgeführt.

Digitized by Google

Mit dem Höchstleistungs-Antrieb wurden dabei 32 Hubwechsel = 16 Schnitt- und 16 Rücklaufwege je Minute im Dauerbetrieb erreicht. Die gleichen Maschinen wurden auch mit magnetischen Kupplungen angetrieben. Nach Betriebsvergleichen, die

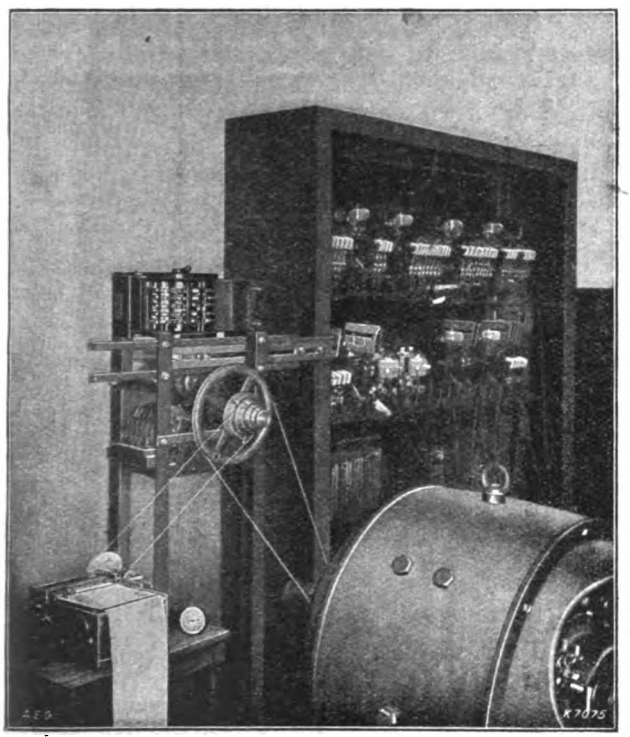


Abb. 5. Prüfstand für Höchstleistungs-Hobelmaschinen-Antriebe.

über ein Jahr durchgeführt wurden, ergab sich die Überlegenheit des AEG-Höchstleistungs-Antriebes, mit dem jetzt drei derartige Hobelmaschinen auf dieser Anlage arbeiten (Abb. 2). Außer der betriebsmäßigen dynamischen Bremsung ist der Antrieb noch mit einer besonders kräftig wirkenden Notbremsung versehen, die bei etwaigem Ausbleiben der Spannung oder sonstigen Störungen in Wirksamkeit tritt. Die Stelle, an der die Umsteuerung einsetzt, ist so genau und gleichbleibend festgelegt, daß das Hobeln zwischen Schultern möglich ist und auch dauernd ausgeführt wird. Damit in Fällen dieser Art auch beim Ausbleiben der Spannung kein unzulässiger Überlauf entsteht, ist die Stelle, an der die Notbremsung einsetzt, an den Knaggen je nach der Schnittgeschwindigkeit leicht einstellbar. Der durch andere Patente geschützte Antrieb ist mit Funkensperrung und sonstigen für die Betriebssicherheit ausschlag-

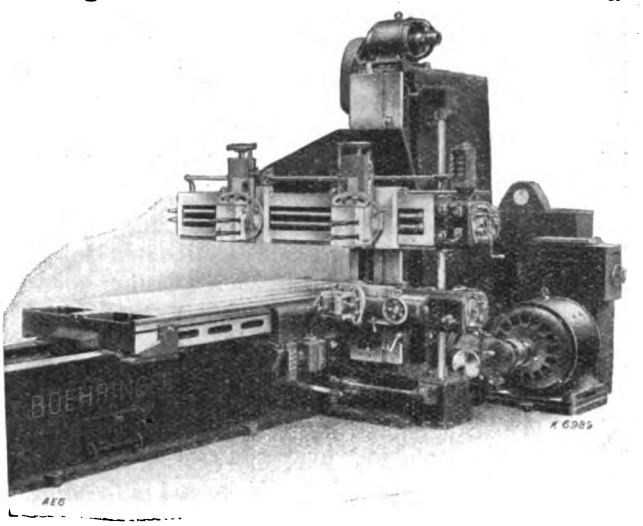


Abb. 6. Einständer-Hobelmaschine mit AEG-Höchstleistungs-Antrieb.

gebenden Einrichtungen versehen. Die äußerst kräftig gebauten Schützen (Abb. 3) und Stromwächter sind auf einem Eisenrahmen montiert. Die Anschlüsse erfolgen einfach und übersichtlich an zwei vorgesehenen Klemmleisten. Der Rahmen wird in einen Schaltschrank (Abb. 4) eingesetzt.

Um die Ausrüstungen vor dem Versand unter den gleichen Betriebsverhältnissen wie an der Hobelmaschine selbst zu prüfen, ist ein eigener Prüfstand (Abb. 5) eingerichtet, auf dem außer den Stromkurven durch ein besonderes Instrument noch die Zeitweglinien für Anlauf, Bremsung und Umsteuerung aufgenommen werden. Auf Grund dieser Kurven wird dann die Einstellung so vor-

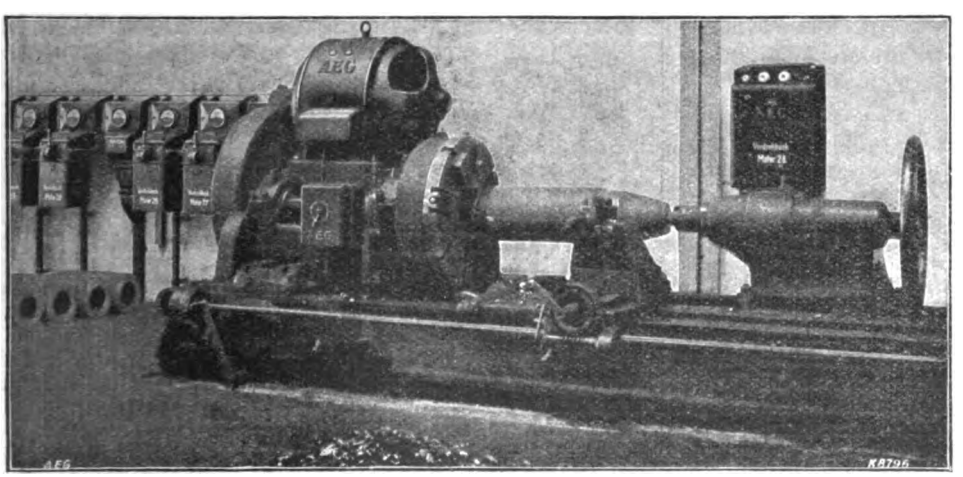


Abb. 7. Schwere Drehbank mit Reguliermotor-Antrieb und Reglerhebel-Steuerung.

Digitized by Google

genommen, daß bei geringster Beanspruchung des Motors und der Apparate die geringste Zeit für das Umsteuern erreicht wird. Eine derartige Prüfung und Einstellungs-Möglichkeit war bei den früheren Steuerungen mit mechanisch betätigtem Steuerschalter nicht vorhanden. Deshalb mußte die Einstellung erst an Ort und Stelle erfolgen, was aber auch in vielen Fällen nicht richtig möglich war und sehr durch die mechanischen Verhältnisse für Feldverstärker und Gestänge verhindert wurde. In dieser Beziehung bietet der Höchstleistungs-Antrieb ebenfalls einen großen Vorteil. Da die Ausrüstung rein elektrisch ist, so ist auch der Anbau an die Hobelmaschine sehr einfach; es ist besonders leicht, vorhandene Hobelmaschinen für Riemen- oder Kupplungs-Umsteuerung mit dem Höchstleistungs-Antrieb zu versehen und dadurch die Leistung der betreffenden Hobelmaschinen ganz wesentlich, in vielen Fällen sogar auf mehr als das Doppelte zu steigern. Die Abb. 6 zeigt als Beispiel eine Einständer-Hobelmaschine mit dem Hochleistungs-Antrieb.

Schwere Drehbänke lassen sich auf einfachste Weise ebenfalls mit Reguliermotoren ausrüsten. Abb. 7 zeigt, wie das Getriebe einer schweren Drehbank bei Verwendung eines Reguliermotors äußerst einfach ausgeführt werden kann. Der Regulierbereich des Motors liegt zwischen 250 bis 800 U/min (1:3·2). Dies ergibt in Verbindung mit nur drei mechanischen Geschwindigkeits-Stufen einen ununterbrochenen Drehzahlbereich von 1 : 33 an der Planscheibe.

Bei kurzer Bauart der Drehbänke konnte von der Verwendung von Druckknopf-Steuerungen abgesehen werden, und es kamen die einfachen AEG-Reglerhebel-Steuerungen zur Anwendung. Diese besteht aus einem selbsttätigen Schützenanlasser mit dynamischer Bremsung, der mit dem Hauptschalter, den Sicherungen, einer thermischen Motorschutz-Vorrichtung und den Anlaßwiderständen in einem Schaltschrank zusammengebaut ist. Diese Schränke sind, wie auf Abb. 7 zu sehen, an der Wand angeordnet. An der Maschine befindet sich nur der Reglerhebel, dies ist ein Drehzahlregler mit Betätigungskontakten für den selbsttätigen Anlasser. Wird der Hebel aus seiner Nullstellung gedreht, so läuft der Motor sofort an. Je weiter der Hebel aus seiner ersten Einschaltung gedreht wird, desto mehr wird die Drehzahl des Motors hochgeregelt. Jeder Hebelstellung entspricht eine bestimmte Motordrehzahl, so daß diese sofort nach der am Reglerhebel befindlichen Skala eingestellt werden kann. Der Reglerhebel kann ganz rücksichtslos bedient werden.

Der zur Speisung von Reglermotoren nötige Gleichstrom wird in vielen Fällen von Gleichrichtern geliefert. Besteht die Belastung derartiger Gleichrichter nur aus einem oder wenigen Reguliermotoren, so besteht die Gefahr, daß beim

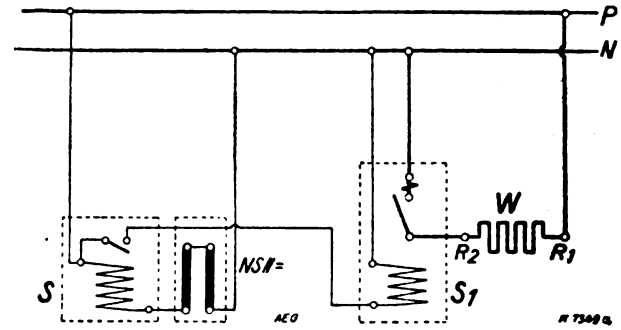


Abb. 8. Schaltung für den Rückstromkreis.

raschen Regeln von hoher auf niedere Tourenzahl ein Rückstrom entsteht, den der Gleichrichter bekanntlich nicht aufzunehmen vermag. An dieser Stelle sei daher auf eine Sicherheitsvorrichtung verwiesen, welche von der AEG entwickelt wurde, um die Gefahr unzulässiger Spannungserhöhungen am Gleichrichter zu vermeiden. Abb. 8 zeigt die Schaltung. Ein Spannungswächter S setzt bei Überspannung die Schützspule S_1 unter Strom. Dieser Schütz legt den Widerstand W an das Netz. Hiedurch ist für den Rückstrom ein Ausweg geschaffen, und zwar nur solange, als Überspannung besteht. Sowie diese verschwindet, wird auch der Widerstand vom Netze automatisch wieder abgetrennt.

Prüfgerät für Klemmenbezeichnungen an Meßwandlern.

Vielfach entstehen Meßfehler dadurch, daß Meßgeräte falsch gepolt mit Meßwandlern verbunden werden. Insbesondere in Schaltanlagen, wo die einmal festgelegten Verbindungen fast nie mehr überprüft werden, können dadurch dauernd Meßfehler entstehen, um so mehr, als bei Drehstromleistungsmessungen diese Fehler oft nicht leicht erkennbar sind und deshalb unbemerkt bleiben. Auch die Fehlweisungen von Leistungsfaktorzeigern haben oft die Ursache in einer falschen Verbindung mit dem Meßwandler. Die Wandler sind wohl durchwegs mit entsprechenden Klemmenbezeichnungen versehen, welche durch die V. D. E.-Vorschriften festgelegt sind. Die Einheitlichkeit dieser Klemmenbezeichnungen läßt aber noch zu wünschen übrig, da nicht in allen Ländern eine diesbezügliche Norm besteht[1]).

[1]) Eine internationale Regelung wird von der I. E. C. unternommen. Vgl. E. u. M. 1927, S. 977.

Wenn auch in den Prüffeldern und Laboratorien schließlich Hilfsmittel zur Verfügung stehen, um die richtige Polung bezw. Klemmenbezeichnung der Meßwandler überprüfen zu können, so ist es doch für den Montageingenieur besonders schwierig, auf der im Bau befindlichen Anlage die Klemmenbezeichnung zu kontrollieren. Nichtsdestoweniger ist es gerade hier von großer Wichtigkeit in Anbetracht der vorerwähnten Gründe, die richtigen Verbindungen zwischen Meßgerät und Wandler mit einfachen Mitteln feststellen zu können. Es hat sich deshalb ein immer mehr und mehr fühlbarer Mangel an einem, für derartige Messungen geeigneten, einfachen Instrument bemerkbar gemacht.

Ein für die Praxis einfaches Verfahren hat Prof. Schering angegeben. Nach diesem wurde von der Norma-Instrumenten-Gesellschaft, Wien, das nachstehend beschriebene Wandleranschluß- und Leitungsprüfgerät

Digitized by Google

(D. R. G. M.) hergestellt, dessen Entwicklung bis zur vorliegenden Form unmittelbar nach aus der Praxis erhaltenen Anregungen vorgenommen wurde.

Der in Abb. 1 gezeigte Apparat besteht im wesentlichen aus einem Drehspulinstrument, einer eingebauten, leicht auswechselbaren Taschenlampenbatterie von 4·5 V und einem als Spannungsteiler geschalteten Regelwiderstand, sowie zwei Druckschaltern. Das Schaltbild der inneren Verbindung ist in Abb. 2 dargestellt. Wie aus demselben ersichtlich, wird beim Drücken des Tasters „Spannungskontrolle" festgestellt, ob die eingebaute Batterie in Ordnung ist. In unverbrauchtem Zustande soll demnach das Voltmeter etwa 4·5 V anzeigen, sonst ist die Batterie auszutauschen oder durch eine andere geeignete Stromquelle zu ersetzen. Die Primär- und Sekundärklemmen des zu prüfenden Wandlers werden sinngemäß an die mit L_1, L_2, l_1, l_2 bezeichneten Klemmen des Meßgerätes angeschlossen (s. Abb. 3). Wird nun der Druckknopf „Wandlerkontrolle" kurzzeitig geschlossen,

Abb. 1.

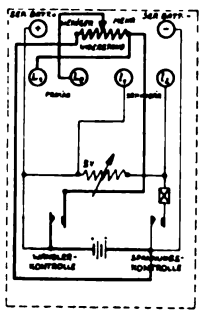


Abb. 2.

so wird die Batterie an die Primärwicklung des Wandlers gelegt und den dadurch in der Sekundärwicklung induzierten Stromstoß zeigt das Drehspulinstrument an. Bei richtiger Schaltung und Bezeichnung des Wandlers erfolgt der Ausschlag des Instrumentes nach der mit „R" (richtig) bezeichneten rechten Skalenseite des Instrumentes, bei falscher Polung bezw. Bezeichnung der Klemmen, schlägt der Zeiger nach „F" (falsch) aus. Der eingebaute Regelwiderstand gestattet die Größe des Stromstoßes derart zu regeln, daß immer eine gute Ablesemöglichkeit des Instrumentes gegeben ist. Bei Prüfung von Stromwandlern ist der Regelwiderstand nach der mit „Mehr Widerstand" bezeichneten Richtung zu verstellen, bei Spannungswandlern auf die mit „Weniger Widerstand" bezeichnete Seite. Die eingebaute Trockenbatterie genügt in den meisten Fällen für Wandler bis zu einem Übersetzungsverhältnis von etwa 1000 : 5 A; für größere Übersetzungsverhältnisse ist es empfehlenswert, statt der Trockenbatterie eine Akkumulatorenzelle zu verwenden, da dann die Trockenbatterie den für einen deutlichen Ausschlag notwendigen Stromverbrauch nicht mehr zu leisten vermag. Für diese Zwecke sind an der Stirnseite zwei besondere Klemmen zum Anschluß eines Akkumulators vorgesehen. Die Auswechslung der Trockenbatterie kann in einfacher Weise durch Öffnen des am Boden befindlichen Schiebedeckels bewerkstelligt werden.

Das Prüfgerät kann auch als Leitungsprüfer verwendet werden, dabei werden die beiden Taster nicht benutzt, sondern die auf Schluß zu untersuchende Leitung wird an die Klemme L_2 und l_1 angelegt und der Regel-

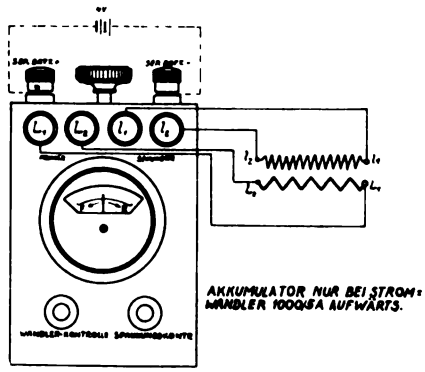


Abb. 3.

widerstand auf „Mehr Widerstand" gedreht. Bei zu kleinem Ausschlag ist der Regelwiderstand entgegengesetzt zu verdrehen. Bei ganz ausgeschaltetem Regelwiderstand ist der Instrumentenausschlag überdies noch ein Maß für den Widerstand des äußeren Stromkreises. Es läßt sich somit das Meßgerät in dieser Weise zu einfachen Widerstandsmessungen von etwa 10 bis 40 000 Ohm verwenden, der gesuchte Widerstandswert errechnet sich nach der Formel

$$x = R\left(\frac{E}{a} - 1\right).$$

Es bedeutet R den Eigenwiderstand des Instrumentes, E die Spannung der Batterie und a den abgelesenen Zeigerausschlag in V bei angeschlossenem Widerstand.

Bei dem Anschluß von Leistungszeigern und auch Leistungsfaktormessern in Drehstromnetzen ist es überdies noch wichtig, die richtige Phasenfolge der einzelnen Leitungen feststellen zu können. Hierzu dienen die bekannten, nach dem Drehfeldprinzip gebauten Drehfeldrichtungsanzeiger.

Abb. 4.

Einen derartigen Apparat, der sich hauptsächlich durch seine handliche Form und seine große Anlaufempfindlichkeit auszeichnet, zeigt Abb. 4. Derselbe ist für Spannungen von 40 bis 500 V oder 8 bis 120 V verwendbar. Neuerdings werden diese Drehfeldrichtungsanzeiger auch mit einer kleinen Glimmlampe zusammengebaut, so daß man in der Lage ist, ohne ein besonderes Voltmeter festzustellen, ob die zu untersuchenden Leitungen spannungsführend sind.

Robert Kühnel.

Schaltuhren für elektrische Verbrauchsapparate.

Schaltuhren, auch Zeitschalter, Sperrschalter, Kontaktuhren genannt, bilden heute einen wichtigen Bestandteil in der Montagetechnik zum Ein- und Ausschalten von Heißwasserspeichern, Steuerung von Tarifzählern zu bestimmten Zeiten, aber auch von Lichtreklameanlagen, Schaufenstern, für die öffentliche Straßenbeleuchtung usw. Denn die moderne Stromtarifbildung der Elektrizitätswerke, deren Bestreben es ist, den Nachtstrom zu verwerten und eine möglichst gleichmäßige Belastung des Werkes zu erreichen, bedarf zur praktischen Durchführung unbedingt dieses Hilfsmittels. Eine hervorragende Stellung nehmen die Schaltuhren auch bei der Steuerung der Spezialzähler ein (Kontaktuhren).

In ihrem Aufbau teilen sich die Uhren in zwei Gruppen, solche mit Handaufzug und solche mit elektrischem Aufzug. Welcher der beiden Gruppen bei der Wahl der Vorzug zu geben ist, hängt von den jeweiligen Umständen ab. Jedenfalls wird es sich auch bei Uhren mit

Digitized by Google

elektrischem Aufzug notwendig erweisen, in gewissen Zeitabständen eine Überprüfung und Einstellung vorzunehmen, da Differenzen mit der Uhrzeit auftreten werden. Für die Steuerung der Spezialzähler, für Schalten der Stromkreise von Heißwasserspeichern und Futterdämpfern, deren Ein- und Ausschaltezeit in der Regel der Kontrolle der Elektrizitätswerke unterstehen, müssen die Uhren eine Gangdauer von mindestens einer Zähleraableseperiode besitzen, damit gleichzeitig mit dem Ablesen des Zählerstandes das Aufziehen der Uhren bewerkstelligt werden kann. Für diese Uhren wird meistens eine 35- bis 45tägige Gangzeit gewählt.

Bei der Konstruktion einer Schaltuhr ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, daß absolut verläßliches Schalten gewährleistet ist. Die stromführenden Teile müssen für die durch den Strom hervorgerufene Erwärmung dimensioniert sein, die Kontakte vor allem müssen kräftig ausgebildet sein und dürfen im Dauerbetrieb keine

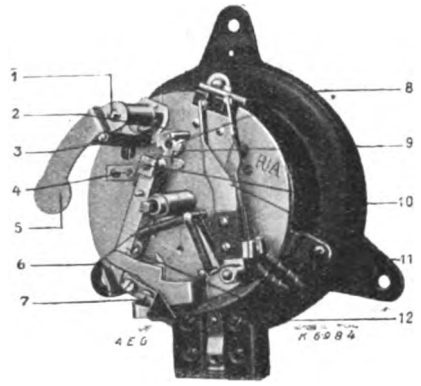


Abb. 1.

1 = Lagerstift für Sperrhebel,
2 = Segment,
3 = Rasthebel,
4 = Anschlagwinkel,
5 = Sperrhebel,
6 = Blattfeder für Winkelhebel,
7 = Sperrklinke,
8 = Gewindestück,
9 = Winkelhebel,
10 = Lagerstift für Ausschalthebel,
11 = Kontakthebel,
12 = Ausschalthebel.

Änderung durch Oxydation oder Verbrennung zeigen. Bei einer Schaltuhr für Steuerung des Maximumzeigers, zum Beispiel eines Maximumtarifzählers, erfordert die übliche Einstellung für viertelstündige Auslösung des Maximumzeigers jährlich etwa 35 000 Schaltungen. Schaltuhren zum Schalten von Verbrauchsstromkreisen müssen so beschaffen sein, daß der beim Öffnen des Stromkreises entstehende Öffnungsfunke sicher gelöscht wird, wozu es in erster Linie notwendig ist, daß die Entfernung der geöffneten Kontakte möglichst groß ist. Außerdem ist für Uhren, die in Gleichstromnetzen verwendet werden, unbedingt eine Funkenlöschvorrichtung vorzusehen. Gewöhnlich wird hiezu ein permanenter Magnet eingebaut. Als Schaltorgane werden für geringe Schaltleistungen in der Regel Berührungskontakte, für höhere Stromstärken Messer- bezw. Schleifkontakte vorgesehen.

Als ein Beispiel sei hier eine Schaltuhr für kleine Heißwasserspeicher (auch für Reklamelichtanlagen) angeführt. Hier würde die Beistellung einer Uhr mit einer Gangdauer von einer Ablesedauer relativ zu große Kosten verursachen. Eine Verbilligung der Uhr ist bei gleicher Qualität nur auf Kosten der Gangdauer möglich. Bei Verkürzung der Gangdauer muß aber der Konsument das Aufziehen der Uhr regelmäßig besorgen. Hiebei ist folgendes zu beachten: Unterläßt der Konsument das Aufziehen und bleibt die Uhr stehen, so soll der Stromkreis automatisch abgeschaltet werden; in diesem Falle muß es unmöglich gemacht werden, die Uhr ohne Öffnen der Schutzkappe wieder aufzuziehen. Würde nämlich die Uhr nach dem Stehenbleiben aufgezogen werden, so wären die Schaltzeiten von den eingestellten verschieden und das Ein- und Ausschalten würde nicht zu den gewünschten Zeiten erfolgen.

Die in Abb. 1 dargestellte Uhr ist für eine Schaltleistung von 5 bis 8 A mit einer Gangdauer von sechzehn Tagen in der üblichen Ausführung mit Berührungskontakten und Funkenlöschmagnet hergestellt. Interessant ist hier die Einrichtung für automatisches Ausschalten und die Sperrvorrichtung.

Der Aufzug der Uhr ist von außen nach Abnehmen einer am Glasdeckel angebrachten Verschlußschraube möglich. Die Kappe ist plombierbar, so daß das Innere der Uhr dem Verbraucher nicht zugänglich ist. Beim Aufziehen der Uhr wird ein Gewindestück 8, auf welchem ein Winkelhebel 9 schleift, in gewissem Sinne verschoben. Der Winkelhebel ist um die Achse 10 drehbar angeordnet und drückt mittels einer Blattfeder 6 gegen den Ausschalthebel 12. Wird die Uhr nicht aufgezogen, so hat sich nach Ablauf von etwa neun Tagen das Gewindestück 8 so weit verschoben, daß es den Winkelhebel 9 freigibt. Durch eine Spiralfeder schnellt der Ausschalthebel 12 gegen eine Sperrklinke 7, wodurch eine weitere Einschaltung verhindert wird. Wird nunmehr die Uhr aufgezogen, so nimmt das Gewindestück den Winkelhebel wieder mit und drückt ihn nach einigen Umdrehungen der Aufzugsachse gegen einen Anschlagwinkel 4, wobei der Ausschalthebel von der Sperrklinke entfernt und die Kontakteinrichtung wieder freigegeben wird. Wird jedoch das Aufziehen unterlassen, so schraubt sich das Gewindestück immer höher und ein Segment 2, welches am Gewindestück schleift, wird frei. Infolge einer Feder schnellt ein Sperrhebel 5, welcher mit dem Segment fest verbunden ist, vor die Aufzugswelle und wird durch einen Rasthebel 3 festgehalten, so daß er von außen nicht verstellt werden kann. Die Uhr kann nur durch ein Organ des Elektrizitätswerkes wieder in Betrieb gesetzt werden, welches die Einstellung auf die richtige Zeit besorgt. Diese Einrichtung bietet daher eine Gewähr dafür, daß das Ein- und Ausschalten des Stromkreises zu den vom Elektrizitätswerke gewünschten Zeiten erfolgt.

Abb. 2 stellt eine Schaltuhr für 15 A Schaltleistung mit 35tägiger Gangzeit dar, wie sie für größere Schaltleistungen verwendet wird. Die Uhr besitzt eine 24-Stundenscheibe 4, die auf den Zeiger 3 eingestellt wird, und eine Minutenscheibe 1 mit genauer Einstellung auf den Zeiger 2. Wie früher sind an der Stundenscheibe Schaltnocken 5 angebracht, welche zum gegebenen Zeitpunkte ein Hebelwerk betätigen und so das Schalten besorgen. Außer dem kräftigen Uhrwerk ist für die Betätigung des

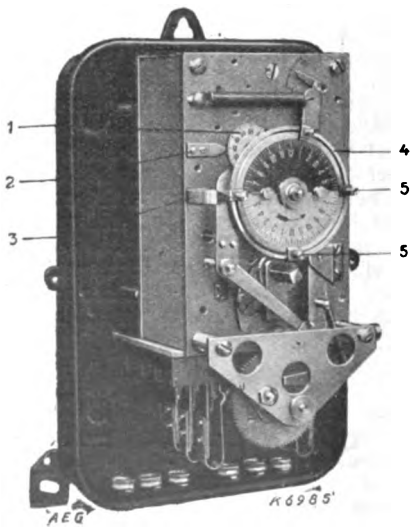


Abb. 2.

Schalters ein eigenes Schaltwerk eingebaut, welches durch einen Kupplungsteil mit der Schaltwalze in Verbindung steht. Der Aufzug des Schalterfederhauses erfolgt automatisch durch die ständige Drehung der 24-Stundenscheibe, so daß ein Aufziehen von Hand aus überflüssig ist.

Digitized by Google

Die nur in Wechselstromkreisen verwendbare Synchron-Schaltuhr, welche von den beschriebenen Schaltuhren vollständig abweicht, stellt in ihrer Art ein neues System dar. Die Uhr besitzt kein Uhrwerk in dem gewöhnlichen Sinne, sondern hat einen Synchronmotor eingebaut, welcher die Stundenscheibe antreibt und so das Schalten bewirkt. Die Periodenzahlen der Netze werden heute meistens genügend genau gehalten, um richtige Gangdauer der Uhr zu gewährleisten. Für die Konstruktion waren bei geringem Raumbedarf und kleinstem Verbrauch an elektrischer Energie größte Zugkraft zu erreichen. Auch war zu erstreben, daß der Motor von selbst anläuft. Der Läufer ist aus Stahl hergestellt und trägt keine Wicklungen. Seine Form ist so gewählt, daß das Anzugsmoment und Synchronisierungsmoment größte Werte annehmen. Im Triebkern wird von der Spannungsspule ein magnetischer Fluß erzeugt, der durch zwei Kurzschlußringe in einen belasteten und einen unbelasteten Zweig geteilt wird, welche ein Drehfeld erzeugen, das am Läufer angreift. Der Rotor läuft aus der Ruhelage zunächst asynchron an. Es bilden sich dann Pole aus und der Läufer läuft synchron mit dem Drehfeld weiter. Die Bewegung wird durch Übersetzungsgetriebe auf die Stundenscheibe übertragen. Läufer und Vorgelege sind in einem Gehäuse untergebracht. Der Verbrauch an elektrischer Energie ist äußerst gering und beträgt nur etwa 2·5 W. Infolge seines hohen Anzugsmomentes ist der Motor imstande, sicher alle Schaltungen durchzuführen, der Motor zieht zum Beispiel beim Schalten eines dreipoligen Schalters 10 A durch, ohne zu schlüpfen. Der besondere Vorteil dieser Uhren liegt darin, daß sie keinerlei Wartung bedürfen und infolge ihres einfachen Aufbaues sehr verläßlich sind. Bei Ausbleiben der Spannung bleiben die Uhren natürlich stehen und müssen frisch eingestellt werden.

Ing. H. Tippelt, Wien.

Die Elektrizität im Haushalt.

Die Verwendung der Elektrizität für Haushaltungszwecke, deren wachsende Bedeutung für die rationelle Ausnützung der elektrischen Anlagen immer mehr erkannt wird, hat in Österreich eine langsamere, in mancher Hinsicht auch verschiedene Entwicklung als in einigen anderen Staaten genommen. Es mag daher von Interesse sein, zur Kennzeichnung des gegenwärtigen Standes dieser Entwicklung einige Berichte und Untersuchungen, die in letzter Zeit über das elektrische Haus im In- und Auslande erschienen sind, und einige Neuerungen auf diesem Gebiete zusammenzufassen.

Auf der 24. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke (Österreich) hat Dir. Ing. Rudolf Beron eingehendst über die Erfahrungen österreichischer Werke und ihrer Abnehmer, besonders aber über die Beobachtungen und Versuche der Wiener Städt. Elektrizitätswerke, berichtet[1]), wobei er darauf hinwies, daß das wichtigste Anwendungsgebiet der Elektrizität zukünftig die mannigfachen Einrichtungen der elektrischen Küche sein werden. Der größte Nachteil der elektrischen Kochplatte ist lange Kochdauer und geringer Wirkungsgrad. Das Elektrizitätswerk Wien hat zahlreiche Versuche mit verschiedenen Kochplatten angestellt. Platten von 400 bis 1000 W Anschlußwert hatten einen Wirkungsgrad von 26 bis 38 vH und brachten 1 l Wasser bei Zusetzen auf kalter Platte in 15 bis 40 min zum Sieden. Bessere Ergebnisse zeigten modernste Platten (870 bis 1320 W Anschlußwert), schweizerische und österreichische Erzeugnisse, ein Teil auch nach schwedischen Patenten gebaut; ihr Wirkungsgrad lag zwischen 43 und 63 vH, die Erwärmungszeit für 2 l Wasser auf 95° C bei Zusetzen auf kalter Platte zwischen 15 und 27 min. Die Kochplatte eignet sich also nicht sehr für Dauerkochen, dagegen wohl für schnelle Speisenzubereitung, sie verlangt daher kurze Anheizdauer und geringe Wärmekapazität; dies bedingt einen Heizwiderstand für große Stromaufnahme, ein Umstand, welcher häufig der Anschaffung von Kochgeräten im Wege steht, wenn nämlich die Leitungsquerschnitte der vorhandenen Installation zu gering sind. Vergleichsversuche zeigten auch den Einfluß des Kochgeschirres auf den Wirkungsgrad: Ein dünnwandiges Aluminiumgeschirr mit mehrfach eingebeultem Boden ergab einen Wirkungsgrad von 5 vH, während das sorgfältig gearbeitete normalwandige Geschirr 63 vH erreichte. Wesentlich Günstigeres wird über den elektrischen Kochtopf berichtet, der womöglich mit auswechselbarer Bodenheizung einzurichten ist. Sehr gut verwendbar erweist sich auch das elektrische Brat- und Backrohr, das aber wegen der hohen Kosten trotz guten Wirkungsgrades noch wenig verbreitet ist.

Zur Bereitung ganzer Mahlzeiten dient der Kochautomat[2]), welcher aus Kochplatte, Kochgeschirr, wärmeisolierter Haube und dem Temperaturautomaten besteht und die Vorteile geringer Beaufsichtigung und vollständiger Abgeschlossenheit mit denen eines hohen Wirkungsgrades verbindet; seine Wirtschaftlichkeit wird bei Zustellen der Speisen mit heißem Wasser erhöht. Kochversuche der Wiener Städt. Elektrizitätswerke mit

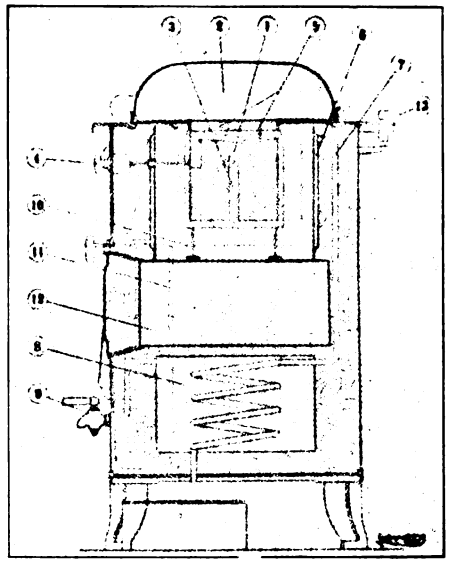


Abb. 1. Schnitt durch den Seves-Speicherherd. (1) = Eisenkern; (2) = Deckel; (3) = Heizelement; (4) = Regulierknopf; (5) Distanzierstift zur Regulierung der Wärmeabgabe; (6) = = Wassermantel; (7) = Wasserrohr; (8) = Warmwasserbehälter; (9) = Warmwasserhahn; (10) = Kaltwasserbehälter; (11) = Wasserrohr; (12) = Kochraum.

einem Kochautomaten von 750 W und einem Kochtopf von 400 W Anschlußwert ergaben für ein Mittagessen für fünf Personen einen Stromverbrauch von 4·2 bis 5·5 hWh, eine Dauer der Stromaufnahme von 30 bis 40 min und des (stromlosen) Garkochens von 1½ bis 2 Stunden.

Auch mit zwei schwedischen Speicherherdtypen, dem Sevesherd[3]) (Abb. 1) und dem Neaherd, wurden eingehende Kochversuche gemacht. Ein Seves-

[1]) VEW-Nachrichten, Zeitschr. d. Verb. d. Elektrizitätswerke, 1. Jg., Nr. 11 und 12.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 77.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 80.

Digitized by Google

herd für fünf Personen nahm bei 18stündiger Speicherung 6·3 kWh = 5418 WE auf und gab 3197 WE nutzbar ab, erzielte also einen Wirkungsgrad von 59 vH; 6·26 kWh wurden dabei gespeichert. Eine Verkürzung der Speicherzeit durch Einbau von zwei Heizelementen in den Herd erhöhte den totalen Wirkungsgrad auf 66·5 vH. Etwas ungünstiger waren die Resultate beim Neaherd, da hier keine Rückgewinnung der Verluste durch den Warmwasserapparat erfolgt: Bei 18stündiger Speicherung wurden 5·67 kWh = 4876 WE aufgenommen, 2121 WE nutzbar abgegeben, daher ein Wirkungsgrad von 43·5 vH erreicht, der sich auf 50 vH nach Umwicklung des Heizelementes des Speicherblocks von 300 W auf 600 W erhöhte. Auch konstruktiv befriedigte der Sevesherd mehr. Trotz ihres schlechteren Wirkungsgrades gestatten die Speicherherde die Erstellung eines bedeutend niedrigeren Strompreises als die Kochautomaten.

Eine gewisse, wenn auch noch sehr erweiterungsfähige, Verbreitung in Österreich haben die Heißwasserspeicher[4]) gefunden, obwohl die hohen Anschaffungs- und Installationskosten ihre Einführung hemmten. Der Anschlußwert dieser Apparate beträgt je 100 l Wasserinhalt zirka 1·2 kW. Versuche der Wiener Städt. Elektrizitätswerke zeigten, daß bei 8stündiger Heizung und 16stündiger nachfolgender Ruhezeit das Speicherwasser sich nur um 8 bis 14° C abkühlte und die Schichtung von heißem und kaltem Wasser streng erhalten blieb; der durchschnittliche Wirkungsgrad war bei regelmäßigem Gebrauch 90 vH, sodaß für die Erzeugung von 10 l heißen Wassers zirka 10 hWh gebraucht wurden.

Das elektrische Bügeleisen und der Staubsauger haben sich in städtischen Gebieten vollkommen durchgesetzt, ersteres im Haushalt leider meist ohne Temperaturregler. Mit der derzeit besten, aber auch teuersten, elektrischen Waschmaschine, der Savagemaschine (600 W Anschlußwert) haben Versuche einen Verbrauch von 3 hWh für das Waschen von 5 kg Trockenwäsche festgestellt. Einen sehr niedrigen Stromverbrauch (zirka 18 hWh pro Tag im Sommer bei 400 W Anschlußwert) zeigten auch die modernen Kühlschranktypen, doch ist der Anschaffungspreis noch sehr hoch.

Von Interesse sind ferner die Vergleichsmessungen, welche die Wiener Städt. Elektrizitätswerke über Raumbeheizung angestellt haben. Bezogen auf je 100 m³ Rauminhalt, was dem mittleren Heizverbrauch eines großen Zimmers entspricht, verbrauchte pro Tag eine direkte elektrische Widerstandsheizung 19 kWh, eine Warmwasser-Zentralheizung mit Speicherung 24 kWh, ein Raumspeicherofen 23 kWh, die Gasheizung 6·7 m³ Gas. Darnach darf der Strompreis je kWh bei direkter Heizung nur 35 vH, bei Warmwasserspeicherung 28 vH, bei Raumspeicherung 29 vH vom Preis eines m³ Gas betragen.

Ein Überblick über verschiedene Haushaltungstarife zeigt, daß solche in Österreich bisher nur wenig Anwendung gefunden haben, dagegen in Deutschland und anderen Ländern in mannigfachster Form, vor allem der Grundgebührentarif mit seinen Abarten, Eingang gefunden haben. Am meisten verbreitet ist jener Grundgebührentarif, dessen Grundgebühr nach der Wohnungsgröße bemessen wird, am aussichtsreichsten scheint der neue Tarif des Elektrizitätswerkes Oslo zu sein, der sich nach der vom Stromabnehmer gewählten Höchstleistung unter Einschränkung derselben in den Sperrstunden (höchste Belastungsspitze) richtet. Ein abschließendes Urteil über den Wert der einzelnen Tarife wird erst die zukünftige Erfahrung fällen.

Über die Anwendung der Elektrizität im schwedischen Haushalt berichtet A. Ekström[5]). Wie überall stand auch in Schweden der hohe Strompreis der Ausbreitung der elektrischen Beleuchtung hindernd im Wege. Heute kann man mit mehr als 1·6 Mill. elektrischer Lampen rechnen und die Gasbeleuchtung ist so gut wie verschwunden. Der durchschnittliche Stromverbrauch für eine fünfköpfige Familie für Beleuchtungszwecke ergab sich mit 150 kWh im Jahr.

Das elektrische Bügeleisen ist im schwedischen Haushalt noch nicht sehr verbreitet. Im Mittel ergibt sich ein jährlicher Verbrauch von 25 bis 50 kWh für eine fünfköpfige Familie.

Umso beliebter ist der elektrische Staubsauger, besonders der der Elektro-Lux Comp., dessen Anschlußwert 230 W und dessen Saugleistung zirka 76 cm Wassersäule betragen soll; der jährliche Verbrauch in einem mittleren Haushalt wird auf zirka 75 bis 100 kWh geschätzt. Er hat sich trotz des hohen Anschaffungspreises von zirka S 550 rasch eingebürgert, was wohl nicht zuletzt auch auf die von den einheimischen Elektrizitätswerken gewährten 18monatlichen Teilzahlungen zurückzuführen ist.

Was die elektrische Küche betrifft, ist es für Schweden heute nur noch eine Tarif- und Zeitfrage, bis diese in jedem einzelnen Haushalte eingeführt ist. Die viel verwendeten Effektherde haben einen hohen Anschlußwert — 5 bis 6 kW — und belasten damit die stromliefernden Anlagen nicht unerheblich und überdies noch stoßweise. Es wurde deshalb vom Elektrizitätswerk Stockholm der Seves-Wärmespeicherherd eingeführt, der Tag und Nacht angeschlossen ist und dauernd zirka 500 W Energie verbraucht. Der Energieverbrauch einer kompletten elektrischen Küche wird mit 1 bis 1·2 kWh/Person und Tag angegeben, so daß eine fünfköpfige Familie zirka 2000 kWh/Jahr verbraucht.

Die Heißwasserheizung ist in den schwedischen Städten ein schwierigeres Problem, da die meisten Häuser bereits Zentralheizung mittels Kohlenfeuerung eingeführt haben, doch dürfte vielleicht einiger Erfolg noch auf dem Lande zu erwarten sein. Elektrische Waschmaschinen sind ebenso wie das elektrische Bügeleisen wegen des Dienstbotenmangels nur selten zu finden. Dafür ist aber der von der Firma Elektro-Lux-Co. erzeugte elektrische Kühlschrank trotz des sehr billig und reichlich vorhandenen Natureises sehr beliebt. Der Energieverbrauch während einer Saison beträgt für eine mittlere Familie zirka 100 kWh bei einem Anschlußwert von 100, 280 respektive 360 W und der Kühlwasserverbrauch 23 bis 32 l pro Stunde. Sollen daher die Betriebskosten errechnet werden, so sind auch zirka 9100 l fließendes Wasser einzukalkulieren. Die Anschaffungskosten betragen gegen S 2000, so daß hier auch durch entsprechende Kredite seitens der Elektrizitätswerke keine besonderen Erleichterungen geschaffen werden können. Schließlich wäre noch das elektrische Heizen zu erwähnen, das aber ebenso wie die Heißwasserheizung wegen der allerorts verbreiteten Zentralheizung wenigstens vorläufig nicht sehr in Betracht kommt.

Auf Grund des Gesagten ergibt sich also in Schweden bei möglichster Anwendung der Elektrizität für eine fünfköpfige Familie ein Energieverbrauch von zirka 500 kWh pro Jahr und Kopf, und zwar für

Beleuchtung	150 kWh
Bügeln	50 „
Staubsaugen	100 „
Elektrisches Kochen	2000 „
Kühlschrank	100 „
Summe für 5 Personen	2400 kWh

Die Versuchsergebnisse nach dreijähriger, ausschließlicher Verwendung der Elektrizität in dem englischen Haushalt einer aus sechs Personen bestehenden Familie, die eine Wohnung von 10 Zimmern bewohnt, bespricht Prof. S. Parker Smith[6]). Die

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, Das Elektrizitätswerk, S. 95; 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 50, 78.

[5]) Vgl. The Electrical Review, Bd. 90, Nr. 2604, Okt. 1927.

[6]) The Electrical Review, Bd. 90, Nr. 2604, Okt. 1927.

Digitized by Google

Verwendung der Elektrizität zum Heizen, Kochen, zur Heißwasserbereitung und Beleuchtung bereitete während der langen Probezeit keine einzige Enttäuschung und nur ein einziges Mal ereignete sich ein kleiner Unfall, als ein Familienmitglied durch gleichzeitige Berührung eines stromführenden Drahtes und eines geerdeten Eisens eine Brandwunde erlitt. Auch während der langen Streikdauer im Jahre 1926 ergaben sich keine Schwierigkeiten, nur die beweglichen Strompreise waren in der Zeit von Oktober bis Dezember 1926 um 10 vH höher und wurden für die Zeit von Dezember 1926 bis Mai 1927 mit 0·75 pence/kWh für Tageskonsum respektive 0·625 pence/kWh für Nachtkonsum festgesetzt. Betriebsstörungen ergaben sich nur in der ersten Betriebszeit und da meist nur an den Schaltern. Es erwies sich im allgemeinen als vorteilhaft, elektrische Geräte im Baderaum und in der Küche zu erden[7]), was aber anläßlich von auftretenden Störungen mehrere Male zu explosionsartigen Erscheinungen beim Abschmelzen der Sicherungen führte. Durch entsprechende Verwendung von gut isolierendem Material und Abdecken der Sicherungskästen mit feuerfesten Umkleidungen wurde alles Übel behoben.

Das elektrische Heizen mittels Strahlungsöfen sowie das direkte Anwärmen der Personen im Zimmer bewährte sich gut. Unzulänglichkeiten durch ungenügende Wärme, kalte Wände usw. traten nicht mehr auf. Später wurden zwei oder drei kleine elektrische Öfen pro Raum aufgestellt, welche die erforderliche Wärme dem Raum richtig verteilt vermittelten. Besonders in Räumen, welche nur gelegentlich oder zu bestimmten Stunden geheizt werden (Schlafzimmer usw.) fand der elektrische Ofen besondere Würdigung, da sich in solchen Fällen die Betriebskosten besonders niedrig erstellten. Auch bei medizinischen Behandlungen (Rheumatismus usw.) fand die Elektrizität in Form einer „künstlichen Sonne" Anwendung, indem eine kleine, handregulierte Bogenlampe mit 8 A führenden Heizdrähten in Serie geschaltet wurde.

Die elektrischen Kocher waren die einzigen Geräte, welche durch neue, verbesserte ersetzt werden mußten. Das erste Kochgerät hatte zwei offene Kochplatten, da man bei geschlossenen zu lange Kochdauer und schlechten Wirkungsgrad befürchtete. Praktische Versuche ergaben aber, daß auch die offene Type nicht besser als die geschlossene und zudem noch unverläßlicher ist. Nach weiteren Versuchen durch einige Monate kam man zu dem Ergebnis, daß sowohl offene, halboffene als auch vollkommen geschlossene Platten für die Verwendung in der Küche wegen des hohen Stromverbrauches vollkommen hoffnungslos erscheinen; der Verbrauch bei offenen Platten war 1·3 kWh je Person und Tag, also unverhältnismäßig hoch; der Wirkungsgrad war schlecht, den garantierten Wert erreichte keine einzige Platte, 80 vH wurde gefordert und 30 vH erreicht. Das Problem des elektrischen Kochens fand schließlich seine Lösung einerseits im „elektrischen Kessel", der unserem Elektro-Kochautomaten entspricht und einen Wirkungsgrad von 90 vH erreicht, andererseits aber in einem als Tisch ausgebildeten elektrischen Herd, der dem Wesen nach aus mehreren, meist drei Aluminiumgeschirren mit drei Wärmestufen ohne flexible Leistungen besteht. An der Rückseite dieser Kochtöpfe befinden sich wasserdichte, dreipolige Stecker, die in entsprechende, an der rückwärtigen Leiste des Kochtisches befestigte Steckdosen gesteckt werden. Die Tischplatte ist geerdet und legt damit auch das Kochgeschirr an Erde. Vorausgesetzt, daß die Kochtopfstecker nicht früher als nötig eingeschaltet werden, besteht für die Kochtöpfe keine Gefahr trocken zu gehen. Es ergab sich, daß ein derartiger elektrischer Herd weit weniger Verluste als eine Kochplatte besitzt. Als Ergänzung zu diesem Herd wurde dann noch mit Vorteil eine gut konstruierte Kochplatte zum Rösten usw. verwendet. Versuche bezüglich des Stromverbrauches ergaben, daß pro Person und Tag 0·5 bis 0·6 kWh verbraucht wurden, während der Verbrauch bei Verwendung der Kochplatte allein nahezu 0·8 kWh betrug. Die kombinierte Verwendung von Kochherd und Kochplatte befriedigte im allgemeinen, doch wurde noch ein gutes, brauchbares Brat- und Backrohr vermißt, um den Energieverbrauch weiter senken zu können. Als einziger Nachteil steht der Verbreitung der hohe Anschaffungspreis entgegen.

[7]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN. S. 120.

Auch der Heißwasserspeicher ist im englischen elektrischen Haushalt unentbehrlich geworden. Vor Festlegung seiner endgiltigen Konstruktion wurden zahlreiche sorgfältige Versuche angestellt und es gelang schließlich, eine vollkommen zufriedenstellende, allerdings etwas teure Bauart zu erzeugen. Das Wasser wird auf 60° C erwärmt, die untere und obere Grenze sind 54° C und 66° C.

Die folgenden Tabellen über Stromverbrauch, jährliche Energiekosten und prozentuellen Verbrauch gewähren einen guten Überblick über die in den drei Versuchsjahren gewonnenen Erkenntnisse und sind zu Vergleichszwecken mit den Prüfergebnissen in Österreich sicherlich sehr interessant. Erwähnt sei noch, daß der geringe Unterschied in den Endsummen der Tabellen 1 und 3 von Meßfehlern zwischen Subzählern und Generalzählern herrührt.

Tabelle 1:

Gesamtverbrauch in kWh, mit Doppeltarifzähler gemessen:

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
Tagesbelastung	10 299	9 713	9 079
Nachtbelastung	6 043	5 827	5 241
Summe	16 342	15 540	14 320
Betrieb eingestellt	19 Tage	10 Tage	13 Tage

Tabelle 2:

Jährliche Energiekosten auf Grund von Tabelle 1:

	1. Jahr S	g	2. Jahr S	g	3. Jahr S	g
Tagesbelastung 6·5 g/kWh	633	80	607	—	567	40
Nachtbelastung 4·9 g/kWh	283	30	273	10	245	70
Grundgebühr	375	—	375	—	375	—
Summe	1292	10	1255	10	1188	10
Mehrkosten durch den Streik im Jahre 1926	—		—		270	40
					1458	50

Tabelle 3:

Detailverbrauch in kWh nach Tabelle 2.

		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
Heizen		5 954	6 636	6 585
Heißwasser	Tag	1 242	1 245	1 103
	Nacht	6 043	5 827	5 241
Kochen		2 777	1 858	1 706
Licht		568	687	717
Summe		16 584	16 253	15 352

Allgemeine Beachtung verdienen die Ausführungen von Dir. F. Marti über die elektrische Küche auf einer der Diskussion dieser Frage gewidmeten kürzlich in Langenthal (Schweiz), abgehaltenen Versammlung des Verbandes Schweizer Elektrizitätswerke. Einer ausführlichen Wiedergabe im „Bulletin S. E. V." Nr. 1, 1928, entnehmen wir das Folgende:

Der Typ der direkt beheizten Apparate (Effektherde) ist heute nur noch bei den kleinen Wasserkochern üblich, die handelsüblich verwendeten elektrischen Kochherde besitzen eine oder mehrere Kochstellen auf erhitzten Platten; auf dieser Grundlage hat die elektrische Küche seit den letzten 30 Jahren eine gewaltige Entwicklung erfahren, so daß Ende 1926 im ganzen 93 000 Kochherde und Rechauds mit zusammen 170 000 kW Anschlußwert in der Schweiz vorhanden waren. Es ist heute nur mehr eine Frage des Strompreises und der Anschaffungskosten, ob die elektrische Küche der Feuerung mit Gas, Holz oder Kohle vorzuziehen ist. Von den 3·8 Mill. Einwohnern der Schweiz mit 750 000 Haushaltungen verwenden heute rund die Hälfte

Digitized by Google

der Haushaltungen Gas, gegen 100 000 Haushalte besitzen bereits die elektrische Küche, so daß fürs Erste zirka 300 000 Haushalte mit einem jährlichen Energieverbrauche von rund 600 Mill. kWh für die Elektrisierung in Betracht kommen[8]). Da die mögliche Energieproduktion der schweizerischen Wasserkraftwerke auf 20 Milliarden kWh berechnet wird, wovon im Jahre 1926 nur gegen 4 Milliarden kWh ausgenützt waren, stellt die zur erstmaligen Elektrisierung der Küchen notwendige Energie einen verhältnismäßig nur geringfügigen Posten dar.

Für die stromliefernden Unternehmen ist das Verhältnis zwischen Höchstbelastung im Werke zu den Größen: Anschlußwert, Zahl der Haushaltungen und Einwohnerzahl, vor allem aber der Belastungsfaktor von größter Wichtigkeit.

Ein beispielsweise aus zwei Platten zu je 1 kW, einer Platte zu 1·5 kW und einem Brat- und Backrohr zu 2 kW bestehender elektrischer Herd für sechs Personen hat einen Stromverbrauch von 1 kWh je Tag und Kopf, hat somit — bezogen auf den Höchsteffekt — eine tägliche Benützungsdauer von 1·09 Stunden, respektive bei Nichtbenützung des Backrohres 1·7 Stunden.

Prof. Wyssling errechnete (1917) folgende Durchschnittswerte für Effektherde:

	Belastungsfaktor während der			Mittlere Anschl.-größe pro Haushalt (6—7 Pers.) kW	Tägl. Stromverbrauch pro Kopf kWh
	Morgenspitze vH	Mittagspitze vH	Abendspitze vH		
beim Abonnenten	25—35	bis 100	35—45		
f. einz. Ortsnetze	20—30	40—60	25—35	2·5	1·0
für ein größeres Überlandnetz . .	15—25	35—50	20—30		

Untersuchungen in den folgenden Jahren bestätigten diese Zahlen im wesentlichen, jedoch zeigte sich, daß die angeführten Spitzenwerte etwas zu vorsichtig gegriffen waren. Erhebungen in drei verschiedenen Schweizer Ortschaften ergaben einen Belastungsfaktor während der Mittagsspitze von 30·9 vH, 37·4 vH, 41·2 vH und auch in Stavanger, Norwegen, fand man zu Zeiten der Hauptmahlzeit (etwa nachmittags 5 Uhr) nur 34·2 vH, also weniger, als die Tabelle angibt. Einen mittleren Anschlußwert von 2·5 kW pro Haushalt fand man kürzlich auch in einer Ortschaft bei Solothurn, während in Stocksund bei Stockholm 3·0 bis 3·5 kW pro Kochstelle errechnet wurde. Die maximale Belastungsspitze an der Abgabestelle ergab sich in den drei vorerwähnten Schweizer Ortschaften zu 0·5 kW respektive 0·75 kW und 1 kW pro Kochstelle, während in drei skandinavischen Ortschaften 0·45 kW, 0·48 kW und 0·60 kW gefunden wurden. In Amerika nimmt man hingegen höhere Werte als Werksbelastung an, und zwar:[9])

Zahl der Kochabonnenten	Belastung in kW	Zahl der Kochabonnenten	Belastung in kW
1	3·85	40	1·00
5	2·00	50	0·95
10	1·30	100	0·90
20	1·10	160	0·87
30	1·05	5000	0·70

An durchschnittlichem Stromverbrauch fand Prof. Wyssling 1 kWh pro Tag und Kopf, welche Zahl auch auf der Baseler Weltkraftkonferenz im Jahre 1926 für einen fünfköpfigen Haushalt bestätigt wurde. In Schweden fand man 0·8 kWh, welcher Verbrauch in Villenvierteln bis auf 1·28 kWh steigt. Über den voraussichtlichen Energieverbrauch in kWh pro Haushalt wurde in Schweden folgende Tabelle aufgestellt:

Familie von 1 Person	. . . .	500 kWh pro Jahr
„ „ 5 Personen	. . .	450 „ „ „ u. Kopf
„ „ 8 „	. . .	313 „ „ „ „ „
„ „ 12 „	. . .	275 „ „ „ „ „

Ing. Haerry, Zürich, fand jedoch nach einjährigen Versuchen 100 bis 105 kWh Energieverbrauch pro Monat für eine vierköpfige Familie.

Alles kurz zusammengefaßt, ergaben die bis in die letzte Zeit in Schweden, Norwegen und in der Schweiz vorgenommenen Untersuchungen folgendes:

1. Der mittlere Anschlußwert pro Haushalt (5 Personen) beträgt 2 bis 3·5 kW.

2. Der Energieverbrauch für das elektrische Kochen beträgt im Mittel 1 kWh pro Tag und Kopf.

3. Der Belastungsfaktor bei Verwendung eines Effektherdes beträgt:

a) Belastung der Hausinstallation und in der Zuleitung: 100 vH des Anschlußwertes.

b) Belastung in der Transformatorstation und im Ortsnetz je nach der Anzahl der Kochstellen: 50 bis 30 vH des Anschlußwertes.

c) Belastung im stromliefernden Werk je nach der Zahl der Kochstellen: 40 bis 25 vH des Anschlußwertes. Bei großer Zahl der Kochstellen kann dieser Wert bis auf 0·6 kW pro Kochstelle sinken.

Auf Grund dieser Tatsachen ist nun die Überlegenheit von Speicherherden gegenüber Effektherden leicht einzusehen. Bei beispielsweise 6 kWh Stromverbrauch pro Tag und Haushalt (sechs Personen) und 5·5 kW installierter Kochapparatur ergibt sich mit einer Zentralenbelastung von selbst nur 0·6 kW eine Verteilung der zirka einstündigen Spitzenbelastung beim Abonnenten wohl auf etwa 10 bis 11 Stunden im Werk, aber eben nur auf die Tageszeiten, während ein Heranziehen der Nachtenergie nicht stattfindet. Die mittlere Jahresausnützung würde hiebei $\frac{6 \times 365}{0{\cdot}6} = 3650$ Stunden mit einem Ausnützungsfaktor von nur $\frac{3650}{8760} = 41{\cdot}7$ vH betragen. In der entsprechenden Ausnützung der Nachtenergie liegen nun die Vorzüge der Speicherherde, die, wie noch gezeigt wird, auch bei einem um 17 vH geringeren Wirkungsgrade vorteilhafter sind.

Im Gegensatz zu den Effektherden ist der Speicherherd bestimmt, Tag und Nacht immer gleich viel Strom aufzunehmen, um die stoßweise Beanspruchung in eine durchgehende, 24stündige, gleichmäßige Belastung umzuwandeln. Von den verschiedensten Herdtypen ist in Schweden der Nea-Herd und der Sevesherd, in Norwegen der Sarpsborg-Herd am meisten verbreitet.

Über den Sevesherd wurde folgende Energiebilanz aufgestellt:

Wärmeaufnahme (zugef. Energie)
16 h × 0·325 kW = 5·129 kWh = 100 vH,
abgegebene Wärme von der Kochplatte = 2·632 kWh = 51·3 vH,
abgegebene Wärme f. Heißwasserbereitung = 0·589 kWh = 11·5 vH,
Wärme-Rückgabe = 3·221 kWh = 62·8 vH.

Dieser etwa 300 W aufnehmende Sevesherd kann nötigenfalls auch mit einem Seves-Brat- und Backrohr mit 450 W oder 600 W ergänzt werden. (Erwähnt sei, daß der Sevesherd mit nur 300 W für österreichische Verhältnisse wegen der notwendigen kürzeren Dauer der Energieaufnahme nicht genügt und mindestens die doppelte Energie zugeführt erhalten muß. Der Ber.)

Wesentlich für die Verbreitung der elektrischen Küche sind die Stromtarife. In Oslo ist ein Pauschaltarif für Haushalte eingeführt, wonach 180 K pro angeschlossenes kW und Jahr zu zahlen sind; der Gaspreis beträgt 18 Oere pro m³. In Stockholm sind jährlich 20 K Grundtaxe für je angeschlossene 100 W und je 5 Oere pro verbrauchte kWh Konsumtaxe zu bezahlen; Gaspreis 12 Oere pro m³. In Malmö beträgt die Grundtaxe 100 K pro angeschlossene kW und die Konsumtaxe 10 Oere pro kWh bei Tag, respektive

[8]) Vgl. E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 82.
[9]) El. World, Nov. 1926; vgl. a. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 82.

Digitized by Google

4 Oere pro kWh bei Nacht; Gaspreis 15 Oere pro Kubikmeter. Zum Vergleich wird angeführt, daß in Zürich demnächst das Projekt einer bedeutenden Gaswerkserweiterung zur Abstimmung gelangt, wobei aber der Weg für das Kochen mit Gas oder Elektrizität offen gehalten wird. Das Gas kostet 20 Rp./m³, die Elektrizität für Kochzwecke 6 Rp./m³. Abgabe und Anschlußbedingungen sind auf Parität der beiden Energiequellen eingestellt. Nach dem neuen Tarif des E.-W. Wynau kostet die elektrische Küche pro Jahr für eine fünfköpfige Familie bei Verwendung eines Effektherdes 1 kW × 5 Personen × 365 Tage = 1825 kW × 8 Rp. = Frs. 146·—, bei Verwendung eines Speicherherdes 1825 kWh plus 17 vH = 2135 kWh, hievon 1375 kWh (64·4 vH) zu 8 Rp. und 760 kWh (35·6 vH) zu 4 Rp., das ist 140·40 Franken.

18stündige Aufladung des Sevesherdes mit 300 bis 325 W vorausgesetzt, verbraucht eine fünfköpfige Familie mit dem Sevesherd 2700 kWh jährlich, also um 17 vH mehr als beim Effektherd. Dafür hat aber der Effektherd 2·8 bis 3 kW Höchstverbrauch, der Sevesherd aber nur 0·325 kW. Es ist also klar, daß mit der Anwendung des Speicherherdes der Anschlußwert pro Haushalt ganz gewaltig heruntergedrückt werden kann.

Ein einfacher Sevesherd kostet in Stockholm Schw. Fr. 500·—, samt Bratrohr Schw. Fr. 680·—. Der elektrische Effektherd mit einer Platte für 1·5 kW, einer Platte für 1 kW, einem Bratofen und einer Kochkiste kostet Schw. Fr. 390·— gegenüber einem äquivalenten Kochgerät für Gas von Schw. Fr. 165·—. Dieser relativ hohe Anschaffungspreis des Speicherherdes ist aber eben der einzige Nachteil und wird bei Serienfabrikation wohl verschwinden.

Außer der Gegenüberstellung: 1 m³ Leuchtgas entsprechend 4200 bis 4500 Kal. und 1 kWh entsprechend 864 Kal. ist bei der Aufstellung des Preisäquivalentes noch der Wirkungsgrad der Verbrauchsapparate zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der in dieser Richtung durchgeführten Untersuchungen lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

Errechnet von	Errechnetes Aequivalent
Ing. Haerry, Schweiz (Schw. Wasserwirschaft)	1 : 3·1
Dr. Schläpfer, u. Rutishauser, Schweiz (1921)	1 : 3·48 bis 1 : 3·57
Skandinavien	1 : 2·5
Gaswerke Zürich	1 : 3·75
Sekretariat des Schweizer Wasserwirtschaftsverbandes (neueste Erhebungen)	1 : 3·5 für Küchen ohne sep. Boiler, 1 : 3 für Küchen mit sep. Boiler

Faßt man die Ergebnisse der vorstehenden Ausführungen zusammen, so ergibt sich für den Speicherofen nebst anderem noch der besondere Vorteil, daß die Kochspitze pro Kochstelle auf 0·4 kW an der Netzabgabestelle gegenüber günstigstenfalls 0·6 bis 0·7 kW bei Effektivherden sinkt, wodurch sein geringerer Wirkungsgrad mehr als wettgemacht wird.

Aus der lebhaften Diskussion wäre noch zu berichten, daß Ing. Seehaus einen neuen Speicherherd geschaffen hat (Abb. 2), bei welchem die Kochplatten *K* ihre Wärme durch einen aus einem Druckraum *D* in die Platten eindringenden Heißluftstrom erhalten, welcher durch die Isolationsmasse *J* des Speicherkernes *S*, in dem das Heizelement *E* eingebettet ist, hindurch geht, so daß Kernabstrahlungsverluste weitgehendst vermieden werden. Der weitere Zirkulationsweg des Luftstroms führt über Regulierventile *H*, die Kochplatten *K*, den Warmwasserspeicher *W* und einen kleinen Ventilator *V* (treibende Kraft) zurück zum Druckraum *D*. Die Energieaufnahme soll nur mehr um 14 vH größer als bei Effektherden sein, so daß dieses neue Modell zu den schönsten Hoffnungen berechtigt.

H. A. Snow hat bemerkenswerte Untersuchungen der Detroit Edison Company (Amerika) veröffentlicht[10]), welche unternommen wurden, um Einblick in die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten des häuslichen Stromkonsums in Detroit zu gewinnen. Drei Gruppen von elektrischen Haushaltungsgeräten, deren Verbreitung sehr schnell zunimmt, und deren Benützung während eines Monates kontinuierlich erfolgt, wurden zur Untersuchung herangezogen, und zwar der elektrische Kochherd, der elektrische Kühlschrank und der elektrische Kleinmotor, welcher beim Betrieb ölgefeuerter Öfen verwendet wird. In verschiedenen Wohnungen wurde der elektrische Ver-

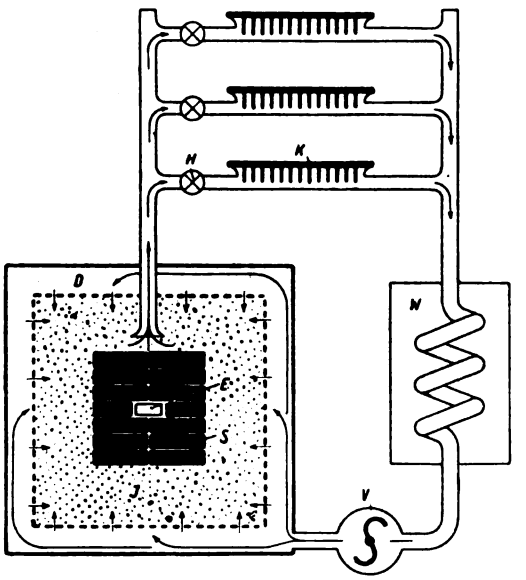


Abb. 2. Schematische Darstellung des Seehaus-Speicherherdes.

brauch von 194 Kochherden, 53 Kühlschränken (acht verschiedene Fabrikate) und 55 ölgefeuerten Öfen (13 verschiedene Typen) mit registrierenden Wattstundenzählern während eines Jahres gemessen. Die Resultate, wiewohl von örtlichen Verhältnissen abhängig, beanspruchen auch allgemeines Interesse.

Die elektrischen Kochherde hatten ihren maximalen Verbrauch im September (194 kWh) und ihren minimalen im Februar (105 kWh). Der tägliche Lastverlauf spiegelte die amerikanischen Eßzeiten wieder und zeigte drei deutliche Spitzen, die höchste um 6 Uhr abends, die nächstniedere (65 vH der höchsten) um 8 Uhr früh, die niedrigste (47 vH) um 12 Uhr Mittag; die höchste Spitze überhaupt war aber auffallenderweise am Sonntag Mittag. Der einzelne Kochherd wies kurze und sehr ungleiche, zufällige Belastungen auf, seine mittlere Leistung war 4700 W, seine maximale 5200 W. Dagegen zeigte eine größere Zahl von Kochherden, in ihrer Gesamtwirkung betrachtet, bloß eine mittlere Leistung von 728 W je Herd, entsprechend einem Verschiedenheitsfaktor von 6·46 innerhalb der Gruppe. Der jährliche Belastungsfaktor eines einzelnen Herdes ist zwar sehr nieder, nur 4 vH, der einer größeren Gruppe von Kochherden aber etwa 23 vH. Es wurde auch eine Beziehung zwischen dem monatlichen Verbrauch einer elektrischen Küche und der Zahl der Familienmitglieder aufgestellt, die in folgender Tabelle wiedergegeben ist:

Zahl der Familienmitglieder	2	3	4	5	6	7	8
Mittlerer monatlicher Verbrauch in kWh	121	127	133	150	175	176	214

Im allgemeinen verbrauchte also ein Kochherd monatlich 100 kWh plus 10 kWh pro Person.

Ein anderes Bild zeigte der elektrische Kühlschrank. Sein Stromverbrauch war im Sommer um 34 vH höher als im Winter, am Tag etwas größer als in der Nacht. Bemerkenswert war, daß der Kühlschrank im Winter von keinem Abnehmer außer Betrieb gesetzt

[10]) Electrical World, Bd. 31, Nr. 3, 1928.

Digitized by Google

wurde, um die natürliche Kälte auszunützen, dagegen öfters im Sommer, wenn der Abnehmer verreiste. Der mittlere Verbrauch in einem Mittelstandshaushalt wurde mit 542 kWh pro Jahr festgestellt, die mittlere Leistung der Motoren mit 249 W, während ihr mittlerer Nennwert 161 W betrug. Eine Abnehmergruppe von 1000 Kühlschränken würde also 542 000 kWh im Jahr verbrauchen, bei einer Spitzenleistung von 89·3 kW im Sommer und 55·4 kW im Winter. Dies entspricht einem jährlichen Belastungsfaktor von 69·3 vH und einem Verschiedenheitsfaktor innerhalb der Gruppe von 2·80.

Die Verwendung kleiner Elektromotoren bei ölgefeuerten Öfen ist mehr von lokalem Interesse. Die Versuchsresultate sollen daher nicht wiedergegeben werden;

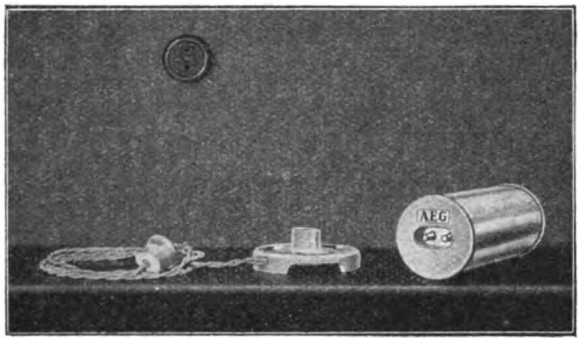


Abb. 3.

es sei nur bemerkt, daß eine Tagesspitze um 9 Uhr vormittags auftrat und der maximale Stromverbrauch im Dezember, der minimale (nämlich 0) im Juli und August festgestellt wurde.

Die günstige Wirkung aller drei besprochenen Gruppen von Haushaltungsgeräten auf die Belastung des Kraftwerkes wurde durch den Verschiedenheitsfaktor jeder Gruppe in Bezug auf die Gesamtheit aller Verbraucher bei Zugrundelegung einer Dezemberspitze zwischen 4 und 5 Uhr nachmittags festgelegt: er betrug 2·17 bei den Kochherden, 1·61 bei den Kühlschränken und 2 bei den ölgefeuerten Öfen. Diese Resultate lassen bei weiterer Verbreitung der besprochenen Geräte eine äußerst günstige Ausgleichswirkung für das Kraftwerk erwarten.

Ein neuartiges elektrisches Heizgerät im Haushalt und in der Krankenpflege ist die elektrische Wärmflasche der AEG; sie ersetzt in vorteilhafter und bequemer Weise das elektrische Heizkissen bei seiner Verwendung als Bettwärmer. Wie die Abb. 3 zeigt, besteht dieses Gerät aus zwei getrennten Teilen,

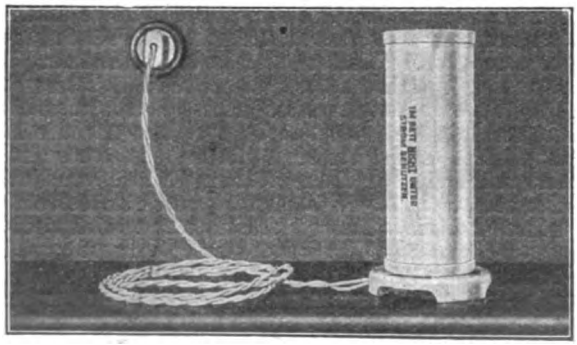


Abb. 4.

dem Untersatz mit Anschlußschnur und Stecker und der eigentlichen Wärmflasche. Die letztere besteht aus Fayence, ist also leicht abzuwaschen und zu desinfizieren; sie ist mit einer wärmespeichernden Trockenmasse gefüllt, welche den Heizkörper enthält. Zum Anwärmen wird die Flasche auf den Untersatz gestellt und mittels Stecker an die elektrische Leitung angeschlossen (Abb. 4). Nach max. 10 Minuten Anheizzeit hat die Wärmflasche eine Außentemperatur von ungefähr 35° C und kann zum Gebrauch vom Untersatz abgehoben und in das Bett gelegt werden; hier erreicht sie, wenn sie bedeckt wird, allmählich eine Temperatur von 85° C, welche nach fünf Stunden wieder auf etwa 35° fällt. Die Stromaufnahme während der Anheizzeit beträgt etwa 100 W, also den sechzigsten Teil einer kWh; die Betriebskosten für die Wärmflasche bei Lichtstrombezug sind daher in Wien bei täglich einmaligem Anwärmen etwa 25 g im Monat. Der Hauptvorzug dieses Apparates ist die Gefahrlosigkeit der Verwendung, da ja die Anheizung außerhalb des Bettes vorgenommen wird, ein weiterer Vorteil ist die Dauerhaftigkeit der einzelnen Bestandteile. Die elektrische Wärmflasche kann nicht nur als Fuß- und Bettwärmer, sondern in Krankheitsfällen auch für trockene und nasse Packungen Anwendung finden.

Noch von einem wichtigen Gesichtspunkte aus muß die Bedeutung der elektrischen Haushaltgeräte gewürdigt werden, das ist von dem der Hygiene. Die Vorteile des elektrischen Staubsaugers zum Beispiel bestehen nicht nur in der bloßen Staubentfernung, sondern bei entsprechender Wahl der Konstruktion kann auch einer wichtigen Forderung der Hygiene Genüge geleistet und dadurch den Anforderungen des Hauses, der Sanatorien und der Krankenhäuser entsprochen werden. So stellt der neue Protos-Staubsauger, Modell 28 (Abb. 5) der SSW, der mit zwei Filtern ausgerüstet ist, von denen das eine als sogenanntes Bakterienfilter bezeichnet wird, einen bedeutenden Fortschritt auf dem Gebiete der Wohnungshygiene dar. Bei den bisher üblichen Apparaten mit einem Filter konnte man es nicht verhindern, daß gewisse feinste Staubteilchen unbehindert wieder den Ausweg ins Freie fanden. Dadurch war nicht nur der Zweck des Staubsaugers, eine vollkommene Staubabscheidung aus der durchgesaugten Luft zu erzielen, unerreicht geblieben, sondern es bestand auch die Gefahr, daß Motor und Ventilator mit der Zeit etwas verschmutzt werden.

Abb. 5.

Was aber von viel größerer Bedeutung ist, es konnten die feinen Staubteilchen, die hauptsächlich die Träger der Bakterien sind, ungehindert das Filter passieren und so eine neue Gefahrenquelle werden. Nach langen und eingehenden Versuchen fand man nun, daß durch Anbringung eines zweiten Filters von besonderer Qualität eine fast vollkommene Filterung auch des feinsten Staubes erreicht werden kann, wodurch die ausgeblasene Luft nicht nur staubfrei, sondern — was noch viel wichtiger ist — fast bakterienfrei den Apparat verläßt. Zahlreiche Versuche in medizinischen Forschungsinstituten teils durchgeführt, teils noch im Gange, sollen die obigen Annahmen erhärten.

Die blasende Wirkung des Protos-Staubsaugers kann unter Zuhilfenahme von sogenannten Naß- (Abb. 6 *a*) und Trockenstäubern (Abb. 6 *b*) zur Verteilung feinster fester und flüssiger Substanzen benutzt werden. Es ist also möglich, Desinfektionsmittel aller Art in die Luft zu zerstäuben bezw. Gegenstände zu desinfizieren. In vielen Fällen wird es genügen, durch Anwendung von sogenann-

Digitized by Google

ten Riechkissen, auch Bonodoren genannt — es sind dies kleine Säckchen mit parfümierendem bezw. desinfizierendem Pulver gefüllt, welche in den Staubsauger hineingehängt werden —, den zu reinigenden Raum mit Wohlgerüchen zu erfüllen bezw. eine desinfizierende Wirkung zu erreichen.

Abb. 6a.

Abb. 6b.

Der Vollständigkeit halber sei auch noch erwähnt, daß der Protos-Staubsauger vorteilhaft für Insektenvertilgung[11]) und zum Einmotten der Kleider verwendet werden kann.

Zwar nicht von derselben hygienischen Bedeutung wie der Staubsauger, aber doch auch wichtig genug, um erwähnt zu werden, ist der elektrische Bohner, zum Bürsten des Bodens (Parkettboden, Linoleum oder andere Bodenbeläge). Da bei dieser Arbeit eine Menge Schmutz- und Staubteilchen aufgewirbelt werden, so ermöglicht die gleichzeitige Verwendung des Staubsaugers und des Bohners, daß der Staub sicher und bequem fortgeschafft wird. Diese aus Abb. 7 ersichtliche Vereinigung von Staubsauger und Bohner erfolgt durch Anklemmen

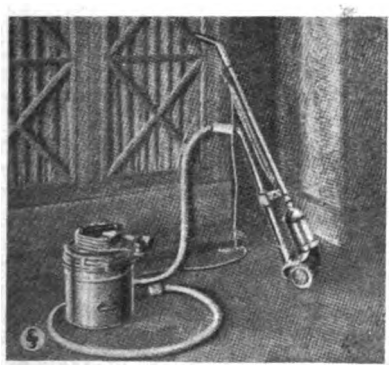


Abb. 7.

eines entsprechenden Saugmundstückes an die Führungsstange des Bohners. Auch das Bedienungspersonal ist dadurch von dem Einatmen von staubiger und verunreinigter Luft geschützt.

Der Forderung der Hygiene, daß die in den Küchen zu bereitenden Speisen möglichst wenig mit den Händen berührt werden, entsprechen die modernen Küchenmaschinen mit elektrischem Antrieb, wobei für jede größere in der Vorbereitung zum Kochen vorkommende Arbeit eine besondere Maschine vorgesehen ist.

[11]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 876.

Wenn man die übrigen bekannten, im Haushalt verwendeten elektrischen Geräte von diesem Standpunkt aus betrachtet, so erkennt man leicht, daß sie die modernen hygienischen Bestrebungen im Haushalt wesentlich fördern. Der Waschautomat und die Waschmaschine, welche die Arbeit des Reibens und Bürstens der Wäsche, zum Teil auch das Auswinden derselben, überflüssig machen, verhindern bei Fingerverletzungen schwere Infektionen; das elektrische Bügeleisen erspart das Hantieren mit rauchiger Holzkohle und Gas; der elektrische Haartrockenapparat ermöglicht eine hygienische Behandlung des Haarbodens; Ventilatoren sind heute für die Lüftung von Räumen mit schlechter Luft, insbesondere im Krankenzimmer, unentbehrlich; der elektrische Nähmaschinenmotor erspart der Näherin die gesundheitsschädliche Tätigkeit des Fußantriebes.

Auch bei der Verwendung der elektrischen Heizung im Hause spielt die Hygiene eine überragende Rolle; der elektrische Ofen vermeidet die Verschlechterung der Luft, die bei Gas- und Kohlenofen so oft beklagt wird; das elektrische Wärmekissen mit dem leicht auswechselbaren, waschbaren Überzug ersetzt heute in gesundheitlich vorteilhafter Weise Thermophore und Sandsäcke.

Daß die Erkenntnis der hygienischen Vorteile der elektrischen Hausgeräte bereits vielfach verbreitet ist, geht aus einem Preisausschreiben der Berliner Elektrizitäts-Gesellschaften (Elektrissima-Organisation) hervor, das zu dem Zwecke veranstaltet wurde, um in einer öffentlichen Abstimmung festzustellen, welche elektrischen Haushaltgeräte und welche Eigenschaften dieser Geräte vom Publikum am meisten geschätzt werden. An Gewinnen wurden insgesamt Mk. 15 000 ausgesetzt, außerdem noch Mk. 5000 für einen angegliederten Installateur-Wettbewerb. Ausgesandt wurden etwa 1·35 Mill. Prospekte, eingegangen sind 135 892 Antworten, wovon 133 301 gültig waren. 5255 Einsendungen, also etwa 4 vH, waren im Sinne des Preisausschreibens richtig und gelangten zur Auslosung. Bei Frage Nr. 1 „Welche Eigenschaft der elektrischen Geräte ist die wichtigste?" entfiel auf „hygienisch einwandfrei" die meiste Stimmenzahl. Hierauf folgten der Reihe nach „arbeit- und mühesparend, billig im Gebrauch, betriebsbereit, zeitsparend, sauber im Gebrauch, zuverlässig, ungefährlich, erhöhten Komfort gewährend, dauerhaft, schmuckes und gefälliges Äußeres".

Bei Frage Nr. 2 „Welche drei elektrischen Geräte sind die wichtigsten und sollten daher als erste angeschafft werden?" entschied sich die Mehrheit für Staubsauger, Bügeleisen und Heizkissen, worauf dann der Reihe nach Kochplatte, Brat- und Backofen, Strahlungsofen, Heizsonne, Waschmaschine, Heißluftdusche-Haartrockner, Wasserkocher, Nähmaschinenmotor, Ventilator, Heißwasserspeicher, Küchenmotor, Kaffeemaschine, Bohnermaschine, Wärmeflasche, Zigarrenanzünder, Teemaschine, Brotröster und Waffeleisen angeführt wurden.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Der Andreau Motor. Von den Citröenwerken, Paris, wird ein ganz eigenartiger Kleinmotor gebaut, der anscheinend eine praktische Lösung der schon jahrzehnte langen Versuche darstellt, bei der Viertaktmaschine den Verbrennungshub gegenüber dem Ansauge- und Kompressionshub zu vergrößern und dadurch eine vollkommenere Expansion der Verbrennungsgase zu erzielen. Der neue stehende Motor (Abb. 1) weist zwei etwa übereinanderliegende Kurbelwellen auf, die durch Pfeilräder mit dem Übersetzungsverhältnis 2:1 verbunden sind, wobei die obere Welle die langsamlaufendere ist. Am äußeren Zapfen der Schubstange des Plungerkolbens greifen zwei Lenker an, deren andere Enden an den Kurbelzapfen der beiden Wellen angelenkt sind. Bei einem vollständigen Zyklus macht infolge der Bewegung des von beiden Kurbelwellen beeinflußten freien Endes der Schubstange der Kolben zwei Hin- und Hergänge von ganz verschiedener Größe, und auch verschiedener Lage, derart, daß der Kolben am Ende des Auspuffhubes viel näher dem Zylinderdeckel ist als am Ende des Kompressionshubes, also auch das Ausschieben der verbrannten Verbrennungsgase weiter getrieben wird als bei den gewöhnlichen Maschinen. Das Kompressionsverhältnis ist 1:4·8. Die Bohrung beträgt 85 mm, der Hub 63, bezw. 128·5 mm, das Spiel zwischen Kolben und Zylinderdeckel ist am Ende des Kompressionshubes 13·5 mm, am Ende des Auspuffhubes nur 1·5 mm. Da

Digitized by Google

ein größerer Teil der Wärme der Verbrennungsprodukte nutzbar gemacht wird, als in den gewöhnlichen Viertaktmaschinen, läuft der neue Motor auch kühler und es wird nur Luftkühlung verwendet. Die Kühlluft wird durch eine den Zylinder überdeckende Haube zugeführt und streicht längs des mit Kühlrippen versehenen Zylinders unter der Wirkung eines mit dem unteren Schwungrade zusammengebauten Ventilators nach unten. Da der Motor normal mit 700 und 1400 U/min läuft, ist die Schmierung der Zapfen und Lager besonders sorgfältig ausgebildet und eine eigene Schmierpumpe vorgesehen, die durch Zahnräder von der unteren Kurbelwelle angetrieben wird, ebenso wie der Magnetzünder von der oberen. Die im Zylinderdeckel sitzenden und nach Abheben der Kühlhaube leicht zugänglichen Ventile werden durch schräge Stoßstangen über Nocken von der oberen Kurbelwelle angetrieben. Die Umlaufzahl kann durch Verstellung des Geschwindigkeitsreglers um 25 vH herabgesetzt werden. Bei Antrieb der Arbeitsmaschinen durch Riemen stehen normal vier Geschwindigkeiten zur Verfügung, da die Schwungräder auf beiden Wellen, wie üblich, mit kleineren Riemenscheiben zusammengebaut sind. Selbstverständlich ist aber auch direkte Kupplung der angetriebenen Maschinen möglich. Bei Versuchen, die im Conservatoire National des Arts et Metiers in Paris mit einem Motor der beschriebenen Bauart durchgeführt wurden leistet dieser 3·32 PS (englische Pferdekräfte) bei 500 U/min der langsamer laufenden Welle, 4·05 PS bei 600 und 4·56 PS bei 700 U/min. Der Brennstoffverbrauch (nähere Angaben über den Brennstoff fehlen, es dürfte Benzin verwendet worden sein) war bei den angegebenen Leistungen 175, 173 und 172 g/PSh$_e$.

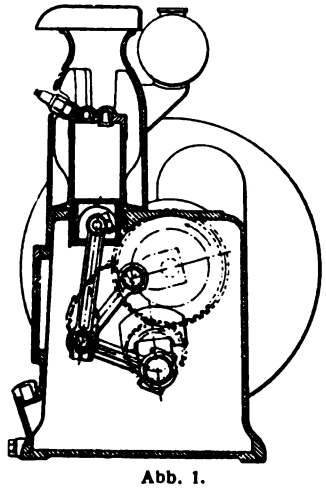


Abb. 1.

(Engg., Bd. 124, Nr. 3226, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Der neue „SUK"-Überspannungsableiter für Niederspannungsanlagen bis 380 V Drehstrom (mit geerdetem Nulleiter) oder bis 250 V Gleichstrom (Spannung gegen Erde), somit auch für Gleichstrom-Dreileiteranlagen bis 2 × 250 V Spannung, enthält unter einer Schutzhaube aus Gußeisen oder aus Aluminiumguß zwei einfache Plattenfunkenstrecken, zwischen denen ein induktionsfreier Widerstand eingeschaltet ist, so daß die Stromstärke des Netzerdschlusses, der durch die Überspannungswelle eingeleitet wird, entsprechend begrenzt und daher das rasche Erlöschen des Lichtbogens in den Funkenstrecken veranlaßt wird, sobald die Überspannungsenergie abgeleitet ist.

Abb. 2.

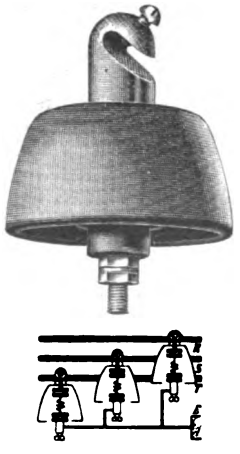


Abb. 3.

Der induktionsfreie Widerstand des „SUK" ist gegen sehr hohe Temperaturen unempfindlich; als Isoliermittel kommen nur Glimmer und Porzellan zur Verwendung, so daß jede ungünstige Einwirkung der Feuchtigkeit und hoher Temperaturen ausgeschlossen ist. Der „SUK"-Überspannungsableiter eignet sich daher nicht nur für Innenräume, sondern auch für die Montage im Freien. Wie die Abb. 2 und 3 zeigen, kann der „SUK"-Überspannungsableiter entweder an einer Wand oder an einem Maste oder dgl. befestigt werden, wobei dann die Glocke geerdet wird, oder er läßt sich unmittelbar an die Leitung anhängen, wobei dann die untere Klemme geerdet werden muß. Das geringe Gewicht der Aluminiumhaube ist ein sehr schätzenswerter Vorzug der zweiten Bauweise, weil die Leitungen nur unerheblich belastet werden. Der Vorteil der Hauben aus Gußeisen oder aus Aluminiumguß gegenüber Glocken aus Porzellan oder Preßisolierstoffen (Ambroin oder dgl., keramische Stoffe) besteht in der wesentlich erhöhten Sicherheit gegen Bruch, da selbst Steinwürfe keinen Schaden anrichten können.

Der „SUK"-Überspannungsableiter, Type FGCh, für unmittelbare Befestigung am Leitungsdraht wird nur einpolig hergestellt; die Type FGC kann auch zwei- oder dreipolig mit gemeinschaftlicher Haube geliefert werden, wodurch die Montage und Leitungsführung vereinfacht wird. Was nun die elektrischen Verhältnisse betrifft, so ist es klar, daß man von einem vergleichsweise kleinen Apparat, wie es ein Überspannungsableiter für Niederspannungsanlagen ist, nicht die Ableitung großer Energiemengen verlangen kann.

Zur Beurteilung der Größenordnung der ableitbaren Energie kommt man am einfachsten aus der Wärmebilanzgleichung für den kurzzeitigen Betrieb, bei dem die abgeleitete und ausgestrahlte Wärmemenge als verschwindend klein angenommen werden kann, so daß nur die aufgespeicherte Wärmemenge zur berücksichtigen ist. Man erhält

$$0{\cdot}24 \cdot \frac{E^2}{R} \cdot \Delta t \doteq c \cdot G \cdot \Delta \tau.$$

E ist die während der Ableitungszeit Δt als konstant wirkend angenommene mittlere Überspannung in V; R der Begrenzungswiderstand (womöglich 200 bis 300 Ω, bei Hochspannungsleitungen 400 bis 700 Ω, das ist der Wellenwiderstand der Freileitung); c spezifische Wärme (etwa 0·15 bis 0·2 g kal, Karborundum, Silit, Quarzilit und dgl.); G Gewicht des Widerstandes in g; $\Delta \tau$ °C Übertemperatur. Zur Orientierung genügt es, da in Niederspannungsleitungen für kleinere Leistungen ohnehin schon infolge des Eigenwiderstandes eine beträchtliche Dämpfung und Strombegrenzung entsteht, für E (Mittelwert der Überspannung) die Betriebsspannung (gegen Erde) anzunehmen. So wird für $E = 250$ V und $G = 100$ g:

$$\frac{1000}{R} \cdot \Delta t \doteq \Delta \tau.$$

Für $\Delta \tau \doteq 100^0$ C wird $10 \cdot \Delta t \doteq R$, somit für $R = 200$ bis 300 Ohm $\Delta t = 20$ bis 30 sek. Daraus folgt die Leistung mit 302 bis 208 W, die abgeleitete Energie zu 6250 W sek. In Niederspannungsanlagen, die häufig erheblicheren Überspannungsenergien ausgesetzt sind, wird man dann, an geeigneten Stellen verteilt, mehrere Überspannungsableiter anbringen. Im allgemeinen genügt es, in Abständen von etwa 100 bis 200 m Überspannungsableiter einzubauen. Der neue „SUK"-Überspannungsableiter wird von der Scheiber & Kwaysser G. m. b. H., Wien XIII., gebaut.

Prof. Ing. R. Edler.

Digitized by Google

Installationstechnik.

Anschlußschnur für Bügeleisen, Staubsauger, Ventilatoren usw. Die unter dem Namen „Flexo" gegenwärtig auf den Markt gebrachte Anschlußschnur (Abb. 4) ist der ganzen Länge nach als Gummischlauchleitung ausgebildet. Der äußere Gummimantel bedeckt auch den Anschlußstecker, mittels welchem der Netzanschluß ohne weitere Montage bewerkstelligt wird. Die Ausbildung des apparateseitigen Endes kann der Konstruktion des Anschlußorganes am Apparate angepaßt werden (zum Beispiel als Gabelung). Die Schnur besitzt also die Vorteile der Gummischlauchleitung wie Elastizität, Biegsamkeit ohne Schlingenbildung bei glatter, immer reiner und staubfreier, nicht abfärbender Oberfläche. Der Stecker ist infolge seiner Weichgummihülle unzerbrechlich und darum von großer Dauerhaftigkeit. Die elektrische Festigkeit entspricht den Vorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien; die Schnüre werden an der Erzeugungsstätte mit 2000 V Wechselstromspannung geprüft. Die Möglichkeit von Unfällen, wie sich solche bei der Verwendung von verdrillten Anschlußschnüren oder von nicht geerdeten, metallisch umflochtenen oder mit Metallspirale versehenen Schnüren ergeben haben, ist mit Rücksicht auf die doppelte Stärke der Weichgummiisolation nach außen, auch bei den für derartige Unfälle günstigen Vorbedingungen, wie nasser Boden, geringe Übergangswiderstände gegen Erde, nahezu unmöglich gemacht bezw. auf das geringste Maß beschränkt. G g.

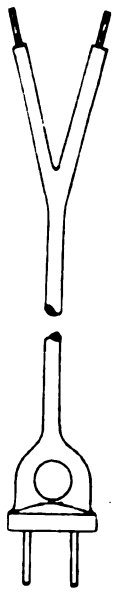


Abb. 4.

Wandarm mit Sockeldose. Der eiserne Wandarm für Lichtanlagen ist, wenn er im Freien montiert wird, großen mechanischen und sonstigen Witterungseinflüssen ausgesetzt und bei der üblichen Befestigungsweise der Wandarmsockel durch Lappen oder Füße ein schwacher Punkt der Installationsanlage. Um die Befestigung widerstandsfähiger zu machen, hat die Fa. F. Baumann, Zwickau i. Sachsen, eine Sockeldose mit zentraler Befestigung (D. R. P.) entwickelt. Der Unterteil dieser Dose ist durch einen Hohldübel, der die Zuleitungen enthält, an der Wand oder durch eine Kopfschraube mit Unterlagscheibe am Holzmast befestigt und hat im Innern vier Knaggen, an die sich vier Füße eines Bockes legen, in den der Wandarm eingeschraubt wird. Über das Ganze wird der Deckel des Sockels aufgesteckt und durch eine Mutter angezogen; zwei der Knaggen besitzen Schrauben zur Sicherung gegen Verdrehen. Zuleitung und Wandarmdrähte sind durch Klemmen in der Sockeldose verbunden, in deren Innerem Verstärkungen für verschiedene Rohreinführungen vorgesehen sind. Die Montage des Wandarmes erfordert nur das Einschlagen eines einzigen Loches in der Wand. F—r.

(ZVEI, 6. Jg., H. 2, 1928.)

Isolierzange zum Abbinden und Isolieren von Leitungen durch Gummitüllen. Die übliche Isolierung der Verbindungsstelle zweier Drähte durch Isolierband und Bindfaden birgt die Nachteile manueller Tätigkeit wie Zeitaufwand, Ungenauigkeit usw. in sich. Diesen Vorgang zu mechanisieren, dient eine von Hellermann[1]) angegebene spezielle Isolierzange samt Gabel, Abb. 5, welche die Isolation einer Leiterverbindung durch Aufbringen einer Gummitülle bewirkt. Die Tülle wird auf einen der Dorne der Zange aufgeschoben und durch Öffnen der Zange, Einführen und Verdrehen der Gabel (in Abb. 5 links) in vier Richtungen rhombisch erweitert. Die zu isolierende Leitungsverbindung wird in die so erweiterte Tülle eingebracht (Stellung der Abb. 5); durch Rückdrehen, Herausziehen der Gabel, Schließen und Abziehen der Zange wird die Tülle sodann auf die Leitung elastisch gepreßt. Bei dieser

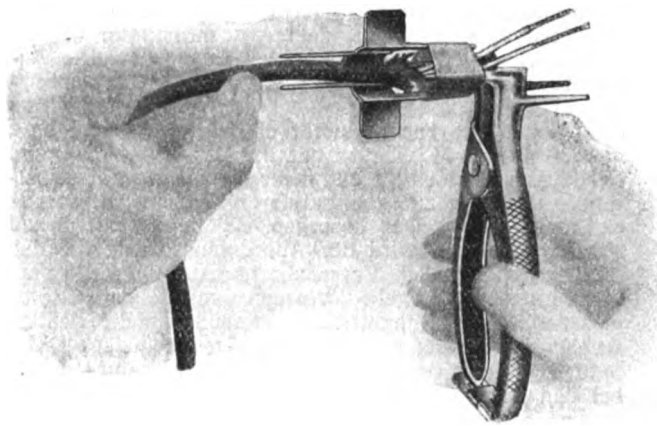


Abb. 5.

Methode müssen die Tüllen aus einem Gummi besonderer Qualität hergestellt sein, um beim Aufbringen auf die Leiter die vorkommenden Dehnungen auszuhalten. Das Verfahren ist bisher auf Gummitüllen von 2·5 bis 4 mm lichter Weite angewendet worden und eignet sich auch zur Isolierung konischer Stellen. Frd.

[1]) In Österreich vertreten durch die Firma M. Lukacs & Co., Wien IV, Schwarzenbergplatz 15.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Elektrotechnik und Papierindustrie. Ein Sonderheft der „Siemens-Zeitschrift" vom Mai 1927 zeigt dem Papierfachmann in großen Umrissen die Vorteile des elektrischen Antriebes. Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Kraftübertragung für die Papierindustrie liegt nach Dr. Schiebuhr in der zentralen Krafterzeugung, in der beliebigen Kraftverteilung und noch mehr in den betriebswirtschaftlichen Vorteilen des elektrischen Einzelantriebes. Erst die Einführung des elektrischen Betriebes hat die Erhöhung der Papiergeschwindigkeiten auf 350 m in der Minute und darüber und Papierbreiten bis zu 6 m und mehr ermöglicht. Schaubilder zeigen, daß sich beim elektrischen

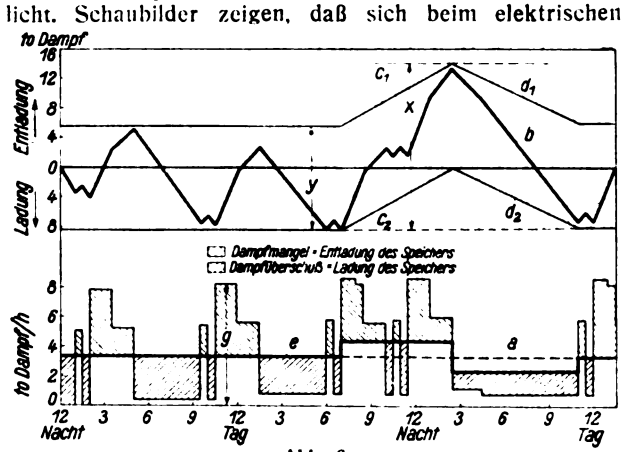


Abb. 6.

Antrieb durch selbsttätige Regelung die Papiergeschwindigkeit leicht in den Grenzen von ± 0·5 vH konstant halten läßt, während beim Dampfmaschinenantrieb mit Feinregler Schwankungen bis zu 8 vH verzeichnet werden. Die Wärmewirtschaft in der Papierindustrie wird durch die Verwendung des Ruthsspeichers besonders gefördert. Seine Bemessung erfolgt auf Grund einer Speicherzustandskurve, die sich aus dem theoretischen Diagramm des beabsichtigten Kochereibetriebes ergibt (Abb. 6). Bei normalen Anlagen haben sich nach Dr. Stender hiedurch Abkürzungen der Umlaufzeit der Kocher und damit eine bis zehnprozentige Erzeugungssteigerung erreichen lassen. Dazu kommt, daß die Kesselanlage stundenlang mit gleichmäßiger Be-

Digitized by Google

lastung betrieben werden kann, so daß sich eine Kohlenersparnis von 15 und mehr vH feststellen läßt. Die in der Papierindustrie vielfach zu wenig beachtete Frage der Phasenverbesserung behandelt Obering. Kozisek. Die Verwendung der Drehstromerregermaschine verbessert den Leistungsfaktor, ohne dem Asynchronmotor den so wertvollen asynchronen Charakter zu nehmen. Die Anforderungen, welche an neuzeitliche Schleiferantriebe gestellt werden, werden am ehesten durch den Drehstromasynchronmotor erreicht. Nach F. Pape werden hiefür Maschinen mit 214 bis 250 U/min und Leistungen bis 3600 PS und mehr gebaut, die mit selbsttätiger Regelung arbeiten und deren Phasenverbesserung eigene Phasenschieber besorgen. Bei den Pressen- und Magazinschleifern wird der Anpressungsdruck, bei den Stetigschleifern der Vorschub in Abhängigkeit vom Ständerstrom geregelt. Werden von einem Motor mehrere Schleifer angetrieben, so muß, um die richtige Leistungsverteilung zu erreichen, eine besondere Differentialschaltung verwendet werden, welche zum Beispiel bei den Stetigschleifern auch in Abhängigkeit von der Stromaufnahme der Vorschubmotoren arbeitet. Bei den Holländer-Antrieben läßt sich nach A. Haak bei elektrischem Einzelantrieb die Mahlwalzeneinstellung nach den Angaben der Meßgeräte von Hand durchführen, oder aber es kann auch nach einem durch eine Kurve

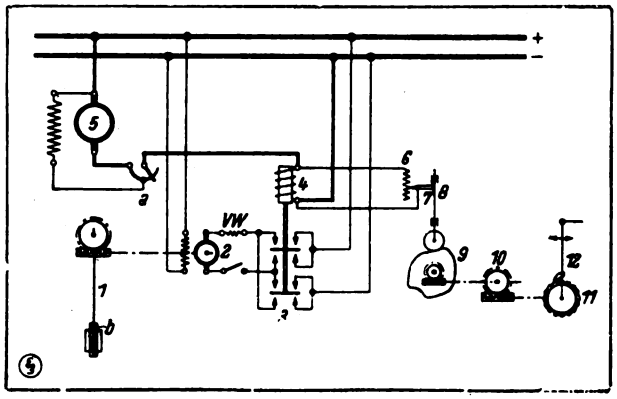


Abb. 7.

festgelegten Plan die Leistungsaufnahme geregelt werden. Die Schaltung für eine solche Regelung zeigt die Abb. 7 (*a* ist der Anlasser, *b* die Verstellspindel der Holländerwalze). Die Entwicklung des Papiermaschinen-Mehrmotorenantriebes, System Siemens-Harland, bespricht Obering. Kessler. Die grundsätzliche Anordnung desselben besteht darin, daß die Geschwindigkeit jedes einzelnen Motors der Teilantriebe mit einer Leitgeschwindigkeit verglichen wird. Der Antrieb der einzelnen Motoren erfolgt von einer gemeinsamen Steuermaschine aus in Leonardschaltung. Der gleichfalls in dieser Schaltung angetriebene Leitmotor bewegt eine längs der ganzen Papiermaschine geführte Leitwelle, wobei die Geschwindigkeiten der Leitwelle und des Motors durch ein Ausgleichsgetriebe verglichen werden, das bei Ungleichheit einen Nebenschlußregler verstellt und damit die Motorgeschwindigkeiten verändert. Durch ein kleines Kegelrädervorgelege, über welches jeder Motor auf das Getriebe arbeitet, läßt sich jede beliebige Motorgeschwindigkeit einstellen. Ein Preisvergleich zeigt, daß dieser Antrieb auch beim Umbau kleinerer Papiermaschinen in Erwägung zu ziehen ist, da der Energieaufwand, wie aus folgender Tabelle zu ersehen, viel geringer als bei Einmotorenantrieb ist.

Geschwindigkeit in m/min. .		40	60	80	100
Energieaufwand i. kWh/100 kg Papier f.	Einmotorenantrieb	5·8	7·8	10	12·4
	Mehrmotorenantr.	4·2	5·8	7·5	9·5

Drehstrom-Kommutatormotoren mit Nebenschlußeigenschaft eignen sich besonders für Papiermaschinen, Aufrollapparate und Umrollmaschinen. Die Maschine, die Dr. Strieb bespricht, hat einen günstigen Regelbereich 1 : 3, ist läufergespeist und enthält im Nutengrunde eine Drehstromwicklung und darüber eine Gleichstromwicklung, die zu einem Kollektor geführt ist. Der Ständer besitzt eine offene Drehstromwicklung, deren Anfänge und Enden zu je einer Bürstengruppe geführt sind, die gegeneinander verschoben werden können. Je nach der abgegriffenen Spannung muß der Läufer im Ständer durch Schlüpfen eine Gegenspannung erzeugen und dadurch seine Drehzahl ändern. Bei den Rollenapparaten ändert sich das erforderliche Antriebsdrehmoment infolge der gleichbleibenden Papiergeschwindigkeit und des gleichen Zuges, also gleicher Leistung, bei zunehmendem Rollendurchmesser nach einer gleichseitigen Hyperbel. Infolge seiner Drehmomentkurve eignet sich für diesen Fall der Drehstrom-Reihenschlußmotor ohne und mit mechanischem Vorgelege, für größere Regelbereiche auch der Aufrollapparat System Hartweger. Der letztere besteht aus einem Asynchronmotor, dessen Ständer über Schleifringe gespeist wird und die Rollstange antreibt, dessen Läufer aber durch einen regelbaren Reihenschlußmotor im entgegengesetzten Drehsinne des Ständerfeldes bewegt wird. Je nachdem diese Geschwindigkeit die synchrone oder die doppeltsynchrone Geschwindigkeit ist, ändert der Ständer seine Drehzahl zwischen Null und der synchronen. Dabei bleiben die Reihenschlußeigenschaften gewahrt. Auch für Umroll- und Rollenschneidemaschinen haben sich durch Bürstenverstellung regelbare Reihenschlußmaschinen bewährt. Die Verstellung wird von Hand mittels Gestänge oder durch Druckknopfsteuerung bewirkt. Für elektrische Kalanderantriebe werden nach L. Kiessling infolge des meist größeren Regelbereiches Gleichstrommaschinen in Leonardschaltung, Zu- und Gegenschaltung oder mit Feldregelung und Hilfsspannung zum Papiereinziehen verwendet. Bei reinen Drehstromantrieben dient ein kleiner Hilfsmotor mit Überholungskupplung zum Papiereinziehen. Bei Vorhandensein einer Hilfsfrequenz, welche eine Drehzahlverminderung ermöglicht, kann der Einziehmotor entfallen. Leo.

Drehbarer Aufzug für Garagen. Für den dichtbebauten Teil großer Städte macht die Anlage von öffentlichen, ebenerdigen Garagen für Automobile wegen des Mangels und der Kosten größerer Bauflächen Schwierigkeiten. In den Ver. St. A. wurde ein Aufzug geschaffen, welcher gestattet, die Wagen in mehreren Stockwerken und auf kleinster Grundfläche unterzubringen. Ein eiserner Zylinder, dessen Durchmesser die Länge eines Wagens übertrifft, durchsetzt sämtliche Stockwerke und ist motorisch drehbar. In jedem Stockwerk besitzt dieser Zylinder zwei gegenüberliegende Schiebetüren. Rings um ihn sind in jedem Stockwerk die Aufbewahrungsräume sternförmig angeordnet. Im Inneren des Drehzylinders ist der Aufzug untergebracht, der alle Stockwerke bestreicht. Durch die neue Konstruktion ist es möglich, auf einer Grundfläche von etwa 300 m² in fünf Stockwerken 55 Wagen gewöhnlicher Größe unterzubringen. Sicherheitseinrichtungen sind so getroffen, daß weder die Dreh- noch die Hubbewegung erfolgen kann, sobald nicht alle Türen geschlossen sind. Ho.

(Electrical Review, Bd. 150, Nr. 2598, 1927.)

Akkumulatoren, galvanische Elemente und Thermoelemente.

Über einen neuen Bleiakkumulator „Accupile" berichtet L. Jumeau. Der Hauptnachteil von Akkumulatoren, welche durch lange Zeit hindurch schwachen Strom abgeben sollen, wie dies die Schwachstromtechnik meistens fordert, ist ihre vorzeitige Entladung. Ein täglicher Kapazitätverlust von 1 vH ist für einen gewöhnlichen Bleiakkumulator nichts seltenes, während ein gutes galvanisches Element einen Kapazitätsverlust von nur 15 vH in drei Monaten aufweist. Die Ursache dieser

Digitized by Google

ungünstigen Verhältnisse liegt in lokalen Entladungsvorgängen, die auch bei offenen Klemmen im Innern des Akkumulators infolge verschiedener chemischer und elektrochemischer Prozesse (fremde Beimengungen, lokale Kurzschlußströme) auftreten. Der neue Bleiakkumulator soll diese Mängel beseitigen, indem er die lokale Entladung, besonders bei der negativen Platte, durch sorgfältige Durchkonstruktion aller Einzelteile unter Bedachtnahme auf die möglichen schadigenden Ursachen auf ein Minimum beschränkt. So wurde besonders auf Reinheit der Rohstoffe, auf die Konstruktion des Gitters, Formierung der aktiven Masse gesehen. Die positive und negative Platte sind sehr weit auseinander gehalten und am Boden des festgebauten Gefäßes ihrer ganzen Länge nach durch eine Glaswand getrennt, um ein Abwandern von aktiver Masse zu verhindern. Der Gefäßdeckel ist sorgfältig mit einer Spezialmasse gedichtet und die Stromzuführungen sind aus nicht oxydierendem Material; die einzelnen Zellen brauchen keine Bedienung. Durch alle diese Maßnahmen ist es gelungen, bei dem neuen Akkumulator den Kapazitätsverlust auf 15 vH in drei Monaten herunterzudrücken, ja bei ganz sorgfältiger Spezialherstellung sogar auf 34 vH in einem Jahr. Ein Akkumulator von solcher Haltbarkeit könnte das galvanische Element aus vielen Anwendungsgebieten verdrängen. Frd.

(Revue Gen. de l'electr., Bd. 22, Nr. 22, Dez. 1927.)

Chronik.

XXI. Internationaler Kongreß des Internationalen Vereines der Straßenbahnen, Kleinbahnen und der öffentlichen Kraftfahrunternehmungen. Dieser Internationale Verein mit dem Sitze in Brüssel, der nunmehr wie in der Vorkriegszeit, alle europäischen Staaten einschließt, wird seinen XXI. Kongreß in der Zeit vom 6. bis 13. Mai l. J. in Rom und vom 14. bis 17. Mai in Turin abhalten. Auf die vorläufige Tagesordnung sind die folgenden Fragen gesetzt worden:

1. Einmannwagen. Referent: Bacqueyrisse, Paris.
2. Bremsung von Straßenbahnwagen. Referenten: Vente, Marseille; Allard, Brüssel; Cuccoli, Mailand.
3. Explosionsmotorwagen auf Schienen. Referenten: Mellini, Rom; La Valle, Rom.
4. Verbesserungen am Oberbau. Referenten: van Noorbeeck, Brüssel; Albrecht, Dortmund.
5. Wagenbau. Referenten: Castaing, Paris; Harmel, Lüttich.
6. Betriebstoffe für Automobile. Referent: Guiffart, Paris.
7. Straßenbahnverkehr (Kontrollapparate). Referent: de Barquin, Brüssel.
8. Verkehr der Straßenbahn in der Stadtperipherie. Referent: Lenartowicz, Warschau.

Ferner Mitteilungen über Normalisierung von Bahnmotoren (Referent: Peridier, Paris) und Riffelbildung (Referenten: Thonet, Brüssel, und Bacqueyrisse, Paris).

Die Einschreibegebühren betragen 100 Lire für die Herren und 50 Lire für die Damen. — Die Bahnen gewähren Fahrpreisermäßigungen. Es sind Ausflüge nach Neapel und Mailand in das Programm aufgenommen.

Anmeldungen bis zum 15. März an das Generalsekretariat, 112, rue du Trône, Brüssel. Anmeldeformulare erliegen in der Redaktion der Zeitschrift. Ab 1. Mai sind die Bureaux des Vereines nach Rom, 59 Via Volturno, verlegt. Die Schriftleitung.

Literaturberichte.

3606 **Analyse von Grundproblemen der theoretischen Wechselstromtechnik.** Von Dr. Carl Breitfeld, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Prag. 347 Seiten mit 105 Abbildungen und einer Tafel. Druck und Verlag von Friedr. Viewegs Sohn A. G., Braunschweig 1927. Preis geh. Mk. 28.—, geb. Mk. 31.—.

Wie schon der Titel des Buches erkennen läßt und aus dem Geleitworte, das der Verfasser seinem Buche voranstellt, hervorgeht, ging Prof. Breitfeld nicht darauf aus, ein vollständiges Lehrbuch der Wechselstromtechnik zu schreiben, woran überdies kein Mangel besteht, sondern darauf, wichtige und schwierige Probleme der Wechselstromtechnik in vollster Ausführlichkeit einer Analyse zu unterziehen und dadurch den Studierenden, die solchen Aufgaben rat- und hilflos gegenüberstehen, an Beispielen zu zeigen, wie die Rechnung zu führen ist und welche für die Praxis wertvolle Aufschlüsse sich aus den Ergebnissen der Rechnung ableiten lassen. Die Notwendigkeit einer derartigen Anleitung des in die Praxis eintretenden Ingenieurs ergibt sich vor allem daraus, daß mit der fortschreitenden Entwicklung eines technischen Gebietes — ganz allgemein gesprochen — das steigende Bedürfnis, zur Lösung technischer Probleme von der Analysis erhöhten Gebrauch zu machen, Hand in Hand geht. Während zu Beginn der Entwicklung dem Ingenieur Faustregeln genügen, reichen diese ihm in der Folge nicht hin zur Beurteilung der Brauchbarkeit und des Effektes seiner Konstruktionen oder zur Vorausbestimmung des Erfolges der von ihm ersonnenen Verfahren. Um ein tieferes Verständnis der Wirklichkeit zu gewinnen, um genauer die Zusammenhänge, die zwischen den das Problem bestimmenden Faktoren bestehen, zu erkennen, als es durch bloß auf Erfahrung gestützte Faustregeln möglich ist, benötigt der Ingenieur die Mathematik, das Kalkül. Le calcul et l'expérience, dieser von Schopenhauer so arg gehöhnte Grundsatz der französischen Physiker, beherrscht heute vollständig die technische Wissenschaft und ist ein beredtes Beleg für die von Kant aufgestellte Behauptung, „daß in jeder besonderen Naturwissenschaft, zu der auch die technischen Wissenschaften zählen, nur soviel eigentliche Wissenschaft angetroffen wird, als darin Mathematik anzutreffen ist."

Um aber die Analysis zur Lösung technischer Aufgaben anwenden zu können, bedarf der Ingenieur der Schulung, der Anleitung. Diesem Zwecke dient das Buch von Prof. Breitfeld, der dem alten Grundsatze „exempla trahunt" folgend, grundlegende Aufgaben der Wechselstromtechnik einer vollständigen mathematischen Durcharbeitung unterzieht und dadurch dem Studierenden den Weg zeigt, den er bei Lösung derartiger Aufgaben zu gehen hat; hiebei hat Prof. Breitfeld eine glückliche Auswahl unter den Problemen getroffen.

Indem er in der Einleitung eine Darstellung der Wechselstromgrößen gibt, hieran eine Analyse verzerrter Kurvenformen schließt und die Begriffe „Effektivwert und arithmetischer Mittelwert" definiert und erläutert, gewinnt er das Rüstzeug zur Lösung folgender Aufgaben: der Wechselstromkreis mit nur Ohm'schem und konstantem und nicht konstantem induktiven sowie kapazitivem Widerstand, der Einschaltvorgang auf Leitungen mit gleichmäßig verteilter Kapazität und Selbstinduktion, elektrische Schwingungen in magnetisch gekoppelten Stromkreisen, Stromverdrängung, Flußverdrängung und Wirbelstromverlust und endlich das Kreisdiagramm des Induktionsmotors.

Die Lösung dieser Aufgaben gibt dem Verfasser reichlich Gelegenheit, im Zusammenhange mit ihnen stehende Probleme der Wechselstromtechnik der analytischen Behandlung zuzuführen; hiebei hält Professor Breitfeld an dem Grundsatze fest, von einer Differentialgleichung auszugehen und diese unter gewissen besonderen Annahmen zu integrieren. Liegt schon hierin für den Verfasser die Möglichkeit, die Aufgabe in Einzelaufgaben aufzulösen, die für den Praktiker von Wichtigkeit und Interesse sind, so läßt sich Breitfeld nicht die weitere Möglichkeit entgehen, das Integrationsergebnis in jedem einzelnen Falle eingehend zu diskutieren und an zahlenmäßigen Beispielen zu zeigen, wie wertvoll und fruchtbringend für den Praktiker die analytische Betrachtung ist, die ihm als Führer und Wegweiser bei seinen Arbeiten dient, die Boltzmann'sche Phrase illustrierend, daß nichts praktischer ist als die Theorie.

Digitized by Google

Daß sich Breitfeld dort, wo es die Natur der Aufgabe mit sich bringt, der symbolischen Darstellung sowie der Vektorrechnung bedient, ist selbstverständlich; läßt doch die symbolische Darstellung die Überführung partieller Differentialgleichungen in totale zu, wodurch sich die Rechnung vereinfacht.

Die eindringliche und klare Darstellung, worin sich Breitfeld als wahrer Meister zeigt, erleichtert dem Anfänger das Eindringen in diese schwierige Materie, so daß der Wunsch des Verfassers in Erfüllung gehen dürfte, daß der, der dieses Buch, das ein kurzes Kompendium der theoretischen Wechselstromtechnik ist, gründlich durcharbeitet, den Mut gewinnt, auch an die Lösung anderer Probleme der Wechselstromtechnik heranzutreten. Kusminsky.

3638 **Fließende Fertigung.** Eine Einführung in Wesen und Art des Fließbetriebes. Von Dipl. Ing. Herrmann Schaefer. Bibl. d. ges. Technik, Band 362. 121 Seiten, Leipzig, Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung. 1927.

Das Buch hat es sich zur Aufgabe gesetzt, in das Wesen der Fließarbeit einzuführen, und es versucht dieser Aufgabe gerecht zu werden, indem es eine Art Auszug aus dem bekannten Werke „Fließarbeit" von Mäckbach und Kienzle gibt.[1]) Auf diese Weise verzichtet der Verfasser von Haus aus darauf, viel Neues zu bringen. Da sich aber das Buch an einen größeren Leserkreis wendet, wären wohl gewisse Ergänzungen und Änderungen am Platze. So scheint es zweckmäßig, die Beispiele aus der Automobilindustrie durch solche aus anderen Fabrikationszweigen zu ersetzen, die heute in der Literatur bereits zur Genüge vorliegen. Zweck des Buches soll es ja nicht sein, den „Fordismus" zu fördern, sondern neue Produktionswege für die gesamte Industrie aufzuzeigen. Aus diesem Grunde wäre auch der Grundplan der Fließarbeit hinsichtlich der Anwendungsgebiete ausführlicher zu halten als dies geschehen ist. Wünschenswert wäre es, wenn die Zahl der Abbildungen vergrößert würde. Nur der Abschnitt „Fördermittel" gibt eine größere Anzahl ausgeführter Anlagen wieder, allerdings nur Fabrikate zweier Firmen. Trotz der angeführten Mängel kann das Buch als gelungener Versuch gelten, die Hauptfragen der Fließarbeit in gedrängter und leicht faßlicher Form darzustellen. Ellmann.

Eingelaufene Bücher.

3595 Vernays Vier-Staaten Fach-, Jahr- und Adreßbücher 1928. I. Band: Elektrotechnik; II. Band: Maschinen- und Metallwaren. Wien 1927. Vernay-Verlag.

Diese neuen Adreßbücher umfassen die einschlägigen Adressen der Tschechoslowakei, von Jugoslawien, Österreich und Ungarn. Das gesamte Material des Adressenteiles ist dem „Industrie-Compaß"[2]) entnommen. Außerdem enthält jeder Band ein Kalendarium und einen fachlichen sowie kommerziellen Teil. Jedem Bande ist schließlich ein Bezugsquellenverzeichnis beigegeben, das allerdings sehr unvollständig ist, weil in vielen Fällen die wichtigsten Erzeugerfirmen fehlen. Bei Ausgestaltung dieser neuen Adreßbücher, die sich übrigens auch auf den übrigen Inhalt erstrecken müßte, werden sie bald den Anspruch auf gute Nachschlagewerke stellen dürfen. Kdl.

2690 Automaten. Von Ph. Kelle. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage, 466 Seiten mit 423 Abb. im Text und auf 11 Tafeln sowie 37 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 26·—.

Die Neuauflage weist die gleiche Einteilung auf, wie die erste Auflage[3]), die Bearbeitung erstreckte sich im wesentlichen auf die Aufnahme neuer deutscher und ausländischer Maschinen, auf die Erweiterung des Kapitels der Kurvenberechnung, die Vermehrung der Zahl der Arbeitspläne sowie auf die Anfügung einiger Leistungstabellen und einer Anleitung über Leistungsberechnung. Im allgemeinen gilt für die Neuauflage das bei der früheren Auflage Gesagte. Die damals angeführten Mängel hinsichtlich Literaturangaben usw. sind leider nicht behoben worden. Jellinek.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 237.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 919.
[3]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 484.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 7. März d. J., 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Professor Dr. techn. Milan Vidmar (Laibach) über: **„Zur Entwurfstheorie des Transformators".**

Inhaltsangabe: Der Entwurf des Transformators und damit jeder elektrischen Maschine muß auf eine wissenschaftliche Grundlage gestellt werden. Alte, sehr exakte Entwurfsgesetze haben im Laufe der Zeit infolge der Unzulänglichkeit der Baustoffe ihre Gültigkeit verloren. Umfangreiche analytische Rechnungen haben andererseits keinen praktischen Wert. Es wird der Nachweis geführt, daß sich die Entwurfstheorie wissenschaftlich doch so ausbauen läßt, daß sie den entwerfenden Ingenieur verläßlich leiten kann.

Österreichischer Verband für Materialprüfung.

Wien, IX. (Technisches Versuchsamt).

Verbandsversammlung am Donnerstag, den 8. März 1928, um 6 Uhr abends, im großen Saale des Niederösterreichischen Gewerbevereines in Wien, I., Eschenbachgasse 11, 1. Stock. Bericht des Herrn Prof. Dr. ing. h. c. Max Roš, Direktor der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich und Geschäftsführer des Neuen Internationalen Verbandes für Materialprüfung, über: **„Ziele der Materialprüfung und des Versuchswesens in der Schweiz und der internationalen Zusammenarbeit im neuen Internationalen Verband für Materialprüfung."** Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	20. II. 1928	22. II. 1928	24. II. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135	135	135

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—97	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 24. Februar 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	5	0	66	15	0
Wire bars	66	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	60	17	6	60	18	9
Standard { 3 Monate .	60	12	6	60	13	9
Zinn:						
Engl. ingots	230	10	0	231	10	0
Standard { Kassa . .	230	5	0	230	10	0
Standard { 3 Monate .	232	15	0	233	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	0	0	25	0	0
Remelted	25	5	0	—	—	—
English Swansea . .	25	12	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17 9 sh/Pf. 17 12 sh 6 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 11. März 1928 | Heft 11

Das Elektrofahrzeug.

Zur Elektro-Fahrzeuge-Ausstellung auf der Wiener Frühjahrsmesse 1928.

Von Ing. Otto **Herbatschek**, Wien.

Seit einer Reihe von Jahren beginnt das Interesse an Elektrofahrzeugen, angeregt durch die ausgedehnte Verwendung derselben in den Vereinigten Staaten, auch in Europa rege zu werden. Trotzdem die Entwicklungszeit der Elektrowagen kaum geringer ist als die der Benzinfahrzeuge, konnten sie sich doch bis vor kurzem keine ihrer Bedeutung entsprechende Verbreitung sichern. Das ist zum Teile auf ihre vergleichsweise hohen Anschaffungskosten, vornehmlich aber auf die schlechten Erfahrungen zurückzuführen, die mit Elektromobilen in früheren Jahren gemacht wurde. Erst die richtige Abgrenzung und Beschränkung ihres Verwendungsgebietes brachte ihnen in jüngster Zeit auch in Europa jene Anerkennung, die den Akkumulatorenfahrzeugen infolge ihrer mannigfachen Vorteile zweifellos gebührt.

Man darf, will man vergleichen, keineswegs übersehen, daß der Elektrowagen beim heutigen Stande der Wissenschaft ausschließlich Stadtfahrzeug ist und daher nicht bestimmt sein kann, mit Wagen mit Explosionsmotoren von vornherein zu konkurrieren. Infolge der durch Gewicht und verfügbaren Raum begrenzten Kapazität der Akkumulatorenbatterie und des dadurch bedingten beschränkten Aktionsradius, wird das Elektrofahrzeug dazu auch so lange nicht imstande sein, bis es möglich geworden ist, die spezifische Leistung der Batterie derart zu steigern, daß bei gleichen Ausmaßen ein Vielfaches der heute erzielbaren Fahrleistung mit einer Ladung erreicht werden kann. Aber auch in diesem Falle würden sich Überlandfahrten noch schwerwiegende Bedenken gegenüberstellen, die sich selbst durch ein dichtes Netz von Ladestationen nicht beseitigen ließen, da der Ladevorgang zeitraubend und verhältnismäßig umständlich ist. Auch der weitergehenden Lösung des Problems, Relaisstationen ähnlich den Tankstellen für Benzin einzuführen, in denen geladene Batterien vorrätig gehalten werden, stehen nicht nur technische, sondern in erster Linie schwerwiegende wirtschaftliche Bedenken gegenüber[1]). Aus allen diesen Gründen muß vorläufig auf einen Wettbewerb des Elektrowagens mit dem Benzinfahrzeug für Fahrten auf größere Distanzen verzichtet werden.

Anders liegen die Verhältnisse jedoch dort, wo Fahrten innerhalb eines abgegrenzten Gebietes, zum Beispiel im Stadtbereiche, im Fabrikshofe oder Pendelfahrten mit bestimmten gleichbleibenden Entfernungen auszuführen sind[2]). Auf diesen Gebieten, die seine eigentlichen darstellen, hat sich das Elektrofahrzeug technisch und wirtschaftlich seinen Aufgaben vollkommen gewachsen und anderen Transportmitteln gegenüber überlegen gezeigt. Das beweist seine verhältnismäßig große Verbreitung als Last- und Lieferwagen in den Vereinigten Staaten[3]) sowie neuerdings auch in Deutschland, England, Frankreich und Italien. Weitgehende Aufklärungs- und Propagandatätigkeit der Erzeugerfirmen sowie die Unterstützung der Elektrizitätswerke teilweise durch eigene Elektromobilbüros haben in den genannten Ländern zu diesem Erfolge wesentlich beigetragen, nicht zuletzt aber die vorzüglichen Eigenschaften des modernen Elektrofahrzeuges selbst, vor allem seine wirtschaftliche Überlegenheit und große Einfachheit in der Bedienung.

Leider sind die Vorteile, die das Akkumulatorenfahrzeug für seine spezifischen Verwendungsgebiete mitbringt, bei uns noch nicht in genügendem Maße gewürdigt worden. Daran sind teilweise die schlechten Erfahrungen in früheren Jahren mit ungeeigneten Konstruktionen und der falsch aufgefaßte Wettbewerb mit dem Benzinfahrzeug schuldtragend, vor allem aber die unzureichenden Informationen jener Kreise, die als Käufer von Nutzfahrzeugen in Betracht kommen und die noch heute dem Elektrofahrzeug ein gewisses Mißtrauen entgegenbringen. Um diese

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 91.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 51.

[3]) Vgl. E. u. M. 1922, Anz., S. 208; 1924, TWN, S. 152.

Digitized by Google

Schwierigkeiten zu beseitigen, erschien es am zweckmäßigsten, die Erzeugerfirmen solcher Fahrzeuge auf einer Ausstellung zu vereinigen und sich an die in Betracht kommenden Kreise zu wenden, um sie auf die Gelegenheit aufmerksam zu machen, eine vollkommene Übersicht über die schienenlose elektrische Traktion und deren Vorzüge zu gewinnen. Diesem Gedankengange folgend, haben die Wiener städtischen Elektrizitätswerke an die einschlägige Industrie Österreichs, Deutschlands und der Schweiz die Aufforderung gerichtet, sich an einer Sonderschau von Elektrofahrzeugen auf der Wiener Frühjahrsmesse 1928 zu beteiligen. Trotz der herrschenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten ist es gelungen, die namhaftesten Erzeugerfirmen von Elektrolastkraftwagen, Elektrokarren, Akkumulatorenbatterien und Gleichrichtern für Ladestationen für diese Ausstellung zu gewinnen. In einem besonderen Pavillon mit zirka 280 m² Belegfläche auf dem Westgelände der Rotunde haben sich die im folgenden angeführten Firmen zu einer Sonderschau „Das Elektrofahrzeug" vereinigt, der ersten derartigen geschlossenen Veranstaltung, die zur Einführung solcher Fahrzeuge in Österreich unternommen wird.

I. Elektrolastkraftwagen[4]).

a) Grundlagen: Um den Einwänden zu begegnen, die immer wieder gegen die praktische Brauchbarkeit des Elektrolastkraftwagens erhoben werden, erscheint es notwendig, sich auch an dieser Stelle mit denselben auseinanderzusetzen. Demjenigen, der sich mit der Eigenart des Elektrowagens einigermaßen befaßt hat, wird es verständlich sein, daß diese Vorwürfe auf der falschen Voraussetzung des Vergleiches des Elektrowagens mit dem Benzinwagen schlechthin basieren. Sie erledigen sich jedoch von selbst, sobald die Verwendung des ersteren auf das besondere Gebiet beschränkt bleibt, für das er berechnet und gebaut ist.

Über den beschränkten Aktionsradius wurde bereits einleitend gesprochen. Für den Stadtverkehr sind im Durchschnitt bei Last- und Lieferungswagen keine größeren Leistungen als 60 bis 80 km pro Tag erforderlich. Durch den verhältnismäßig niedrigen Wattstundenverbrauch, den moderne Konstruktionen mit Kardanantrieb mit Kegelrad- oder Schneckenübersetzung erreichen, ist es ohneweiteres möglich, mit nicht übermäßig großen Batterien diesen Fahrbereich und auch größere, selbst unter ungünstigen Straßenverhältnissen, zu bewältigen. Damit ist für alle praktisch vorkommenden Verhältnisse ein ausreichender Aktionsradius gegeben, der es dem Fahrzeug ohne weiteres gestattet, auch längere Steigungen zu befahren oder über das Weichbild der Stadt hinaus aktionsfähig zu sein, ohne die Batterie zu erschöpfen; es erscheint dabei wünschenswert, die Ladung am Orte der Garagierung vorzunehmen, um unnötige Leerfahrten zu vermeiden. Daß im durchschnittlichen Zustelldienst die angegebene tägliche Kilometerleistung gewöhnlich stark unterschritten wird, somit bei richtig bemessener Batterie stets eine genügende Reserve für unvorhergesehene Fahrten vorhanden ist, läßt sich an dem Beispiel des Wiener Postkraftfahrwesens erkennen. Die hier im Dienste stehenden Wagen (Abb. 1) haben im Mittel bloß eine Tagesleistung von 23 km zu bewältigen, was auf die große Zahl von durchschnittlich 50 Aufenthalten zurückzuführen ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei den im Dienste der Gemeinde Wien laufenden Kehrichtabfuhrwagen (Abb. 2) mit ihrer noch viel größeren Zahl von Aufenthalten bei den Sammelfahrten. Auch bei Kursdiensten wird es in den seltensten Fällen nötig sein, mehr als 70 km täglich zurückzulegen. Dort, wo ein solcher Wagen im Tag- und Nachtverkehr Verwendung finden soll, läßt sich

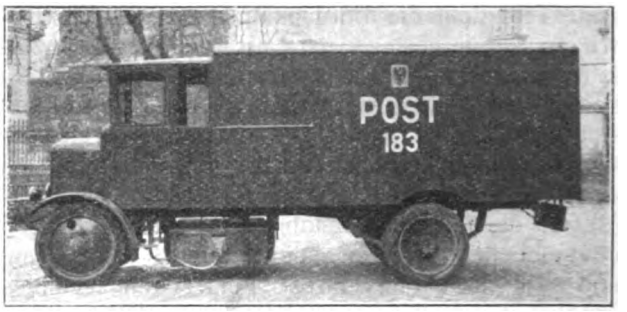


Abb. 1. 2·5 t-Elektrolastkraftwagen des Wiener Postkraftfahrwesens. Hersteller: Automobilfabrik Perl A.-G.

durch Bereitstellen einer zweiten Batterie, die bei dem jedenfalls erforderlichen Fahrerwechsel in der Garage in wenigen Minuten eingebaut werden kann, der Fahrbereich auf das Doppelte steigern.

Die geringere Geschwindigkeit des Elektrowagens ist an und für sich kein wesentliches Merkmal dieses Fahrzeuges. Es ist ohneweiters möglich, Geschwindigkeiten zu erreichen, die denen der Benzinwagen in keiner Weise nachstehen. Es sei hiebei nur daran erinnert, daß bereits 1899 Jenatzky auf seinem elektrischen Wagen „La Jamais Contente" als erstes Automobil überhaupt eine Stundengeschwindigkeit von 105 km erreichte[5]). Gerade diese Erfolge haben die Elektrowagen damals auf eine falsche Bahn gelenkt und einen Wettbewerb beginnen lassen, bei dem sie auf die Dauer dem Benzinwagen nicht standhalten konnten. Bei Stadtfahrzeugen kann es sich natürlich niemals darum handeln, eine möglichst große Geschwindigkeit zu erzielen, da diese bei den bestehenden Vorschriften und der Dichte des Verkehrs nicht ausgenützt werden könnte. Es

[4]) Ausstellende: Automobilfabrik Perl A.-G., Liesing. — Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen, Württemberg. — Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G., Berlin. —

[5]) La construction française de véhicules á accumulateurs, Lyon 1927, S. 5. (Herausgeg. v. d. Comp. de gas et d'électr., Lyon.)

Digitized by Google

muß daher das Bestreben der Elektrowagenkonstrukteure darauf gerichtet sein, dem Lastwagen gerade jene Geschwindigkeit zu geben, die eben noch zweckdienlich erscheint. Dies ist auch tatsächlich bei allen modernen Ausführungen der

Abb. 2. Kehrichtabfuhrwagen der Gemeinde Wien. Hersteller: Automobilfabrik Perl A.-G.

Fall. Eine solche Beschränkung ist aber keineswegs ein Nachteil, sondern muß schon deshalb günstig gewertet werden, weil es dem Fahrer dadurch unmöglich gemacht wird, die geltenden

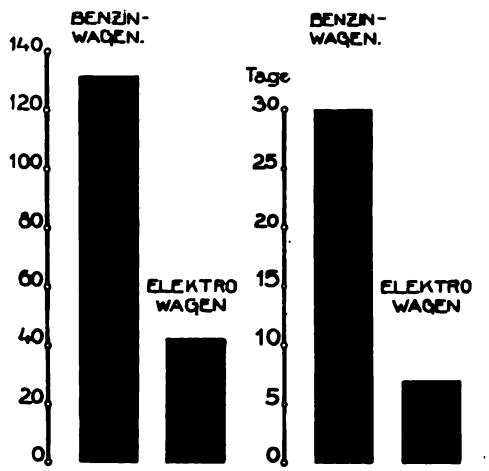


Abb. 3. Linker Teil: Störungen während eines Monates, verursacht durch Schneefall je 100 Wagen. Rechter Teil: Betriebsstillstand jährlich je Wagen infolge Reparaturen.

Vorschriften zu übertreten. Die Durchschnittsgeschwindigkeit des Elektrowagens wird, häufige Aufenthalte vorausgesetzt, bei gleicher Fahrgeschwindigkeit auf offener Strecke dennoch größer sein als die des Benzinwagens, da er durch rascheres Anfahren letzterem überlegen ist.

Auch der Einwand, daß das Akkumulatoren-Fahrzeug keine großen Steigungen zu überwinden vermag, ist durch den praktischen Betrieb ausreichend widerlegt worden. Selbst bei regnerischem oder schneeigem Wetter, also schwierigen Straßenverhältnissen, ist es möglich, mit dem Elektrowagen alle in Wien vorkommenden Steigungen mühelos zu überwinden, während Benzinfahrzeuge gleicher Tragfähigkeit dazu oft nicht mehr imstande sind. In diesem Zusammenhange sei auf die Darstellung Abb. 3 hingewiesen, die auf Grund

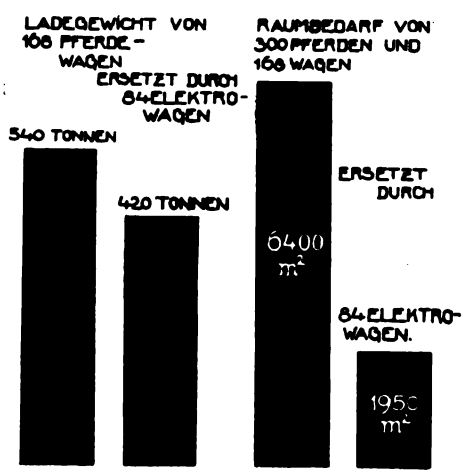


Abb. 4. Vergleich des Platzbedarfes zwischen Elektrowagen und Pferdefuhrwerk bei gleicher tkm-Leistung.

amerikanischer Erfahrungen die bessere Bewährung des Elektro-Fahrzeuges bei schwierigen Straßenverhältnissen zeigt.

Bevor jedoch der Nachweis der wirtschaftlichen Überlegenheit des Elektro-Fahrzeuges geführt werden soll, ist es noch nötig, kurz darauf hinzuweisen, welche zahlenmäßig nicht erfaßbaren, aber in vielfacher Hinsicht bedeutenden Vor-

Digitized by Google

teile das Akkumulatorenfahrzeug aufzuweisen hat. Trotzdem sich die meisten Veröffentlichungen über diesen Gegenstand damit ausführlich beschäftigen, werden sie noch immer, vor allem von jenen Stellen, die berufen sind, die Frage des Verkehrs von einem höheren Gesichtspunkte aus zu behandeln, zu wenig beachtet. Von den einzelnen Käufern kann nicht verlangt werden, daß sie Rücksicht darauf nehmen, sofern die beförderten Waren diese nicht verlangen, ihre Wagen möglichst geräuschlos und geruchlos zu führen und deren Gang erschütterungsfrei zu halten; sie dürfen diese besonderen Vorteile des Elektro-Wagens übersehen, nicht aber jene, denen die Probleme des großstädtischen Verkehrs anvertraut sind. Die immer größere Dichte desselben stellt dringend die Forderung, ihn mit einem Minimum an Belästigung des Publikums abzuwickeln. Die sich bei stärkerer Einführung des Elektrowagens überdies ergebende Schonung des Straßenpflasters ist ebenfalls von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Daß die genannten Eigenschaften der Geruch- und Geräuschlosigkeit, des erschütterungsfreien Ganges sowie das Fehlen jeder Feuersgefahr und der dadurch bedingten Möglichkeit der Garagierung an jedem Ort, die Reinlichkeit des Betriebes und die geringe notwendige Wartung sich ganz bedeutend auswirken können, zeigt ihre Verwendung gerade in solchen Betrieben, die leicht zerbrechliche, feuergefährliche und in sonstiger Weise empfindliche Waren zu befördern haben.

Vielfach wird der Zustelldienst auch heute noch durch Pferdefuhrwerk besorgt, da sich dieser nach Angabe mancher Unternehmer billiger stellen soll als der Kraftwagenbetrieb. Bei solchen Vergleichen ist gewöhnlich der Benzinwagen mit seinen für diesen Dienst besonders klar zu Tage tretenden Nachteilen herangezogen und daraus eine solche Meinung erklärlich. Anders liegen die Verhältnisse jedoch, wenn als Ersatz des Pferdefuhrwerkes Elektrowagen eingestellt werden. Es lassen sich dann nicht unbeträchtliche Ersparnisse erzielen, auf die bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit noch näher eingegangen werden soll. Hier sei nur auf die Notwendigkeit hingewiesen, das Pferd, ob es Arbeit leistet oder nicht, zu ernähren, auf die erhöhte Unfallgefahr bei schlechter Witterung durch Ausgleiten, auf die Verkehrsbehinderung durch die geringe Geschwindigkeit und auf den erhöhten Platzbedarf der Stallungen und Wagenhallen gegenüber Kraftwagen-Garagen. Ein Beispiel möge dies erläutern, Abb. 4[6]). Die American Railway Express Company hatte bei Einführung des Kraftwagenbetriebes 168 Pferdefuhrwerke mit zusammen 300 Pferden durch 84 Elektrowagen ersetzt. Trotz der größeren Ladefähigkeit der Gespannwagen von 540 t gegenüber 420 t der Elektrowagen war die tägliche Leistung der letzteren ersteren gleichwertig. Der Platzbedarf verkleinerte sich durch diese Umstellung von 6400 m² auf 1950 m², betrug also weniger als ein Drittel des Ursprünglichen. Welche Ersparnis dies besonders bei den teuren Bodenpreisen in Amerika ergibt, ist unschwer einzusehen.

b) Wirtschaftlichkeit. Bei Beurteilung, welches Transportmittel für einen bestimmten Zweck in Frage kommt, ist letzten Endes stets die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend. Bei der Aufstellung einer Betriebskostenberechnung ist es nicht damit getan, Werte anzunehmen, die bei Ankauf des Fahrzeuges und eventuell einer Zeit darüber hinaus gültig sind, sondern vielmehr stets damit zu rechnen, daß dieselben im Laufe der Zeit eine mehr oder minder große Änderung erfahren. Es ist deshalb notwendig, aus tatsächlichen Betriebserfahrungen ermittelte Daten einzusetzen, um ein richtiges Bild der vorliegenden Verhältnisse zu erhalten. Ebenso ist es notwendig, stets die Besonderheiten der verlangten Transporte zu prüfen, um darnach ein Urteil über die Förderkosten abgeben zu können.

Es sei im folgenden eine Gegenüberstellung der Betriebskosten eines 2—2·5 t Elektrowagens, eines 2—2·5 t Benzinwagens sowie des entsprechenden Pferdefuhrwerkes gegeben, der ein normaler Kursdienst im Gebiete einer Großstadt (Wien) und möglichste Ausnützung der Wagen zu Grunde liegt. Dabei soll gleich bemerkt werden, daß dieser Dienst den für den Elektrowagen ungünstigeren vorstellt, da gerade bei wiederholtem Anfahren sich die Mängel des Benzinwagens durch größere Abnützung der Bereifung, vor allem aber durch den wesentlich höheren Benzinverbrauch als bei durchgängigen Fahrten besonders bemerkbar machen. Nach französischen Untersuchungen soll dieser Mehrverbrauch 340 vH gegenüber 20 vH beim Elektrowagen betragen. Im Mittel ist nach diesen Angaben bei einem zweitonnigen Benzinwagen bei durchschnittlich 50 Aufenthalten pro Tag mit einem Benzinverbrauch in Litern zu rechnen, der der Zahl der zurückgelegten Kilometer ungefähr gleichkommt[7]).

Die in der Berechnung angeführten Preise sind Durchschnittswerte österreichischer Fabrikate und beziehen sich auf den Stand vom 1. Jänner 1928. Der Strompreis, für Drehstrom niederspannungsseitig gerechnet, gilt bei ausschließlicher Entnahme von Nachtstrom, also in der Zeit von ungefähr 22 Uhr bis 6 Uhr. Die Batterie-Instandhaltungskosten haben ein Übereinkommen mit der liefernden Akkumulatoren-Fabrik zur Grundlage, die zu einem bestimmten Satz pro gefahrenen km die ständige Betriebsbereitschaft der Batterie übernimmt, einschließlich aller vorkommenden Erneuerungen, wie Plattenaustausch, Säurefüllung usw. derart, daß die Batterie als solche nicht erneuert und daher auch nicht amortisiert zu wer-

[6]) Electric Transportation News, Chicago, Dezember 1926, Nr. 5.

[7]) Siehe Fußnote [5]).

Digitized by Google

den braucht. Voraussetzung eines solchen Abkommens ist allerdings eine gewisse Minimalfahrstrecke pro Jahr sowie die Einstellung einer grösseren Zahl von Wagen bei einem Unternehmen, oder die Ladung und Überwachung der Batterie in einer der Akkumulatorenfirma gehörenden Ladestation. Wenn mit einem bestimmten kilometrischen Satz aus irgend einem Grunde nicht gerechnet werden kann, so lassen sich die Batteriekosten aus der Lebensdauer der Platten und dem sonstigen erforderlichen Material ermitteln. Bei guten Konstruktionen und österreichischen Straßenverhältnissen kann mit einer durchschnittlichen Lebensdauer der positiven Platten von 10 000 bis 12 000 km, der negativen von 20 000 bis 25 000 km gerechnet werden.

Die zur Umformung des gelieferten Drehstroms in Gleichstrom notwendige Ladestation ist als Quecksilberdampf-Gleichrichter mit automatischer Stromunterbrechung bei vollgeladener Batterie und automatischer Spannungsregelung gedacht (siehe Abschnitt Ladestationen). Die Ladezeit beträgt im Durchschnitt bei Batterien, die bis zur zulässigen Grenze entleert wurden, 7 Stunden. Der Wirkungsgrad der Batterie sowie der der Umformer sind als Verluste ihrer Kapazität in kWh hinzuzurechnen, um den am Zähler gemessenen Ladeverbrauch zu erhalten. Ein Laden des Akkumulators unmittelbar aus dem Gleichstromnetz wird nur selten möglich sein. In diesem Falle ver-

Abb. 6. 4 t-Elektrowagen der Stadt Linz. Hersteller: Automobilfabrik Perl A.-G.

mindern sich die Kosten um den Betrag der Verzinsung und Amortisation des Ankaufspreises der Ladestation, sowie um die Differenz der beim Laden entstehenden Verluste. Die Fahrerkosten sind bei beiden Betriebsarten gleich hoch eingesetzt.

Von den einzelnen Posten der Betriebskostenberechnung erfordern noch einige eine nähere Erläuterung. Die Lebensdauer der Bereifung ist beim Elektrowagen mit 30 000 km, beim Benzinwagen mit 20 000 km angesetzt. Dieser Unter-

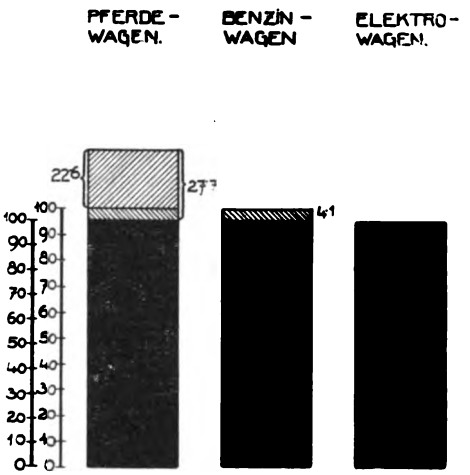


Abb. 5. Vergleich der Transportkosten für den gefahrenen km in Prozenten.

schied ist durch den ruhigeren Gang des Elektrowagens infolge der größeren Gleichmäßigkeit des Antriebes durch den Elektromotor sowie insbesondere auf das sanfte und stoßlose Anfahren, das auf die Schonung der Luftreifen großen Einfluß hat, zurückzuführen. Obwohl die einschlägige Literatur die Lebensdauer der Bereifung des Elektrowagens gegenüber dem Benzinwagen gewöhnlich im Verhältnis 2 : 1 angibt, ist bei vorliegender Aufstellung mit Rücksicht auf schlechtere Straßenverhältnisse ein für ersteren ungünstigeres Verhältnis zu Grunde gelegt.

Die Reparaturkosten des Elektro-Fahrzeuges sind seiner kräftigen Bauart und der Einfachheit seiner Antriebmittel wegen außerordentlich gering. Sie betragen im Durchschnitt ein Drittel derjenigen des Benzinwagens, wie der praktische Betrieb gelehrt hat. In der Betriebskostenberechnung erscheinen sie mit 3·5 vH der Anschaffungskosten pro Jahr gegen 10 vH beim Benzinwagen eingesetzt. Aus den gleichen Gründen ist auch die Lebensdauer des Elektrowagens eine bedeutend größere; wenn trotzdem die Abschreibung nur die Hälfte derjenigen ausmacht, die beim Benzinfahrzeug angesetzt wurde, so geschah dies in der Erwägung, daß ein Fahrzeug nach einem Zeitraum von mehr als 13 Jahren nicht mehr modernen Anforderungen entspricht und durch ein rationelleres ersetzt werden sollte.

Die Abschreibung der Ladestation wurde mit 10 vH ihres Ankaufspreises eingesetzt; dabei ist vorausgesetzt, daß das Gleichrichtergefäß zweimal

Digitized by Google

während der Laufzeit des Wagens erneuert wird. Schließlich sei noch auf die Unterschiede der Versicherungsprämien hingewiesen. Die österreichischen Versicherungsgesellschaften berechnen wegen Fehlen jeder Feuers- und Explosionsgefahr beim Elektromobil einen Satz von 1·5 vH bei Versicherung gegen alle Schäden mit Ausnahme der Haftpflicht gegenüber 2 vH beim Benzinlastwagen.

Die Gegenüberstellung der Betriebskosten ist unter der Voraussetzung einer täglich erforderlichen Leistung von 75 km und eines durchschnittlichen Ladegewichtes von 1600 kg aufgestellt. Die jährliche kilometrische Leistung beider Wagenarten ist jedoch nicht die gleiche. Durch die größere Feinheit seiner Organe ist die Reparaturbedürftigkeit des Benzinwagens gegenüber dem Elektrowagen, wie bereits angeführt, eine erheblich größere und daher auch die daraus sich ergebende Dauer des Betriebsstillstandes (Abb. 3). Es muß deshalb, da der Elektrowagen nach praktischen Erfahrungen mit sieben Reparaturtagen pro Jahr das Auslangen findet, die jährliche kilometrische Leistung desselben bedeutend höher angesetzt werden. Dieser Vorteil läßt sich zahlenmäßig hier nicht voll erfassen, da die stete Betriebsbereitschaft wirtschaftlich nur im Rahmen des Gesamtergebnisses der Betriebsführung eines Unternehmens sich auswirken kann.

Die errechneten Ersparnisse im Betriebe des Elektrowagens sind in der Praxis nicht nur erreicht, sondern oft nicht unerheblich überschritten worden; besonders in Fällen, in denen reiner Zustelldienst betrieben wird, liegt das Verhältnis der Betriebskosten für den Elektrowagen bedeutend günstiger, was nach dem oben vom Benzinverbrauch des Explosionsmotors bei oftmaligem Anhalten und Wiederanfahren Gesagten erklärlich scheint. Neben diesen privatwirtschaftlichen Ersparnissen ließen sich bei großzügiger Einführung des Elektro-Lastkraftwagens auch volkswirtschaftlich namhafte Beträge zur Besserung der Handelsbilanz erübrigen. Würden z. B. zirka 25 vH aller auf Wiener Boden laufenden Nutzkraftfahrwagen — am 1. Jänner 1928 zirka 4800 — als Akkumulatoren-Fahrzeuge ausgerüstet werden, so könnte die Einfuhr des gesamten Benzins und des Mehrverbrauches an Schmiermitteln gegenüber den Elektrowagen für diese 1200 Fahrzeuge entfallen. Bei einer jährlichen Fahrstrecke von durchschnittlich 20 000 km pro Wagen und einem mittleren Benzinverbrauch von 15 kg pro 100 km ließen sich bei den oben angeführten Preisen pro Wagen jährlich S 1920, für 1200 Wagen also insgesamt S 2 304 000 an Benzin und zirka S 200 000 an Öl, zugunsten unserer Handelsbilanz buchen, Beträge, die bis jetzt dem Auslande zugute kommen. Der ange-

Betriebskostenberechnung für einen 2 t Lastwagen.

1. Rechnungsgrundlagen:

	Elektro-Wagen	Benzinwagen
Fahrleistung		
Tägliche Fahrleistung km	75	75
Fahrtage im Jahr	300	270
Fahrleistung im Jahr km	22 500	20 250
durchschnittl. Nutzlast kg	1 600	1 600
Anschaffungskosten		
Chassis mit offener Lastwagenbrücke unbereift ohne Batterie, jedoch mit Batterietrog . . S	16 700	17 000 (Mittelwert)
(Gewichte kg	4 000	2 000)
Gitterplattenbatterie, 80 Zellen, 200 Amperestunden . . . . S	5 200	—
Ladestation, Gleichrichter 40 Amp. . . . . S	4 000	—
Bereifung, 7-fach, ... S	3 300	3 300

2. Betriebskosten:

	Elektro-Wagen		Benzinwagen	
Stromkosten bei Ladung mittels Umformer, 50 kWh zu 10 g	50 . 0·10 . 300	= S 1 500	—	
Benzinkosten 1 kg = S 0·64 27 kg pro 100 km	—		27 . 0·64 . 202·5	= S 3 500
Batterie-Instandhaltung 25 g pro Wagen-km	22 . 500 . 0·25	= S 5 630	—	
Schmiermittel	0·15 kg zu S 1·20/100 km	= S 40	10 vH d. Benzinkosten	= S 350
Putzmaterial		S 40		= S 120
Bereifung 6-fach (6 . S 470)	Lebensdauer 30 000 km	= S 2 120	Lebensdauer 20 000 km	= S 2 850
Fahrer		= S 3 000		= S 3 000
Reparaturkosten	3·5 vH d. Anschaffungskosten von S 16 700	= S 585	10 vH d. Anschaffungskosten von S 17 000	= S 1 700
Einstellung des Wagens		= S 1 200		= S 1 200
Abschreibung des Wagens	7·5 vH d. Anschaffungskosten	= S 1 250	15 vH d. Anschaffungskosten	= S 2 550
Reparaturkosten der Ladestation	3·5 vH d. Anschaffungskosten von S 4 000	= S 140	—	
Abschreibung der Ladestation	10 vH d. Anschaffungskosten	= S 400	—	
Verzinsung einschl. Bereifung, Batterie und Ladestation	8 vH von S 29 200	= S 2 330	8 vH von S 20 300	= S 1 625
Versicherung (ohne Haftpflicht)	1·5 vH von S 25 200	= S 380	2 vH von S 20 300	= S 405
Licht- und Anlasserbatterieunterhaltung	—			= S 150
Summe .		S 18 610		S 17 450
Kosten pro Wagen-km		**82·7 g**		**86·1 g**
Kosten pro Nutztonnen-km		**51·6 g**		**53·8 g**

Digitized by Google

nommene Prozentsatz dürfte ungefähr mit der Zahl jener Wagen übereinstimmen, die täglich einen ganz bestimmten Fahr- und Arbeitsplan zu erledigen haben.

Bei einem Vergleich des Elektrowagens mit dem Pferdefuhrwerk ist zunächst die geringere tägliche Kilometerleistung des letzteren bei gleicher Ladefähigkeit zu berücksichtigen. Im Mittel kann angenommen werden, daß ein zweispänniges Fuhrwerk mit 2000 kg Nutzlast 25 km täglich zurückzulegen vermag. Es sind also, um die gleiche Leistung wie bei einem Kraftwagen zu erzielen, drei solcher Fuhrwerke in Dienst zu stellen. Die Ermittlung der einzelnen Posten der Betriebskosten des Pferdefuhrwerkes bereitet bei der ganz verschiedenen Art der Fütterung der Tiere, ihrer Unterbringung, der Preise des Wagens usw. einige Schwierigkeiten. Es ist deshalb dem folgenden Vergleich der am 1. Jänner 1928 gültige Marktpreis des Wiener Lohnfuhrwerkes zugrunde gelegt. Rechnet man

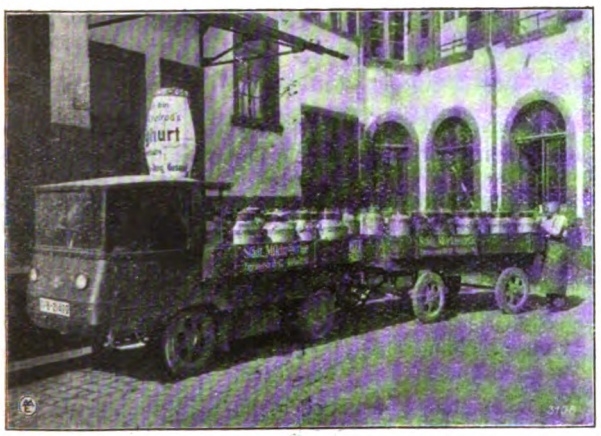


Abb. 8. 2 t-Elektrowagen mit Anhänger im Dienste einer städtischen Milchzentrale. Hersteller: Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen a. N.

etwa 20 vH dieser Sätze als Verdienst, was bei der heutigen gedrückten Lage dieser Unternehmen als reichlich bezeichnet werden kann, so lassen sich die Kosten, die zum Vergleich herangezogen werden sollen, einfach ermitteln. Bei 75 km täglicher Leistung und 1600 kg durchschnittlichem Ladegewicht ergibt sich sonach folgende Gegenüberstellung:

Elektrowagen: 75 km . 1·6 t = 120 t-km
75 km zu 82·7 g . . . . . S 62·03

Pferdefuhrwerk:
3 Zweispänner 3 . 25 km . 1·6 t = 120 t-km
Fuhrlohn pro Wagen . S 33·—
abzügl. 20 vH . = . . . „ 6·60
S 26·40
3 . 26·40 S . . . . . S 79·20
Mehrkosten des Pferdebetriebes . S 17·17
= 27·7 vH

Zusammenfassend ergeben sich daher folgende Betriebskosten unter obigen Voraussetzungen (Abb.5):

	Elektrowagen	Benzinwagen	Pferdefuhrwerk
Wagen-km	82·7 g	86·1 g	105·6 g
Nutztonnen-km	51·6 g	53·8 g	66·0 g

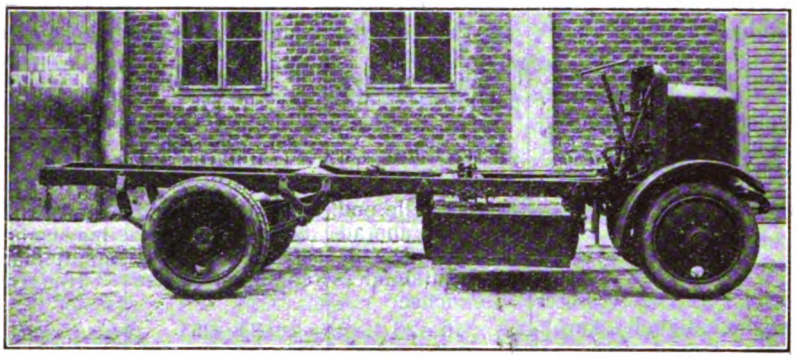


Abb. 7. 2·5 t-Elektrolastkraftwagenchassis. Hersteller: Automobilfabrik Perl A.-G.

C. Ausgestellte Typen von Elektro-Lastkraftwagen.

Die wichtigsten Daten der auf der Ausstellung „Das Elektro-Fahrzeug" zur Schau gestellten Lastwagen sind in der Tafel I (Seite 240) und aus den Abbildungen 1, 6, 7, 8 ersichtlich. Es sollen hier nur einige Bemerkungen allgemeiner Natur eingeschaltet werden[8]). Die Frage, ob als Antriebsmotor der Haupt- oder Nebenschlußmotor Verwendung zu finden hat, ist heute für alle österreichischen und reichsdeutschen Konstruktionen zu Gunsten des ersteren entschieden. In den westlichen europäischen Ländern wird dagegen noch der Nebenschlußmotor häufig verwendet, wie bei einem Wagen der Société Electro-Bloc, Paris, mit 1 t Lade-

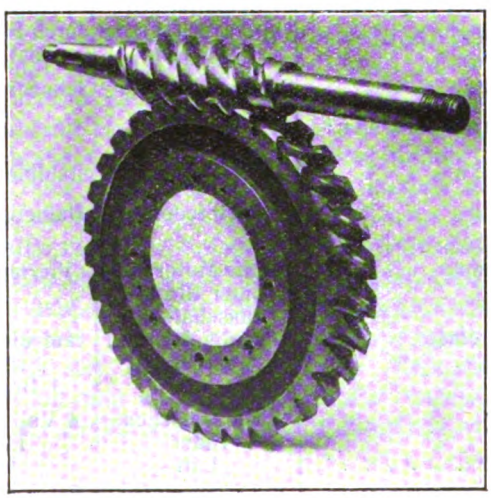


Abb. 9. Schneckenübersetzung auf die Hinterachse bei den Elektrowagen der Automobilfabrik Perl A.-G.

fähigkeit[9]), oft aber auch der Compoundmotor,

[8]) Vgl. a. E. u. M. 1919, S. 349.

[9]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 754 und „La traction sur route par accumulateurs, in L'Electricité dans ses applications en dehors des heures de pointe", Lyon 1926.

Digitized by Google

Tafel I. Elektro-Lastkraftwagen.

Herstellerfirma	Bergmann El Werke A G.	Automobilfabrik Perl A. G.	Maschinenfabrik Eßlingen	Automobilfabrik Perl A G.	Automobilfabrik Perl A. G.
Tragfähigkeit . . . kg	750 inkl. Aufbau	1700 inkl. Aufbau	1500—2000 inkl. Aufbau	2000—2500 inkl. Aufbau	3000—4000 inkl. Aufbau
Motor:					
Einbau	im Fahrgestell-Rahmen	unter der Haube	an den Hinterrädern	unter der Haube	unter der Haube
Zahl und Art	1 Hauptstromdoppelkollektormotor	1 Hauptstrommotor	2 Hauptstrommotoren	1 Hauptstrommotor	2 Hauptstrommotoren
Leistung PS normal .	3	6·5	6	14	2 × 14
Betriebsspannung Volt	80	80	80	150	150
Umdrehungszahl/min. .	—	1310	—	600	600
Antrieb	Kardanwelle und doppelte Zahnradübersetzung auf Differentialhinterachse	Kardanwelle und Schneckenübersetzung auf Differentialhinterachse	Mittels Ritzels und Innenzahnkranz unmittelbar auf die Hinterräder	Kardanwelle und Schneckenübersetzung auf Differentialhinterachse	Kardanwelle und Schneckenübersetzung auf Differentialhinterachse
Geschwindigkeit . km/h	16—20	23—25	18	17—20	17—20
Gitterplattenbatterie:					
Einbau	unter der Haube	unt. dem Führersitz	unter dem Rahmen	unter dem Rahmen	unt. dem Führersitz
Zellenzahl	40	40	40	80	80
Kapazität in Ah—5-stündig	150	300	200	200	300
Kapazität in kWh—5-stündig	12	24	16	32	48
Normaler Entladestrom Amp. . . .	30	60	40	40	60
Ladung mit Amp. Volt	30 A 110 V	60 A 110 V	40 A 110 V	40 A 220 V	60 A 220 V
Ladeenergie in kWh[1])	20	40	27	50	70
Fahrbereich km . . .	60—75	70—80	50—60	60—75	60—75
Energieverbrauch pro Wagen-km . . . Wh	—	64	—	53	51
Fahrschalter . .	Walzenschalter	Messerkontrollor	Walzenschalter	Messerkontroller	Messerkontroller
Einbau	unter dem Führersitz	unter der Haube	unter dem Führersitz	unter dem Führersitz	unter dem Führersitz
Art der Betätigung .	Handhebel rechts	Handhebel rechts	Handhebel links	Handhebel rechts	Handhebel rechts
Zahl der Gänge . . .	4 vorw., 2 rückw.	3 vorw., 1 rückw.	3 vorw., 2 rückw.	3 vorw., 2 rückw.	5 vorw., 2 rückw.
Übersetzung an der Hinterachse	1 : 12·25	1 : 6·75	—	3 : 28	3 : 28
Ausschalter	Selbsttätiges Unterbrechen beim Bremsen	Notschalter, durch Fußpedal zu betätigen	Selbsttätige Unterbrechung beim Bremsen	Notschalter, durch Fußpedal zu betätigen	Notschalter, durch Fußpedal zu betätigen
Lenkung	Schneckenlenkung	Schneckenlenkung	Schneckenlenkung	Schneckenlenkung	Schneckenlenkung
Mechanischer Aufbau:					
Rahmen	Stahlblech gepreßt	Stahlblech gepreßt	Stahlblech gepreßt	Gewalztes U-Eisen	Gewalztes U-Eisen
Federn	Halbfedern	Halbeliptikfedern	Blattfedern	Halbeliptikfedern	Halbeliptikfedern
Bremsen:					
Fußbremse	auf die Motorwelle unter Stromausschaltung	Vierradbremse	Innenbackenbremse auf die Hinterräder	auf Differential wirkend	auf Differential wirkend
Handbremse	auf die Hinterräder	auf die Hinterräder, 1 Bergstütze	auf d. Motorwellen selbsttätige Unterbrech. des Stromes	auf die Hinterräder wirkend 1 Bergstütze	auf die Hinterräder wirkend 1 Bergstütze
Räder	4 Holzspeichenräder	4 Vollscheibenräder	4 Vollscheibenräder	4 Vollscheibenräder	4 Vollscheibenräder
Reifen	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft
vorne	30″ × 5″ einfach	30″ × 5″ einfach	740 × 110 mm einf.	36″ × 6″ einfach	38″ × 7″ einfach
rückwärts	30″ × 5″ einfach	30″ × 5″ doppelt	740 × 110 mm einf.	36″ × 6″ doppelt	38″ × 7″ doppelt
Radstand	2700 mm	3600 mm	2140 mm	3800 mm	3800 mm
Spurweite	1340 mm	1420 mm vorne, 1650 mm rückwärts außen	1050 mm	1620 mm vorne, 1740 mm rückwärts außen	1620 mm vorne, 1740 mm rückwärts außen
Länge über alles . . .	3750 mm	5200 mm	3840 mm	5700 mm	5700 mm
Gewicht des Chassis inkl. Batterie	1200 kg	2400 mm	1700 kg	4000 kg	5400 kg

[1]) Bei Ladung mittels Gleichrichter.

Digitized by Google

den z. B. jene Automobilfabriken in ihre Fahrzeuge einbauen, die Thomson-Houston-Motoren verwenden. Die Antriebsfrage ist daher in diesem Sinne noch nicht eindeutig gelöst, wenn auch ein Überwiegen der Hauptstrommotoren festzustellen ist. Dagegen ist die Frage des Ein- oder Mehrmotorenantriebes zu Gunsten des ersteren entschieden und die Kraftübertragung mit den gleichen Mitteln wie beim Benzinwagen durchgeführt. Kettenantrieb ist fast ganz verlassen, nur bei besonders schweren Wagen wird er hie und da noch verwendet; in der Regel ist Kardanantrieb mit Kegelradübersetzung auch für schwere Wagen bis 5 t vorherrschend. Einzelne Fabrikate, wie z. B. die der Automobilfabrik Perl, oder jene der Commercial-Truck-Company of America, Philadelphia, haben Schneckenantrieb, Abb. 9, vorgezogen, der neben einem ausgezeichneten Wirkungsgrade und daher geringem Wattstundenverbrauch pro Wagen-km auch den Vorzug großer Haltbarkeit aufweist. Die Fahrschalter sind fast durchwegs als Walzenschalter ausgebildet und entweder wie ein Straßenbahnkontroller mit senkrechter Achse neben dem Fahrer montiert und durch eine Handkurbel zu betätigen oder unter dem Boden des Führersitzes, in manchen Fällen auch unter der Haube eingebaut und über eine Hebelübersetzung, wie beim Benzinwagen, zu bedienen. Die Anordnung der Batterie — über diese selbst soll weiter unten ausführlicher gesprochen werden — wechselt je nach der konstruktiven Durchbildung des Antriebes; sowohl die Unterbringung unter der Haube, unter dem Führersitz wie unter dem Rahmen sind gebräuchlich, doch dürfte letztere Art der leichteren Austauschbarkeit wegen vorzuziehen sein. Der sonstige mechanische Aufbau der Fahrzeuge, wie Rahmen, Lenkung, Bremsen, usw. lehnt sich im wesentlichen an die Vorbilder der Benzinwagen-Konstruktionen an. Bloß bei den Bremsen besteht insoweit ein Unterschied, als neben der mechanischen Bremse auch die elektrische Verwendung findet. Während bei den mit Hauptstrommotoren ausgerüsteten Fahrzeugen in der Bremsstellung der Motor als Generator auf einen Widerstand arbeitet (Kurzschlußbremse), wird bei den von Nebenschlußmotoren angetriebenen Wagen die elektrische Nutzbremsung für die Wiederaufladung der Batterie verwendet. Näher auf die einzelnen Konstruktionen einzugehen würde den Rahmen dieser Arbeit weit überschreiten; ihre Beschreibung muß jeweils Sonderveröffentlichungen vorbehalten bleiben.

II. Elektro-Karren[10]).

a) Grundlagen. Der Elektro-Karren, der erst nach 1918 in Europa festen Fuß zu fassen begann, nachdem er in Amerika auf eine bereits mehr als zehnjährige Entwicklungszeit zurückblicken konnte, hatte bei seiner Einführung mit ähnlichen Hemmnissen wie der Elektro-Kraftwagen zu rechnen. Auch hier waren Konservativismus und anfängliche Mißerfolge der weitesten Verbreitung im Wege, besonders aber die Geldknappheit der Betriebe, die die Anschaffung dieses verhältnismäßig teuren, aber wirtschaftlichen Fördermittels verhinderte. Bei der Steigerung des Wettbewerbes in den Nachkriegsjahren war man jedoch in dem allgemeinen Bestreben nach wissenschaftlicher Betriebsführung gezwungen, auch der stark vernachläßigten Frage des Transportwesens erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Besonders bei längeren Förderwegen und großen Materialmengen erhöhen sich Arbeitsaufwand und Zeitbedarf so stark, daß mit dem bisher fast ausschließlich verwendeten Handfördermittel das Auslangen nicht mehr gefunden werden konnte. Es war deshalb notwendig, sie durch mechanisch angetriebene Fördermittel großer Tragfähigkeit und erhöhter Geschwindigkeit zu ersetzen. Hier schien besonders der Elektro-Karren berufen, die bisherige Beförderungsart von Grund auf umzugestalten. Der Verbrennungsmotor kam für Innenräume als Antriebsmittel wegen seiner Feuergefährlichkeit, Abgasentwicklung und der Notwendigkeit des häufigen Anhaltens nicht in Frage, sodaß sich der elektrische Antrieb, die Flurförderung in Werkstätte und Werkhöfen unbestritten eroberte. Seine besonderen Vorzüge, wie kräftige Bauart, leichte Lenkbarkeit und große Wendigkeit, sowie die Möglichkeit durch enge Türen, Gänge usw. fahren zu können, lassen den Karren in seinen verschiedenen Formen überall dort mit Vorteil verwendbar sein, wo ständige Transporte bei mittleren Förderwegen zu bewältigen sind. In jüngster Zeit wurden verschiedene Konstruktionen geschaffen, um den Karren als Straßenfahrzeug zu verwenden. Wenn er auch mit den Lastwagen hier nicht in Wettbewerb treten kann, so wird in dieser Form seine Anwendung doch überall dort von Vorteil sein, wo Transporte auf weit voneinanderliegenden Fabriksteilen oder solche kompendiöser Lasten auf der Straße zu bewältigen sind, außerdem in jener als Spezialfahrzeug mit entsprechenden Aufbauten z. B. für städtische Betriebe als Störungswagen, Rüstwagen usw. Da in der Buch- und Zeitschriftenliteratur sowie in den verschiedenen Firmendruckschriften der letzten Jahre über Elektrokarren wiederholt und ausführlich berichtet wurde, kann an dieser Stelle auf ein näheres Eingehen verzichtet werden.

b) Wirtschaftlichkeit. Über die Rentabilität des Elektrokarrens in den verschiedenen Betrieben sind wiederholt ausführliche Studien gemacht worden[11]). Es sei hiebei auf die Untersuchungen hingewiesen, welche die großen, Karren bauenden Firmen angestellt haben und deren Ergebnisse, im praktischen Betriebe durchgeführt, außerordentlich befriedigende waren. Voraus-

[10]) Ausstellende: Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien. — Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen, Württemberg. — Bleichert & Co., Leipzig. — Elektr. Fahrzeuge A.-G., Zürich.

[11]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN. S. 1?.

Digitized by Google

Tafel II. Elektro-Karren.

Herstellerfirma:	Siemens-Schuckert-Werke	Ad. Bleichert & Co.	Maschinenfabrik Eßlingen
Typenbezeichnung	P 752 Führerstand	Eidechse EK 750 Führerstand	K 1502 Führerstand
Nutzlast kg	750	750 (bis 1000)	1500
Motoren:			
Einbau	Achse ⊥ zu den Radachsen	unmittelbar an den Triebrädern	unmittelbar an den Triebtädern
Zahl und Art	1 Hauptstrommotor	2 Hauptstrommotoren	2 Hauptstrommotoren
Leistung normal	1·4 kW (1·9 PS)	2·5 PS	2×1·3 kW (2×1·8 PS)
Betriebsspannung Volt	40	40	40
Antrieb	Differenzialgetriebe m. bes. Vorlegewelle	unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz	unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz
Geschwindigkeit km/h	6—15	4—13	3—15
Größte einbaufähige Gitterplattenbatterie:			
Einbau	unter dem Rahmen	unter dem Rahmen	unter dem Rahmen
Zellenzahl	20	20 oder 40	40
Kapazität in Ah 5stündig	160	160 oder 53	132
Kapazität in kWh—5stündig	6·4	6·4 oder 4·3	10·5
Normaler Entladestrom	32 A	32 A oder 11 A	26 A
Ladung mit Amp., Volt	32 A 55 V	32 A 55 V od. 11 A 110 V	26 A 110 V
Ladeenergie kWh[1])	11	11 oder 7·5	18
Fahrbereich bei Vollast	80 km	—	45—50 km
Maximale Steigungen bei Vollast	1 : 16	10 vH	10 vH
Fahrschalter	Walzenschalter	Walzenschalter	Walzenschalter
Einbau	Schaltschrank	Schaltschrank	an der Stirnwand
Art der Betätigung	Schalthebel	Handrad	Schalthebel
Zahl der Gänge	3 vorw. 3 rückw.	3 vorw. 3 rückw.	3 vorw. 3 rückw.
Lenkung	Lenkhebel	Trittbrettlenkung	Lenkhebel
lenkbare Räder	2	2	2
Wendehalbmesser			
innen	750 mm	350 mm	1900 mm
außen	2050 mm	2100 mm	—
Mechanischer Aufbau:			
Rahmen	Stahlblech gepreßt	Stahlblech gepreßt	Stahlblech gepreßt
Federn	Blattfedern	Blattfedern	Blattfedern
Bremsen	1. Getriebebremse als Lüftungsbremse selbsttätig, Handhebel 2. Innenfelgenbremse durch Fußtritt betätigt	1. Außenbackenbremse als Lüftungsbremse m. selbsttätig. Stromunterbrechung, Handhebel 2. Kurzschlußbremse m. Schaltrad betätigt	1. Innenbackenbremse als Lüftungsbremse m. selbsttätig. Stromunterbrechung, Fußtritt 2. Kurzschlußbremse
Räder	4 Vollscheibenräder	4 Vollscheibenräder	4 Vollscheibenräder
Reifen	Vollgummi	Vollgummi	Vollgummi
Abmessungen	420×70 mm	415×75 mm	540×85 mm
Radstand	1015	1100	1460
Spurweite	720	785	820
Länge über alles	2160	2255	2760
Plattformhöhe	600 mm	525 mm	645 mm
Plattformfläche	1485×900 mm	1580×880 mm	2030×980 mm
Gewicht mit größter einbaufähiger Batterie . kg	625	825	980

[1]) Bei Ladung mittels Gleichrichter.

Digitized by Google

Elektro-Karren. Tafel II.

Siemens-Schuckert-Werke	Siemens-Schuckert-Werke	Ad. Bleichert & Co.	Baugesellschaft für elektr. Anlagen Erzeugnis: El Fahrzeuge A. G., Zürich	Maschinenfabrik Eßlingen
L 1500 Führerstand 1500	L 1502 Führerstand 1500	Eidechse EK 1500 Führerstand 1500	Führersitz 1000	FK 1502 Führersitz 1500
unmittelbar an den Triebrädern 2 Hauptstrommotoren 2×0·65 kW o. 2×1·1 kW (2×0·88 PS o. 2×1·5 PS) 40	unmittelbar an den Triebrädern 2 Hauptstrommotoren 2 × 1·4 kW (2 × 1·9 PS) 40	unmittelbar an den Triebrädern 2 Hauptstrommotoren 3·75 PS 40	unter dem Rahmen 1 Hauptstrommotor 6 PS 80	unmittelbar an den Triebrädern 2 Hauptstrommotoren 2×1·3 kW (2×1·8 PS) 40
unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz 3—10 oder 5—14	unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz 13—16	unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz 4—15	Kettengetriebe auf Hinterachse 12—15	unmittelbar über Ritzel und Zahnkranz 3—16
unter dem Rahmen 40 132 10·5 26 A 26 A 110 V 18 55 km oder 50 km 1 : 15 oder 1 : 12	unter dem Rahmen 40 240 19 48 A 48 A 110 V 32 105 km 6 vH	unter dem Rahmen 40 160 13 32 A 32 A 110 V 22 — 10 vH	unter dem Rahmen 40 132 10·5 26 A 26 A 110 V 18 40 km 10 vH	unter dem Rahmen 40 132 10·5 26 A 26 A 110 V 18 45 km 6 vH
Walzenschalter Schaltschrank Schalthebel 3 vorw. 3 rückw.	Walzenschalter Schaltschrank Schalthebel 3 vorw. 3 rückw.	Walzenschalter Schaltschrank Handrad 3 vorw. 3 rückw.	Walzenschalter hinter dem Führersitz Hebel neben Führersitz 3 vorw. 3 rückw.	Walzenschalter hinter dem Führersitz Hebel neben Führersitz 3 vorw. 2 rückw.
Lenkhebel 4	Lenkhebel 2	Trittbrettlenkung 2	Volant mit Lenksäule 2	Volant mit Lenksäule 2
500 mm 2000 mm	1370 mm 3430 mm	350 mm 2400 mm	— —	— —
Stahlblech gepreßt Blattfedern	Stahlblech gepreßt Blattfedern	Stahlblech gepreßt Blattfedern	U-Eisen Blattfedern	Stahlblech gepreßt Blattfedern
1. Innenbackenbremse in den Triebrädern, Handhebel 2. elektr. Kurzschlußbremse 3. Fußtrittbremse mit selbsttätiger Stromunterbrechung	1. Innenbackenbremse in den Triebrädern, Fußtritt 2. elektr. Kurzschlußbremse	1. Außenbackenbremse als Lüftungsbremse mit selbsttät. Stromunterbr., Handhebel 2. Kurzschlußbremse mit Schaltrad betätigt	1. Handbremse auf die Motorwelle 2. Fußbremse auf die Hinterräder	1. Innenbackenbremse als Lüftungsbremse m. selbsttätig. Stromunterbrechung, Hand- und Fußhebel 2. Kurzschlußbremse
4 Vollscheibenräder Vollgummi 540 × 85 mm	4 Vollscheibenräder Vollgummi 540 × 85 mm rückw. ev. doppelt	4 Vollscheibenräder Vollgummi 500 × 100 mm	4 Vollscheibenräder Luft 540×75 mm	4 Vollscheibenräder Luft 540×100 mm
1250	1580	1400	1300	1760
910	980	860	900	950
2860	3100	2675	3230	3225
630 mm	740 mm	630 mm	730 mm	700 mm
2100 × 1200	2340 × 1200	2000 × 1000	2200×1340 mm	2100×1160 mm
1185	1695	1260	1150	1200

Digitized by Google

setzung zur Erzielung von Ersparnissen ist eine unbedingt strenge Kontrolle der Fahrzeuge und eine stete Betriebsüberwachung. In vielen Fällen werden sich bei Verwendung von Spezialkarren, Hubkarren, Schleppern[12]) usw. gegenüber Karren mit fester Plattform weitere wirtschaftliche und betriebliche Vorteile ergeben.

Auch bei aussetzenden Betrieben läßt sich eine wirtschaftliche Betriebsführung erzielen, wie im folgenden an der Betriebskostenberechnung für einen den Gepäcksdienst eines Bahnhofes mit mittlerer Verkehrsdichte besorgenden Karren nachgewiesen werden soll.

Der Karren, der eine Tragfähigkeit von 1500 kg besitzt, kann entweder allein beladen oder als Schlepper für drei bis vier Anhänger Verwendung finden, zu welch letzterem Zwecke er mit einer federnden Kupplungsvorrichtung ausgerüstet ist; er besitzt eine Nickel-Eisenbatterie von 70 Ah, die in diesem Falle wegen der zu erwartenden rauhen Behandlung eingebaut wurde. Die aufgestellten Fahrleistungen beziehen sich auf einen konkreten Fall, bei einer Betriebsdauer von 6 Uhr bis 24 Uhr und einer Ladezeit von 24 Uhr bis 6 Uhr. Da der Dienst in drei Schichten erfolgt, hätte der jeweils in der Zeit von 24 bis 6 Uhr anwesende Karrenführer gleichzeitig die Ladung zu beaufsichtigen. Nötigenfalls können die Betriebspausen in der Zeit von 22 Uhr bis 24 Uhr ebenfalls zur Ladung herangezogen werden. Die der Berechnung zu Grunde liegenden Daten sind, wie bei der Betriebskostenberechnung des Elektro-Wagens, nach dem Stande vom 1. Jänner 1928 eingesetzt.

Betriebskostenberechnung für einen Elektro-Karren von 1500 kg Tragfähigkeit.

1. Grundlagen.

a) Anschaffungskosten:

Karren komplett mit Bereifung, jedoch ohne Batterie	S 5500·—
Bereifung 540×85 mm Vollgummi	„ 400·—
Batterie: Stahlbatterie 62 Zellen, 70 Ah	„ 3600·—
Ladestation, Gleichrichter	„ 2000·—

b) Fahrleistung:

Unter der Voraussetzung der Bedienung von täglich 20 Zügen, einer durchschnittlichen Nutzlast von 3 Tonnen und einem durchschnittlichen Fahrweg von 2×200 m pro Zug, daher bei einer Leistung von

3 t × 0·2 km = 0·6 tkm für Fahrt mit Nutzlast
+ 0·5 t × 0·2 km = 0·1 tkm f. Leerfahrten bezw. Fahrten mit leeren Anhängewagen
Zusammen . . 0·7 tkm

bei 20 Zügen daher 14 tkm täglich,
bei 360 Fahrtagen 5040 tkm jährlich, bezw. 2880 km.
Fahrbereich: 1 Batterieladung 30—35 Nutztonnen-km.

Entsprechend dieser Fahrleistung und des angegebenen Fahrbereiches ist eine Ladung jeden zweiten Tag erforderlich.

Notwendige Lade-Energie: 15 kWh.

[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 452.

2. Jährliche Betriebskosten (in S):

Stromkosten bei Ladung mittels Umformer jeden zweiten Tag 15 kWh zu 10 g	270
Batterie-Instandhaltung jährlich 2 % der Anschaffungskosten von S 3600·—	72
Bereifung, Lebensdauer 10000 km 30 % der Anschaffungskosten von S 400·—	120
Schmiermittel und Putzmaterial	50
Reparaturkosten des Karrens 3 % der Anschaffungskosten von S 5100·—	153
Reparaturkosten der Ladestation 3 % der Anschaffungskosten von S 2000·—	60
Abschreibung des Karrens 10 % der Anschaffungskosten von S 5100·—	510
Abschreibung der Batterie 7·5 % der Anschaffungskosten von S 3600·—*)	270
Abschreibung der Ladestation 10 % der Anschaffungskosten von S 2000·—	200
Verzinsung des Anlagenkapitals 8 % von S 11100·—	888
Summe . .	S 2593

Kosten pro Nutztonnen-km	**51·4 g**
Jährliche Lohnkosten, 3 Schichten zu 1 Mann S 2500	**S 7500**
Gesamtkosten . .	**S 10093**

*) Unter der Voraussetzung 10jähriger Amortisation der Batterie bei einem Altmaterialwert von 25 vH.

Für die Beförderung der gleichen Gepäcksmenge von Hand aus wären mindestens vier Mann erforderlich; rechnet man davon einen als Helfer beim Auf- bezw. Entladen der Gepäckswagen, so würde sich der Karren bereits wirtschaftlich

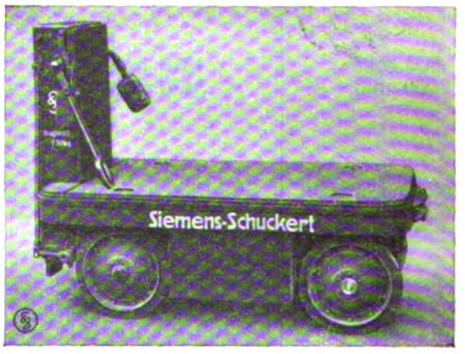


Abb. 10. 750 kg-Elektrokarren mit abgeklappten Fußtritten, Hüftstützen, Lenk- und Schalthebeln. Hersteller: Siemens-Schuckert-Werke.

erweisen, wenn seine Betriebskosten weniger als der jährliche Lohn der zwei frei werdenden Gepäckträger (in drei Schichten) betragen würden. Tatsächlich stellen sich die reinen Betriebskosten kaum höher als der Jahreslohn eines einzigen Bediensteten, so daß sich auch hier eine gute Rentabilität ergibt.

c) Ausgestellte Karrentypen. Die einzelnen Daten der auf der Sonderausstellung zur Schau gestellten Elektro-Karren (Abb. 10, 11, 12, 13, 14, 15) sind in Tafel II (Seite 242 und 243)

Digitized by Google

ausführlich zusammengestellt. Die prinzipielle Konstruktion kann dabei als bekannt vorausgesetzt werden. Geschlossene Ausführung des Fahrzeuges, Unterbringung sämtlicher Schaltapparate in einem verschließbaren Kasten, Aufhängung der Batterie zwischen dem Rahmen, von wo sie nötigenfalls leicht herausgehoben

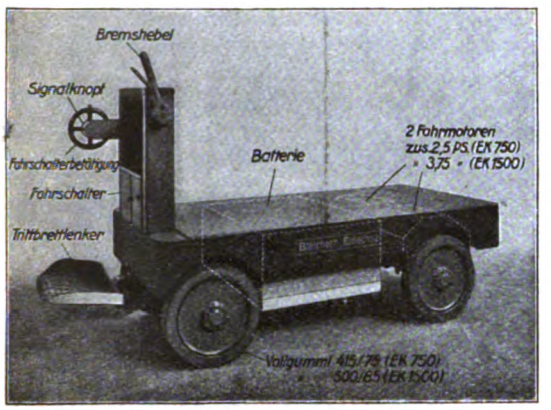


Abb. 11. 750 kg bzw. 1500 kg-Elektrokarren „Eidechse" der Firma Ad. Bleichert & Co., Leipzig.

werden kann, große Wendefähigkeit und kräftige Bauart sind die bezeichnendsten Merkmale der modernen Elektrokarren. Der Tragfähigkeit nach werden sie normal für 750 und 1500 kg gebaut. Die Lenkung kann an zwei oder allen vier Rädern erfolgen, der Antrieb durch ein oder zwei Motoren. Die Schaltung ist gewöhnlich als Kulissenschaltung

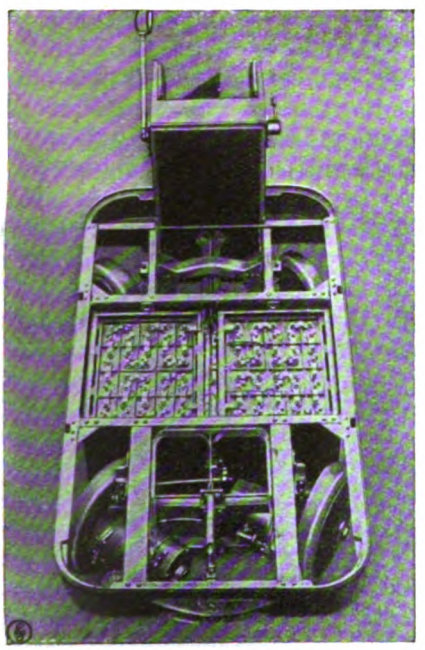


Abb. 12. 1500 kg-Elektrokarren der Siemens-Schuckert-Werke mit abgehobener Plattform.

ausgebildet, mit Vor- und Rückwärtsgängen sowie den entsprechenden Bremsstellungen. Die mechanischen Bremsen sind stets derart eingerichtet, daß sie als Lüftungsbremsen wirken, also in Kraft treten, wenn der Fahrer seinen Stand verläßt.

Für die verschiedenen Verwendungsgebiete werden, wie bereits erwähnt, Spezialkarren hergestellt, die mit Aufbauten dem besonderen Zweck entsprechend versehen sind. Ihre Ausstellung auf der Sonderschau konnte deshalb nicht erfolgen,

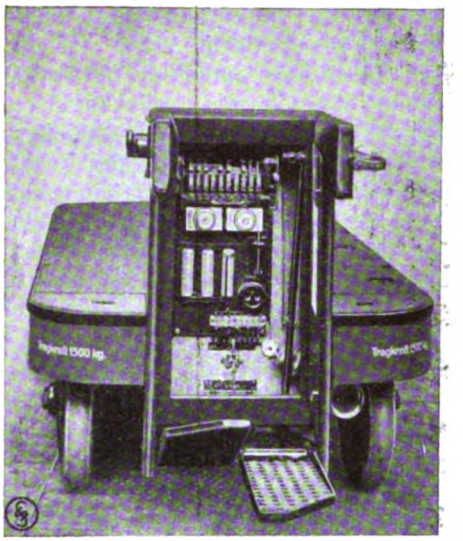


Abb. 13. Schaltschrank des 1500 kg Elektrokarrens der Siemens-Schuckert-Werke.

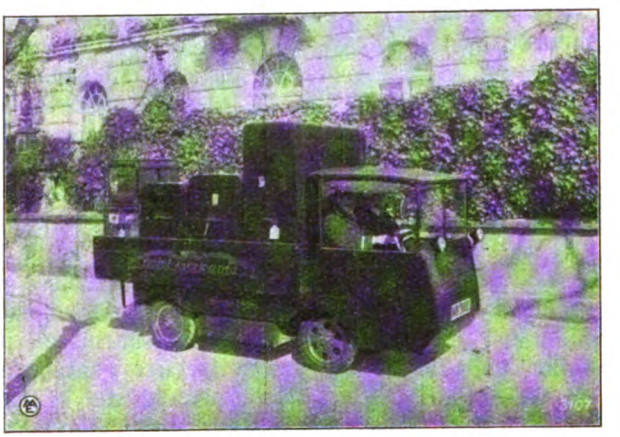


Abb. 14. 1500 kg Führersitzkarren zum Koffertransport. Hersteller: Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen a. N.

Abb. 15. 1000 kg-Führersitzkarren als Stadttransportmittel in Wien. Hersteller: El. Fahrzeuge A.-G., Zürich.

weil sie nicht laufend erzeugt und deshalb auch nicht auf Lager gehalten werden. Die Firmen-Druckschriften geben über sie erschöpfend Auskunft.

Digitized by Google

III. Akkumulatorenbatterien[13]).

Die höheren Verkaufspreise des Elektrowagens gegenüber dem Benzinwagen sind vor allem auf die verhältnismäßig hohen Kosten der Akkumulatorenbatterie sowie auf die wegen des hohen Gewichtes derselben notwendige kräftigere Bauart des Chassis zurückzuführen. Trotzdem man an ihrer Verbesserung ständig arbeitet, sind mit Ausnahme der alkalischen Batterien seit mehr als 30 Jahren neue Prinzipien nicht mehr aufgetaucht. Wäre es möglich, einen Akkumulator zu konstruieren, der bei gleicher Kapazität mit einem Bruchteil der heutigen Größe, des Gewichtes und Preises hergestellt werden könnte, so wäre der elektrischen Traktion damit nicht nur das Stadtgebiet völlig gesichert, sondern es wären auch Überlandfahrten ohne Schwierigkeiten durchführbar. Die Hauptbestrebungen müssen darauf gerichtet sein, vor allem das Gewicht des Sammlers herabzusetzen. Trotzdem für Traktionszwecke die spezifische Ausnützung gegenüber ortsfesten Anlagen eine drei- bis viermal größere ist, sind die erzielten Werte von ungefähr 42 kg/kWh bei fünfstündiger Entladung im Hinblick auf den Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges reichlich hoch. Nach theoretischen Untersuchungen, die Strasser[14]) angestellt hat, dürfte es jedoch beim Bleisammler, soferne nicht gänzlich neue Herstellungsmethoden gefunden werden, kaum möglich sein, unter einen Wert von 26 kg/kWh zu kommen. Aus diesem Grunde hat sich das Interesse immer wieder den alkalischen Batterien zugewendet. Infolge der niedrigeren Entladespannung pro Zelle von 1·2 V ist jedoch bei gleicher kWh-Leistung eine ca 50 vH größere Batterie erforderlich als beim Bleisammler; die erzielten Gewichtsersparnisse sind daher unbedeutend, dagegen ist der Platzbedarf ein wesentlich größerer, ein Umstand, der in manchen Fällen die Verwendung der alkalischen Batterie von vorneherein ausschließt. Nach der zitierten Untersuchung ist es jedoch theoretisch denkbar, beim alkalischen Sammler, der gegenwärtig eine spezifische Leistung von ca. 39 kg/kWh hat, ohne seine große Lebensdauer erheblich zu verringern, einen Wert von 14 kg/kWh zu erreichen. Sollte es praktisch möglich werden, eine solche Ausnutzung zu erzielen, so könnten die mit diesem Sammler ausgerüsteten Fahrzeuge auch auf längere Strecken mit anderen Transportmitteln erfolgreich konkurrieren. Dabei wäre allerdings vorauszusetzen, daß auch die Preise der Batterien wesentlich herabgesetzt werden könnten.

Von den in Europa verwendeten Bleibatterie-Typen kommen für die elektrische Traktion die Gitterplatten und Großoberflächenplatten in Betracht, letztere wegen ihres größeren Raumbedarfes und ihres hohen Gewichtes ausschließlich für Elektrokarren. Die alkalische Batterie in ihren bekannten beiden Bauarten nach Edison und Jungner haben sich bisher für Traktionszwecke nur wenig einzubürgern vermocht. Bloß für Elektrokarren sind sie mit gutem Erfolge verwendet worden. Ihre günstigen Arbeitsbedingungen, wie Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen sowie gegen völlige Entladung und Überladung und die Möglichkeit, einen Großteil der Kapazität in kurzer Zeit durch forciertes Laden der Batterie zuzuführen, machen sie allerdings für Traktionszwecke besonders geeignet; ihrer Verbreitung steht aber, wie schon erwähnt, der hohe Anschaffungspreis hindernd im Wege.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Elektrowagens fällt als höchste Ausgabenpost die Quote für die Instandhaltung der Batterie auf. Da diese das wichtigste Organ des Fahrzeuges bildet, ist auf ihre besondere Überwachung und Betriebsbereitschaft größte Sorgfalt zu legen. Da jedoch trotz eingehender Behandlungsvorschriften ihre Wartung oft unsachgemäß erfolgt, sind die Instandhaltungsabkommen der Akkumulatorenfabriken von besonderem Werte.

Auf der Sonderschau sind zwei österreichische Firmen mit Akkumulatorenbatterien vertreten. Die Accumulatoren-Fabriks-A. G. stellt ihre normalen Gitterplatten-Batterien, solche mit Großoberflächenzellen und auch einige Edison-Sammler größerer Kapazität aus. Die Steyr-Werke A. G., die den Bau von Traktionsakkumulatoren erst vor kurzem aufgenommen hat, tritt hier zum ersten Mal auf diesem Gebiet vor die Öffentlichkeit.

Die Ladung, über die im nachstehenden noch gesprochen werden soll, kann unter gewöhnlichen Umständen bei eingebauter Batterie erfolgen. Nur dort, wo im Tag- und Nachtbetrieb Wechselbatterien erforderlich sind, oder wenn Reparaturen vorgenommen werden sollen, ist ein Herausheben des Troges aus dem Fahrzeuge nötig. Je nach der Anordnung bezw. Aufhängung der Batterie können hiezu Plattformen, Hubkarren oder mechanische Winden benützt werden. Eine Vorrichtung letzterer Art wird von der „Demag" am Stande der Akkumulatorenfabrik-A. G. vorgeführt.

IV. Ladeeinrichtungen[15]).

Für die Ladung von Akkumulatorenbatterien sind im Prinzipe zwei Möglichkeiten vorhanden; entweder kann der Strom unmittelbar als Gleichstrom dem Netze entnommen werden oder es ist bloß, wie in den weitaus meisten Fällen, Drehstrom vorhanden, der zur Ladung auf Gleichstrom gewünschter Spannung umgeformt werden muß. Es erweist sich hiebei im allgemeinen vorteilhaft, automatische Ladeeinrichtungen vorzusehen, bei

[13]) Ausstellende: Akkumulatoren-Fabriks-A.-G., Wien. — Steyr-Werke A.-G., Wien.

[14]) Strasser: Der leichte Akkumulator, ETZ 1916, Heft 25.

[15]) Ausstellende: Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien. — Akkumulatoren-Fabriks-A.-G., Wien. — Joh. Kremenezky, Wien.

Digitized by Google

welchen durch einen besonderen Ladeschalter (Abb. 16)[16]) der vollgeladenen Batterie die weitere Stromzufuhr unterbunden wird. Bei direkter Netzladung sind außer der Ladeschalttafel mit den notwendigen Instrumenten, Schaltern und Vorschaltwiderständen sowie der automatischen Ausschalte-

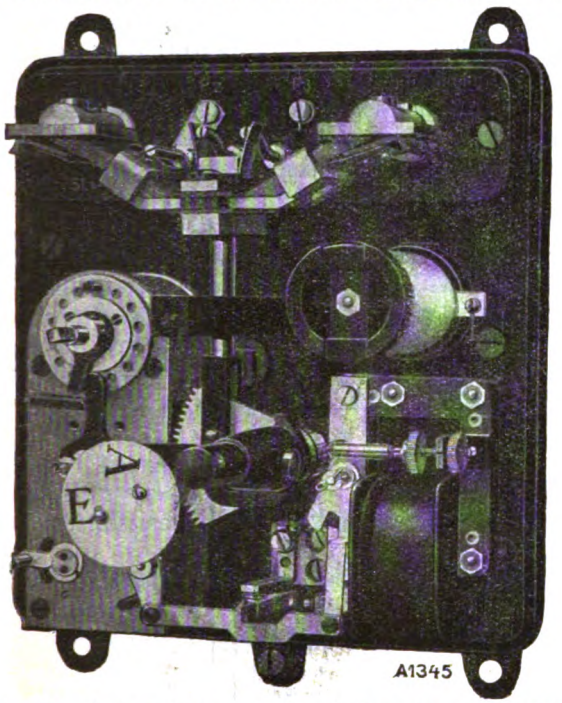


Abb. 16. Automatischer Ladeschalter, System Pöhler.

vorrichtung keine weiteren Apparaturen erforderlich; die notwendige Senkung der Ladestromstärke bei fortschreitender Ladung erfolgt hiebei selbsttätig. In den meisten Anlagen wird jedoch eine unmittelbare Speisung der Batterie aus dem

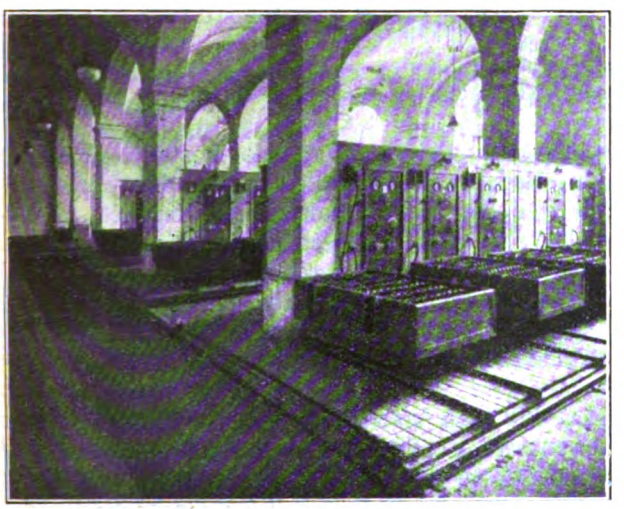


Abb. 17. Ladestation der Wiener Postkraftfahrleitung.

Gleichstromnetze nicht in Frage kommen und daher eine Umformung des vorhandenen Drehstromes erforderlich sein. Zweckmäßig werden heute trotz der verhältnismäßig höheren Anschaf-

[16]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 52.

fungskosten Gleichrichter zu Ladezwecken verwendet, da diese in hohem Maße betriebssicher, ohne Wartung, geräuschlos und mit gutem Wirkungsgrade arbeiten. Die Aggregate können ebenso wie bei direkter Netzladung vollautomatisch ausgebildet werden doch empfiehlt es sich, bei grö-

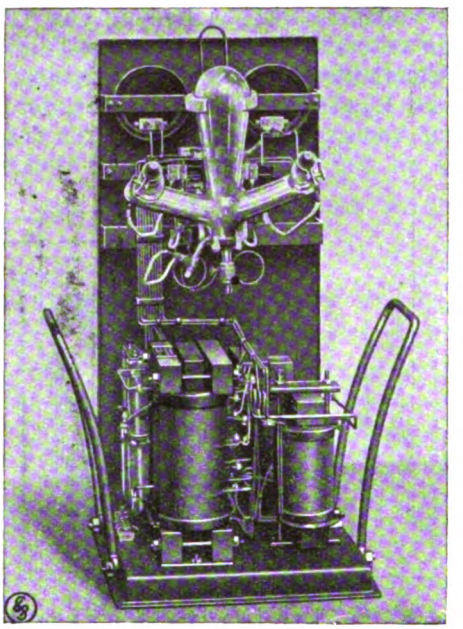


Abb. 18. Tragbare Ladegleichrichter der Siemens-Schuckert-Werke.

ßeren Ladestationen, Abb. 17, einige von Hand aus regulierbar zu machen, um für Nachladungen bezw. Formierungen den Ladevorgang nach Belieben regeln zu können. Am häufigsten finden Queck-

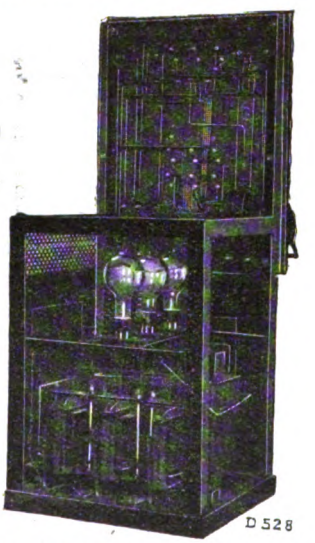


Abb. 19. Wehneltgleichrichter für automatische Ladestationen der Akkumulatorenfabrik A.-G.

silberdampf-Gleichrichter Verwendung, die in einem allseits geschlossenen und bei nicht zu großen Ladestromstärken auch tragbaren Kasten mit sämtlichen Apparaturen untergebracht sind (Abb. 18). Die Lebensdauer der Gleichrichterkörper kann je

Digitized by Google

nach der Glassorte mit 7000 bis 10 000 Stunden angenommen werden, doch sind bei entsprechend höherwertigen Spezialgläsern auch solche mit 15 000 Stunden und mehr festgestellt worden. Glasgleichrichter der geschilderten Art haben sowohl die ÖSSW wie die Firma Johann Kremenezky auf ihren Ständen ausgestellt.

Zur vollautomatischen Ladung von Traktionsbatterien erzeugt die Accumulatoren-Fabriks-A. G. eine Gleichrichtertype mit Wehneltbirnen. Sie besteht (Abb. 19) aus dem Transformator, der Drosselspule zur Anpassung der Charakteristik des Gleichrichters an den Ladevorgang, den Gleichrichterbirnen, die mit einer Argonfüllung arbeiten, sowie den für die Automatik notwendigen Schaltern. Eine schematische Skizze (Abb. 20) zeigt die Arbeitsweise dieser Ladeeinrichtung. Der Drehstrom wird über die Drosselspule *D* der in Dreieck geschalteten Primärwicklung des Transformators zugeführt; die Sekundärwicklung ist in Stern geschaltet, dessen Nullpunkt über einen Gleichstromschalter *G* und dem automatischen Ladeschalter mit dem negativen Pol der Batterie verbunden ist. Die Außenpunkte des Sternes liegen über Anodensicherungen an den Anoden $A_1 - A_3$ der Gleichrichterbirnen. Die Glühkathoden werden durch die Heizwicklung *W* beheizt, von deren Mittelpunkt die positive Klemme der Batterie gespeist wird. Die Zündanoden Z werden unter Vorschaltung von Silitwiderständen *Si* mit den Anoden verbunden.

V. Schlußwort.

Der kurze Abriß, der im vorstehenden über den gegenwärtigen Stand der Elektro-Fahrzeuge in Österreich gegeben wurde, sollte keine grundlegend neuen Fragen behandeln; es war vielmehr seine Aufgabe zu zeigen, daß der Elektrobetrieb bei Beschränkung auf bestimmte Verwendungsgebiete eine weit größere Verbreitung verdient, wie bisher. Aus den tatsächlichen Verhältnissen entnommenen Betriebskostenberechnungen ist zu ersehen, daß er sich wirtschaftlich vollkommen rechtfertigt, da gewisse Ersparnisse gegenüber anderen Transportmitteln erzielbar sind. Aber selbst bei gleichen Transportkosten gegenüber dem Benzinwagen müßten doch die vielfachen Vorzüge des Elektro-Fahrzeuges, die sich zahlenmäßig alle nicht festlegen lassen, für seine ausgedehntere Verwendung sprechen. Es ist zu hoffen, daß die Sonderschau „Das Elektro-Fahrzeug" zu dieser Erkenntnis auch in Österreich beitragen und der elektrischen Traktion zu größeren Erfolgen verhelfen wird. Allerdings soll nicht verkannt werden, daß sich solche nur dann wirklich erzielen lassen, wenn alle an dieser Frage interessierten Kreise sie in jeder Weise unterstützen.

Zum Schlusse sei auch an dieser Stelle den Ausstellerfirmen für die Beistellung von Zeichnungen, Bildern und Druckstöcken, die zur Förderung der vorliegenden Skizze wesentlich beigetragen haben, bestens gedankt.

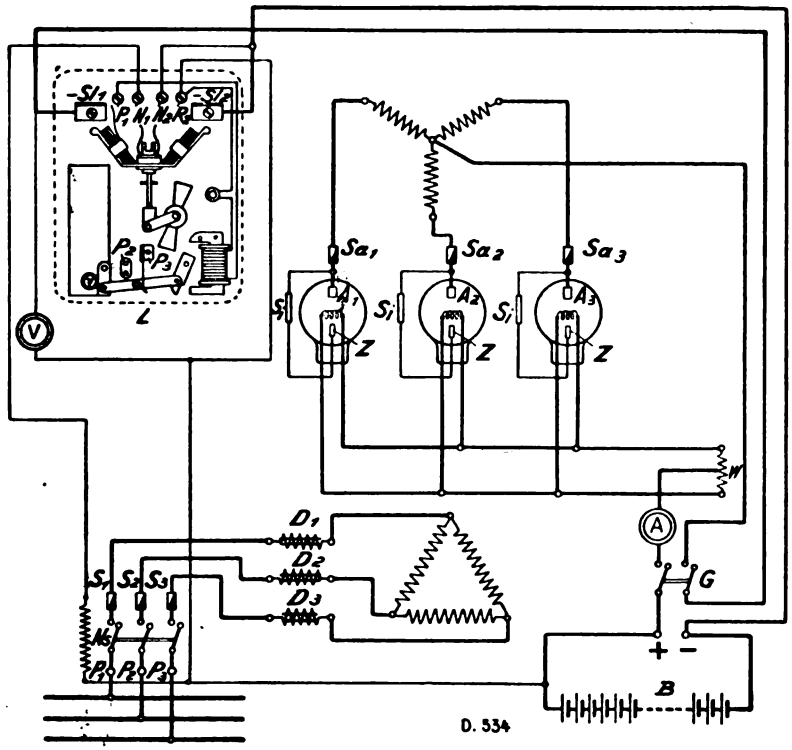


Abb. 20. Schaltungsschema einer automatischen Ladestation mit Wehneltgleichrichter.

Digitized by Google

Die eisenlose Drosselspule vom kleinsten Kupfergewicht.

Von Ing. J. **Hak**, Paris.

Bekanntlich wird das Minimum des Widerstandes, also auch des Kupfergewichtes einer eisenlosen Drosselspule mit rechteckigem Wicklungsquerschnitt für den Quadratquerschnitt, dessen Seite in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Durchmesser der Spule steht, erhalten. Für dieses Verhältnis wird die Zahl $D/a = 3{\cdot}7$ angegeben, wo D der mittlere Windungsdurchmesser und a die Seite des Wicklungsquerschnittes ist[1]). Diese Zahl wurde rechnerisch aus der Stefanschen Formel erhalten, wobei zur Vereinfachung der Rechnung einige Glieder nicht berücksichtigt wurden. Es wird im folgenden gezeigt, daß die genauere Zahl für dieses günstigste Verhältnis erheblich von diesem Werte abweicht; der Unterschied in dem Kupfergewicht oder Widerstand selbst ist dagegen sehr klein, da das Minimum in Umgebung dieser Werte sehr flach verläuft.

Bezeichnungen:

n = Windungszahl,
a = achsiale Ausdehnung des Wicklungsquerschnittes in cm,
r = radiale Ausdehnung des Wicklungsquerschnittes in cm,
D = mittlerer Windungsdurchmesser der Spule in cm,
$\alpha = a/D$,
$\varrho = r/D$,
L = Induktivität in cm.

Die Stefansche Formel kann für $a = r$ geschrieben werden in der Form

$$L = n^2 D \Phi =$$

$$= 2\pi n^2 D \left[\left(1 + \frac{\alpha^2}{6}\right) \ln \frac{\sqrt{8}}{\alpha} - 0{\cdot}8483 + \right.$$

$$\left. + 0{\cdot}204\,\alpha^2\right] \quad \ldots\ldots (1),$$

wo Φ eine nur von der Form abhängige Funktion ist. Der Widerstand oder das Kupfergewicht bei konstanter Induktivität sind der Funktion $f = n.D$ direkt proportional (wobei gleicher Drahtquerschnitt und Füllfaktor anzunehmen sind). Es ist außerdem

$$n = c.a.r = c.\alpha.\varrho.D^2 = c\,\alpha^2 D^2,$$

sodaß

$$L = c^3 \alpha^4 D^5 \Phi,$$

$$f = c\,\alpha^2 D^3$$

gesetzt werden kann. Eliminiert man D, so erhält man

$$f = c^{-1/5} L^{3/5} \alpha^{-2/5} \Phi^{-3/5},$$

sodaß das Minimum der Funktion f gleichzeitig ein Maximum der Funktion $g = \alpha^2 \Phi^3$ ist. Werte von g und von $g' = \partial g/\partial \alpha$ wurden mit Benützung des Ausdruckes von Φ [Gl. (1)] berechnet und sind in der Abb. 1 für $\alpha = 0{\cdot}26$ bis $0{\cdot}38$ durch entsprechende Kurven dargestellt. Das Maximum tritt für $\alpha = 0{\cdot}3395$ ein.

Man kann also annehmen, daß das Minimum des Kupfergewichtes oder des Widerstandes bei dem Verhältnisse $\alpha = 0{\cdot}34$ oder $D/a = 2{\cdot}94$ stattfindet. Wie oben erwähnt, ist die Vergrößerung des Kupfergewichtes, die bei Benützung des Wertes $D/a = 3{\cdot}7$ verursacht wird, verschwindend klein. Der Wert der Funktion g für $\alpha = 1/3{\cdot}7 = 0{\cdot}27$ ist $g = 66{\cdot}63$, während der Maximalwert $g_m = 68{\cdot}2$ ist. Die perzentuale Vergrößerung des Kupfergewichtes ist also durch

$$100\left(\frac{68{\cdot}2}{66{\cdot}63}\right)^{1/5} = 100{\cdot}5$$

gegeben, daß heißt sie beträgt nur $0{\cdot}5$ vH. Die

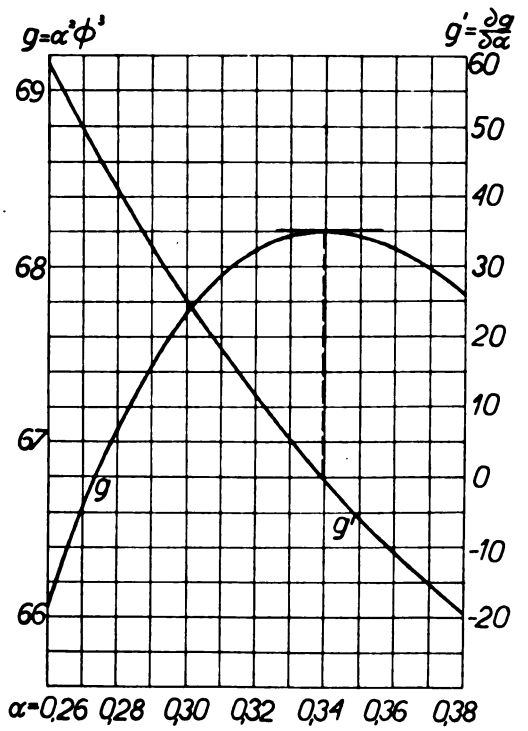


Abb. 1. Bestimmung des Maximums der Funktion $g = \alpha^2 \Phi^3$.

Kurve g in Abb. 1 gestattet, in ähnlicher Weise die perzentuale Vergrößerung des Kupfergewichtes bei Nichteinhaltung des günstigsten Wertes für Quadratquerschnitte zu berechnen.

Um auch für nichtquadratische Wicklungsquerschnitte einen Anhalt für die Beurteilung des Verhältnisses zwischen der Induktivität und dem Kupfergewicht zu gewinnen, wurden für den ganzen Bereich von $\varrho = 0$ bis $0{\cdot}98$ und $\alpha = 0$ bis $1{\cdot}5$, in welchem die Formel (1) noch zulässig ist, Werte von Φ und g berechnet und graphisch, durch speziell konstruierte Kurven, Punkte von gleichen Werten von Φ und g gefunden. Für $\alpha = 0$ und für $\varrho = 0$ wurden außerdem zur Berechnung die bekannten Formeln bezw. Tafeln von Spielrein[2]) und von Emde[3]) benutzt. Die so erhaltenen Kurven von Φ und g sind in der Abb. 2 eingezeichnet.

[1]) Orlich, Kapazität und Induktivität. — Strecker, Hilfsbuch f. d. Elektrot., Verlag Springer, Berlin, 10. Aufl. 1925, S. 83.

[2]) Spielrein, Arch. f. El. Bd. 3, 1915, H. 7; vgl. a. E. u. M. 1915, S. 311; 1928, S. 107.

[3]) Emde, E. u. M. 1912, S. 221, 246, 267.

Digitized by Google

Die Kurven von Φ gestatten eine bequeme Berechnung der Selbstinduktivität von Spulen beliebiger Form, die Kurven von g ermöglichen gleichzeitig eine Beurteilung der betreffenden Spule mit Hinsicht auf das Verhältnis zwischen Induktivität und Kupfergewicht (oder Widerstand).

Für die Kurven von g wurden diejenigen Werte von g gewählt, die, wenn das Kupfergewicht der günstigsten Spulenform gleich $k = 100$ gesetzt wird,

$$\alpha = \frac{a}{D} = \frac{10}{50} = 0{\cdot}20, \quad \varrho = \frac{r}{D} = \frac{20}{50} = 0{\cdot}40$$

und nach Abb. 2 $\Phi = 9{\cdot}1$. Die Induktivität ist also

$$L = n^2 . D . \Phi = 100^2 . 50 . 9{\cdot}1 = 4{\cdot}55\ \text{mH}.$$

Der Punkt $\alpha = 0{\cdot}20, \varrho = 0{\cdot}40$ gibt für das Kupfergewicht den Wert $k = 102$ an. Die gewählte Form ist also sehr günstig, da bei Verwendung der günstigsten

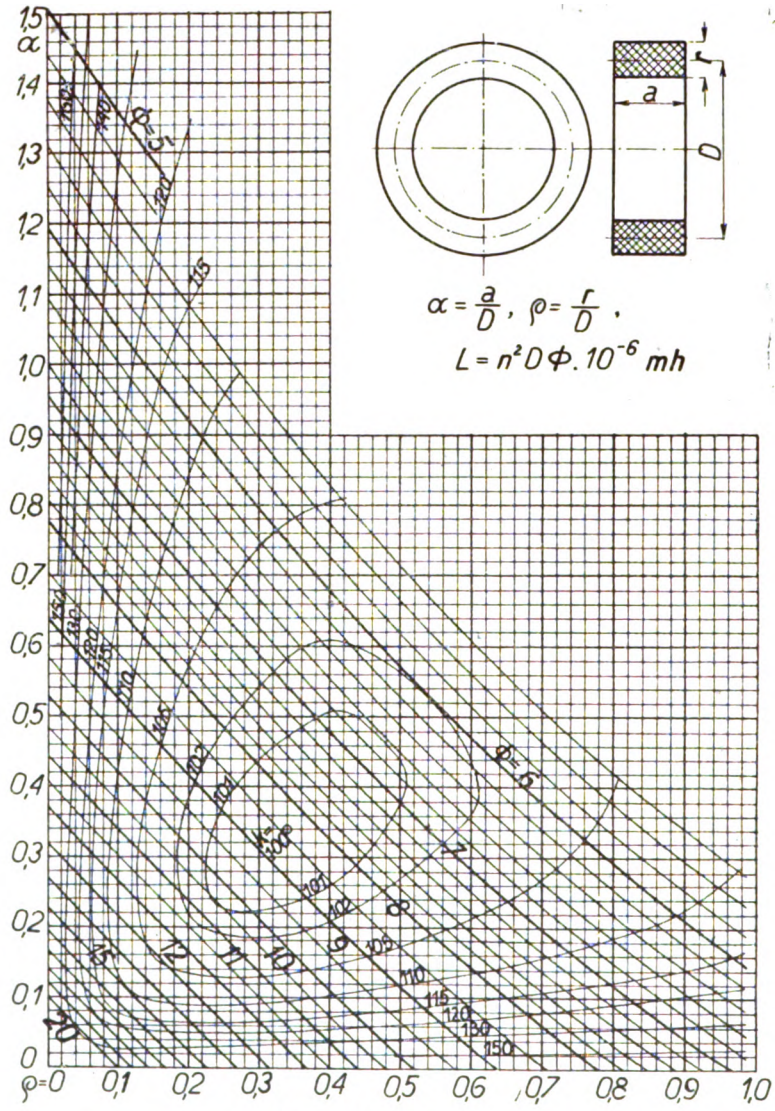


Abb. 2. Werte von Φ und k zur Bestimmung der Induktivität L und des auf die günstigste Spulenform bezogenen Kupfergewichtes.

den Kupfergewichten von $k = 101$, $k = 102$, $k = 105$ usw. entsprechen.

Wie ersichtlich, verursacht eine ziemlich starke Abweichung von der günstigsten Spulenform ($\alpha = \varrho = 0{\cdot}34$) eine nur verhältnismäßig kleine Vermehrung des Kupfergewichtes, da das Minimum der Funktion f in allen Richtungen um den Punkt $k = 100$ herum sehr flach verläuft.

Beispiel 1. Gegeben: $D = 50$, $a = 10$, $r = 20$ cm, $n = 100$. Es ist

Form nur etwa 2 vH des Kupfergewichtes erspart werden könnten.

Beispiel 2. Gegeben: $D = 40, a = 40, r = 4$ cm, $n = 100$. Für $\alpha = 1{\cdot}0$ und $\varrho = 0{\cdot}1$ ergibt sich $\Phi = 6{\cdot}2$, $k = 124$. Die gewählte Form ist wenig ökonomisch. Will man aber die Spule mit etwa demselben Verhältnis ϱ konstruieren, so findet man bei $\alpha = 0{\cdot}25$ die günstigste Spulenform, bei der das Kupfergewicht auf etwa $k = 108$ vermindert wird.

Digitized by Google

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die selbsttätige Feuerungsregelung von Dampfkesseln bespricht Th. Stein in der „Z. V. D. I." 1927, Heft 34. Da die Abhängigkeit der Dampferzeugung eines Kessels vom Kohlenverbrauch eine lineare ist und die Anheizkohlenmenge je Stunde Stillstand ungefähr 13 vH des Vollastkohlenverbrauches beträgt, wäre es am zweckmäßigsten, bei schwacher Last unter Verwendung von Reglern alle Kessel parallel zu betreiben, anstatt einzelne stillzulegen. Berücksichtigt man jedoch, daß bei Leerlauf die Überhitzung abnimmt und zieht man auch noch den durch die verminderte Temperatur erhöhten Dampfverbrauch der Maschinen in Rechnung, so kann der Leerlauf mehr kosten als der Stillstand. Es scheint bei sinkender Last am wirtschaftlichsten, einzelne Kessel mit Vollast und hoher Überhitzung zu betreiben und die übrigen auf Leerlauf zu bringen. Bei Rostfeuerung kann der geregelte Betrieb bei Teillast infolge des geringen Luftüberschusses die Roste zum Glühen bringen, was man unter anderem durch Bespritzen der Roste mit Wasser zu vermeiden trachtet. Da die Mengen von Dampf, Luft und Kohle mit Hilfe von Druckunterschieden, die quadratisch mit der Menge zunehmen, gemessen werden, sind bei kleiner Last die verfügbaren Regelkräfte sehr gering. Die wichtigste Voraussetzung für die allgemeine Feuerungsregelung ist daher die Möglichkeit, mit Reglern von geringer Masse und sehr hoher Empfindlichkeit zu arbeiten. Die Regelung der Luftzufuhr in Abhängigkeit von der Belastung ist der erste Schritt zum selbsttätigen Betrieb. Man beschränkt dadurch die Tätigkeit des Heizers darauf, die Kohlenzufuhr nach dem wirtschaftlichsten Luftüberschuß einzustellen. Da der Regler bei jeder Änderung der Belastung die Luftzufuhr sofort verstellt, so hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Heizer durch Meßgeräte zu unterstützen, die fortlaufend Dampfmenge und zugehörige Luftmenge anzeigen. Statt der häufigen Regelung auf gleiche Zugstärke nach dem Dampfdruck der Sammelleitung, wobei das dünnere Feuerbett eine größere Luftmenge erhält, ist es besser, auf gleiche Zugunterschiede zu regeln: die Rauchgasklappen stellen sich dann so ein, daß sich die Luft auf beide Kessel stets gleichmäßig verteilt. Außer der Rauchgasmenge im Fuchs muß besonders bei Unterwind auch der Luftzutritt zum Rost geregelt werden. Als allgemeine Richtlinie kann gelten, daß es zulässig ist, alle jene Teile einer Feuerung zu kuppeln und durch den gleichen Regler einzustellen, von denen das genaue Einhalten eines Zwischenwertes (zum Beispiel des Druckes im Feuerraum hinter dem Unterwind- oder vor dem Sauggebläse) nicht gefordert wird; dagegen braucht man besondere Regler für alle solchen Teile, die ein bestimmtes Mengenverhältnis einhalten müssen (zum Beispiel Luft : Kohle). Die Regelung der Kohlenzufuhr hat sich als Ergänzung der selbsttätigen Einstellung der Luftzufuhr gut bewährt, weil der Heizer von der ständigen Arbeit des Nachstellens entlastet wird. Durch Anwendung von Gebläsen und Ölpumpen, welche die Drehzahl der Rostantriebsmotoren oder der Kohlenstaubförderschnecke beeinflussen, werden die Regler wesentlich vereinfacht. Wechselnde Kohlenbeschaffenheit erfordert eine Veränderung des Mengenverhältnisses Luft : Kohle. Es ist daher bei Verfeinerung des selbsttätigen Betriebes auch noch eine Zusatzregelung in Abhängigkeit vom Rauchgasprüfer notwendig. Die Kohlenersparnisse entstehen bei einem selbsttätigen Betrieb dadurch, daß die Verzögerungen und Ungenauigkeiten der Handregelung vermieden werden und außerdem bei 24stündigem Betrieb die Stillstandsverluste entfallen. Die Ersparnisse betragen 11 bis 20 vH. Das Speichervermögen des Kesselraumes läßt sich durch Feuerungsregler ausschalten oder planmäßig ausnützen. Man kann durch verschiedenartige Einstellung des Solldruckes bei einer größeren Anzahl von Kesseln gewisse Kessel zur Spitzendeckung heranziehen. In Großkraftwerken ergibt sich eine natürliche Abgrenzung der Arbeitsgebiete von Wärmespeichern und Feuerungsreglern. Die höchsten Spitzen der Belastung kann man durch Ruths-Speicher ausgleichen[1]). Der breitere Teil der Lastspitze fällt den Gleichdruckspeichern zu. Zwischenwerte der Belastung werden von den Feuerungsreglern ausgeglichen. Da bei den Hochdruckanlagen die Speicherung durch den Wasserinhalt der Kessel entfällt, so ist die selbsttätige Regelung unbedingt erforderlich. Für reine Hochdruckanlagen kommt eine Schnellregelung in Betracht, bei der Feuerung, Kesselspeisung und Überhitzung durch Mengenregler in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit den Schwankungen der Belastung angepaßt werden, ehe sich der Dampfzustand geändert hat. Man kann aber auch von der elektrischen Leistung aus ein Hauptsteuerwerk betreiben, das nicht nur die Kessel, sondern auch die Einlaßventile der Kraftmaschinen augenblicklich durch Mengenregler einstellt, während die Nachsteuerung auf Grund der

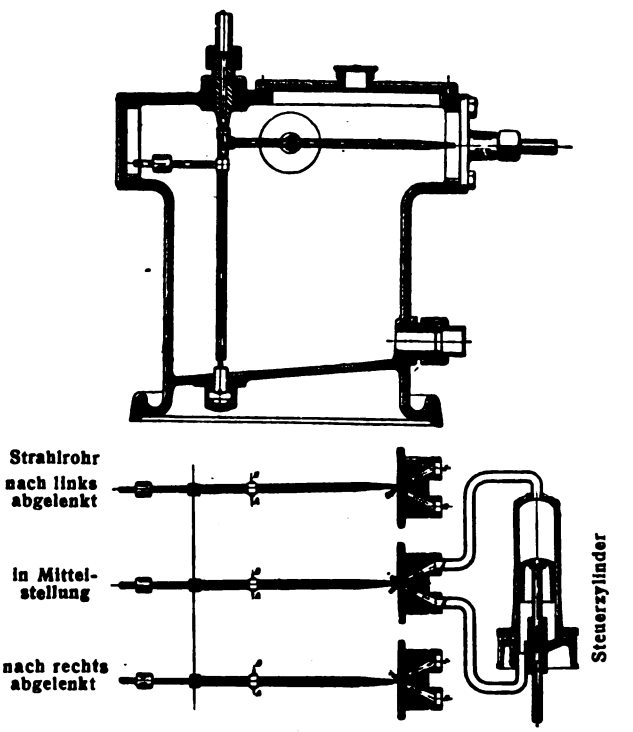


Abb. 1. Schema des Strahlrohrsteuerwerkes.

Änderungen der Periodenzahl auf die Maschinen und auf Grund der Änderungen im Dampfzustand auf die Kessel einwirkt. Die Beherrschung aller Betriebseinrichtungen von einer Stelle aus würde den Betrieb mehrerer parallelgeschalteter Werke wesentlich erleichtern.

Neben den Reglern von Roučka[2]) haben, wie auch Stein in dem vorstehend erwähnten Aufsatze ausführt, in der letzten Zeit die von den Askania-Werken A.-G. in Berlin-Friedenau gebauten Regelvorrichtungen größere Verwendung für Dampfkessel gefunden. Die Grundlage dieser Regler, die auch sonst für die verschiedensten Zwecke benützt werden können, bildet das Strahlrohr, eine um eine senkrechte Achse drehbare Düse (Abb. 1). Durch die hohle Achse der Düse wird Drucköl zugeführt, das an der Spitze austritt. Vor dem Strahlrohr befinden sich an dem sogenannten Verteilerstück dicht nebeneinander zwei Öffnungen vom lichten Durchmesser der Düse, welche mit den beiden Seiten eines Steuerzylinders verbunden sind. In der Mittelstellung des Strahlrohres

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 365, 867.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 60.

Digitized by Google

trifft der Ölstrahl mitten auf die Schneide zwischen den beiden Öffnungen. Die Strömungsenergie des Öles setzt sich in Druck um und in dieser Stellung ist der Druck auf die beiden Öffnungen und somit auf die beiden Seiten des Steuerkolbens gleich. Der Kolben bleibt daher in Ruhe. Wird das Strahlrohr aus seiner Mittelstellung abgelenkt, so wird der Druck auf eine der beiden Öffnungen größer, auf die andere kleiner, der Kolben wird verstellt, in dem Maße als Drucköl nachströmt. Da das Strahlrohr reibungslos gelagert und leicht ist, wird schon bei seiner geringsten Verstellung

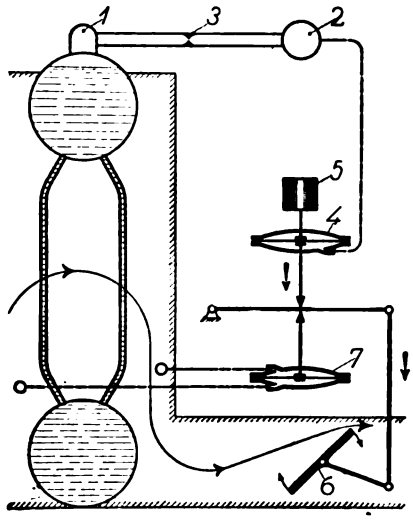


Abb. 2. Regelung der Rauchgasklappen nach der Belastung mit Rückführung durch die Rauchgasmenge.

eine Steuerbewegung erzielt. Der Regler arbeitet also ohne Verzögerung. Bei kleinen Impulsen ist die Steuergeschwindigkeit gering, bei größeren nimmt sie ebenfalls zu. Andererseits nimmt sie bei Annäherung an die Sollstellung ab und wird im Augenblick des Durchganges durch diese Stellung Null. Die Verstellkräfte auf den Steuerkolben sind erheblich groß. Wird der Strahl zum Beispiel mit 5 atü aus der Düse herausgepreßt, so entspricht dies bei nur 100 cm² Kolbenfläche einer Verstellkraft von 500 kg. Bei besonderen Anforderungen an die Regelgeschwindigkeit oder besonders großen Verstellkräften wird nicht der Steuerkolben selbst beein-

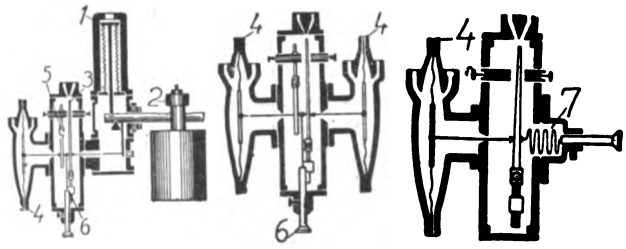


Abb. 3. Belastungsregler-, Verhältnisregler- u. Druckregler-Steuerwerk.

flußt, sondern ein kleiner Steuerschieber (Folgekolben), der die Zuleitungen zum eigentlichen Steuerkolben steuert. Bei den Kesselreglern der Askania-Werke wird als Meßgröße ebenso wie bei den Reglern von Roučka der Dampfdruck verwendet. Auf die Membran 4 (Abb. 2) wirkt der Unterschied zwischen dem Solldampfdruck (durch das Gewicht 5 gegeben) und dem tatsächlichen Druck in der Dampfleitung 2, zur Rückführung wird eine zweite Membran 7 verwendet, auf deren beide Seiten die Drücke an zwei bestimmten Stellen des Rauchgasweges einwirken. Dieser Druckunterschied (an den beiden Stellen des Rauchgasweges) ist ein Maß für die Rauchgasmenge bezw. die Verbrennungsluftmenge.

Soll die Geschwindigkeit eines Wanderrostes, das heißt also die Menge des zugeführten Brennstoffes geregelt werden, so wird die Antriebsmembran des Strahlrohres vom Dampfdruck, die Rückführmembran von einem Meßgebläse beeinflußt, dessen Umlaufszahl proportional jener des Rostantriebes ist. Bei Verstellung der Rauchgasklappe nach dem Mengenverhältnisse von Luft und Brennstoff wird die Meßmembran von einem Meßgebläse beeinflußt, dessen Drehzahl in Abhängigkeit von der Antriebsvorrichtung für die Kohlenzufuhr (Kohlenstaubzuteiler, Rost) steht, während auf die Rückführmembran wieder der Druck an zwei Stellen des Rauchgasweges einwirkt.

Die bauliche Ausführung der Reglersteuerwerke läßt Abb. 3 erkennen, welche Steuerwerke eines Belastungsreglers, eines Verhältnisreglers und eines Druckreglers zeigt (siehe unten). Der Hebel 5 und der Schieber 6 dienen dabei zur Veränderung des Kraftverhältnisses zwischen der Antriebsmembran und der Rückführmembran. Beim Druckregler wirkt dem Über- oder Unterdruck auf die Membran 4 die Feder 7 entgegen.

Für die Regelung bei Kesseln und Kesselanlagen werden nun diese Steuerwerke je nach den Betriebsbedingungen angewendet. Bei Rostfeuerungen verstellt zur Regelung der Luftzufuhr ein Belastungssteuerwerk die Rauchgasklappe. Bei Unterwindfeuerungen wird der Luftzutritt zum Rost noch durch ein Druckreglersteuerwerk eingestellt, das durch den Druck im Feuerraum beeinflußt wird. Sind mehrere Kessel vorhanden, so wird für alle gemeinsam ein Hauptsteuerwerk (Belastungssteuerwerk) verwendet, das in Abhängigkeit vom Dampfdruck in der Sammelleitung einen gemeinsamen Meßdruck für die Regler der einzelnen Kessel (Verhältnissteuerwerke zur Verstellung der Rauchgasklappen der einzelnen Kessel) herstellt. Läßt sich die Geschwindigkeit der Brennstoffzufuhr willkürlich einstellen, so kommt hiefür ein Belastungssteuerwerk (gegebenenfalls für alle Kessel) zur Anwendung und außerdem je ein Verhältnissteuerwerk zur Betätigung der Rauchgasklappen in Abhängigkeit von der Rostgeschwindigkeit und der Rauchgasmenge und ein Druckreglersteuerwerk zur Betätigung einer Luftzutrittsklappe zum Rost in Abhängigkeit vom Feuerraumdruck. Bei Wanderrostfeuerungen wird durch das Belastungsreglerwerk (Hauptsteuerwerk) ein Steuerzylinder betätigt, der den Regler des Rostantriebsmotors verstellt, bezw. wenn mehrere Kessel parallel geschaltet sind, die Spannung in der Stromzuleitung zu den Motoren einstellt, zum Beispiel bei der Anwendung einer von einem Drehstrommotor angetriebenen Gleichstromsteuerdynamo (Leonard-Aggregat). Die Steuerwerke für die Rauchgasklappen werden durch Druckluft beeinflußt, die von den Rostmotoren angetriebene Meßgebläse erzeugen. Ähnlich ist der Aufbau der Regleranlage bei Kohlenstaubfeuerungen.

Im allgemeinen wird die Arbeitsweise der Askania-Regler durch Ranarex-Rauchgasprüfer der AEG überwacht[1]) und nach der jeweiligen CO_2-Anzeige die Steuermembran des Verhältnisreglers für die Rauchgasklappe von Hand eingestellt. Um auch diese letzte, dem Heizer überlassene Tätigkeit zu ersparen, kann, wie schon oben angedeutet, von dem Zeiger des Ranarexapparates aus wieder mittels eines Strahlrohres die Druckölzufuhr zu einem Hilfskraftzylinder geregelt werden, der den Einstellschieber (6) des Strahlrohres des Rauchklappensteuerwerkes so verstellt, daß der Kohlensäuregehalt der Rauchgase unverändert bleibt. Bei Kesseln, die ständig mit Vollast arbeiten, läßt sich durch den Ranarex-Apparat die Luftzufuhr zum Rost unmittelbar so regeln, daß bei verschiedenen Brennstoffen der günstigste Luftüberschuß vorhanden ist. Der Zeiger des Ranarex-Apparates verstellt wieder mittels eines Strahlrohres einen Steuerkolben, der unmittelbar auf die Unterwindklappe einwirkt. Bei Einbau eines dieser Luftüberschußregler neben den früher behandelten wird die Anlage unabhängig von der Belastung und vom Brennstoff selbsttätig so geregelt, daß einerseits der Dampf-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 26.

Digitized by Google

druck erhalten bleibt und andererseits die Ausnutzung aller Brennstoffe gleich günstig ist.

Über die Bewährung der beschriebenen Regler liegen bereits zahlreiche Versuchsergebnisse vor. Insbesondere sei auf die umfangreichen Versuche hingewiesen, die im Eisenbahnausbesserungswerk Kassel an einem 400 m² Wasserrohrkessel mit Wanderrost für 10 atü vorgenommen wurden[1]). Bei einer Belastung des Kessels von 22·74 bezw. 20·62 kg Dampf je m² Heizfläche und Stunde unter Verwendung der Regler wurde ein Wirkungsgrad von 78·11 vH, ohne Verwendung der Regler ein solcher von 69·22 vH erreicht. Dies entspricht einer Ersparnis an Kohle von rund 12·5 vH. Diese Ersparnis ist auch im Dauerbetriebe erzielt worden.

J.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Magnetisierungscharakteristik der Gleichpol-Induktortype. K. Metzler, Köthen. Die Leerlaufmagnetisierungscharakteristik der Gleichpol-Induktortype kann normale Form haben, oder aber auch einen Verlauf aufweisen, bei dem der nutzbare Fluß n für einen bestimmten Wert der Erregung einen Höchstwert erreicht und mit steigender Erregung wieder merklich abfällt. Abb. 4 zeigt eine experimentelle Aufnahme an einer Mittelfrequenzmaschine für 10 kVA, 250 V, 450 Per/s; 1350 U/min, Windungszahl der Erregerspule 1545. Die eigenartige Hysteresisschleife ist deutlich erkennbar und außerdem die große Abweichung zwischen der berechneten E_0 *ber.* und der aufgenommenen Charakteristik (E_0). Diese Erscheinung ist wie folgt zu erklären: Die in der Spule des Stators erzeugte EMK ist unter gleichen Verhältnissen am größten, wenn die Pollücken des Induktors linienfrei sind, dagegen verschwindet

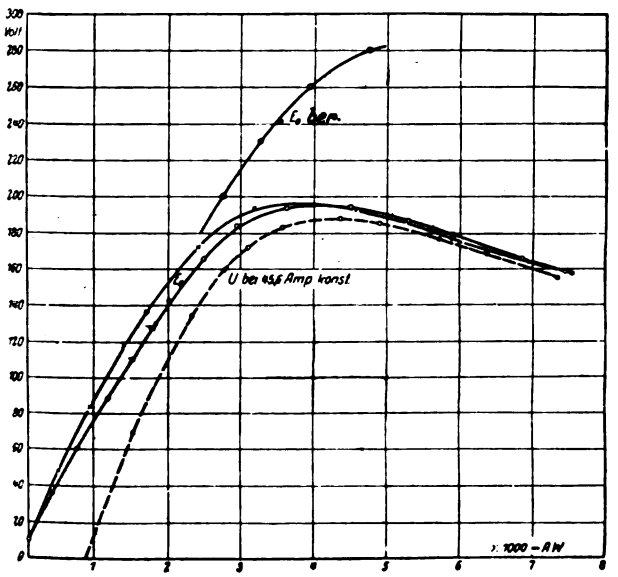


Abb. 4. Magnetisierungskurve.

sie, wenn die Dichte des Flusses unter den Zacken und in den Lücken gleich ist. Falls also infolge der Sättigung in den Zacken der magnetische Widerstand so zugenommen hat, daß bei weiterer Steigerung der Erregung mehr Linien in die parallel geschaltete Pollücke gedrängt werden als durch die Erregungssteigerung neu erzeugt wurden, so muß die EMK wieder fallen.

Der in den Statorspulen verwertbare Fluß Φ_n ist also kleiner als der durch den Luftspalt tretende Fluß Φ, weil auch Linien durch die Pollücke gehen. Es ist nicht schwer, die Verteilung des Flusses über eine Polteilung τ_p mit Hilfe der von Dr. Lehmann in der ETZ 1909, S. 995, angegebenen Methode aufzuzeichnen und daraus Φ_n in einfacher Weise zu konstruieren[2]). Abb. 5 gibt zum Beispiel die Verteilung von Φ über die Polteilung τ_p an für den Fall

$$\alpha = \frac{b_n}{\delta} = 10 \quad \text{und} \quad \beta = \frac{b_n}{\tau_p} = 1/2. \quad (b_n = \text{Nutbreite.})$$

Es ist nur die eine Hälfte gezeichnet, $\frac{\tau_p}{2} = 10$ cm genommen, ebenso die maximale Dichte $\mathfrak{B}' = 10$ cm. Wäre auch der Rotor eine ununterbrochene Eisentrommel, so würde auf einer axialen Länge von 1 cm ein Fluß übertreten von $\Phi_i \equiv 10 \cdot 10 \equiv 100$ cm². Der wirklich bei der unterbrochenen Rotorfläche übertretende Fluß ist durch die Fläche $ABCDA = 66{\cdot}67$ cm² dargestellt, also ist

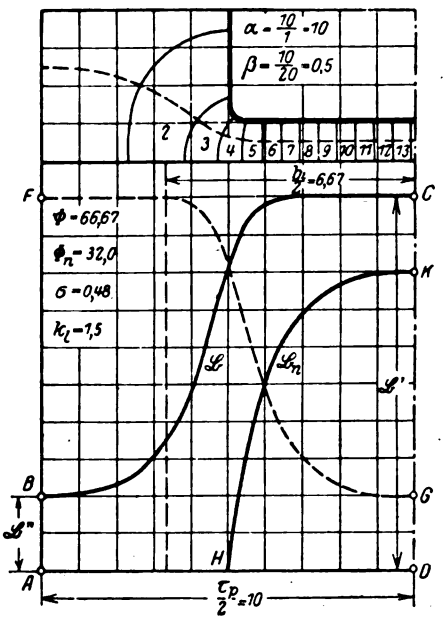


Abb. 5. Verteilung des Flusses über die Polteilung.

$\Phi \equiv 66{\cdot}67$ cm². Die Ausnutzung beträgt daher

$$\frac{b_l}{\tau_p} = \frac{\Phi}{\Phi_i} = 0{\cdot}667.$$

Die Verteilung und Größe des nützlich verwertbaren Flusses Φ_n wird erhalten durch Drehen der Fläche $ABCD$ um die Ordinate in $\frac{\tau_p}{4}$ als Achse, bis CD nach AF und AB nach DG gekommen ist. Subtrahiert man dann die Ordinaten von $AFGD$ von denen der Fläche $ABCD$, so ergibt sich die Verteilung von Φ_n. In Abb. 5 ergibt sich eine Fläche $HKD = 32$ cm². Es ist also $\Phi_n \equiv 32$ cm² oder 32 vH von Φ_i.

Es läßt sich auch das Verhältnis des nützlich verwertbaren Flusses zu dem wirklich durch den Luftspalt tretenden Fluß angeben:

$$\sigma = \frac{\Phi_n}{\Phi} = \frac{32}{66{\cdot}67} = 0{\cdot}48.$$

Der nützlich verwertbare Fluß beträgt also 48 vH des übertretenden Flusses, ein gerade nicht erfreuliches Ergebnis.

Setzt man $\varphi_l = \frac{\Phi_n}{\Phi_i}$, so wird

$$\text{für } \beta = 0{\cdot}5 \quad \varphi_l = 0{\cdot}48 \frac{\alpha}{\alpha + 5},$$

$$\text{für } \beta = 0{\cdot}6 \quad \varphi_l = 0{\cdot}47 \frac{\alpha}{\alpha + 5}.$$

Mit Hilfe von φ_l ist $\Phi_n = \varphi_l \cdot \Phi_i$ bekannt, damit die EMK, und die richtige Leerlaufcharakteristik kann berechnet werden. Eine auf diesen Grundlagen angestellte Rechnung der zu Abb. 4 gehörenden Maschine gibt befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung.

(Archiv f. Elektr., Bd. 19, Heft 1, 1927.)

[1]) Vgl. Die Wärme 1926, Nr. 50 und 51.
[2]) E. u. M. 1927, S. 346.

Digitized by Google

Fernmeldewesen.

Unterlagerungstelegraphie. Von H. Stahl wird ein Telegraphiersystem beschrieben, welches gestattet, mit Gleichstromimpulsen auf den Adern eines Fernsprechkabels zu arbeiten, ohne die auf denselben oder benachbarten Adern sich abwickelnden Ferngespräche zu beeinflussen oder zu stören[1]). Die wichtigsten Amplituden der bei einer Telegraphiergeschwindigkeit von 600 Fünferzeichen in der Minute ausgesandten Zeichen liegen im Gebiete von 0 bis 50 Hertz. Für die Sprachübertragung werden Frequenzen von 300 bis 2000 Hertz verwendet und es ist daher möglich, diese beiden Frequenzbereiche ohne gegenseitige Beeinflussung über eine gemeinschaftliche Leitung zu übertragen. Beim Telegraphierbetrieb entstehen aber durch das plötzliche Einschalten der Telegraphenrelais Oberschwingungen, welche auch bei etwa 300 Hertz noch genügend große Teilschwingungen haben, um den Fernsprechbetrieb auf derselben Leitung empfindlich zu stören. Zur Betätigung der Telegraphenempfangsrelais sind aber erfahrungsgemäß nur Zeichen notwendig, welche sich der Form einer Sinuswelle nähern. Die demnach also unnötigen hochfrequenten Wellen können somit schon beim Sender von der Leitung zurückgehalten werden. Am einfachsten geschieht dies mit einer Drosselkette, welche zwischen Telegraphensender und Leitung eingeschaltet wird. Die Grenzfrequenz einer solchen Drosselkette soll erfahrungsgemäß auf die 1·6 fache Punktfrequenz eingestellt werden. Da aber auch die Telegraphiergrundfrequenzen eventuell Störgeräusche in den an dieselbe Leitung angeschlossenen Fernsprechapparaten verursachen können, so muß man vor den Sende- und Empfangsorganen der Telephonie Kondensatorketten schalten, deren Grenzfrequenz bei etwa 200 Hertz liegt. Der im Fernsprechbetrieb bis jetzt gebräuchliche 25 periodige Rufstrom darf allerdings auf solche Leitungen, welche für die Unterlagerungstelegraphie benützt werden, keine Verwendung finden. Im eigenen Interesse des Weitfernsprechverkehrs verbietet es sich aber schon von selbst, niederfrequente Rufströme, welche bei jedem Zwischenverstärker besondere Umgehungsschaltungen verlangen, zu verwenden und man ist daher heute schon bestrebt, den Ruf mit Sprechfrequenzen durchzuführen. Für den Unterlagerungstelegraphenbetrieb ist es unbedingt erforderlich, Senderelais mit Doppeltanker zu verwenden, damit bei Verwendung einer gemeinsamen Batterie für den Betrieb auf mehrere Leitungen keine Ströme über die Teilkapazitäten der Adern zum gemeinsamen Batteriepol zurückfließen. Die Kontakte der Senderelais müssen auf jeden Fall mit guten Funkenlöschern versehen sein, damit die durch die Benützung der Drosselketten sonst auftretende starke Funkenbildung das Kontaktmaterial nicht zu schnell verbrennt. Außerdem ist es notwendig, auch vor das Empfangsrelais ein Drosselglied zu schalten, da die durch das Umlegen des Relaisankers verursachten Kraftflußschwankungen entsprechend der Umschlagszeit der Relais Störströme von etwa 300 bis 500 Hertz erzeugen. Durch eine Verbindung der Batteriemitte mit dem Symmetriepunkt des ersten Querkondensators der Drosselkette wird für den durch nicht absolut gleichzeitiges Anlegen der beiden Relaisanker entstehenden Ladestoß ein Rückweg geschaffen. Die Ohmschen Widerstände in den Zuführungen des Telegraphensenders müssen so bemessen sein, daß selbst beim ungünstigsten Kurzschluß der Fernkabeladern Ströme vermieden werden, welche die Eigenschaften der Pupinspulen in unzulässiger Weise verändern könnten. Die vom Telegraphensender an die Leitung abgebbare Spannung soll 50 V nicht übersteigen. Durch die Einschaltung der Drossel- und Kondensatorketten darf der Wellenwiderstand der Leitung um nicht mehr als ± 10% verändert werden. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Band 4, Heft 9, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 55.

Patentbericht.

Quecksilberdampfgleichrichter.

(Schluß aus Heft 9, Seite 206.)

Metalldampfapparate als Schaltröhren.

Um Wechselstrom mit Schaltröhren unterbrechen und schließen zu können, hat man bisher dem Wechselstrom einen Gleichstrom überlagert, der die Entladung in der Schaltröhre aufrechterhält. Die Röhre muß deshalb bedeutend stärker bemessen werden, weil die Stromstärke des Gleichstromes größer sein muß als die Amplitude des Wechselstromes. Steigt durch irgendeinen Zufall die Amplitude des Wechselstromes über diesen Wert, so erlischt die Entladung. Nach einer Erfindung der

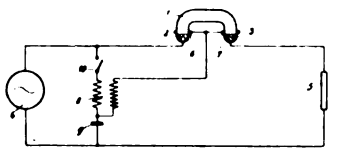


Abb. 12.

Firma Siemens & Halske A.-G. (Dipl. Ing. Alfred von Engel) kann man ohne Gleichstromüberlagerung Wechselstrom mit Entladungsröhren schalten, wenn man die Schaltröhre während jeder Periode des Wechselstromes mindestens zweimal derart zündet, daß die Entladung an der jeweils negativen Elektrode eingeleitet wird (Abb. 12). Wird der Schalter 10 geschlossen, so entsteht an den Zündpolen 6 und 7 eine Spannung, die durch entsprechende Wahl der Pole des Transformators 8 und Einstellung der Phase mit Hilfe des Kondensators 9 so gewählt werden kann, daß eine ausreichende Zündspannung zwischen den Zündpolen und der jeweils negativen Elektrode 2 bzw. 3 liegt und dadurch der Lichtbogen eingeleitet wird. Nach Ablauf der Halbperiode erlischt der Lichtbogen, wird aber an der anderen Elektrode, an der nun ebenfalls eine ausreichende Zündspannung herrscht, von neuem eingeleitet. Wird der Schalter 10 geöffnet, so erlischt die Entladung im Gefäß 1 und der Strom ist unterbrochen. 4 ist die Wechselstromquelle und 5 der Verbraucher. (D. R. P. Nr. 436138.)

Bei einer bekannten Vorrichtung zum Löschen von parallel geschalteten Schaltröhren ist jeder Röhre eine Löschkapazität zugeordnet, deren eine Belegung mit der Anode der Schaltröhre verbunden ist, während die nicht mit den Anoden der Röhre verbundenen Belegungen der Kapazitäten untereinander verbunden und mit Hilfe eines an der Verbindungsstelle (Knotenpunkt) angeschlossenen hohen Widerstandes aufgeladen werden. Zum Zwecke des Löschens wird der Knotenpunkt durch einen Schalter mit den Kathoden der Röhren verbunden, so daß sich jede Kapazität über die zugehörige Röhre entlädt und diese löscht. Diese Anordnung besitzt den Nachteil, daß durch die Verschiedenheiten der elektrischen Eigenschaften der Röhren beim Zünden der eine Kondensator rascher aufgeladen wird als die anderen. Es kann dabei vorkommen, daß die übrigen Kondensatoren derart beeinflußt werden, daß einzelne der übrigen Röhren nicht gezündet werden. Nach einer Erfindung (Abb. 13) desselben Erfinders werden diese Übelstände dadurch vermieden, daß man die einzelnen Röhren 1, 2 mit Kapazitäten 6, 7 zusammenschaltet, die durch besondere Widerstände 8, 9 aufgeladen werden und durch eine besondere Schaltvorrichtung 10 mit den Kathoden der Schaltröhren 1, 2 verbunden werden können. Die zum Löschen notwendigen Kapazitäten sind also außer beim Löschen der Röhren nur durch die hochohmigen Aufladewiderstände 8, 9 untereinander verbunden, so daß sie sich nicht gegenseitig beeinflussen können. Eine Störung des Zündvorganges kann daher nicht eintreten.

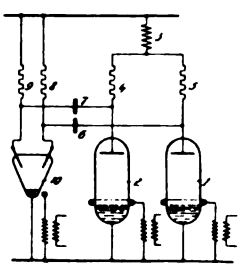


Abb. 1.

(D. R. P. Nr. 434521.)

Digitized by Google

Die Wirkung des die Anode umgebenden Löschbandes beruht darauf, daß der Potentialfall zwischen Anode und Kathode, der den Transport der Elektronen veranlaßt, verringert wird, indem man das Löschband durch seine Verbindung mit der Kathode auf deren Potential bringt. In dieser Schaltung ist das größtmögliche negative Potential des Belages gegen die Anode gleich der Lichtbogenspannung im Gleichrichter. In der Praxis können sich Fälle ergeben, bei denen die kritische Steuerspannung des Apparates über diesem Wert liegt und zum Löschen des Lichtbogens eine größere negative Potentialdifferenz zwischen Beleg und Anode erforderlich ist. Soweit es sich um zwei- oder dreiphasig betriebene Metalldampfapparate handelt, kann man diese Potentialdifferenz und damit ein sicheres Abschalten nach einer Erfindung der Firma SSW (Dr. Ing. Moritz Schenkel) dadurch erzielen, daß man den Anodenbeleg mit einer benachbarten Anode leitend verbindet. Bei dieser Schaltung erreicht die negative Potentialdifferenz einen maximalen Wert, der sich jeweils nach dem Betrieb des Gleichrichters richtet und bei Zweiphasenbetrieb den doppelten, bei Dreiphasenbetrieb den 1·5fachen Wert der Phasenspannung erreicht. Bei dreiphasigem Betrieb des Metalldampfapparates hat in dieser Schaltung die Potentialdifferenz zwischen Beleg und Anode für einen Teil der Periode einen positiven Wert. Da in diesem Teil der Periode eine Nachzünden der gelöschten Anode möglich ist, wenn die Hilfserregung brennt, ist bei dreiphasigem Betrieb die beschriebene Schaltung nur dann von Bedeutung, wenn der Gleichrichter im Moment des Löschens ohne Hilfserregung arbeitet.

(D. R. P. Nr. 425049.)

Chronik.

Österreichisches Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz. In der am 17. Februar d. J. unter dem Vorsitze des Sektionschefs Ing. Reich abgehaltenen Sitzung wurde zunächst ein Bericht über die auf Grund der neuen Satzungen und der darin festgesetzten Mitgliedsbeiträge erfolgten Beitrittserklärungen von öffentlichen Stellen und wirtschaftlichen, technischen und wissenschaftlichen Körperschaften entgegengenommen; es konnte hiebei mit Befriedigung die Tatsache festgestellt werden, daß im Komitee die an den Arbeiten der Weltkraftkonferenz interessierten Kreise nunmehr mit 32 Stimmen vertreten sind. Der vom österreichischen Komitee im Oktober 1927 in mehreren technischen Zeitschriften veröffentlichte Aufruf zur regen Beteiligung durch die Anmeldung einschlägiger Berichte an der für die Zeit vom 24. September bis 6. Oktober 1928 anberaumten Brennstofftagung (Fuel Conference) in London hat ebenfalls ein sehr erfreuliches Ergebnis geliefert, da für diese Tagung aus Österreich 18 Referate angemeldet und vom Londoner Sekretariat der Weltkraftkonferenz auch angenommen wurden; die Einsendung der Abhandlungen hat bis spätestens 1. April d. J. zu erfolgen, wobei hinsichtlich Form, Umfang und Inhalt die in dieser Zeitschrift (E. u. M. 1927, S. 877) bereits mitgeteilten Richtlinien einzuhalten sind.

Hinsichtlich der für das Jahr 1930 entsprechend einer seinerzeit erfolgten Einladung Italiens nach Rom in Aussicht genommenen II. Volltagung der Weltkraftkonferenz ist insoferne eine Änderung eingetreten, als auf Grund der seither gepflogenen Verhandlungen des Internationalen Exekutivrates und eines diesbezüglich vorgelegenen Anbotes Deutschlands diese Volltagung nunmehr in Berlin stattfinden soll. Das österreichische Nationalkomitee hat beschlossen, die vom deutschen Komitee ihm bereits zugekommene Einladung selbstverständlich mit größter Bereitwilligkeit anzunehmen und seine Beteiligung an der Tagung zuzusagen.

Der Wasserkraftausschuß des Elektrotechnischen Vereines in Kanada hat unter Beischluß eines Fragebogens das Ersuchen gestellt, ihm behufs einer zusammenstellenden Bearbeitung nähere Daten über den österreichischen Wasserturbinenbau, und zwar sowohl hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung der Turbinen als auch hinsichtlich vorliegender Betriebserfahrungen zukommen zu lassen; es wurde beschlossen, zunächst darüber noch informative Auskünfte vom dortigen Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz einzuholen und dann mit den heimischen Erzeugerfirmen von Wasserturbinen über die weitere Behandlung dieser Angelegenheit das Einvernehmen zu pflegen.

Das von der Weltkraftkonferenz zum Studium der Staubeckenfrage eingesetzte Komitee hat um nähere Daten über unsere Verhältnisse hinsichtlich der Projektierung, des Baues und des Betriebes von Staubeckenanlagen ersucht; der seinerzeit ausgearbeitete Entwurf von behördlichen Vorschriften für den Talsperrenbau wurde dem Komitee bereits übersendet und für die weitere Behandlung dieses Ansuchens hinsichtlich der Betriebserfahrungen ein engerer Ausschuß eingesetzt. Desgleichen wurde die zusammenfassende Bearbeitung des seinerzeit dem österreichischen Nationalkomitee übertragenen Berichtes über die Frage der Geschiebeführung, worüber die Einzelberichte bereits vorliegen, einem engeren Ausschusse zugewiesen.

Der Internationale Exekutivrat hatte in seiner letzten Sitzung beschlossen, an alle Nationen einen Aufruf zu richten, worin auf die Wichtigkeit einer möglichst weitgehenden Erleichterung des Austausches von elektrischer Energie zwischen den Staaten und auf die tunlichste Beseitigung aller in diesem Belange bestehenden Erschwernisse hingewiesen wird. Dieser Beschluß wurde nunmehr vom Londoner Hauptbureau den einzelnen Nationalkomitees übermittelt, wobei es ihnen anheimgestellt wird, bei ihren Regierungen die geboten erscheinenden Schritte zu unternehmen. Im Hinblicke auf die große Bedeutung, die dieser Frage in den verschiedensten Richtungen zukommt, hat das österreichische Nationalkomitee nach eingehender Wechselrede beschlossen, sie behufs gründlicher Durchberatung einer neuerlichen Sitzung vorzubehalten, und es als sehr wünschenswert bezeichnet, wenn bis dahin die Vertreter der verschiedenen Körperschaften für ihre Stellungnahme Richtlinien seitens jener Stellen einholen würden, von denen sie entsendet wurden.

Um das bei den Tagungen der Weltkraftkonferenz jeweils verhandelte sehr reichhaltige Material in einer möglichst vollständigen Sammlung hier verfügbar zu haben, werden die zur Veröffentlichung gelangenden offiziellen Berichte (Transactions) auf Kosten des Nationalkomitees angeschafft und seinen Mitgliedern zur Verfügung gehalten werden; dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der I. Volltagung in London 1924 und der Sondertagung in Basel 1926[1]). Kz.

Literaturbericht.

2428 **Der Bau des Dieselmotors.** Von Ing. K. Körner, o. ö. Professor an der deutschen technischen Hochschule in Prag. 531 Seiten mit 744 Abb. Berlin 1927, Julius Springer. Preis: in Ganzleinwandband Mk. 73·50.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage des vorliegenden Werkes hat die Entwicklung des Dieselmotors ungeahnte Fortschritte gemacht. Seine vollkommene Betriebssicherheit und große Wirtschaftlichkeit ist unbestritten. Der Verfasser ist bei der Bearbeitung der zweiten Auflage seinem Grundsatze treu geblieben und bespricht alle Einzelheiten des Dieselmotors unter Berücksichtigung der Konstruktionsgrundlagen der bedeutendsten Dieselmotorfabriken. Nebst theoretischen Abhandlungen sind außerordentlich viele praktische Erfahrungen angeführt. Jedes wichtigere Element wird eingehend behandelt.

Das Werk gliedert sich in zwei Hauptteile und behandelt Viertakt- und Zweitaktmaschinen gesondert. In der Einleitung befaßt sich das Buch mit thermo-dynamischen Grundlagen, Wärmevorgängen und Bestimmung der Hauptgrößen. Der Verlauf des Verbrennungsvorganges wird besonders behandelt. An diese Er-

[1]) Vgl. C. Reindl, E. u. M. 1928, Heft 8, S. 170.

Digitized by Google

örterungen schließt die Zergliederung der Viertaktmaschine, in 15 Abschnitten an. Eingehender beschäftigt sich der Autor mit den Temperaturverhältnissen im Zylinder, den Wärmevorgängen, Ermittlung der Gestängedrücke, statischer Berechnung der Kurbelwellen, Massenausgleich, außerordentlichen Drucksteigerungen beim Anlassen usw. Über kompressorlose Maschinen werden viele Details gebracht, es ist auf diese Art von Dieselmaschinen, die Errungenschaft der letzten Jahre, weitgehendst Rücksicht genommen worden. Die doppelwirkende Dieselmaschine, welche bis zu den größten Leistungen gebaut wird, beschreibt der Autor eingehend. Einige Versuchsresultate kompressorloser Maschinen werden gebracht. Die Leistungserhöhung durch Aufladen wird kurz beschrieben. Als Abschluß des ersten Teiles bringt das Buch noch eine Darstellung eines schnelllaufenden Fahrzeugmotors, welcher seinerzeit schon Aufsehen erregte. Obwohl seither gerade auf diesem Gebiete ganz besondere Fortschritte gemacht wurden, bleibt diese Maschine, weil sie von den gegenwärtigen Bestrebungen vollständig abweicht, dennoch bis jetzt im Vordergrund des Interesses.

Der zweite Teil des Werkes ist der Zweitakt-Maschine gewidmet. In der Einleitung bespricht der Verfasser eingehend ihre Bedeutung und ist bestrebt, alle Vor- und Nachteile dieser Maschinengattung kritisch zu beleuchten. In der weiteren Folge werden die Einzelheiten der Zweitaktmaschine in 13 Abschnitten ausführlich besprochen.

Die Behandlung des ganzen Stoffes ist in der bekannten Art des Verfassers leicht faßlich und äußerst wertvoll. Unschätzbar sind die zahlreichen Hinweise der Fußnoten auf die einschlägigen Veröffentlichungen in den Zeitschriften und Werken, durch welche das Studium des Werkes bedeutend erleichtert wird. Ebenso lobenswert erscheint auch die bekannte und vom Verfasser bisher allein durchgeführte Methode, zu jeder Abbildung, bezw. Konstruktion nebst der Erbauerfirma die Hauptabmessungen der betreffenden Maschine zu nennen. Dadurch gewinnen die veröffentlichten Konstruktionen sehr viel an Wert. Eine gigantische Arbeit wurde in diesem Werke geleistet, wenn man die unzähligen Konstruktionen betrachtet, die da gesammelt und zweckmäßig untergebracht wurden. Die namhaftesten Dieselbaufirmen der Welt haben von ausgeführten Maschinen ihre Konstruktionen und Erfahrungen zur Verfügung gestellt. Zu diesen gesellten sich die Erfahrungen Prof. Körners, welcher seit Jahrzehnten im Dienste des Dieselmaschinenbaues sein Bestes dazu beigetragen hat. Auf diese Weise wurde ein Werk zustande gebracht, welches in der gesamten Fachwelt bestimmt lebhafte Befriedigung auslösen wird. Anerkennenswert ist besonders der Umstand, daß der Verfasser es ermöglichte, auch sehr zahlreiche Konstruktionen österreichischer Firmen im Werke Aufnahme finden zu lassen, aus welchen hervorgeht, daß diese österreichischen Firmen unabhängig vom Auslande ihre eigenen Wege gegangen und dabei nicht an letzter Stelle geblieben sind, sondern in ihren Konstruktionen mit den namhaftesten Firmen des Auslandes Schritt halten. Für den Umstand, daß der Verfasser dies richtig erkannt und zweckentsprechend verwirklicht hat, wird man ihm im Kreise der österreichischen Dieselmotor-Baufirmen gewiß dankbar sein.

Das in seiner Art unbestritten als einzig dastehende Werk gilt so dem Konstrukteur, Lehrer und Studierenden als unentbehrliches Rüstzeug und für den, der am Dieselmotorenbau lebhaftes Interesse bekundet, als wertvolles Nachschlagebuch. Es sollte in keiner Lehranstalt, technischen Bibliothek und sonstigen Anstalten, welche sich mit Dieselmotorenbau auch nur annähernd befassen, fehlen.

Die Abbildungen sind peinlich sauber, klar und übersichtlich dargestellt. Druck und Ausstattung sind, wie vom Verlag gewohnt, erstklassig. Pp.

Eingelaufene Bücher.

Der bildsame Zustand der Werkstoffe. Von Dr. Ing. A. Nádai. 171 Seiten mit 298 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis geh. Mk. 15·—, geb. Mk. 16·50.

Elektrotechnische Lehrhefte. Bd. III: Gleichstrommaschinen. Von G. Haberland. 124 Seiten mit 113 Abb. (Bibl. d. ges. Technik Bd. 353.) Verlag Dr. Max Jänecke. Leipzig 1927. Preis Mk. 1·95.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 21. März d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Paul Schneider (Frankfurt am Main) über: **„Neuzeitliche Gestaltung und Erzeugung elektrotechnischen Installationsmaterials."** (Mit Lichtbildern und Filmvorführung.)

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft
(Wien, VI., Theobaldgasse 12) und
Arbeitsgemeinschaft für Psychotechnik in Österreich
(Wien, I., Seilerstätte 8).

Donnerstag, den 15. März 1928, um ½7 Uhr abends im Großen Hörsaal des Physiologischen Institutes, Wien, IX., Schwarzspanierstraße 17, Vortrag des Herrn Ober-Ing. Ludwig Schneider (Berlin) über: **„Physiologische und psychotechnische Studien in der Lichttechnik".** (Mit Lichtbildern.)

Der I. Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	27. II. 1928	29. II. 1928	2. III. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	135	135	134 ¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 2. März 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	0	0	66	10	0
Wire bars	66	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	60	2	6	60	3	9
Standard { 3 Monate .	59	18	6	60	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	229	10	0	230	10	0
Standard { Kassa . .	229	10	0	229	12	6
Standard { 3 Monate .	231	15	0	232	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	20	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	15	0	24	15	0
Remelted	25	5	0	—	—	—
English Swansea . .	25	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 55/65 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 18. März 1928 | Heft 12

Elektrische Lokomotive für gemischten Betrieb.

Von Ing. B. **Gerstmann**, Wien.

Die A. G. der Montafonerbahn hat kürzlich auf ihrer Bahnlinie Bludenz-Schruns eine elektrische Lokomotive in Betrieb gesetzt, die durch die verschiedenen Möglichkeiten der Art des Betriebes bemerkenswert ist.

Die vor ungefähr 20 Jahren als Gleichstrombahn mit 700 V Fahrdrahtspannung gebaute Montafonerbahn wurde durch die Elektrisierung der Arlbergbahn vor die Aufgabe gestellt, den Bahnhof Bludenz ohne Zuhilfenahme einer Fahrleitung zu befahren, da dieser Bahnhof zur Gänze mit einer vom Einphasenstrom 15 kV gespeisten Fahrleitung ausgerüstet und die 700 V-Fahrleitung der Montafonerbahn entfernt werden mußte. Die Motorwagen der Montafonerbahn erhielten zu diesem Zwecke eine Akkumulatorenbatterie, die jedoch mit Rücksicht auf das beschränkte Gewicht und den Platz nur eine Spannung von 220 V (120 Zellen Bleiakkumulatoren) und geringe Kapazität erhalten konnte, so daß sie nur eben für die Ein- und Ausfahrt aus dem Bahnhofe Bludenz ausreicht. Da es sich aber als vorteilhaft erwies, ein Triebfahrzeug zu besitzen, dessen Fähigkeit ohne Fahrleitung zu fahren auch bei Störungen in der Stromversorgung genügend lange benützt werden könnte, wurde an die Anschaffung einer Lokomotive geschritten, die nicht nur mit Oberleitung, sondern auch benzinelektrisch betrieben werden kann. Der benzinelektrische Antrieb besitzt bekanntlich insbesondere für Lokomotiven größerer Leistung gegenüber dem Akkumulatorenbetrieb den Vorteil des wesentlich geringeren Gewichtes und der praktisch kaum begrenzten Arbeitsfähigkeit, da das Betriebsmittel an und für sich pro Gewichtseinheit einen hohen Energiegehalt besitzt und außerdem in einfachster Weise und kürzester Zeit erneuert werden kann. Es wurde ferner die Möglichkeit verlangt, die Lokomotive mit Akkumulatoren betreiben und verschiedene Kombinationen zwischen den einzelnen Betriebsmitteln durchführen zu können. All dies wurde beim Entwurf und der Ausführung der Lokomotive berücksichtigt, wenn auch die Akkumulatorenbatterie selbst vorerst noch nicht eingebaut wird.

Die Lokomotive erhielt außer zwei Bahnmotoren, einem Kontroller und den sonstigen Einrichtungen für Oberleitungsbetrieb vor allem ein Benzinaggregat, bestehend aus Benzinmotor und Gleichstromgenerator, das im auf der Abb. 1 ersichtlichen vorderen Vorbau untergebracht ist. Der rückwärtige Vorbau ist für die Batterie bestimmt.

Die Hauptdaten der Lokomotive sind die folgenden:

Dienstgewicht	22 230 kg
Achsanordnung	B_0
Fester Radstand	4000 mm
Triebraddurchmesser	950 „
Länge über Puffer	8700 „
Stundenleistung	150 PS
Höchstgeschwindigkeit	30 km/h (entsprechend d. Konzession der Bahn)
Maximale Zugkraft am R.-U.	6000 kg

Bemerkenswert ist die verhältnismäßig geringe Größe des Dienstgewichtes, in dem zwar 108 Zellen der Batterie mit 4140 kg nicht enthalten sind, dafür aber ein im Batterievorbau zum Ausgleich vorderhand eingeladener Ballast von 2300 kg, so daß das Lokomotivgewicht maximal rund 24 t betragen wird.

Die Einrichtung der Lokomotive als benzinelektrisches Fahrzeug erfolgte nach dem Prinzipe der „Gebus"-Lokomotiven-Gesellschaft, Ing. M. Gelinek & Co., Salzburg; die genannte Firma war auch Hauptlieferer der Lokomotive. Das System der Gebuslokomotiven (Ö. P.), nach welchem bereits eine Anzahl Lokomotiven gebaut wurde, benützt die mögliche, wenn auch verhältnismäßig geringe Elastizität des Benzinmotors, bezw. einer anderen Verbrennungskraftmaschine dazu, die elektrische Kraftübertragung in der Weise zu vereinfachen, daß eine betriebsmäßige elektrische Regelung unnötig wird. Wenn nämlich der Benzinmotor im Gegensatze zu der im allgemeinen verwendeten Anordnung nicht seine Drehzahl durch einen Regler konstant erhält und er eine elastische Charakteristik besitzt, so wird er bei irgendeiner Mehrbelastung in seiner Drehzahl abfallen und umgekehrt. Wird nun mit dem Benzinmotor eine eigenerregte Nebenschlußdynamo gekuppelt, so

Digitized by Google

wirken sich die Drehzahlschwankungen in der Spannung der Dynamo aus. Es ist bekannt, daß dabei unter Umständen bereits geringe Drehzahlschwankungen starke Spannungsschwankungen zur Folge haben können. Hiefür kann man übrigens auch leicht die analytische Beziehung herleiten.

Die Spannung der Dynamo ergibt sich bekanntlich mit

$$E = \frac{n \cdot \Phi}{z},$$

wobei z (Maschinenzahl) eine Konstante ist. Die Größe des Feldes Φ ist eine Funktion des Magnetisierungsstromes und, da der Widerstand im Nebenschlußstromkreise unveränderlich vorausgesetzt wird, ebenso direkt eine Funktion der Spannung E, die graphisch, beziehungsweise punktweise bestimmt werden kann, wenn sie auch analytisch nicht recht erfaßbar ist. Durch Differentiation erhält man

$$\frac{dE}{dn} = \frac{\Phi(E)}{z - n\,\Phi'(E)} \quad \ldots (1).$$

Anschaulicher werden die Verhältnisse, wenn man aus dieser Gleichung eine Beziehung zwi-

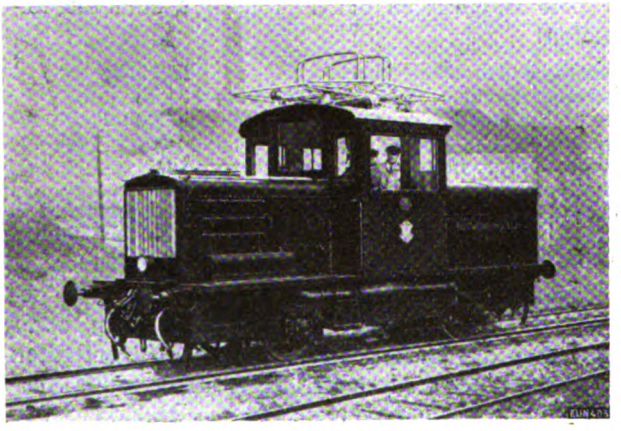


Abb. 1.

schen den verhältnismäßigen Änderungen von E und n bildet:

$$\frac{dE}{E} = \left(\frac{z}{z - n\,\Phi'(E)}\right) \cdot \frac{dn}{n} \quad \ldots (2).$$

Die letztere Gleichung zeigt deutlich die schon erwähnte, bekannte Tatsache, daß die verhältnismäßige Änderung von E, nämlich $\frac{dE}{E}$ größer sein muß als diejenige von n, da der Ausdruck

$$\frac{z}{z - n \cdot \Phi'(E)}$$

unbedingt für den praktischen Bereich größer als 1 ist.

Man erkennt aber auch aus der Gleichung (2), daß man bei entsprechender Wahl der Charakteristik der Dynamo und daher von $\Phi'(E)$ eine gewünschte geeignete Größe der Spannungsänderung bei gegebener Drehzahländerung erhalten kann. Es ist bei obiger Ableitung der Einfluß des inneren Spannungsabfalles und der Ankerrückwirkung nicht berücksichtigt, der die angeführte Wirkung noch geringfügig verstärkt.

Das System Gebus benützt nun die dargelegte Möglichkeit in der Weise, daß die Charakteristik des Benzinmotors in der Hinsicht übereinstimmend mit der Charakteristik der Dynamo und auch der Bahnmotoren gewählt wird, daß bei größerer Strombelastung der Dynamo durch die Motoren die Spannung automatisch soweit herunter geht, daß über den gesamten Arbeitsbereich der Lokomotive der Benzinmotor praktisch mit gleicher Leistung belastet ist, die ja dem Produkt von Strom und Spannung der Dynamo entspricht. Dadurch ist es möglich, auf eine Regelung des Feldwiderstandes der Dynamo gänzlich zu verzichten und es genügt, einen festen Widerstand vor die Magnetwicklung zu schalten. Die Bedienung der Lokomotive gestaltet sich daher sehr einfach und belastet nicht die Aufmerksamkeit des Führers, da die Leistung des Benzinmotors selbsttätig ständig ausgenützt wird und andererseits Überlastungen des Benzinmotors, die bekanntlich für seine Lebensdauer sehr abträglich sind, automatisch vermieden werden. Soll die Lokomotive nicht ihre volle Leistung hergeben, so genügt es, die Brennstoffzufuhr des Benzinmotors mittels des Gashebels zu vermindern und dadurch eine neue geringere Leistung einzustellen. Die Beätigung des Gashebels bildet daher den einzigen Reguliervorgang und es erfolgt auch das Anfahren lediglich mit Hilfe des Gashebels, wodurch es möglich ist, den Motorstrom von dem Punkt der Selbsterregung der Dynamo bis zu einem Wert zu steigern, der einem sehr hohen Anzugsmoment (bei kleiner Spannung) entspricht. Das Anfahren erfolgt daher sehr sanft und dabei doch äußerst kräftig.

Das Benzinaggregat der Lokomotive besteht aus einem Vierzylinder-Benzinmotor von 130 PS eff. bei rund 900 U/min, der mit einer einlagerigen Gleichstromnebenschlußdynamo direkt gekuppelt ist. Der Gleichstromgenerator besitzt eine Leistung von 130 kW einstündig, 680 V, 191 A. Die Spannung kann bis auf rund 850 V steigen. Benzinmotor und Generator haben eine gemeinsame Grundplatte. Die Lokomotive enthält einen Benzinbehälter mit 226 l Inhalt. Der Benzinverbrauch beträgt zirka 250 g/PSh.

Das Schema der elektrischen Einrichtung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Umschaltung der verschiedenen Betriebsmöglichkeiten erfolgt durch die als Walzenschalter ausgebildete Umschaltwalze, welche zwei Schaltwalzen besitzt. Die eine davon, die Wechselwalze, hat wie aus dem Schema ersichtlich, abgesehen von der „Aus"-Stellung fünf Stellungen: „Fahrt mit Batterie", Fahrt mit Dynamo", „Fahrt mit Oberleitung", „Batterieladung" und „Anlassen". In den erstgenannten drei Stellungen werden die drei Betriebsmittel, Oberleitung, Dynamo und Batterie, mit einem Pol (der andere ist geerdet) mit dem Kontroller

Digitized by Google

der Lokomotive in leitende Verbindung gesetzt, der dann die Speisung der Triebmotoren herstellt. In der Stellung „Batterieladung" kann die Aufladung der Batterie von der Oberleitung aus erfolgen und zwar mit Hilfe von Vorschaltwiderständen. Obwohl dies wegen der niederen Batteriespannung nicht sehr rationell erscheinen könnte, ist dies doch mit Rücksicht auf die Einfachheit und die ziemlich niedrigen Stromkosten die wirtschaftlichste Methode. Die Einschaltung der Batterieladewiderstände geschieht durch die zweite Schaltwalze des Umschalters, die Ladewalze, in zwei Ladestellungen (Laden bis zum Beginn der Gasentwicklung, sodann Volladen mit vermindertem Strome). Die Ladewalze kann nur in der entsprechenden Stellung der Wechselwalze gedreht werden und es muß andererseits die Ladewalze in die Nullstellung zurückgebracht werden, damit die Umstellung der Wechselwalze wieder möglich ist. Die letzte Stellung der Wechselwalze „Anlassen" dient zum Anwerfen des Benzinmotors mittels der Dynamo von der Batterie aus, wobei die Dynamo als Motor mit Hilfe der Anfahrwiderstände der Triebmotoren (unter Benützung des Kontrollers) angelassen wird. Die Wechselwalze wird mit der Fahrkurbel des Kontrollers betätigt und besitzt, da sie keinen Strom zu schalten hat, im Gegensatz zur Ladewalze keine magnetische Funkenlöschung.

Ähnlich wie auch bei den Motorwagen der Bahn besteht eine Verriegelung zwischen der Wechselwalze und dem Stromabnehmer. Der letztere, ein Scherenstromabnehmer mit Doppelwippe der Ö. S. S. W., kann durch eine mit der Schaltkurbel des Kontrollers zu betätigende Vorrichtung in der Weise gesenkt werden, daß die Anpreßfedern des Stromabnehmers entspannt werden. Nur in der Stellung der Senkvorrichtung, die der Tieflage des Bügels entspricht, wird bei dieser ein Verriegelungshebel frei. Dieser Hebel muß auf der Umschaltwalze eine Sperre beseitigen, bevor eine der beiden Stellungen „Fahrt mit Dynamo" und „Fahrt mit Batterie" eingestellt werden kann. Dann kann aber der Verriegelungshebel von dort nicht entfernt werden, solange diese beiden Stellungen geschaltet sind. Dies hat den Zweck, zu vermeiden, daß mit gehobenem Stromabnehmer in die Station Bludenz eingefahren wird. (Die Fahrleitung der Montafonerbahn endigt ein Stück außerhalb der Station). Es kann noch andererseits der Stromabnehmer nicht gehoben werden, bevor nicht der Verriegelungshebel auf die Hubvorrichtung aufgesetzt ist und es wird noch durch eine

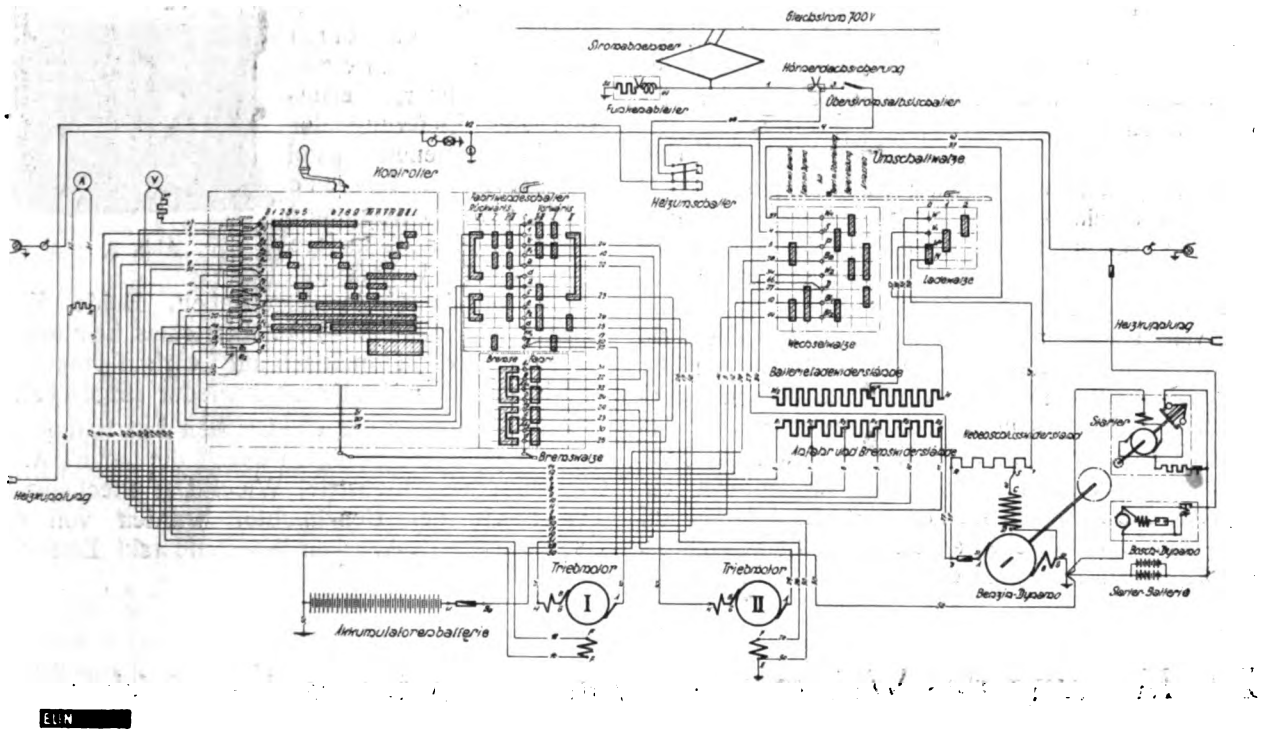


Abb. 2.

Sperrklinke gegen ein Steckenbleiben des Stromabnehmers Vorsorge getroffen.

Der Kontroller, der in der Lokomotivmitte seitlich im Führerhaus aufgestellt ist, besitzt die übliche Schaltung für Straßenbahnen und ähnliche Bahnbetriebe. Es sind fünf Serien-, vier Parallel- und sieben Bremsstellungen vorhanden; mit der Fahrtwendewalze kann auch, wie bei neueren Straßenbahnkontrollern meist in Gebrauch, ein defekter Motor abgeschaltet werden. Der Kontroller (Abb. 3) besitzt Einzelblasspulen, das heißt, es ist nicht e i n e zentrale Funkenlöschspule vorhanden, sondern jeder Schaltfinger hat eine eigene Blasspule mit Polansätzen. Dadurch wird erreicht, daß bei jedem Finger die Funkenlöschung unbedingt richtig ist (bei zentraler Funkenlöschung ist dies praktisch nur bei wenigen Fingern möglich); daher wird die Schaltleistung des Kontrollers

Digitized by Google

groß und der Kontaktabbrand sowie die Instandhaltungskosten äußerst reduziert. Die Vorsehung von Einzelblasspulen gewährte übrigens bei der beschriebenen Lokomotive einen schalttechnischen Vorteil. Es war nämlich möglich, die Schaltung so zu wählen, daß bei „Fahrt mit Dynamo" nur diejenigen Kontrollerfinger in Tätigkeit treten, die die Motorgruppierung (Serie-Parallel) bewirken, bei „Anlassen" nur die Finger, die die Anfahrwiderstände schalten, wobei jedesmal die richtige Funkenlöschspule eingeschaltet wird. Bei „Fahrt mit Oberleitung" und „mit Batterie" arbeiten beide Gruppen von Fingern mit allen Funkenlöschspulen. Dadurch wurde eine wesentlich einfachere Schaltung der Umschaltwalze möglich.

Wie aus dem Vorherigen sowie auch aus dem Schema (Abb. 2) hervorgeht, sind bei benzinelektrischem Betriebe die Anlaßwiderstände nicht im Stromkreis der Motoren. Es sind daher für diesen Betrieb die Serienstellungen einerseits und die Parallelstellungen andererseits untereinander alle gleichwertig.

Als Triebmotoren wurden zwei Stück Bahnmotoren von je 75 PS Stundenleistung bei 700 V und 560 U/min eingebaut. Es sind dies selbstlüftende Bahnmotoren, deren Anker in Rollenlagern läuft. Der Antrieb auf die Achsen erfolgt mit der Übersetzung 1 : 5·6.

Wie schon erwähnt, gelangte einstweilen die Akkumulatorenbatterie von 120 Zellen noch nicht zum Einbau. Es sind daher natürlich die entsprechenden Schaltungen mit der Batterie nicht möglich. Zum Anwerfen des Benzinmotors dient jetzt genau so wie zum Beispiel bei Automobilen ein Starter, das heißt ein kleiner über ein Zahnrad auf die Benzinmotorwelle arbeitender Elektromotor. Er wird von einer Batterie, bestehend aus zweimal sechs Zellen derselben Type wie die in Aussicht genommene Traktionsbatterie gespeist. Die Batterie wird, ebenfalls wie bei Automobilen gebräuchlich, von einer Lichtdynamo, System Bosch, geladen und liefert auch parallel mit letzterer den Strom für die Beleuchtung. Im Schaltschema sind sowohl die Traktions-Batterie wie auch die eben beschriebene Anlage, die jetzt deren Stelle vertritt, eingezeichnet.

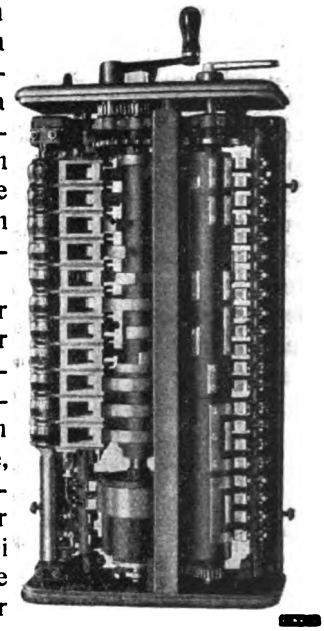


Abb. 3.

Die Bremsung der Lokomotive kann außer durch die Handspindelbremse und die elektrische Bremse durch eine Druckluftbremse, System Knorr, erfolgen. Zur Lieferung der Druckluft dienen zwei Kompressoren. Der eine wird vom Benzinmotor direkt, der andere von einer Lokomotivachse mittels Kette angetrieben. Beide Kompressoren werden bei Erreichen eines bestimmten Höchstdruckes automatisch auf Leerlauf umgestellt und beim Sinken des Druckes wieder eingeschaltet.

Die Lieferung der elektrischen Ausrüstung sowie die Montage erfolgten durch die „Elin" A. G. für elektrische Industrie, Wien. Der mechanische Teil sowie der Benzinmotor wurden von den Österr. Industrie-Werken Warchalowski, Eissler & Co. gebaut.

Zur Messung des Widerstandes von Gleichstromankerwicklungen.

Von Ing. Dr. Heinrich **Sequenz**, Wien.

Zweck der Arbeit.

Ein Verfahren zur Messung des Ankerwiderstandes besteht bekanntlich darin, daß man alle Bürsten vom Stromwender abhebt und den Meßstrom zwei bestimmten Stromwenderstegen zuführt, an die bei Messung mit der Thomson-Brücke auch die Spannungsdrähte angelegt werden. Diese Stromwenderstege müssen die Ankerwicklung in zwei gleiche Teile teilen.

Wird der auf diese Weise gemessene Widerstand mit r bezeichnet, so errechnet sich der eigentliche Ankerwiderstand aus der Formel

$$r_a = \frac{r}{a^2},$$

wenn a die Ankerstromzweigpaarzahl ist.

Ing. A. Wettler, Riga, hat vor 25 Jahren[1]) zur Ermittlung jener Stege, die die Wicklung in zwei gleiche Teile teilen, Formeln aufgestellt. Dabei wurden wohl in der Ableitung der Formeln auch die mehrfach in sich geschlossenen Wicklungen berücksichtigt; doch geschah dies in unvollkommener Weise, so daß die Tafel, in der die verschiedenen „Meßschrittformeln" zusammengestellt sind, Unrichtigkeiten aufweist.

Da der erwähnte Aufsatz für das beschriebene Ankerwiderstandsmeßverfahren grundlegend ist; da ferner sich die bekanntesten Lehrbücher, die diesen Gegenstand behandeln[2]) auf diesen Aufsatz beziehen, ohne die Irrtümer aufzuzeigen oder zu berichtigen, so soll im folgenden versucht werden, die Meßschrittformeln für alle Wicklungen streng richtig abzuleiten und in einer Tafel zusammenzustellen.

[1]) ETZ 1902, S. 8, „Messung des Ankerwiderstandes von Gleichstrommaschinen".

[2]) Arnold-la Cour, „Die Gleichstrommaschine", I. Band, dritte Auflage, S. 647 (Berlin, Verlag von Julius Springer, 1919). P. B. Arthur Linker, „Elektrotechnische Meßkunde", dritte Auflage, S. 265 (Berlin, Verlag von Julius Springer, 1920). Georg Jahn, „Messungen an elektrischen Maschinen", fünfte Auflage, S. 126 (Berlin, Verlag von Julius Springer, 1925). Dr. F. Niethammer, „Elektrotechnisches Praktikum", S. 267 (Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, 1902).

Digitized by Google

Ableitung der Meßschrittformeln.

Bestimmung des Ankerwiderstandes.

Um alle K Spulen einer einfach geschlossenen Wicklung zu berühren, muß man K mal den Stegschritt y_K auf dem Stromwender zurücklegen. Will man aber nur die Hälfte aller Spulen durchwandern, so muß man $\frac{K}{2}$ mal oder $\frac{K \pm 1}{2}$ mal den Stegschritt auf dem Stromwender ausführen, je nachdem die Spulenzahl K gerade oder ungerade ist.

Das hier besprochene Meßverfahren verlangt nun, jene beiden Stromwenderstege zu suchen, zwischen denen zwei gleiche Hälften der Ankerwicklung liegen. Nach dem Vorhergesagten wird man zu einem beliebigen Ausgangsstege jenen zweiten Steg aber dadurch finden, daß man von dem Ausgangsstege an $\frac{K}{2}$ mal oder $\frac{K \pm 1}{2}$ mal den Stegschritt y_K auf dem Stromwender herumschreitet.

Dies gilt für einfach geschlossene Wicklungen!

Bei m-fach geschlossenen Wicklungen liegen m voneinander getrennte Wicklungen in den Ankernuten. Sind insgesamt K Spulen am Ankerumfang vorhanden, so enthält eine jede der m Wicklungen $\frac{K}{m}$ Spulen. Man muß nun zwei Stromwenderstege suchen, die eine der m Wicklungen in zwei gleiche Teile teilen. Dann mißt man den Widerstand der zwei nebeneinander geschalteten Hälften und errechnet den Ankerwiderstand aus der Formel

$$r_a = \frac{r}{a^2} \cdot m,$$

wenn wieder r den gemessenen Widerstand, a die Ankerstromzweigpaarzahl und m die Zahl der Schließungen bedeuten.

Denn, wenn r der Widerstand der zwei nebeneinander geschalteten Hälften einer in sich geschlossenen Wicklung ist, dann ist der Widerstand aller $\frac{K}{m}$ hintereinander geschalteten Spulen dieser einen Wicklung $4r$. Durch die Bürsten werden aber $\frac{2a}{m}$ Teile dieser Wicklung nebeneinandergeschaltet. Denn wenn $2a$ die Gesamtzahl der Ankerstromzweige der m-fach geschlossenen Wicklung ist, dann enthält eine der m einfach geschlossenen Wicklungen doch $\frac{2a}{m}$ Stromzweige. Der Widerstand einer der m voneinander getrennten Wicklungen ist dann gleich

$$\frac{4r}{\left(\frac{2a}{m}\right)^2} = \frac{r}{a^2} \cdot m^2.$$

Und der Widerstand der m-fachen Wicklung wird

$$r_a = \frac{1}{m} \cdot \frac{r}{a^2} \cdot m^2 = m \frac{r}{a^2},$$

denn die m einfach geschlossenen Wicklungen werden durch die Bürsten zur m-fachen Wicklung nebeneinandergeschaltet.

Diese Formel ist sonderbarerweise nirgends im vorhandenen Schrifttum angegeben. In den meisten Büchern findet man für einfach- und mehrfach geschlossene Wicklungen nur die Formel

$$r_a = \frac{r}{a^2}$$

angeführt, die doch nur für einfach geschlossene Wicklungen gilt. Oder es wird für m-fach geschlossene Wicklungen auch die Formel

$$r_a = \frac{r}{m \cdot a^2}$$

angeschrieben, die nach dem Vorstehenden falsch ist.

Bestimmung des Meßschrittes.

Eine der m einfach geschlossenen Wicklungen hat, wie erwähnt wurde, also $\frac{K}{m}$ Spulen. Es sind nun jene zwei Stromwenderstege zu suchen, die irgend eine der m Wicklungen in zwei gleiche Hälften zerlegen. Um diese eine Wicklung zu durchlaufen, müssen $\frac{K}{m}$ Stegschritte y_K auf dem Stromwender ausgeführt werden. Um die Hälfte dieser $\frac{K}{m}$ Spulen zu berühren, müssen daher $\frac{1}{2} \cdot \frac{K}{m}$ oder $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{K}{m} \pm 1\right)$ Stegschritte y_K auf dem Stromwender vorwärtsgeschritten werden, je nachdem ob $\frac{K}{m}$ eine gerade oder eine ungerade Zahl ist. Zwischen einem beliebigen Ausgangsstege und jenem Stege, der mit dem Ausgangsstege eine der m Wicklungen in zwei gleiche Teile teilt, liegen also $\frac{1}{2} \cdot \frac{K}{m}$ oder $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{K}{m} \pm 1\right)$ Stegschritte y_K, das sind $\frac{1}{2} \cdot \frac{K}{m} \cdot y_K$ oder $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{K}{m} \pm 1\right) \cdot y_K$ Stromwenderstege.

Zieht man von dieser Zahl die Stegzahl K so oft ab, bis eine Zahl übrigbleibt, die kleiner als die Stegzahl K ist, so gibt dieser Rest den sogenannten „Meßschritt“ an. Dieser Meßschritt ist also die Zahl von Stromwenderstegen, die zwischen zwei Stromwenderstegen liegen, die die Ankerwicklung in zwei gleiche Hälften teilen. Der Meßschritt wird für $\frac{K}{m}$ gerade

$$y_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{K}{m} \cdot y_K - n \cdot K \quad \ldots \quad (1)$$

und für $\frac{K}{m}$ ungerade

$$y_m = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{K}{m} \pm 1\right) \cdot y_K - n \cdot K \quad \ldots \quad (2),$$

worin n eine ganze Zahl ist.

Digitized by Google

Dies sind die beiden Grundgleichungen für die Meßschrittformeln in ihrer allgemeinsten Gestalt, das heißt in einer Form, die sowohl für einfach geschlossene als auch für mehrfach geschlossene Wicklungen gilt.

Denn für $m = 1$ gehen diese Meßschrittgleichungen in jene über, die für einfach geschlossene Wicklungen gelten; nämlich in die Gleichungen

$$y_m = \frac{K}{2} \cdot y_K - n \cdot K$$

für eine gerade Stegzahl K und

$$y_m = \frac{K \pm 1}{2} \cdot y_K - n \cdot K$$

für eine ungerade Stegzahl K.

Im angegebenen Schrifttume werden als Grundgleichungen für die Ableitung der Meßschrittformeln nur die zuletzt angeschriebenen Gleichungen verwendet, und zwar sowohl für die einfach geschlossenen als auch für die mehrfach geschlossenen Wicklungen. Wie wir aber gesehen haben, gelten diese Gleichungen nur für die einfach geschlossenen Wicklungen. Hier ist nun eine Quelle, aus der Fehler in den verschiedenen bis jetzt veröffentlichten Meßschrittformeltafeln entspringen.

Wir können aus der allgemeinen Form der Grundgleichungen eine wichtige Erkenntnis schöpfen. Da der Aufbau dieser Gleichungen verschieden ist, je nachdem ob $\frac{K}{m}$ eine gerade oder ungerade Zahl ist, so wird die Zahl $\frac{K}{m}$ für die Wahl der Meßschrittformeln, die sich aus diesen Gleichungen ergeben werden, maßgebend sein.

Bis jetzt wurde für die Auswahl der Meßschrittformeln die ganze Stegzahl K herangezogen[3]). Nach dem früher Gesagten ist aber bei mehrfach geschlossenen Wicklungen nicht die ganze Zahl K, sondern nur die Größe $\frac{K}{m}$ entscheidend[4]).

Ein Beispiel möge dies zeigen.

Die Wicklung nach Abb. 1 ist zweifach geschlossen. (Der Stegschritt und die Stegzahl haben als größten gemeinsamen Teiler 2). Treffen wir die Wahl der Meßschrittformel nach der gesamten Stegzahl $K = 18$, so erhalten wir als Meßschritt (da K eine gerade Zahl ist)

$$y_m = \frac{K}{2} = 9 \text{ Stege.}$$

Daß dieser Wert falsch sein muß, lehrt ein Blick auf die Zeichnung, da die zwei Stege, die dieser Meßschritt angibt, gar nicht zu einer und derselben Wicklung gehören.

Zur Stegzahl

$$\frac{K}{m} = \frac{18}{2} = 9$$

und zum Stegschritte

$$y_K = \frac{K - a}{p} = \frac{18 - 2}{2} = 8$$

gehört der Meßschritt

$$y_m = \pm \frac{y_K}{2} = \pm \frac{8}{2} = \pm 4.$$

Zwei Stege aber, die um vier Stege auseinanderliegen, teilen die Wicklungen in zwei gleiche Teile.

Für jede Wicklung mit gerader Stegzahl $\frac{K}{m}$ gilt die Meßschrittgleichung (1), die auch angeschrieben werden kann

$$y_m = K \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{y_K}{m} - n \cdot K.$$

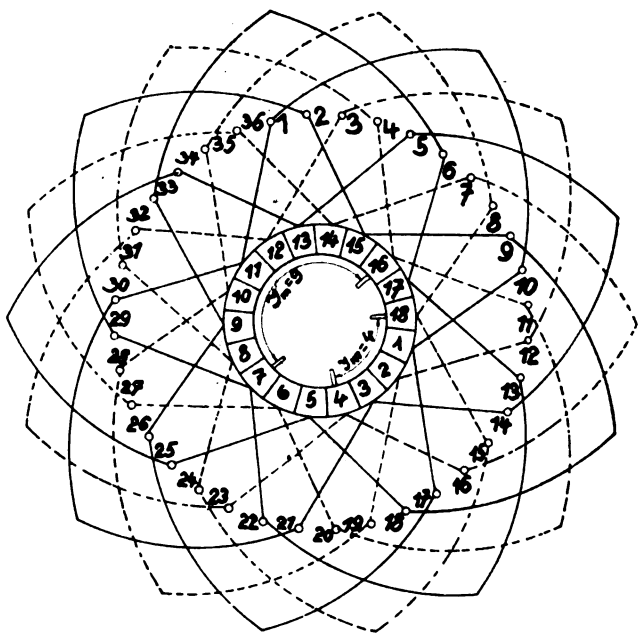


Abb. 1.

Nun sind zwei Fälle zu unterscheiden: es kann $\frac{y_K}{m}$ eine gerade oder ungerade Zahl sein.

Fall 1. $\frac{y_K}{m}$ eine gerade Zahl. Bei einer m-fach geschlossenen Wicklung kann es neben einem geraden $\frac{K}{m}$ nicht auch ein gerades $\frac{y_K}{m}$ geben, da doch m der größte gemeinsame Teiler von K und y_K ist. Daher kann dieser Fall ausgeschaltet werden.

[3]) Siehe Fußnote [2]).

[4]) Bemerkenswert ist, daß Ing. Wettler in seiner Meßschrittformeltafel wohl die Größe $\frac{K}{m}$ für die Auswahl der Formeln heranzieht — warum, wird nirgends erklärt —, jedoch in seinem Aufsatze diese Erkenntnis wieder vergißt.

Digitized by Google

Fall 2. $\frac{y_K}{m}$ eine ungerade Zahl.

Für ein ungerades

$$\frac{y_K}{m} = 2x + 1$$

wird die Meßschrittgleichung

$$y_m = K.x + \frac{K}{2} - n.K.$$

Da x und n ganze Zahlen sind und der Meßschritt y_m kleiner als K sein soll, so wird

$$n = x$$

oder

$$n = x - 1$$

sein müssen. Damit wird aber der Meßschritt

$$y_m = \pm \frac{K}{2}$$

Für jede Wicklung mit ungerader Stegzahl $\frac{K}{m}$ gilt die Meßschrittgleichung (2), die auch geschrieben werden kann

$$y_m = K.\frac{1}{2}.\frac{y_K}{m} \pm \frac{y_K}{2} - n.K.$$

Wieder sind die zwei Fälle eines geraden und ungeraden Stegschrittes $\frac{y_K}{m}$ zu unterscheiden.

Fall 1. $\frac{y_K}{m}$ eine gerade Zahl.

Ist $\frac{y_K}{m}$ eine gerade Zahl, also

$$\frac{y_K}{m} = 2x,$$

so lautet die Meßschrittgleichung

$$y_m = K.x \pm \frac{y_K}{2} - n.K.$$

Da x und n wieder ganze Zahlen sind und y_m kleiner als K sein soll, so wird mit

$$n = x$$

der Meßschritt

$$y_m = \pm \frac{y_K}{2}.$$

Fall 2. $\frac{y_K}{m}$ eine ungerade Zahl.

Ist aber $\frac{y_K}{m}$ eine ungerade Zahl, also

$$\frac{y_K}{m} = 2x + 1,$$

so wird der Meßschritt

$$y_m = K.x + \frac{K}{2} \pm \frac{y_K}{2} - n.K.$$

Aus den gleichen Gründen wie früher wird

$$n = x$$

sein müssen und damit der Meßschritt

$$y_m = \frac{K \pm y_K}{2}$$

werden.

Nun sind die Meßschrittformeln abgeleitet. Sie gelten für alle Wicklungen; für Schleifen- und Wellenwicklungen, einfach geschlossene und mehrfach geschlossene Wicklungen. Diese Formeln sind unten in einer Tafel zusammengestellt worden.

Hier soll noch auf eine Tatsache hingewiesen werden, die aus der Ableitung der Meßschrittformeln folgt.

Wir haben gesehen, daß die Meßschrittformel eine verschiedene Gestalt bekommt, je nachdem ob $\frac{y_K}{m}$ eine gerade oder ungerade Zahl ist.

Bis jetzt wurde immer nur der Stegschritt y_K für die Auswahl der Meßschrittformeln herangezogen. Dies ist nur richtig für den Fall $m = 1$, also für einfach geschlossene Wicklungen. Für mehrfach geschlossene Wicklungen ist nicht der Stegschritt y_K, sondern die Zahl $\frac{y_K}{m}$ maßgebend[5]).

Richtige Meßschritt-Tafel.

Als Zusammenfassung des in diesem Aufsatze Gesagten kann als richtige und einfachste Meßschritt-Tafel die folgende angegeben werden:

Stegzahl $\frac{K}{m}$	Stegschritt $\frac{y_K}{m}$	Meßschritt y_m
gerade	ungerade	$\pm\frac{K}{2}$
ungerade	gerade	$\pm\frac{y_K}{2}$
	ungerade	$\frac{K \pm y_K}{2}$

Diese Tafel gilt für alle Wicklungen, Schleifen- und Wellenwicklungen, einfach und mehrfach geschlossene.

[5]) In dem Aufsatze von Ing. Wettler findet sich noch eine Unrichtigkeit, die für das Verständnis dieses Aufsatzes sehr störend ist und daher hier besprochen werden soll.

Für die Zahl n, die in den Gleichungen

$$y_m = \frac{K-1}{2}.\frac{y_1 + y_2}{2} - n.K$$

und

$$y_m = \frac{K}{2}.\frac{y_1 \pm y_2}{2} - n.K$$

verwendet wird, setzt nun Ing. Wettler für einfach geschlossene Wicklungen

$$n = \left(\frac{y_1 \pm y_2}{2} - 1\right).\frac{1}{2} = \frac{y_K}{2} - \frac{1}{2}.$$

Die Berechtigung dieser Formel ist in dem Aufsatze nicht begründet; sie gilt, wie sich sofort zeigen läßt, auch nur für ungerade Stegschritte. Für gerade Stegschritte gilt richtig

$$n = \frac{y_K}{2} - 1.$$

Digitized by Google

Graphische Darstellung der Spannungsänderung von Transformatoren.

Von E. **Mittelmann**, Wien.

Zusammenfassung: Bei Annahme gewisser, in praktischen Fällen fast immer zutreffender Vernachlässigungen, kann die Spannungsänderung eines Transformators als Funktion des cos φ in einem rechtwinkeligen Koordinatensystem durch eine Ellipse dargestellt werden; für die Konstruktion derselben liefert der Kurzschlußversuch acht Punkte mit je einer Tangente.

Die Bestimmung der Spannungsänderung von Transformatoren erfolgt in der Regel durch Zeichnen des Kappdiagrammes[1]). Bedenkt man aber, daß die Seiten des Kappschen Dreieckes gegenüber den Halbmessern der beiden Kreise, das heißt gegenüber der sekundären Leerlaufspannung, klein sind, so kann man mit genügender Genauigkeit das bekannte in der Abb. 1, links oben, angedeutete Verfahren anwenden[2]). Dieses Annäherungsverfahren wird bekanntlich durch die Gleichung

$$e_\varphi = e_r \cos\varphi + e_a \sin\varphi \quad \ldots\ldots (1)$$

dargestellt. Durch e_r und e_a wird die rein Ohm'sche bezw. die Streukomponente der sekundären Kurzschlußspannung bezeichnet. Nach Umformung und Quadrierung dieser Gleichung erhält man den Ausdruck

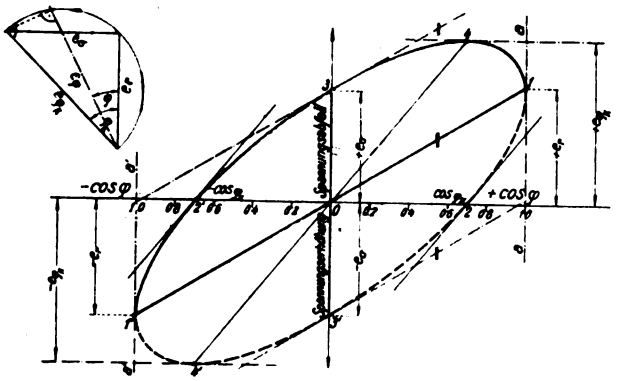


Abb. 1.

$$e_\varphi^2 - 2\, e_\varphi\, e_r \cos\varphi + (e_r^2 + e_a^2)\cos^2\varphi - e_a^2 = 0 \quad (2).$$

Durch diesen ist eine rein quadratische Beziehung zwischen dem Spannungsabfall e_φ und dem cos φ der sekundären Phasenverschiebung gegeben. Mit Hilfe einiger bekannter Sätze aus der Analytik läßt sich von dieser Beziehung leicht nachweisen, daß durch sie eine Ellipse dargestellt wird.

Würde man nach der Gleichung (2) die Spannungsabfälle e_φ in Abhängigkeit von cos φ in einem rechtwinkeligen Koordinatensystem auftragen, so bekäme man also eine Ellipse, wie sie in der Abb. 1 dargestellt ist, von der man nun auf Grund einfacher geometrischer Überlegungen nachweisen kann, daß sie die Strecken 1—1′ und 3—3′ und ebenso 2—2′ und 4—4′ als konjugierte Durchmesser hat.

Bevor wir auf die Beweisführung dieser Behauptung selbst eingehen, wollen wir die Konstruktionsanleitung der Ellipse aus den Daten des Kurzschlußversuches geben.

Auf der Abszissenachse werden die Werte für cos φ von 0 bis $\pm$ 1 aufgetragen, auf der Ordinate die Spannungsabfälle, und zwar ein Spannungsabfall positiv, eine Spannungserhöhung dagegen negativ. Die zur Ordinatenachse parallelen Geraden $a\,a$ und $a'\,a'$, in der Entfernung cos $\varphi = +1$, bezw. -1, geben zwei Tangenten der Ellipse mit den Berührungspunkten 1 und 1′ mit den Ordinaten $+e_r$ bezw. $-e_r$. Verbindet man nun die Punkte 1 und 1′ miteinander und zieht in den Punkten 3, 3′ mit der Abszisse cos $\varphi = 0$ und Ordinate $e_\varphi = +e_a$ bezw. $-e_a$ Parallele zu der Verbindungslinie 1 — 1′, so ist damit an die Punkte 3 und 3′ je eine Tangente gegeben. In den Punkten 4 und 4′ mit den Koordinaten

$$\cos\varphi = \pm\cos\varphi_K; \quad e_\varphi = \pm e_{\varphi K}$$

hat die Ellipse horizontale Tangenten. Verbindet man auch 4 und 4′ und zieht zu der Verbindungslinie Parallele in den Punkten 2 und 2′ (Koordinaten $e_\varphi = 0$; $\cos\varphi = \pm\cos\varphi_K$), so erhält man weitere zwei Tangenten mit ihren Berührungspunkten. Insgesamt sind also aus den Kurzschlußdaten 8 Punkte mit ihren Tangenten unmittelbar gegeben.

Um den Beweis für die Richtigkeit der angegebenen Konstruktion zu erbringen, wollen wir an eine charakteristische Eigenschaft der Ellipse erinnern. Die Tangente im Endpunkte eines konjugierten Durchmessers ist parallel zum anderen konjugierten Durchmesser. Da nun der absolute Wert von cos φ nie größer als die Einheit werden kann und für cos $\varphi = \pm 1$ wirklich Punkte (1 und 1′) der Ellipse existieren, so müssen die Geraden a und a' Tangenten zu unserer Kurve sein. Der zu diesen Tangenten parallele Durchmesser 3 — 3′ ist daher konjugiert zum Durchmesser 1 — 1′ und die Tangenten in den Punkten 3 und 3′ müssen zu letzterem parallel sein. Da ferner die Projektion einer Strecke niemals größer als die Strecke selbst sein kann, so ist es klar, daß die Ellipse in der Ordinatenhöhe $e_\varphi = e_{\varphi K}$ ein Maximum haben muß, wenn man bedenkt, daß die Spannungsänderung e_φ als Projektion der Kurzschlußspannung $e_{\varphi K}$ dargestellt wurde. (Vgl. die Abb. 1, links oben.) In dieser Höhe muß also die Ellipse eine horizontale Tangente haben. Der Berührungspunkt hat die Abszisse cos φ = cos φ_K.

Da der Durchmesser 2 — 2′ zu den Tangenten in 4 und 4′ parallel ist, kann man wieder die

[1]) G. Kapp: Transformatoren, S. 159.

[2]) Vgl. RET S. 11, § 16; Jahn: Messungen an el. Masch. S. 338. Berlin 1925, Springer.

Digitized by Google

Geradenpaare $2-2'$ und $4-4'$ als ein konjugiertes Achsenpaar ansprechen, so daß die Tangenten in den Punkten 2 und 2' durch parallele Geraden zu $4-4'$ gegeben sind. Damit ist der Beweis der angegebenen Konstruktionen erbracht.

Von der Ellipse kann nur der stark ausgezogene Teil in der Abb. 1 verwendet werden, der Rest stellt den nicht realen Teil für die Winkelwerte von 180° bis 360° dar.

Es sei noch zum Schluß auch auf das Verhalten der Spannungsänderungsellipse bei Übertemperaturen verwiesen. Eine Temperaturzunahme ist bekanntlich auf die Größe der Streukomponente e_σ ohne Einfluß, diese bleibt bei jeder Temperatur unverändert. Lediglich der Ohm'sche Abfall wird nach Maßgabe des Temperaturkoeffizienten vergrößert. Bei einer Übertemperatur t wird also der Punkt 1 proportional $(1 + \alpha t)$ höher rücken. Dementsprechend ändert sich auch die Neigung der Tangenten in den Punkten 3 und 3', die selbst aber bei Temperaturänderungen unverändert bleiben. Die Ellipse wird auseinandergezogen, sie bleibt jedoch stets zwischen den Grenzen der beiden Tangenten $a\,a$ und $a'\,a'$.

Die Vorteile einer solchen Darstellung sind in erster Linie in ihrer großen Einfachheit gelegen.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Steuerung von Ventilen mit Elektromotoren hat den Vorteil, an unzugänglichen Plätzen befindliche Ventile von einer zentralen Stelle aus zu schalten, was die Betriebssicherheit wesentlich erhöht. K. M. While berichtet über die gesammelten Erfahrungen. Der Schaltmotor muß das Absperrorgan möglichst rasch und sicher schließen, den Ventilteller bezw. Schieberkeil sanft auf die Dichtungsflächen aufsetzen und zur richtigen Zeit abgeschaltet werden. Dies bedingt sorgfältig gebaute Motoren und Schaltapparate. Die Wärmedehnung der Ventilspindel macht es notwendig, daß die Endschalter bei kaltem Ventil eingestellt werden; andererseits kann bei der durch höhere Temperaturen verlängerten Spindel die Abschaltung zu spät erfolgen und die Spindel brechen. Der Keil von Dampfschiebern kann bei niedriger Temperatur klemmen, was wieder ein hohes Anlaufmoment des Motors verlangt. Dieser Anforderung begegnet man durch den Einbau von Freilaufkupplungen, die aber wieder den Nachteil haben, daß der Schieberkeil schlagartig vom Sitz gerissen wird, wodurch die Dichtungsringe leicht beschädigt werden können. Nähert sich der Schieber der offenen Stellung, so ist die zur Bewegung erforderliche Kraft sehr gering, dagegen ist beim Schließen wegen des entgegenwirkenden Dampfdruckes ein starkes Drehmoment erforderlich. Am besten werden die gestellten Anforderungen von einem Motor mit Reihencharakteristik erfüllt. Mit Rücksicht auf Wasserschläge darf bei Wasserschiebern die Geschwindigkeit, mit welcher der Schieber geschlossen wird, nicht über 0·3 bis 0·45 m/min betragen, bei Dampfschiebern kann man bis 0·6 m/min gehen. Von den Erzeugerfirmen werden die gestellten Anforderungen rein mechanisch mit Hilfe von Rutschkupplungen, Magnetkupplungen und Fliehkraftschaltern gelöst. Eine rein elektrische Lösung benützt die Relaiswirkung eines Hilfsstromkreises, der von einem mechanisch mit dem Ventil verbundenen Begrenzungsschalter gesteuert wird. Wird letzterer geschlossen, so wird ein Relais erregt, welches den Anker des Antriebmotors, parallel mit einem Dauerwiderstand in Serie zu seinem Feld schaltet: der Motor läuft an und mit voller Tourenzahl so lange, bis der Begrenzungsschalter den Hilfskreis unterbricht; dadurch schaltet das Relais den Anker wieder ab, schließt aber gleichzeitig einen zweiten Hilfsstromkreis, der auch ein Relais betätigt, welch letzteres das Feld des Motors über einen hohen Widerstand unter Spannung setzt: der Motor arbeitet daher plötzlich als Generator auf den Parallelwiderstand seines Ankers, bremst dadurch scharf ab und setzt den Ventilteller sanft auf. Stip.

(Power, Bd. 66. Nr. 14. 1927.)

Die Kolbendampfmaschine als neuzeitliche Kraftmaschine. Von J. Kluitmann. Wenn auch die Bestrebungen zur Entwicklung der Kolbendampfmaschine durch den Weltkrieg in eine andere Richtung gedrängt wurden, so ist doch das Ziel — die Erhöhung der Betriebssicherheit unter gleichzeitiger Vereinfachung der Bedienung — das gleiche geblieben. Von baulichen Einzelheiten ist die Verwendung möglichst einfacher Steuerungen zu erwähnen, die Wartung soll durch selbsttätige Regelung, wie Leistungsregelung der angehängten Arbeitsmaschinen und Druckregler für Zwischen- und Abdampf, sowie durch Benutzung von Schmierpressen, Druckölschmierung u. dgl. vereinfacht werden. Die Bestrebungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, die heute nicht allein durch den Dampfverbrauch gekennzeichnet wird, führten zur Steigerung der Drehzahl (bei gleicher Leistung wird die Maschine billiger und erfordert nur weniger Platz, also auch weniger kostspielige Baulichkeiten), wobei man allerdings bisher noch nicht sehr weit gekommen ist (siehe unten). Die Kolbendampfmaschine ist trotz der besseren Wärmeausnutzung der Verbrennungskraftmaschine dieser überlegen, wenn mit dem Kraftbedarf auch ein größerer Wärmebedarf gedeckt werden muß und wenn der Kraftbedarf innerhalb weiter Grenzen schwankt. Gegenüber der Dampfturbine weist sie im Hochdruckgebiete eine bessere Wärmeausnutzung auf, die sie als Vorschalt- bezw. Gegendruckmaschine besonders geeignet erscheinen läßt. Bei Betrieb mit reiner Kondensation ist die Dampfturbine der Kolbenmaschine schon bei Leistungen von etwa 800 PS überlegen. Bei Zwischendampfentnahme oder Gegendruckbetrieb liegt die obere Grenze für die Kolbenmaschine bei 1500 bis 2000 PS, im Schiffsbetriebe sind die Werte etwa doppelt so hoch. Neben der Anwendung von hohen Dampfspannungen, von Zwischenüberhitzung, des Gleichstromverfahrens und anderer baulicher Maßnahmen war das Hauptbemühen der letzten Zeit die Anpassung der Kolbenmaschine an die Bedürfnisse der Kraft- und Wärmewirtschaft, in erster Linie die möglichst weitgehende Ausschaltung des Kondensators und des freien Auspuffs. Bei der meist üblichen Bauart von Verbundmaschinen mit Zwischendampfentnahme arbeitet im ND-Zylinder nur ein Teil des durch den HD-Zylinder gegangenen Dampfes, man kann dabei durch den Dampfentnahmeregler die Leistung etwa zwischen Voll und etwas über Halb ändern. Hiebei tritt der Übelstand auf, daß jedenfalls noch immer ein Teil des Dampfes in den Kondensator übertritt. Ferner ist die Höchstleistung der Maschine dann vorhanden, wenn kein Dampf entnommen wird. Dem sucht man durch einstufige Maschinen mit Abdampfentnahme abzuhelfen, die bei großem Abdampfbedarf als reine Gegendruckmaschinen arbeiten. Man kann auch eine

Digitized by Google

solche Maschine jeweils entsprechend der benötigten Abdampfmenge regeln und die etwa darüber hinaus erforderliche durch eine zweite Maschine decken, die mit Kondensation oder mit Gegendruck arbeitet. Die Vereinigung der Leistungs- und Abdampfregelung ist in einer Maschine möglich, bei welcher die Leistung eines Zylinders durch einen Entnahmeregler und die des zweiten durch einen Geschwindigkeitsregler verändert wird. Da letzterer Zylinder nie ganz leer mitlaufen darf, geht auch bei dieser Anordnung immer eine gewisse Dampfmenge in den Kondensator. Dies läßt sich dadurch vermeiden, daß man statt der beiden Zylinder die Leistung der beiden Seiten eines Zylinders in der angegebenen Weise regelt (beide Anordnungen stammen von der Sächsischen Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann, Chemnitz). Die Dampfmenge, welche entnommen werden kann, wächst bei diesen beiden Anordnungen mit der Leistung, sie beträgt aber auch nur etwa die Hälfte der der Höchstleistung entsprechenden Dampfmenge. Einen weiteren Schritt in dieser Richtung bedeutet die von Starke & Hoffmann gebaute Einzylindermaschine mit 100 vH Dampfentnahme[1]). Eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist bekanntlich auch durch Kupplung von mehreren Betrieben möglich. Die Bestrebungen zur Erhöhung der Drehzahl sind, wie schon angedeutet, noch nicht sehr weit vorgeschritten. Bemerkenswert sind eine größere liegende Dampfmaschine der Sächs. Maschinenfabrik mit Kolbenventilen und Freifallsteuerung, die mit 350 U/min läuft, ferner die Verwendung von Tellerventilen nach Stumpf statt der üblichen Doppelsitzventile; in den Vereinigten Staaten wurden bereits stehende Gleichstrommaschinen von 500 PS Leistung mit 360 U/min gebaut. Es sind dies vierzylindrige Auspuffmaschinen, bei welchen noch die Auslaßsteuerung durch ein Absaugen des Dampfes unterstützt werden soll, um die Drehzahl weiter zu steigern. Besonders aussichtsreich erscheint die Verwendung hoher Drehzahlen bei Gegendruckmaschinen. Für die weitere Entwicklung der Kolbenmaschine ist es von Bedeutung, daß es gelingt Baustoffe herzustellen, die außer hohen Drücken auch Temperaturen über 400° standhalten, ferner Leichtmetalle, die bei geringerem spezifischen Gewicht und hoher Festigkeit auch bei hohen Temperaturen geringe Dehnung aufweisen, schließlich fehlt noch ein billiges Schmieröl, das bei hohem Verdampfpunkt hohe Überhitzungen und Kolbengeschwindigkeiten von mehr als 4 m/sec erlaubt. Es wird dann, vielleicht noch unter Verwendung mittelbarer Steuerungen (durch Druckluft oder Druckflüssigkeit), möglich sein, die Kolbendampfmaschine immer mehr der leichten Verbrennungskraftmaschine näher zu bringen. (ZVDI, Bd. 71, Nr. 46, 1927.)

Gute Instandhaltung der Kondensatoren in einem Kraftwerk ist Bedingung für den zufriedenstellenden Betrieb. Erfahrungen darüber bringt ein Aufsatz in „Power" Bd. 66, Nr. 6. In einem bestimmten Werk hat man die Kondensatorrohre vor der erodierenden Wirkung des Kühlwassers durch auf der Wassereintrittseite angebrachte Eisenblechmanschetten wirksam geschützt. Mit Metallstopfbüchsenpackungen wurden langdauernde Versuche angestellt, die jedoch kein sehr günstiges Ergebnis hatten. Als beste Art der Rohrreinigung wurde diejenige herausgefunden, welche mit Gummipfropfen arbeitet, die mittels Druckluft durch die Rohre geblasen werden. Auf diese Art können zwei Mann einen größeren Kondensator in acht Stunden reinigen. Je nach der Verschmutzung werden solche Rohrreinigungen alle 6 bis 30 Tage vorgenommen. Die Kondensattemperaturen schwanken im Verlaufe des Jahres zwischen 2·5 und 25° C. Die Kühlwassererwärmung schwankt zwischen 2·8 und 8·5° C. Die Drehzahl der Kühlwasserpumpen wird je nach Bedarf so geregelt, daß die Kühlwassermenge zwischen der 60- und 120-fachen Kondensatmenge schwankt. Die neueren Kondensatoren haben in der Nähe der Luftabsaugstutzen eigene Kühlrohre, damit die abgesaugte Luft möglichst getrocknet und verdichtet wird. Dadurch erhöht sich die Leistungsfähigkeit der Luftpumpe. Stip.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 545.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Elektrostatische Berechnung von Hochspannungstransformatoren mit mehreren Wicklungen. Von Dr. J. Labus. Bei der Berechnung des elektrischen Feldes von Hochspannungstransformatoren ist es oft erwünscht, das elektrische Feld im Inneren derselben zu kennen oder wenigstens einen Aufschluß über die Größen der elektrischen Feldstärke an einigen besonders wichtigen Stellen (Ecken) zu geben. Die konforme Abbildung leistet bei parallelebenen Feldern gute Dienste[1]). Die Kraft- und Potentiallinien werden durch zwei Kurvenscharen dargestellt, welche sich in jedem Punkte rechtwinkelig schneiden. Mit Hilfe der konformen Abbildung transformiert man unter Verwendung komplexer Gauß'scher Koordinaten die beiden Kurvenscharen in zwei Scharen senkrecht zueinander verlaufender Geraden, welche den Kraft- und Potentiallinien eines beiderseits ins Unendliche verlaufenden Kondensators entsprechen, dessen Feldstärke sich in jedem Punkte einfach berechnen läßt. Dabei erfolgt die Abbildung des Bereiches der Kraft- und Potentiallinien des Transformators, das ist ein von einem Polygon begrenzter Bereich, in zwei Teilschritten: Zunächst bildet man die Fläche (w) dieses Polygons auf die obere Halbebene (z) ab, sodann letztere auf den Parallelstreifen ( ), der zwischen einem Plattenkondensator liegt. Die mathematische Funktion, die diese Abbildungen darstellt, läßt sich aus dem Theorem von Schwarz bestimmen und ist nach Festlegung der Begrenzung der einzelnen Abbildungsbereiche eindeutig gegeben. Mit Hilfe dieser Abbildungsfunktion aber ist es möglich, auch in umgekehrter Richtung den beschriebenen Abbildungsvorgang zu durchlaufen, also aus dem bekannten Feld eines Plattenkondensators die zu ermittelnde Feldverteilung eines Transformators zu bestimmen.

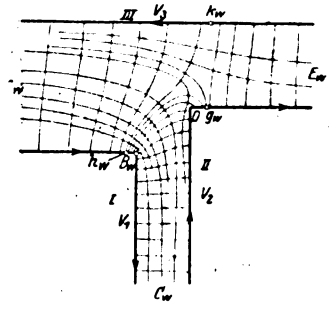


Abb. 1.

So kann man jene Aufgaben lösen, bei welchen der Rand des Polygons nur zwei Potentialen angehört (zum Beispiel der Spannung der Hochspannungswicklung und dem Potential Null des Mantels). Besitzt jedoch der Rand

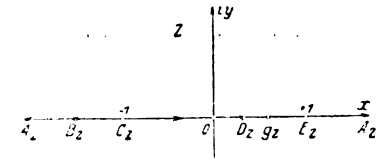


Abb. 2.

mehrere Wicklungen (Mehrwickeltransformatoren) mit verschiedenen Potentialen, welche längs derselben konstant sind, oder will man den Umstand berücksichtigen, daß das Potential längs der Wicklung nicht konstant ist, so muß man die Aufgabe erweitern.

Es soll hauptsächlich der erste Fall behandelt werden: In Abb. 1 ist das zu bestimmende Feld eines Transformators gezeichnet, der drei Spannungen V_1, V_2 und V_3 aufweist, wobei $V_1 > V_2 > V_3$ sei ($V_3 = 0$). In diesem Falle wird man nicht mehr mit der Abbildung auf einen einfachen Plattenkondensator auskommen. Um die Aufgabe dennoch einfach lösen zu können, soll der gegebene Bereich wieder auf den Bereich eines homo-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Seite 321 und 565.

Digitized by Google

genem elektrischen Feldes abgebildet werden. Der erste Teilschritt, die Abbildung des Transformatorbereiches auf die obere Halbebene, bereitet keine Schwierigkeit und sei in Abb. 2 schon durchgeführt: Den drei Begrenzungen in Abb. 1, die als eine geschlossene Randlinie zu denken sind, entspricht in Abb. 2 die reelle x-Achse, also den Punkten $A_w B_w C_w D_w E_w A_w$ die Punkte $A_z B_z C_z D_z E_z A_z$.

Für den zweiten Teilschritt, die Abbildung auf den Bereich des Plattenkondensators, muß das Kraftlinienbild in Abb. 1 genauer betrachtet werden. Bewegt man sich in Richtung der in Abb. 1 eingezeichneten Pfeile längs des Randes von A aus, so sieht man, daß die Kraftlinien von der Hochspannungswicklung (I) zunächst nach der Seite (III) gehen. In einem Punkte (h_w), dessen Lage von der Anordnung abhängt, gehen die nächsten Kraftlinien nicht mehr nach (III), sondern zur Mittelspannungswicklung (II). Es sieht so aus, als ob sich an dieser Stelle den Kraftlinien ein Hindernis in den Weg gestellt hätte, welches sie gegen (III) abschirmt. Dieselbe Erscheinung bemerkt man, wenn man sich längs der Seite (II) in der Pfeilrichtung bewegt. Hinter dem Punkte g_w gehen die Linien nicht mehr zur Wicklung (I), sondern enden am Mantel (III). Bildet man nun in Abb. 3 die Leiter I und III als Belegungen eines Plattenkondensators ab, so läßt sich die beschriebene Abschirmungserscheinung dadurch in Abb. 3 darstellen, daß man, um die Homogenität nicht zu stören, den Leiter II im homogenen Feld des Plattenkondensators an eine Stelle legt, welche schon vorher das Potential V_2 besitzt. Dieser Leiter II reicht bis zum Punkte g_ζ. Längs desselben muß man sich den Parallelstreifen bis zum Punkte g_ζ aufgeschnitten denken, so daß der Bereich der ζ-Ebene durch den mit Pfeilen versehenen Linienzug umgrenzt ist (Abb. 3). Vergleicht man die Abb. 1 und 3, so erkennt man leicht, daß sich die Punkte der Randlinie (zum Beispiel A_w und A_ζ) und die Felder zwischen den drei Leitern (I), (II) und (III) der beiden Abbildungen genau entsprechen. Die rechnerische Durchführung des zweiten Teilschrittes, der Abbildung der ζ-Ebene auf die obere Halbebene ist sehr einfach, weil die Schwarzsche Abbildungsfunktion sich hier immer in geschlossener Form geben läßt, da die Polygonwinkel in Abb. 3 $\pm\pi$ betragen.

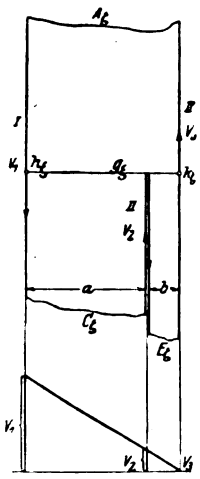


Abb. 3.

Die eben beschriebene Methode läßt sich nun für jeden Transformatorbereich anwenden, so weit nur die Abbildung dieses Bereiches auf die obere Halbebene einfach durchführbar ist. In komplizierten Fällen wird man sich aber mit numerischen Näherungen begnügen, besonders wenn man sich nur für die Feldstärke in einigen Punkten interessiert.

Steigt das Potential längs einer Wicklung stetig an, so treffen die Kraftlinien unter einem von 90^0 verschiedenen Winkel auf diese Wicklung. Um hier die konforme Abbildung anwenden zu können, muß dieser Winkel als konstant angenommen werden und die Abbildung der Wicklung im Bereich des Plattenkondensators, die eigentlich eine gekrümmte Linie ist, durch eine Gerade ersetzt werden. Man kann nachträglich den Potentialverlauf längs der Wicklung und somit die Verteilung der Wicklung selbst ermitteln.

(Archiv f. Elektrotechnik, Bd. 19, Heft 1, 1927.)

Der Drehstromasynchronmotor mit fremderregter Drehstromerregermaschine als Regelsatz. Von Dipl. Ing. H. Jacken. Zur Kompensation mittlerer und großer Asynchronmotoren verwenden die Siemens-Schuckertwerke vielfach die fremderregte Drehstromerregermaschine. Die Erregermaschine führt in den sekundären (Läufer) Stromkreis des Hauptmotors eine Spannung gleicher Frequenz und bestimmter Phasenlage ein. Erzeugt der Schleifringstrom der Erregermaschine in ihrem Läufer ein Drehfeld entgegengesetzt der Drehrichtung des Maschinensatzes, so führen die Kommutatorbürsten und der Ständer zwangsläufig die Schlupffrequenz (Läuferfrequenz) des Hauptmotors. Stimmt die Drehfeldrichtung vom Hauptmotorläufer und Erregermaschinenständer überein, so sind die Maschinen richtig zusammengeschaltet und man kann den Einfluß der Zusatzspannung leicht verfolgen. Die Lage der letzteren im Vektordiagramm läßt sich durch Verstellung der Kupplungen beliebig ändern. Der Regelsatz kann 1. zur Drehzahlregelung, 2. zur Phasenregelung und 3. für beide Regelungen gleichzeitig verwendet werden. Der letzte dieser drei Fälle, also der allgemeinste, sei im Diagramm der Abb. 1 dargelegt. Je nach der Phasenlage der Zusatzspannung E_z werden ihre Komponenten $E_{dr} = E_z \cos\alpha$ zur Drehzahl und $E_{ph} = E_z \sin\alpha$ zur Phasenregelung verwendet (α ist der Winkel zwischen E_{dr} und E_z). Die Einstellung des Winkels α erfolgt durch Verstellung der Kupplungen zwischen Hauptmotor und Erregermaschine in elektrischen Graden. Außerdem bedeuten in Abb. 4: E_1 die Netzspannung, die im Gleichgewicht mit der induzierten Spannung E_t, dem Ohmschen Spannungsabfall und der Streuspannung am Hauptmotorständer ist, J_1 den aufgenommenen Netzstrom, J_μ den Magnetisierungsstrom, J die Wattkomponente von J_1, $E_2 = \ddot{u} E_1 \frac{n_0 - n}{n_0}$ die Sekundärspannung, J_2 den Sekundärstrom. Die Streuspannung des Läufers ist wegen der geringen Periodenzahl sehr gering und wird vernachlässigt.

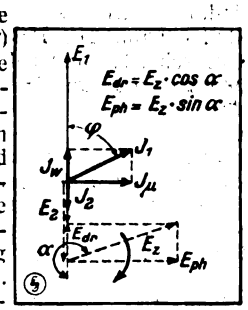


Abb. 4.

An einem Beispiel für einen 430 kW-Maschinensatz wurden die rechnungsmäßig und durch Messung sich ergebenden Werte in Abhängigkeit verschiedener Kupplungstellungen ermittelt. Die Blindleistungsmessung im symmetrischen Drehstromsystem läßt sich hiebei mit einem Wattmeter einfach durch Messung des Stromes in einer Phase und der Spannung in den beiden anderen Phasen bewerkstelligen. Die Größe der dem Netz entnommenen oder zugeführten Blindleistung läßt sich bei eingestellter Kupplung einfach durch Regelung der Zusatzspannung mit Hilfe eines Anzapftransformators mit Stufenschalter regeln. Humb.

(Siemens-Zeitschrift, Jahrg. 7, Heft 9.)

Die Selbstinduktion einer schraubenförmigen Spule beliebigen Drahtquerschnittes. Für die Berechnung der Selbstinduktion einlagiger Spulen endlicher Länge und beliebigen Querschnittes, deren Draht nach einer Schraube gewickelt ist, gab es bisher nur Näherungsformeln, die unter vereinfachenden Voraussetzungen entwickelt waren: entweder man nahm die Spule aus lauter Kreisströmen zusammengesetzt an oder man behandelte sie nach Lorenz als einen vom Strom durchflossenen Hohlzylinder, sodaß man von den Isolationszwischenräumen vollkommenen absah. In einiger Entfernung von der Spule sind diese Näherungen ausreichend, da das Feld nach außen exponentiell abfällt, in unmittelbarer Nähe aber kommen die durch die einzelnen Windungen im Feldverlauf hervorgerufenen „Rippen" in solchen Formeln nicht zum Ausdruck. Chester Snow hat nun eine strenge Berechnung der Selbstinduktion einer Schraubenspule ausgeführt, die von den Maxwellschen Gleichungen ausgeht und nur voraussetzt, daß die Spule aus lauter gleichartigen Spulen unendlich kleinen Querschnittes zusammengesetzt ist. Sein Rechnungsgang ist im wesentlichen eine Integration über die Feldwirkung aller dieser einzelnen Spulen nach dem Biot-Savart'schen Gesetz; er setzt daher auch voraus, daß der Außenkreis, der die Spule elektrisch schließt, nach dem gleichen Vektorpotential wie die Spule selbst

Digitized by Google

berechnet wird. Das genaue Ergebnis bilden sehr umfangreiche Formeln, die auch eine Anzahl transzendenter Funktionen enthalten. Der Verfasser vereinfacht diese Formeln, indem er schrittweise Näherungen einführt und dadurch den jeweiligen Gültigkeitsbereich genau feststellen kann. Die Resultate gelten für Drähte beliebigen Querschnittes und beliebiger Stromverteilung in demselben und werden für einige Einzelfälle spezialisiert. Für den wichtigsten und auch einfachsten Fall, kreisförmiger Querschnitt, sei das Ergebnis unter der Annahme konstanter Stromdichte im ganzen Querschnitt hier wiedergegeben: Eine einlagige Spule aus N Windungen vom kreisförmigen Drahtquerschnitt r sei auf einen Zylinder vom Radius R_l nach Art einer Schraube von der Ganghöhe $2\pi p$ und der axialen Länge $l = 2\pi p N$ aufgewickelt (mittlerer Spulenradius $R = R_l + \frac{r}{2}$). Dann gilt für ihren Koeffizienten der Selbstinduktion:

$$L_h = L_0 - 2\pi R \cdot \left\{ 2N \cdot \left(0{\cdot}8947 - \log \frac{2\pi p}{r} \right) - \right.$$
$$\left. - \frac{1}{3} \log \frac{r}{p} - A_2(k) - \frac{1}{2} \left(\frac{E(k)}{k} - 1 \right) \cdot \left(\frac{r}{2\pi p} \right)^2 \right\}.$$

In dieser Formel bedeutet L_0 den nach der bekannten Näherungsformel von Lorenz berechneten Wert der Selbstinduktion, also

$$L_0 = \frac{8R^2}{3\pi p^2} \cdot \left[\frac{(1-k^2) \cdot K(k) - (1-2k^2) \cdot E(k)}{k^2} - 1 \right];$$

die Größe k, zur Abkürzung eingeführt, drückt die Gestalt der Spule aus, es ist $k^2 = \frac{1}{1+\left(\frac{l}{R}\right)^2}$; $E(k)$ und $K(k)$ sind die vollständigen elliptischen Integrale 1. und 2. Art; die Funktion $A_2(k)$ ist durch eine Kurve gegeben, aus der einige Werte angeführt seien:

$k^2 =$	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1
$A_2(k) =$	3·2	1·7	1·1	0·7	0·5	0·3	0·2	0	−0·2	

das erste Glied in der geschlungenen Klammer des Ausdruckes für L_h ist das Hauptkorrektionsglied und verschwindet für $\frac{r}{2\pi p} = 0{\cdot}4087$.

In einem Anhang behandelt der Verfasser in strenger Weise auch das magnetische Feld einer unendlich langen Spule und findet in unmittelbarer Nähe derselben ein Kraftlinienbild, das identisch ist mit dem Verlauf der Äquipotentiallinien, den Maxwell in seinem „Treatise" für das elektrostatische Feld eines Gitters aus parallelen aufgeladenen Drähten angegeben hat. Frd.

(Scientific Papers of the Bureau of Standards, Bd. 21, Nr. 537.)

Gleichrichter.

Glühkathodengleichrichter von Siemens & Halske mit thorierter Molybdänkathode beschreibt Prof. Dr. A. Gehrts. Zum Laden von Sammlern für Schwachstromzwecke verwendet man Gleichrichter mit 1·5, 3 und 6 A; ausnahmsweise auch 10 und 20 A Stromstärke. 12 Zellen-Batterien erfordern hiezu 35 bis 40 V; 30 Zellen-Batterien 90 bis 120 V Spannung. Vor allen anderen Gleichrichtern empfehlen sich Glühkathodengleichrichter wegen ihrer Sauberkeit, Geräuschlosigkeit, leichter Handhabung ebenso, wie wegen ihres geringen Raumbedarfes und ihres guten Wirkungsgrades. Eine neue Type von Siemens & Halske hat einen Glühfaden aus thoriertem Molybdän, eine Erfindung der Deutschen Glühfadenfabrik Richard Kurtz & Dr. Ing. P. Schwarzkopf G. m. b. H. Er ist gegen Temperaturerhöhungen viel unempfindlicher als der thorierte Wolframfaden und braucht nicht erst durch Wärmebehandlung „aktiviert" zu werden. Der Wegfall der hohen Aktivierungsströme ermöglicht schwächere und daher leichter dicht einzuschmelzende Zuleitungen. Die Betriebstemperatur des Fadens liegt zwischen 1300 und 1700° C. Der neue Gleichrichter läßt sich deshalb ohne weiteres und ohne Änderung der Apparatur an Stelle eines Oxydkathoden-Gleichrichters verwenden. Bei der Typisierung wurde auch auf gleiche Abmessungen Rücksicht genommen. Der Gleichrichter ist mit reinstem Argon gefüllt und wird mit zwei Anoden für Zweiweggleichrichtung gebaut; der

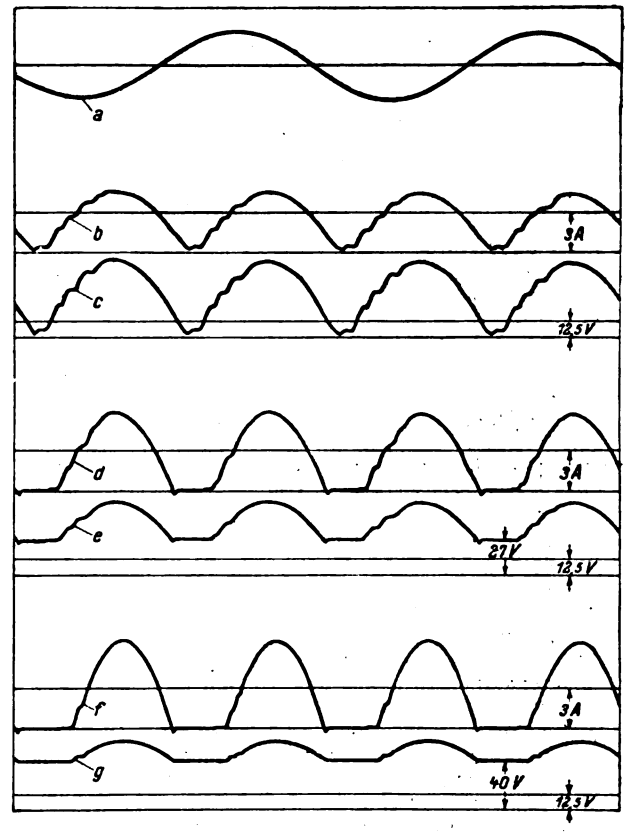


Abb. 5.

Spannungsabfall in der Röhre beträgt 8 bis 10 V. Bei der Herstellung wird Magnesium als „Getter" (Gasabsorbens) verwendet, das sich nach der Entgasung als Spiegelbelag auf der Glashülle wiederfindet. Die Anoden bestehen aus Tantal, das rotglühend ebenfalls Gase absorbiert, ein Zustand, der durch passende Abmessungen absichtlich herbeigeführt wird. Es könnten aber auch Eisen-, Nickel-, oder Kohleanoden verwendet werden. Der Argondruck ist den günstigsten Betriebsverhältnissen entsprechend gewählt. Die Kathode ist im allgemeinen nur schwach beansprucht, so daß die Lebensdauer mehrere tausend Stunden beträgt. Es werden folgende Typen gebaut:

Type	Heiz-spannung V	Heiz-strom A	Gleich-strom A	Gleich-spannung V	Zum Laden einer Batterie von	Höhe mm	Kolben-durchmesser mm
Gl 1	1·75	4·5	1 bis 1·5	—	1 bis 6 Zellen	125	45
Gl 1·5	1·45	6·5 bis 7	1·5	35 bis 40	12 „	125	50
Gl 3 *a*	2·4	12	3	35 „ 40	12 „	215	100
Gl 3 *c*	2·4	12	3	35 „ 40	12 „	180	80
Gl 6 *a*	2·1	17	6	35 „ 40	12 „	235	120
Gl 6 *c*	2·1	13	6	35 „ 40	12 „	215	100
Gl 10 *a*	2·2	17	10	35 „ 40	12 „	300	140
Gl 10·1 *b*	1·75	4·5	0·1 bis 0·15	100	—	125	50

Digitized by Google

Die zwei kleinsten Typen werden mit Europasockel wie die gewöhnlichen Verstärkerröhren versehen, bei den größeren sind die Kathoden- und Anodenzuleitungen an verschiedenen Enden des Kolbens herausgeführt; die ersteren endigen in Laschen mit Schlitzen zum Festklemmen der ganzen Röhre; die letzteren in gewöhnlichen Klemmen. Abb. 5 zeigt Oszillogramme über das Arbeiten der Type Gl 3a. Die oberste Kurve zeigt die Form des ursprünglichen Wechselstromes; das nächste Kurvenpaar Strom und Spannung beim Arbeiten auf einen Ohmschen Widerstand; die folgenden beiden Paare dieselben Größen beim Arbeiten auf Gegenspannungen von 27 und 40 V. Der Kathodenwerkstoff wird nicht nur durch den Heizstrom, sondern auch durch den überlagerten gleichgerichteten Strom beansprucht, wobei dessen Effektivwert maßgebend ist. Dieser Effektivwert ist nach Abb. 5 — eine mittlere mit Drehspulinstrument gemessene Gleichstromstärke von zum Beispiel 3 A vorausgesetzt — umso größer, auf je höhere Gegenspannung der Gleichrichter arbeitet; dieser wird also beim Arbeiten auf die volle Zellenzahl in gasendem Zustande am stärksten beansprucht. R. H.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 7, Heft 8, 1927.)

Fernmeldewesen.

Der Pegelzeiger. Von H. F. Mayer. Durch eine zwischenstaatliche Regelung ist festgesetzt worden, daß für keinen Punkt einer Fernsprechverbindung die Dämpfung gegen den Anfangspunkt größer als $b = 3{\cdot}5$ sein soll oder daß die Verstärkung den Wert $s = 1{\cdot}1$ übersteigt[1]). Zur Kontrolle dieser Werte dient der von der Firma Siemens & Halske hergestellte Pegelmesser[2]). An einer Fernsprechleitung kann ein Leistungs- und ein Spannungspegel festgestellt werden. Gemessen wird meist der Einfachheit halber der Spannungspegel p und daraus der Leistungspegel p berechnet.

$$p_s = p + \frac{1}{2} \ln \frac{Z_2}{Z_1},$$

worin Z_1 der Scheinwiderstand des erregenden Meßgenerators und Z_2 der Scheinwiderstand der zu messenden Leitung bedeutet. Der Spannungspegel wird durch die Gleichung

$$p_s = \ln \frac{2 V_2}{V_1}$$

definiert, wobei V_1 die Spannung des Generators und V_2 die Spannung an der Meßstelle ist. Es ist festgelegt worden, daß der Generator eine Spannung $V_1 = 1{\cdot}55$ V, eine Leistung von maximal $N_1 = 1$ mW abgeben soll und einen inneren Scheinwiderstand von $Z_1 = 600$ Ohm haben soll. Der Generator ist ein Röhrensummer und das Empfangsinstrument ein Röhrenvoltmeter, bei dem die Skala des Galvanometers direkt in Pegeleinheiten geeicht ist. Zur Einstellung der Normalwerte sind geeichte Widerstände eingebaut. Generator und Röhrenvoltmeter, sowie die Eichwiderstände sind in einem gemeinschaftlichen Kasten vereinigt. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Band 4, Heft 9, 1927.)

Die Verwendung von Vakuumröhren als Verstärker für Untersee-Telegraphenkabel. Von Austen M. Curtis. Der Betrieb der seit September 1924 verlegten, zur Erhöhung der Selbstinduktion mit Permalloy ausgerüsteten Untersee-Telegraphenkabel im Atlantischen Ozean[3]) führte zur Verwendung von Vakuumröhren für die Verstärkung der am Empfangsorte einlangenden Telegraphenzeichen, um auf diese Weise den Anforderungen des Betriebes auf den neuen Kabeln, der gegenüber den gewöhnlichen, nicht mit künstlicher Selbstinduktion belasteten Kabeln eine mehrfach gesteigerte Geschwindigkeit ermöglicht, nachkommen zu können. Nach Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten war es gelungen, eine Verstärkeranordnung zu finden, mit welcher die Verzerrung der Zeichen, die über das künstlich mit Selbstinduktion belastete Kabel einlangen, nahezu vollständig ausgeglichen wird. — Die den wesentlichsten Teil der Verstärkungsapparate bildenden Vakuumröhren sind in vier aufeinanderfolgenden Stufen angeordnet, mit induktiver, kapazitiver und Widerstandskopplung. In ähnlicher Weise ist die Verbindung mit dem Kabel hergestellt. Diese Apparatzusammenstellung gestattet den Betrieb mit geeigneten Heberschreibern bis zu ungefähr 2800 Buchstaben in der Minute[1]). Für Vielfachdrucktelegraphen ist eine besondere Anordnung nötig, um die Wirkung der Erdströme, die sich in einer Verschiebung des Ruhepunktes im Aufnahmeapparat zeigt, auszugleichen. Hiezu dient ein polarisiertes Relais, dessen Anker bei einer Verschiebung seiner Ruhelage um mehr als 3 vH unter der Einwirkung der Wellenberge der Signalwelle für einen Augenblick einen Kontakt schließt, über welchen ein Kondensator aufgeladen wird. Dieser Kondensator wird sodann über einen zweiten Kondensator entladen, der seinerseits mit dem Gitter der letzten Röhrenstufe in Verbindung steht, so daß durch die auf das Gitter übertragene Spannung die Wirkung der Erdströme aufgehoben wird. Die ersten Röhrenverstärker wurden bereits 1924 auf dem von New York nach den Azoren verlegten Kabel verwendet; diese sowie die seither noch in Betrieb genommenen Röhrenverstärker haben sich hinsichtlich Verläßlichkeit und leichter Instandhaltung vollständig bewährt. Dr. Ste.

(The Bell System Technical Journal, Heft 3, Juli 1927.)

Bestimmung der elektrischen Kennwerte belasteter Telegraphenkabel. Die Verwendung der Permalloy genannten Legierung (78·5 vH Ni, 21·5 vH Fe) zur Erhöhung der Selbstinduktion langer Untersee-Telegraphenkabel gibt J. J. Gilbert Veranlassung, sich mit den Erfordernissen zur Planung solcher Kabelanlagen zu befassen[2]). Da bei der rascheren Zeichengebung zur möglichsten Ausnutzung derartiger langer Unterseekabel die Einflüsse des Wasserdruckes, der Temperatur, des mechanischen Zuges, sowie der im Betriebe auftretenden elektrischen und magnetischen Felder auf die Eigenschaften des Kabels sich bedeutend mehr bemerkbar machen als bei den bisherigen Anlagen, ist zur Ermittlung der charakteristischen Kabelkonstanten (Widerstand, Selbstinduktion, Kapazität, Ableitung) neben theoretischen Erwägungen und Untersuchungen bei der Herstellung der Kabel in der Fabrik noch die Kenntnis von Meßergebnissen an bereits verlegten langen Unterseekabeln notwendig, um Schlüsse auf die Änderung der Kabelkonstanten nach der Verlegung ziehen zu können und sichere Anhaltspunkte für die Planung derartiger Anlagen zu gewinnen. Bei diesen Untersuchungen kann man sich auf die geringen, im Betrieb dieser Kabel vorkommenden Stromstärken beschränken. Bestimmt man durch Messung die Werte der Dämpfung eines l km langen Kabels: $\beta l = \omega l . \sqrt{CL}$ für eine Sinuswelle von ω Per/s und die Zeitdauer für die Fortpflanzung der Welle über das gleiche Kabel: $T = l . \sqrt{CL}$, endlich auch die auf die Längeneinheit fallende Kapazität, so lassen sich zunächst für die in Betracht gezogenen Frequenzen die Selbstinduktionswerte aus den angegebenen Formeln berechnen. Die Verluste durch den Ohmschen Widerstand und durch auftretende Wirbelströme können schon in der Fabrik annähernd bestimmt werden, bedürfen aber einer Nachprüfung an dem ausgelegten Kabel; die Hysteresisverluste können bei der Kleinheit der im Betriebe auftretenden Ströme vernachlässigt werden. Bei der Aufstellung des Widerstandswertes für die Seerückleitung ist auf deren Abhängigkeit von der Frequenz Rücksicht zu nehmen. Das Gleiche gilt für die Ableitung, die sich ebenfalls mit der Frequenz ändert, aber bereits in der Fabrik mit ziemlicher Annäherung voraus bestimmt werden kann. Messungen an drei bereits unter Wasser liegenden Kabeln verschiedener Beschaffenheit ergaben, daß auf die angegebene Weise die Vorausbestimmung der für lange Unterseekabel zu erwartenden charakteristischen

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 368; 1928, S. 74.
[2]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 55.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23, 164; 1927, S. 767.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 621.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 547; 1925, S. 94; 1926, S. 23, 164, 621.

Digitized by Google

Kabelkonstanten zwecks Planung derartiger Anlagen mit ziemlicher Genauigkeit möglich ist und die erhaltenen Werte im allgemeinen nur um einige Hundertteile von den nach der Verlegung des Kabels erhaltenen Meßergebnissen abweichen. Dr. Ste.

(The Bell System Technical Journal, Heft 3, Juli 1927.)

Fernsprecher für Wahlanruf bespricht Ing. W. Hermann. Sie dienen für wahlweisen Anruf einer von mehreren in einer Doppelleitung parallel geschalteten Sprechstellen von einer der anderen aus. Der wesentliche Bestandteil für diesen Zweck ist das in jeder Sprechstelle vorhandene Wählerwerk. Ein auf Wechselstrom ansprechender polarisierter Elektromagnet wirkt auf einen Anker, der bei seiner hin- und hergehenden Bewegung über ein Steigrad eine Schaltscheibe in schrittweise Drehung versetzt, durch die bei einer bestimmten, durch eine Einstellkurbel zu bezeichnenden Stellung die Leitung mit den eigenen Sprech- und Hörapparaten verbunden wird. Die Apparate der verschiedenen Sprechstellen sind über verschieden gelegene Punkte der eigenen Schaltscheibe mit der Leitung verbunden, so daß durch den von der rufenden Stelle ausgehenden Wechselstrom, der sämtliche Schaltscheiben gleichzeitig in schrittweise Umdrehung versetzt, nach einer bestimmten Zahl von Schritten, bezw. nach einem bestimmten Umdrehungswinkel die Verbindung der Leitung mit der voraus bestimmten Sprechstelle, bezw. ihren Sprech- und Hörapparaten hergestellt werden kann. In diesem Augenblick wird der von der rufenden Stelle in die Leitung entsandte Wechselstrom selbsttätig unterbrochen. Nach Gesprächsschluß bringt einer der Sprechenden zunächst die Einstellkurbel und dann die Induktorkurbel in die Ruhelage, wodurch in gleicher Weise wie beim Anruf sämtliche Schaltscheiben schrittweise in die Ausgangsstellung zurückgebracht werden. Diese Rückstellung kann auch selbsttätig erfolgen. Dr. Ste.

(Mix und Genest-Nachrichten, Heft 2, Juli 1927.)

Verschiedenes.

Das Grundproblem der angewandten Geophysik und der elektrische Nachweis von Erdöl. Die Methode der Verwendung elektrischer Schwingungen zur Erforschung des Erdinnern, die hauptsächlich von Heinrich Löwy entwickelt worden ist, beruht auf der Veränderung der Schwingungskonstanten eines elektrischen Oszillators durch dessen Umgebung. Es wird also eine sich über dem Erdboden befindende strahlende Antenne ihre Eigenwellenlänge λ und zeitliche Dämpfung δ (bei ungedämpften Schwingungen die Amplitude) ändern je nachdem, welche Werte der elektrischen Materialkonstanten, Leitfähigkeit σ und Dielektrizitätskonstante ε jene Stoffe aufweisen, die innerhalb einer gewissen Reichweite der Antenne (zirka = Wellenlänge) in der Erdkruste liegen. Die physikalischen Grundlagen dieser Methode und ihre Anwendung zur Untersuchung trockener Gebiete, auch unter Verwendung des Luftschiffes, sind in dieser Zeitschrift bereits ausführlich besprochen worden[1]). Während aber bisher nur eine Pauschalanalyse weiter Strecken möglich war, hat nun H. Löwy, vorläufig nur theoretisch, seine Methode zu einer Detailanalyse verfeinert. Eine solche ist aber nur anwendbar, wenn der Nachweis der einzelnen Bestandteile des Bodens durch elektrische Schwingungen eindeutig ist, eine Frage, die H. Löwy als Grundproblem der angewandten Geophysik bezeichnet. Der Eindeutigkeitsbeweis gelingt ihm nun für die fünf praktisch wichtigsten Fälle, nämlich 1. trockenes Gestein, 2. erdöldurchtränkte Stufenfolge, 3. süßwasser-, 4. salzwasser-, 5. erzführende Gesteine, in beliebiger Tiefe d von der Deckschichte befindlich; die bezüglichen elektrischen Materialkonstanten sind in folgender Tabelle angegeben:

	1. Trocken	2. Oel	3 Süßwasser	4 alzwasser	5. Erz
ε	7	$7 < \varepsilon < 80$	80	80	< 80
σ	10^3	10^3	10^8	10^{11}	10^{13}

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 666.

Der Gedankengang des Beweises ist kurz folgender: Für jeden der genannten Fälle (Konfigurationen) besteht, wenn man die Tiefe d eliminiert, eine charakteristische Abhängigkeit der Schwingungskonstanten λ und δ untereinander, sodaß die Konfiguration 2 bis 5 in einer graphischen Darstellung mit λ und δ als cartesischen Koordinaten durch ganz bestimmte Kurven dargestellt sind, die einen gemeinsamen Ausgangspunkt besitzen, nämlich jenen, der den Werten λ_1 und δ_1 für trockenes Gestein entspricht; letzterer Punkt ist natürlich willkürlich, da er auch von den Verhältnissen beim Schwingungserzeuger abhängt. Da sich diese Kurven nirgends schneiden, ist der Beweis der Eindeutigkeit (von H. Löwy für Tafelländer streng durchgeführt) erbracht Die charakterische Kurve ist für Erdöl führende Stufenfolgen eine nach abwärts gehende Hyperbel, da hier $\delta \sim \frac{1}{\lambda}$ ist; in diesem Fall kann man sogar Schlüsse auf die Mächtigkeit der ölführenden Schicht ziehen, denn die Lage des Meßpunktes auf der Kurve hängt von Verhältnis und Lage der salzwasserführenden tonigen zu den produktiven öldurchtränkten sandigen Schichten ab. Die Kurven für die Fälle 3 bis 5 (Wasser und Erz) gehen vom gemeinsamen Ausgangspunkt nach aufwärts, ihre gegenseitige Lage wird vor allem durch $\frac{\sigma}{\varepsilon}$ bestimmt; die Lage des Meßpunktes auf der Kurve hängt von der Tiefe d des Schichthorizontes, der Wellenlänge und der Höhe der Antenne über Boden ab. Nachdem so die theoretische Grundlage zur Detailanalyse gelegt ist, werden praktische Versuche ihre Richtigkeit und Verwendungsfähigkeit zu erweisen haben. Frd.

(Die Naturwiss. 15. Jahrg., Heft 47, 1927.)

Chronik.

Energiewirtschafts-Ausstellung („EWA") Graz 1928. Unter den Jubiläumsveranstaltungen aus Anlaß der 800-Jahr-Feier der Stadt Graz steht ihrer Bedeutung nach wohl an erster Stelle die geplante Energiewirtschafts-Ausstellung, mit deren Durchführung das Grazer Messeamt (Graz, Landhausgasse 7) betraut ist und für die bereits umfassende Vorbereitungen im Zuge sind. Es gibt zweifellos Zeugnis von der richtigen Erfassung und einer verständnisvollen Wertung des Begriffes Energie im technischen Sinne, wenn die Feier des mehrhundertjährigen Bestandes einer Stadt von der Bedeutung der Stadt Graz zum Anlasse genommen wird, gerade eine Energiewirtschafts-Ausstellung zu veranstalten, denn wenn man sich die Wandlungen vor Augen hält, die eine solche Stadt in ihrem ganzen Aussehen, in den mannigfachen inneren Einrichtungen und in allen sonstigen Belangen, die den heutigen Kulturzustand verkörpern, im Laufe der Jahrhunderte durchgemacht hat, und wenn man diese Entwicklung bis auf ihre letzten Ursachen zurückverfolgt, so kommt man zwangläufig schließlich zu der Erkenntnis, daß weder Macht und Gesetz, noch Kapital und handwerkliches Schaffen und auch nicht die abstrakten Wissenschaften allein imstande gewesen wären, diesen kulturellen Aufstieg herbeizuführen, wenn es nicht die Technik verstanden hätte, die Energie in ihren vielgestaltigen Formen den Bedürfnissen der Menschheit nutzbar zu machen. Es ist also ein glücklicher Gedanke, bei einem Anlasse, wie er hier gegeben ist, durch eine Energiewirtschafts-Ausstellung auch der breiten Öffentlichkeit in eindrucksvoller Form den Einfluß aufzuzeigen, den die Verwertung der Energie auf unser ganzes Kulturleben bereits genommen hat und — ausblickend auf die Zukunft — auch noch weiterhin zu nehmen berufen ist. Mag auch die gegenwärtige wirtschaftliche Lage unseres klein und arm gewordenen Staates der Veranstaltung einer Ausstellung im allgemeinen nicht günstig sein und die vielfach zutage tretende Ausstellungsmüdigkeit ihre Durchführung noch besonders erschweren — lähmende Resignation und Verdrossenheit werden die erhoffte Besserung unseres Wirtschaftslebens sicher nicht herbeiführen, und deshalb ist es

Digitized by Google

den Veranstaltern der Grazer Ausstellung im Interesse aller nur zu wünschen, daß es ihrer persönlichen Energie gelingen möge, alle Hemmnisse und Widerstände zu besiegen, um auch vor dem Auslande zu zeigen, welches Verständnis bei uns für die Verwertung und Bewirtschaftung der Energie und für ihre Bedeutung als einem der wichtigsten Faktoren in allen neuzeitigen Rationalisierungsbestrebungen vorhanden ist.

Die Ausstellung selbst findet auf dem Ausstellungsgelände der Grazer Messe (Industriehallepark) unter Benützung und teilweiser Erweiterung der dort vorhandenen Ausstellungsgebäude statt und soll vom 23. Juni bis 31. Juli d. J. dauern. Für ihre Durchführung wurde in Graz unter dem Präsidium der Herren Hofrat Prof. Dr. Albert Ettingshausen, Kommerzialrat Viktor Franz und Präsident Dr. Ludwig Kranz ein Ausschuß gebildet, dem hervorragende Vertreter aller für die Energiewirtschaft in Betracht kommenden wissenschaftlichen, technischen und industriellen Kreise sowie der öffentlichen Körperschaften angehören; außerdem wurde gleichsam als ein Verbindungsglied mit Wien auch hier ein aus Vertretern der verschiedenen für die Ausstellung in Betracht kommenden Fachkreise bestehender Ausschuß eingesetzt, der zu seinem Vorsitzenden den Präsidenten des Technischen Versuchsamtes Sektionschef Ing. Dr. Wilhelm Exner gewählt hat, und dem es obliegt, das Ausstellungsunternehmen auch von hier aus zu beraten und zu fördern. Die Bundesregierung hat ihr lebhaftes Interesse an der Durchführung der Ausstellung ebenfalls bereits bekundet, indem sie für diesen Zweck eine namhafte Subvention bewilligt und die sachliche Unterstützung des Unternehmens durch die in den einschlägigen Belangen zuständigen Ämter und Behörden in die Wege geleitet hat. Ebenso haben das Land Steiermark und die Stadt Graz dem Ausstellungsunternehmen eine tatkräftige Förderung angedeihen lassen.

Das allgemeine Programm der Ausstellung gliedert sich der Hauptsache nach in fünf Gruppen. Die Gruppe I umfaßt den belehrenden Teil über Wesen, Entwicklung und Ziele der Energiewirtschaft und soll dem Besucher an Hand von Bildern und sonstigen anschaulichen Darstellungen sowie unter Vorführung von der Wirklichkeit entnommenen Objekten einen möglichst vollständigen Einblick in dieses Gebiet geben, damit er die Eindrücke der anderen Ausstellungsgruppen schon mit einem entsprechenden Verständnis in sich aufzunehmen vermag. Die Gruppe II ist für die Erzeugung und Verteilung der Energie bestimmt und soll nach den Ländern geordnet insbesondere Darstellungen der bedeutendsten Wasserkraft- und kalorischen Anlagen einschließlich jener der Bundesbahnen enthalten und die bestehenden Verteilungsnetze auch aus dem Gesichtspunkte der Verbundwirtschaft zur Schau bringen. Die Gruppe III betrifft das weite Gebiet der Verwendung der Energie in Haushalt und Gewerbe, Industrie und Bergbau, im Verkehrswesen und in der Landwirtschaft; in dieser Abteilung ist auch die Aufstellung eines „Elektrohofes" beabsichtigt, der im Betriebe vorgeführt werden und ein umfassendes Bild von der Verwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft und ihren Nebenbetrieben geben soll. Die Gruppe IV umfaßt Telephon, Telegraph und Radio und soll nach den bereits vorliegenden Zusagen hauptsächlich von der Generaldirektion für das Post- und Telegraphenwesen und von der „Ravag" eingerichtet werden. Die Gruppe V endlich soll den Ausstellungen der einschlägigen Erzeugerfirmen auf den Gebieten des Bauwesens, des Maschinenbaues, der Dampftechnik, der Elektrizitätsindustrie usw. dienen. Es ist begreiflich, daß die elektrische Energie als die das moderne Wirtschaftsleben am einschneidendsten beeinflussende Energieform in der Ausstellung den breitesten Raum einnehmen wird, doch sollen auch andere Energieformen, soweit ihnen eine praktische Bedeutung zukommt, entsprechend zur Darstellung gebracht werden.

Die große und schwierige Aufgabe, die sich die Veranstalter der Ausstellung mit diesem Programm gestellt haben, wird aber nur dann die erhoffte und im Interesse unseres Landes so überaus wünschenswerte gedeihliche Lösung finden können, wenn alle Kreise, die hiefür in Betracht kommen, vor allem die in der Erzeugung und Verwertung der elektrischen Energie führenden Faktoren das Unternehmen moralisch und materiell tatkräftigst unterstützen und in einträchtiger Zusammenarbeit den Beweis zu erbringen helfen, daß auch unter schwierigen Verhältnissen Großes vollbracht werden kann, wenn der gute Wille dazu vorhanden ist. Der im Zusammenhange mit dem großen Wiener Sängerbundesfeste erwartete Zustrom von Fremden aus dem nahen und fernen Auslande wird sich wenigstens zum Teile gewiß auch über die Stadt Graz erstecken, und umso wertvoller wird es also sein, wenn die Fremden auch von dort überzeugende Eindrücke mitnehmen von einer ernsten und zielbewußten Betätigung auf dem für die Gestaltung der volkswirtschaftlichen Verhältnisse so wichtigen Gebiete der Energiewirtschaft — zum Ruhme und zur Ehre Österreichs. Kunze.

Literaturberichte.

36:4 **Die Bekämpfung des Erd- und Kurzschlusses in Höchstspannungsnetzen.** Von Dr. Ing. Paul Bernett. 48 Seiten mit 5 Abbildungen, München und Berlin 1927, Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Den Inhalt des ersten Teiles der kurzen Schrift bilden prinzipielle Fragen des Fehlerschutzes unter besonderer Berücksichtigung der Erfahrungen im Bayernwerksnetz. Es wird in groben Zügen auf die Mängel der früheren Schutzsysteme eingegangen und gezeigt, daß bei Höchstspannungsnetzen im allgemeinen nur der Doppeldistanzschutz[1]) wirklich selektive Kurzschlußabschaltung herbeizuführen vermag. Im Abschnitt „Erdschlußschutz" sind interessante Meßergebnisse der Löschversuche mit den Petersenspulen des Bayernwerksnetzes mitgeteilt. Im zweiten Teil „Fehlerortsbestimmung auf Hochspannungsleitungen" sind die vollständigen Rechnungsgrundlagen der bereits früher[2]) publizierten, sehr bemerkenswerten Methoden sowie zahlreiche Versuchsprotokolle, welche die große Nützlichkeit des Verfahrens vor Augen führen, enthalten. Für die Auffindung schwacher Stellen (zum Beispiel Isolatorketten mit bloß einem zerstörtem Glied) die zu aussetzenden Erdschlüssen unter höchster Betriebsspannung oder bei ihrer geringfügigen Überschreitung Anlaß geben, versagen naturgemäß auch diese Methoden der Fehlerortsbestimmung. Es wundert deshalb, daß Bernett die Erdschlußrelais mit hoher Strom- und Zeitempfindlichkeit (Wischer-Relais)[3]) im ersten Teile noch immer als erforderlich bezeichnet.

Wenngleich manche Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nur für Höchstspannungsnetze Gültigkeit haben, weil sie aus den Betriebserfahrungen einer solchen Übertragung abgeleitet sind, wird die Schrift wohl auch für andere Verhältnisse empfehlenswerter Wegweiser sein können. Es muß dann allerdings sehr genau untersucht werden, ob auch alle Voraussetzungen in gleicher Weise erfüllt sind wie beim Muster des Bayernwerkes. Bei Bahnübertragungen mit niedriger Periodenzahl beispielsweise und ebenso bei Kabelnetzen ohne Überstromreaktanzen wird wegen der geringen Reaktanz der Übertragung ein Reaktanzablauf der Doppeldistanzrelais kaum in Betracht kommen können. Ebenso ergeben sich in anderen Details Abweichungen. Unverändert aber bleibt sicher die Forderung, von den Relais die gleiche Genauigkeit wie von Meßinstrumenten zu verlangen und ihnen nur den Fehlerschutz zuzuweisen — ein Punkt, auf den auch heute noch immer mit Nachdruck hingewiesen werden muß — während die notwendige Sicherung gegen betriebsmäßige Überlastungen andere Einrichtungen zu übernehmen haben. E. Groß.

[1]) E. u. M. 1927, Heft 45, Seite 802.
[2]) E. u. M. 1926, Heft 44, Seite 765.
[3]) E. u. M. 1925, Heft 43, Seite 954.

Digitized by Google

3622 **Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik.** Von Dr. Ing. S. Kießkalt. Forschungsarbeiten a. d. Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 291, 1927. Mit 8 Abb. und 7 Zahlentafeln, VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927.

Solange man die Schmierfähigkeit eines Öles vornehmlich nach dem Viskosimeterergebnis bei Atmosphärendruck beurteilte, war es einigermaßen rätselhaft, worauf die in der Praxis sich bald herausstellenden Unterschiede in der Schmierfähigkeit zweier Öle verschiedener Art, jedoch gleicher Viskosität beruhten. Man bemühte sich vergeblich, diese Unterschiede auf Verschiedenheiten der Oberflächenspannung oder der Adhäsion zurückzuführen. Auf die Bedeutung des Druckverhaltens für die Güte der Schmieröle wurde, abgesehen von älteren, aber leider ziemlich unbeachtet gebliebenen Arbeiten zuerst von den Amerikanern Hersey und Hyde während des Weltkrieges hingewiesen. Durch die mit besonderer Sorgfalt durchgeführten Versuche des Verfassers der vorliegenden Forschungsarbeit über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit der Öle und dessen Änderung mit der Temperatur, sowie durch seine theoretischen und praktischen Betrachtungen wird nunmehr die Aufmerksamkeit auch der deutschen Ingenieure auf dieses Gebiet gelenkt und dem Betriebsingenieur praktisch höchst bedeutsame Aufschlüsse gegeben. Kießkalt gelangt zu dem wohlbegründeten Schlusse, daß in der Schmiertechnik aus Gründen der Betriebssicherheit dem Öle mit möglichst flach abfallender Temperaturkurve und möglichst steil ansteigender Druckkurve der Zähigkeit im Bereiche der hohen Temperaturen der Vorzug zu geben ist; ein Grundsatz, der auch mit den Messungen an den in der Praxis als besten anerkannten Ölen übereinstimmt. R. H.

3618 **Idées americaines comme Sources des Richesses.** Von Ing. E. Wéra. 78 S. mit 5 Abb. Selbstverlag des Verfassers, Brüssel, Avenue d'Auderghem, 98. 1927. Preis 4 bélgas.

Die Mehrzahl der in den letzten Jahren erschienenen Berichte über die amerikanische Industrie ist das Ergebnis kürzerer oder längerer Studienreisen, die von Ingenieuren, Industriellen und Kaufleuten nach den Vereinigten Staaten unternommen wurden und diese Berichte geben daher nur Ausschnitte aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben wieder. Im Gegensatze hiezu hat der Verfasser der vorliegenden Schrift zehn Jahre in der amerikanischen Industrie und mit Studien in Amerika verbracht und ist daher in viel umfassenderem Maße in der Lage, ein Bild von der Entwicklung und dem derzeitigen Stande der Industrie in den Vereinigten Staaten zu geben. Diese Gegenstände bilden den größeren Teil der Schrift, während im zweiten Teile Anhaltspunkte gegeben werden, wie die amerikanischen Erfahrungen und Arbeitsmethoden auf die ganz verschiedenen europäischen Verhältnisse anzuwenden wären. Als Grundbedingung ist dabei anzusehen, daß man sich bei uns nicht auf sklavische Nachahmung des in Amerika Gesehenen oder Gehörten beschränkt, sondern es anzupassen versucht. Es ist zu wünschen, daß die sehr interessante und nicht über den Bereich des Möglichen hinausgehende Schrift sowohl in technisch-industriellen als auch in den Wirtschaftskreisen Verbreitung findet, besonders bei uns in Österreich wird man, da ein Vergleich mit Belgien (das der Verfasser natürlich in erster Linie heranzieht) wegen der Größe der Bevölkerungszahl möglich ist, viele Anregungen unmittelbar anwenden können. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt. 145 S. Herausgegeben von der Dresdner Bank 1927.

In der Schrift werden an Hand von zahlreichen Zusammenstellungen die wirtschaftlichen Verschiebungen zwischen den einzelnen Erdteilen und Ländern, die gegenüber der Vorkriegszeit hinsichtlich Vorkommen, Gewinnung, Herstellung, Verbreitung und Nutzen der wichtigsten Rohstoffe und Industrieerzeugnisse eingetreten sind, dargestellt. Insbesondere sind natürlich auch die Energiequellen, die Metalle, die elektrotechnische und die Maschinenindustrie (die beiden letzteren unter Zugrundelegung der Memoranden für die Wirtschaftskonferenz und der Veröffentlichungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie bezw. des Verbandes deutscher Maschinenbauanstalten[1]), sowie das Verkehrswesen ausführlich behandelt. Die Schrift verdient daher auch das Interesse technischer Kreise. J.

Wärme, Optik, Elektrizität. Von Dr. G. Wiegner und Dipl.-Ing. P. Stephan. Band II der „Technischen Physik für Technische Lehranstalten und zum Gebrauch in der Praxis." Dritte, neubearbeitete Auflage. VII und 350 Seiten mit 352 Abb. im Text. Verlag und Druck von B. G. Teubner, Leipzig, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 8·80.

Ohne Vorkenntnisse vorauszusetzen, führt das Buch auf leichtfaßliche Weise in die Grundlehren der Wärme, Optik und Elektrizität ein. Die zweckmäßige Stoffauswahl sowie die den Anforderungen der Didaktik entsprechende Darstellung machen im Verein mit zahlreichen durchgerechneten Musterbeispielen und Abbildungen das Buch für seinen Zweck wohlgeeignet. K-M.

247 DIN 1917 bis 1927. 184 S. mit Abb. Beuth-Verlag, Berlin S 14. Preis geb. Mk. 2·—, geh. Mk. 1·—.

In der aus Anlaß seines zehnjährigen Bestehens vom Deutschen Normenausschuß herausgegebenen Denkschrift sind außer einer Geschichte der deutschen Normung mit Hinweisen auf die Gesichtspunkte, die bei ihrer Weiterentwicklung maßgebend waren, eine Reihe Aufsätze von Mitarbeitern enthalten, die seit der Gründung des Normenausschusses für bestimmte Fachgebiete tätig waren und schließlich Berichte von Firmen, die die Normen im eigenen Betrieb eingeführt haben, über ihre Erfahrungen und über die Vorteile infolge der Durchführung der Normen. Die Schrift ist für alle Kreise, die sich mit Normungsfragen oder Rationalisierung befassen, von Wert.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft. (Aus dem Geschäftsbericht über das Geschäftsjahr vom 1. Oktober 1926 bis 30. September 1927.) Die in den Sommermonaten 1926 eingetretene Besserung der Wirtschaftslage hat sich erfreulicherweise als stetig erwiesen. Die Umsätze, vor allem im Inlande, sind erheblich gestiegen, und ein großer Teil der infolge von Rationalisierung und Krise im Jahre 1925 und Anfang 1926 erwerbslos gewordenen Arbeitskräfte hat wieder Beschäftigung gefunden. Der Anteil des ausländischen Geschäftes am Gesamtumsatz ist gestiegen. Die überseeische Organisation wurde weiter ausgebaut. Das erweiterte Abkommen mit den amerikanischen Freunden der AEG, (d. i. die General Electric Co.), arbeitet unverändert zur beiderseitigen Zufriedenheit.

Von bedeutenden Arbeiten sind zu erwähnen: Der Bau des Großkraftwerkes Klingenberg[2]) wurde im Berichtsjahre vollendet und mit den drei Turbosätzen zu je 80 000 kW und allen zugehörigen Anlagen dem Betrieb übergeben. Der Auftragsbestand in Dampfturbinen, in Turbogeneratoren und anderen Fabrikaten der Turbinenfabrik hat sich gegenüber dem Stande am Schlusse des vorigen Geschäftsjahres nahezu verdoppelt. Auch ist ein Fortschritt in der Leistungssteigerung 3000- und 1500-touriger Turbogeneratoren zu verzeichnen. Die Entwicklung der Turbinenkonstruktion wurde ferner durch die Bestrebungen auf dem Gebiete sehr hoher Kesseldrucke beeinflußt. Dem Bedürfnis nach kleinen Turbinen wurde durch Schaffung einer neuen Serie schnellaufender Typen mit Zahnradgetriebe Rechnung getragen. Die gesteuerten Dampfdruckregler, auch in Verbindung mit Ruthsspeichern, und die Ranarex-Gasdichtemesser[3]) fan-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 415.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 822.

[3]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 26; 1925, Das El.-Werk, S. 236.

Digitized by Google

den guten Absatz. Es wurde eine selbsttätige, sehr einfache und übersichtliche Regelung für die Feuerung von Dampfkesseln entwickelt, deren Preis auch Verwendung bei kleinen und mittleren Feuerungen ermöglichen wird. Im Anschluß an die Fertigstellung des Großkraftwerks Klingenberg ging ein Auftrag auf eine umfangreiche Erweiterung des 30 kV-Schalthauses für die Stromlieferung an die Reichsbahn von den Berliner Städtischen Elektrizitätswerken ein. Für die Elektricitätswerk Unterelbe A.-G., Altona, wurden ein vollständiges Kraftwerk bei Schulau an der Elbe mit einer Turbinenleistung von 45 000 kW im ersten Ausbau und zwei zugehörige Umspannwerke mit Transformatorenleistungen von 37 500 und 12 000 kVA erbaut, ferner ein vollständiges Drehstromkraftwerk und eine Drehstrom-Gleichstrom-Umformeranlage für die Stadt Cottbus. Motorgeneratoren und Einankerumformer konnten für Leistungen bis zu 3300 kW in Bestellung genommen werden, ebenso Gleichrichteranlagen für große Leistungen. Unter den für Wasserkraftanlagen zu liefernden elektrischen Einrichtungen befinden sich solche für Pumpenspeicher-Kraftwerke, und zwar für das Rheinisch-Westfälische Elektricitätswerk und die Energieversorgung A.-G. Groß-Dresden[1]). Ferner ist die Projektierung und Bauausführung des Wasserkraftwerkes Steinhelle als erste Stufe des geplanten Ausbaues der Ruhrwasserkräfte zu erwähnen. Für Großwasserkraftwerke gingen auch Aufträge aus dem europäischen Ausland und aus Japan ein, außerdem wurden zahlreiche kleinere Anlagen insbesondere in Brasilien und Mittelamerika hergestellt. Unter den zahlreichen Aufträgen auf Schaltanlagen für Kraftwerke und auf die elektrische Einrichtung von Umspannwerken und Schaltstationen sind solche aus Argentinien und Holländisch-Indien zu erwähnen, besonders sehr umfangreiche Bestellungen auf die Einrichtung von Freiluftstationen. Transformatoren und Regulier-Aggregate wurden in großer Zahl und bis zu den größten Leistungen geliefert. Aber auch im Großtransformatorenbau wurden weitere Fortschritte erzielt. Durch die Einführung fünfschenkeliger Kerne konnte die Bauhöhe soweit verringert werden, daß der Versand der Transformatoren in Kästen eingebaut und mit Öl gefüllt erfolgen kann, so daß die Montage am Gebrauchsort wesentlich vereinfacht wird.

Auf dem Gebiete des Leitungsbaues sind bemerkenswert: Die Verbindungsleitung zwischen dem Kraftwerk Schulau und dem Umspannwerk Altona, bestehend aus 30 km 60 kV-Kabel, 3×120 mm², sowie die Verkabelung eines 500 km langen 15 kV-Überland-Freileitungsnetzes, letztere, weil hierdurch zum ersten Male nachgewiesen wurde, daß es wirtschaftlich möglich ist, größere Freileitungen durch Kabel zu ersetzen. An der Entwicklung der Hohlseile wurde mit gutem Erfolge weiter gearbeitet. Es konnten etwa 700 km derartiger Leitungen verlegt werden. Der schnellen Verbreitung der Kohlenstaubfeuerung in den Kesselhäusern der großen Kraftwerke folgte auch die Industrie mit einer zunehmenden Anzahl von Anlagen, für die Staubzuteiler, Fördereinrichtungen und Verbrennungskammern geliefert wurden. Aufträge auf elektrische Lokomotiven, Triebwagen und Wagenausrüstungen erhielt das Unternehmen im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Berliner Stadtbahn und dem Ausbau der elektrifizierten Strecken der Reichsbahn in erheblichem Umfange, ferner Streckenausrüstungen mit Fahrleitungen sowie Wagenausrüstungen, unter anderem auch für die Erweiterung der Berliner und Hamburger Untergrundbahn. Eine Teilstrecke der in Guatemala erbauten elektrischen Eisenbahn wurde dem Verkehr übergeben. Daneben ist ein Auftrag auf die Elektrifizierung der Staatsbahn in Costa Rica mit Einphasenstrom zu erwähnen.

Der Steinkohlenbergbau hat durch den lang andauernden Streik der englischen Bergarbeiter einen kräftigen Impuls erhalten, seine Betriebe zu verbessern. Zunächst ist eine Steigerung der Bestellungen auf Hauptschachtfördermaschinen festzustellen. Auch die Bestellungen auf Nebenförderungen, Erdölbetriebe und bergbauliche Hilfseinrichtungen gingen lebhaft ein. Besonderes Studium wurde dem elektrischen Betrieb von Kompressoren mit automatischer Anlaufvorrichtung zugewendet. Für die Braunkohlenindustrie wurden elektrische Einrichtungen der Pressenbetriebe, Bagger und Absatzvorrichtungen geliefert, unter anderem die Erstausführung einer Abraumförderbrücke im linksrheinischen Braunkohlengebiet. Auf zwei ähnlichen im Bau befindlichen Brücken für Mitteldeutschland kommen 110 Elektromotoren mit etwa 5000 kW Leistung und Transformatoren entsprechender Größe zur Anwendung. Im Braunkohlenbergbau machte die Einführung der elektrischen Zugförderung weitere Fortschritte. Die Zahl der bestellten elektrischen Industrielokomotiven und der Aufträge auf Elektrokarren überstieg erheblich die des Vorjahres. Für den Antrieb von Reservier-Walzwerken und umlaufenden Walzwerken wurden eine große Anzahl Ausrüstungen geliefert, ferner eine größere Anzahl von Elektrostahlofen-Transformatoren und Elektroden-Reguliervorrichtungen sowie Zubehörteilen. Auf dem Gebiete der elektrischen Hebezeuge näherten sich die eingegangenen Aufträge der Zahl aus den besten Friedensjahren. Die Textilindustrie erteilte nennenswerte Aufträge in Motoren und mechanischen Zubehörteilen für den Antrieb von Spinnmaschinen, Webstühlen, Flyern, Krempeln und Wirkmaschinen. In erster Linie handelt es sich darum, die alten Betriebe durch Elektrifizierung zu modernisieren und wirtschaftlicher zu gestalten. Aus den Aufträgen für die Papierindustrie sind eine größere Anzahl von Motoren für Schleifer zu erwähnen, für die eine besondere Reguliervorrichtung durchgebildet wurde. Der zerlegte Einzelantrieb der Papiermaschine erforderte die Konstruktion eines neuartigen Gleichlaufgetriebes, welches bei drei der größten Papiermaschinen für eine Auslandslieferung zur Anwendung kam. Bei dem elektrischen Einzelantrieb der Werkzeugmaschinen erweiterte die Notwendigkeit, in vielen Fällen den Geschwindigkeitswechsel der Arbeitsmaschinen in möglichst kurzer Zeit durchführen zu können, das Anwendungsgebiet der Gleichstrommaschinen und des Arbeitsreglers, der auch durch seinen stromsparenden Einfluß die Wirtschaftlichkeit wesentlich gefördert hat. Auf dem Gebiete der Bühnenbeleuchtung wurde der AEG unter anderem in Verbindung mit dem Umbau der Staatsoper Berlin der Auftrag auf die erforderliche umfangreiche Bühneneinrichtung zuteil. Der erhöhten Bedeutung der Schweißmaschinen, deren Anwendungsgebiet durch die neueren Gesichtspunkte der Konstruktionstechnik, nämlich Verwendung von geschweißten Schmiedeeisenteilen an Stelle von Gußmaterial und Schweißungen an Stelle von Nietverbindungen, ständig wächst, wurde durch verbesserte konstruktive Ausbildung Rechnung getragen sowohl auf dem Gebiete der Widerstands- als auch der Lichtbogenschweißung. Konstruktive Neuerungen wurden an einer großen Zahl von Apparaten durchgeführt, besonders an den Kleinautomaten, Motorschutzschaltern und Schnellschaltern.

Die Fabrikationsumstellungen, die unter Anwendung der in der Zählerfabrik mit der fließenden Fertigung gesammelten günstigen Erfahrungen auch in den anderen Betrieben in Angriff genommen wurden, erstreckten sich besonders auf die Kleinmotorenfabrik sowie auf die Fabrikation von Installationsmaterialien, Schaltapparaten und Meßinstrumenten. Die für die beiden zuletzt genannten Fabrikationszweige errichteten neuen Werkstätten in Treptow sind in Betrieb genommen. Die im Erzgebirge gelegenen Fabriken für Installationsmaterial haben sich weiter günstig entwickelt und konnten den gesteigerten Ansprüchen gerecht werden. Die Fabrik Nürnberg erfuhr wesentliche betriebstechnische Verbesserungen mit Rücksicht auf die immer größere Ausbreitung des Gebrauchs elektrischer Haushaltsgeräte. Der gesteigerte Bedarf an Starkstromkabeln und die erhöhten Anforderungen zwangen zu einer Umgestaltung der Fabrikations-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546, 797, 871.

Digitized by Google

Einrichtungen auf diesem Gebiete. Auch ist ein Ausbau der Fernsprechkabelfabrik vorgesehen und im Zusammenhang mit diesen beiden Fabrikationszweigen der Neubau und die Neueinrichtung des Kupferwalzwerkes und der Zieherei im Berichtsjahre durchgeführt worden.

Die Osram G. m. b. H. hat in Art und Umfang der Produktion bedeutsame Fortschritte gemacht und wirtschaftlich gut gearbeitet. Die Entwicklung entspricht den Erwartungen, die vor jetzt sieben Jahren beim Zusammenschluß der drei größten deutschen Glühlampenfabriken gehegt wurden; auch die internationalen Vereinbarungen über Vereinheitlichung und Verbesserung der Ökonomie haben sich bewährt. Die Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. hat auch im Berichtsjahre mit befriedigendem Ertrag gearbeitet. Die als Karlographie bezeichnete drahtlose Übertragung von Schrift und Bild[1]) gelangt zu großer Bedeutung. Die Bank Elektrischer Werte A.-G. hat für 1926/27 10 vH (gegen 9 vH) verteilt. Die Mix & Genest A.-G. konnte für 1926 9 vH Dividende (gegen 8 vH) verteilen und hat auch im laufenden Jahre befriedigend gearbeitet. Das Anfangskapital der Kohlenveredlung Aktiengesellschaft wurde auf Mk. 2 500 000.— erhöht. Die Gesellschaft besitzt das gesamte Grundkapital der Schwelwerke Minna Anna Aktiengesellschaft, die in wenigen Monaten den Betrieb eröffnen wird. Bei der Hauptgesellschaft liegen bedeutende Aufträge vor, die erkennen lassen, wie groß und aussichtsvoll das Interesse aller beteiligten Kreise an der Veredlung ihrer Kohlenschätze ist. Bezogen wurden unter anderem junge Aktien der Schlesischen Elektricitäts-A.-G. und der Bergmann-Elektricitäts-Werke, hingegen der Besitz an Felten & Guilleaume Carlswerk-Aktien und an Aktien der Grube Auguste bei Bitterfeld abgestoßen.

Aus dem Reingewinn von 12·3 Mill. Mk. wird auf die Stammaktien 8 vH Dividende bezahlt. Auf Gebäude und Maschinen werden 3·7 Mill. Mk. abgeschrieben. In dem Rechnungsabschluß auf den 30. September 1927 stehen dem Aktienkapital von 150 Mill. Mk. Stammaktien (+ 30 Mill.) und 36·25 Mill. Vorzugsaktien sowie dem Reservefond von 22·1 Mill. Mk. (+ 6 Mill.) und 85·2 Mill. Mk. Anleihen gegenüber: Grundstücke mit 22·6 Mill., Gebäude mit 58·3 Mill. (+ rund 9 Mill. infolge umfangreicher Neubauten in den Apparatefabriken Treptow, dem Kabelwerk, den Fabriken Hennigsdorf und Annaberg), Maschinen mit 22·8 Mill. und Warenbestände einschließlich der in Arbeit befindlichen Anlagen mit 66·4 Mill. Mk. Werkzeuge, Modelle, Inventar und Patente sind auf je 1 Mk. abgeschrieben. Die Beteiligungen werden mit 32·2 Mill. Mk. ausgewiesen, der Effektenbesitz mit 69·4 Mill. Mk. Die Schlußziffern der Bilanz sind rund 465 Mill. Mk.

Briefe an die Schriftleitung.

Selbstregelnde Dynamo für Gleichstrom-Lichtbogenschweißung. Von Dr. E. Rosenberg, Weiz. E. u. M. 1928, Heft 3, S. 61 und Diskussion, Heft 4, S. 88.

Gelegentlich des Vortrages von Herrn Dr. Rosenberg im Elektrotechnischen Verein in Wien, am 23. November 1927, hat sich eine Diskussion entwickelt, welche infolge der vorgerückten Zeit nicht zu Ende geführt werden konnte. Es möge also gestattet sein, nachträglich auf die Schlußausführungen des Vortragenden berichtigend zurückzukommen.

Wenn Herr Dr. Rosenberg die Forderung nach unabhängiger Strom- und Spannungsregelung als eine „rein theoretische" oder „papierene" bezeichnet, so stellt er sich damit gerade in Gegensatz zu Herrn Ing. Titscher. Dieser hat auf Grund seiner langjährigen und umfassenden praktischen Arbeiten fünf Kriterien für die Güte elektrischer Schweißmaschinen aufgestellt, worunter die erwähnte Forderung nach doppelter Regelbarkeit ist.

Herr Dr. Rosenberg stellt fest, daß die unabhängige Strom- und Spannungsregelung eine notwendige Folge der Bauart fremderregter Maschinen ist. Es scheint ihm jedoch entgangen zu sein, daß die in jüngster Zeit entwickelten Maschinen (Bauart AEG-Union) keine Fremderregung benötigen, ohne jedoch auf den Vorteil der Strom- und Spannungsregelung zu verzichten. Bei einer derartigen selbsterregten Maschine ist natürlich die Verwendung von drei Regelwiderständen, wie Herr Dr. Rosenberg vermutlich unter Berücksichtigung der veralteten Schweißdynamo, Bauart Krämer, annimmt, absolut nicht notwendig.

Daß die Leerlauf- und Zündspannung bei der Verarbeitung verschiedener Schweißdrähte von großem Einfluß ist, geht auch aus der Mitteilung des Herrn Ing. Titscher hervor, wonach die Zündspannung der Elinmaschine für die Verarbeitung einer Drahtsorte (BW VII) zu gering war, wogegen sie bei Verwendung eines anderen Drahtes (BW) ausreichte. Herr Dr. Rosenberg führt auch selbst an, daß er zum Schweißen schmutziger und miniumgestrichener Bleche seine Maschine mit einer zusätzlichen Nebenschlußwicklung, zur Erhöhung der Leerlaufspannung ausrüsten mußte. Es geht somit aus seinen eigenen Mitteilungen hervor, daß es notwendig ist, die Leerlauf- bezw. Zündspannung ändern zu können, wenn man eine Maschine universell für alle vorkommenden Arbeiten verwenden will.

Die Einstellung von Strom und Spannung, wie immer wieder hervorgehoben, erfolgt vor dem Beginn der Arbeit; bei der Maschine des Herrn Dr. Rosenberg ist eine Einstellung der Maschine vor Beginn der Arbeit schließlich auch nicht zu umgehen. Die Einstellung der Leerlaufspannung erfolgt auf Grund festgelegter Erfahrungswerte, ebenso einfach wie die Einstellung der Kurzschlußstromstärken. Entgegen der Ansicht des Herrn Dr. Rosenberg muß auf Grund weitreichendster Betriebserfahrungen neuerlich betont werden, daß die richtige Wahl der Strom-Spannungscharakteristik sehr wohl den Schweißer zwingt, den Lichtbogen innerhalb gewisser Grenzen zu halten, da anderenfalls ein Ersticken oder Abreißen des Lichtbogens erfolgt.

Herr Dr. Rosenberg behauptet, daß die Kommutierung an den Hilfsbürsten schon aus dem Grunde vollständig einwandfrei sein muß, weil diese unter allen Belastungsverhältnissen einen ganz kleinen Strom führen. Wie aus den vorgeführten Kurven (E. u. M. 1928, Heft 3, S. 62, Abb. 2) hervorgeht, sind diese Erregerströme durchaus nicht so geringfügig. Der Maximalwert beträgt 150 A und bei Verschweißung von Gußstäben mit etwa 45 V und 200 V Schweißstrom etwa 100 A.

Herr Dr. Rosenberg weist bezüglich des guten Wirkungsgrades seiner Maschine auf die Untersuchungen des Herrn Ing. Titscher an acht verschiedenen Typen von Schweißdynamos hin, übersieht aber, daß von neueren Ausführungen die vorerwähnte selbsterregte Schweißdynamo mit unabhängiger Strom- und Spannungsregelung, Bauart AEG-Union, unter den Versuchsmaschinen nicht vertreten war. Erst vergleichende Ergebnisse der Untersuchung aller in Betracht kommenden modernen Maschinen könnten erweisen, ob die Minderverluste in den Magnetspulen die Mehrverluste am Anker tatsächlich wettmachen können, wie dies Herr Dr. Rosenberg annimmt.

Die Erfahrung, daß bei der Anlernung von Schweißern ein nahezu 100prozentiger Erfolg erzielt werden kann, ist nur zu bestätigen, trifft jedoch nicht nur für die Schweißerschule der Elin zu, sondern für jede Schweißerschule, in welcher gute Maschinen verwendet werden.

Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, daß die anläßlich der Diskussion vorgebrachten Behauptungen nicht nur auf dem Papier stehen und daß die Ansicht des Herrn Dr. Rosenberg, die Praxis habe gegen dieselben bereits längst entschieden, nicht zutrifft. Gerade die zahlreichen Erfahrungen der letzten Zeit haben sie neuerlich vielfach bestätigt.

Wien, am 31. Jänner 1928.

Ing. Ellmann, Ing. Herrmann.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1926, S. 61.

Digitized by Google

Erwiderung.

Aus den Ausführungen der Herren Ing. Ellmann und Ing. Herrmann nehme ich zur Kenntnis, daß die in jüngster Zeit entwickelten Maschinen Bauart AEG-Union keine Fremderregung benötigen und daß bei ihnen nicht die Verwendung von drei Regelwiderständen nötig ist. Ich fasse diese Erklärung als nur gegen die Zahl 3 gerichtet auf und nehme an, daß nicht bestritten wird, daß die Maschine Regelwiderstände nötig hat.

Aus der Forderung des Herrn Ing. Titscher nach „leichter Regelbarkeit von Spannung und Stromstärke" kann ich durchaus nicht herauslesen, daß er verlangt, die Spannung müsse unabhängig eingestellt werden. Eine Maschine, deren Spannung sich selbsttätig innerhalb jener Grenzen einstellt, die der Lichtbogen verlangt, erfüllt am besten die Forderung nach leichter Regelbarkeit. Herr Ing. Titscher, dem ich die Abschrift dieses Briefes zugesandt habe, bestätigt dies mit dem Beisatz, daß die Charakteristik der Elin-Maschine den praktischen Forderungen entspricht.

Bei Untersuchung der von Herrn Ing. Titscher aufgeworfenen Frage, ob die kleinere Leerlaufspannung der Elin-Maschine etwas damit zu tun hätte, daß bei Aufschweißungen auf Lokomotivstangen gelegentlich harte Stellen bemerkt worden sind, hat sich ergeben, daß diese harten Stellen auf etwas ganz anderes, nämlich auf die Eigenschaften des Drahtes BW VII zurückzuführen waren, der in einem neuen Prospekt der Lieferfirma überhaupt nicht mehr für Elektroschweißung, sondern nur für Gasschweißung empfohlen wird. Es ist unzutreffend, daß die Zündspannung der Elin-Maschine für Verarbeitung der Drahtsorte BW VII zu gering war und nur für den Draht BW ausreichte.

Die Ausrüstung einiger Maschinen mit zusätzlicher Nebenschlußwicklung erfolgte als Versuch und hat ebenso zufriedenstellende Resultate ergeben wie die Ausführung der Maschine mit reiner Reihenschlußwicklung. Es sind aber mehrere hundert Maschinen mit reiner Reihenschlußerregung ausgeführt worden, weil diese in allen Werkstätten und für alle Arbeiten die gewünschte Charakteristik ergeben hat. Deshalb wurde auch die reine Reihenschlußwicklung normalisiert.

Die Hilfsbürsten bei meiner Maschine führen tatsächlich immer einen kleinen Strom, denn 100 A als Normalfall und 150 A als höchster vorübergehender Wert sind klein bei einer Maschine, deren Hauptbürsten normal 200 und vorübergehend 300 A führen. Der Ausdruck „ganz klein" findet sich in meinen Ausführungen nicht vor.

Es wird wieder die Behauptung — ohne den Versuch eines Beweises — vorgebracht, daß die „richtige" Wahl der Strom-Spannungscharakteristik den Schweißer zwingt, den Lichtbogen innerhalb gewisser Grenzen zu halten, da anderenfalls ein Ersticken oder Abreißen des Lichtbogens erfolgt. Um von bloßen Worten auf konkrete Beispiele überzugehen, wollen wir zwei Fälle betrachten:

Einmal den eines normalen Drahtes, der mit möglichst geringer Spannung etwa 18 bis 20 V zu schweißen ist und das zweite Mal den eines Spezialstahles, bei dem ein 35 V-Lichtbogen das beste Resultat ergibt. Kein Schweißtechniker wird je daran denken, für den ersten Fall eine Maschine zu liefern, deren Spannung nicht über 25 V hinausgeht und selbst bei dieser Spannung könnte man schon einen zu langen schädlichen Lichtbogen ziehen. Selbst bei automatischer Schweißung, wo die Lichtbogenspannung auf 12 bis 16 V geregelt wird, denkt kein Mensch daran, eine Maschine aufzustellen, die nur 25 V Höchstspannung gibt, denn dann würde durch den leisesten Luftzug, durch die leiseste magnetische Einwirkung der Lichtbogen sofort abreißen, während bei einer Maschine, die genügend Spannungsreserve hat, kein Abreißen und eine sofortige Beruhigung des Lichtbogens auf normale Spannung erfolgt, sowie der störende Einfluß verschwunden ist. Wird hingegen bei Spezialstählen hohe Lichtbogenspannung verlangt, so hindert keine Strom-Spannungscharakteristik den Schweißer daran, mit zu niedriger Spannung zu arbeiten. So zeigt es sich, daß das angebliche Zwangsmittel in beiden Fällen versagt. Was wirklich Not tut, ist eine Maschine mit guter Spannungscharakteristik und genügender Spannungsreserve bei jedem eingestellten Strom und eine richtige Erziehung des Schweißers, der nicht auf das Voltmeter schauen darf, sondern auf seine Schweißnaht.

Weiz, 15. Februar 1928.

E. Rosenberg.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	5. III. 1928	7. III. 1928	9. III. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	95—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 9. März 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	66	15	0
Wire bars	66	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	61	6	3	61	7	6
Standard { 3 Monate .	61	3	9	61	5	0
Zinn:						
Engl. ingots	229	15	0	230	15	0
Standard { Kassa . .	229	10	0	229	15	0
Standard { 3 Monate .	231	15	0	232	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	20	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	7	6	25	5	0
Remelted	25	10	0	—	—	—
English Swansea . .	25	17	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 55/Pf. 60 p. Unze nom.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 21. März d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Direktor Paul Schneider (Frankfurt am Main) über: **„Neuzeitliche Gestaltung und Erzeugung elektrotechnischen Installationsmaterials".** (Mit Lichtbildern und Filmvorführungen.)

Inhalt: 1. Gestaltung (Konstruktion): Ursachen der Um- und Neugestaltung; Fassungen, Schalter, Steckvorrichtungen, Sicherungen, Automaten und sonstiges Installationsmaterial; Feuchtraumapparate; Erden oder Isolieren? 2. Erzeugung (Fabrikation): Empirische Fabrikationseinrichtung; planmäßige Vorarbeit; wissenschaftliche Ermittlung aller Arbeitsfaktoren; Werkzeugeinrichtung; Zeitstudien; Bereitstellung der Werkstoffe; Fließarbeit der Einzelteile: Maschinenfolgesätze; Fließmontage ohne Transportband; Nachteile der Bandarbeit; Vorteile der elastischen Arbeitsfolge; Laufzeit der Fließreihen; Entlohnung der Fließarbeit; Anreiz zur Mehrleistung; Zeitmengenakkord. 3. Arbeitsphysiologische Schlußbetrachtung: Arbeitserleichterungen, Ermüdungsabwehr; Kriegsbeschädigte und Kriegsblinde; Fließarbeit nicht anstrengender als Postenarbeit.

Digitized by Google

EINLADUNG

zur

46. ordentlichen Generalversammlung.

Wir laden die Vereinsmitglieder zur Teilnahme an der Mittwoch, den 4. April d. J., ½6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, stattfindenden 46. ordentlichen Generalversammlung ein.

Tagesordnung:

1. Bericht über die Vereinstätigkeit im Vereinsjahr 1927/28.
2. Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz pro 1927, sowie über den Voranschlag 1928. (Nachstehend veröffentlicht).
3. Bericht der Revisoren und Beschlußfassung über den Rechnungsabschluß.
4. Wahl eines Vizepräsidenten.
5. Wahl von neun Ausschußmitgliedern.
6. Wahl der Rechnungsprüfer und Ersatzmänner.
7. Eventuelle Anträge.

Wien, am 15. März 1928.

Für die Vereinsleitung:

Der Präsident: Ing. L. Kallir e. h.

Der Geschäftsführer: Ing. A. Marx e. h.

Bilanz am 31. Dezember 1927.

	Aktiva:	S	g	S	g
1.	**Kassa:**				
	a) Barbestand	755	97		
	b) Postsparkassa	5437	01	6192	98
2.	**Effekten:**				
	7½% N.-Ö. Landes-Gold-Com.-Obligationen			47520	—
	4½% öst. Kronen-Rente			9	54
3.	**Debitoren:**				
	Buchforderungen nach Abzug unserer Schulden			5840	90
4.	**Mitgliederbeiträge:**				
	Rückständige Beiträge			129	92
				59693	34

	Passiva:	S	g	S	g
1.	**Mitgliedsbeiträge:**				
	Vorausbezahlte Beiträge für 1927			17041	90
2.	**Fonds für die Vereinsbibliothek u. für Schaffung und Ausgestaltung von Bibliotheksräumen**			15000	—
3.	**Vereinsvermögen:**				
	Stand am 31. Dezember 1927			27651	44
				59693	34

Gebarungsausweis zum 31. Dezember 1927 und Vergleich des Jahresergebnisses mit dem Voranschlag 1927.

	Einnahmen:	Voranschlag S	g	Ergebnis S	g	S	g
1.	Mitgliederbeiträge	46000	—			57742	51
2.	Zinsen	2000	—			2762	54
3	Subventionen					1000	—
4.	Gebarungsüberschuß der E. u. M.					1766	67
		54000	—			63271	72

	Ausgaben:	Voranschlag S	g	Ergebnis S	g	S	g
1.	**Bureauspesen**						
	a) Miete			559	09		
	b) Div. Spesen			11141	09		
	c) Gehalte			13150	—		
	d) Porto			1577	81		
	e) Vereinsbeiträge			510	—		
	f) Steuern u. Pensionsversicherungen			2942	07		
	g) Inventar	30000	—	257	30	30137	36
2	Intern. Elektr. Kommis.					1796	59
3.	Bibliothek					1365	46
4	Fonds für die Bibliothek und für Schaffung und Ausgestaltung von Bibliotheksräumen					15000	—
5	Vortragsspesen	4000	—			1681	28
6	Vermögenszuwachs					13291	03
7.	Gebarungsausfall der E. u. M.	20000	—				
		54000	—			63271	72

Voranschlag für 1928.

	Einnahmen:	S	g
1.	**Mitgliedsbeiträge**	50000	—
2.	**Zinsen**	2000	—
		52000	—

	Ausgaben:	S	g
1.	**Gehalte und Bureauspesen**	35000	—
2.	**Vortragsspesen**	3000	—
3.	**Gebarungsausfall der Zeitschrift**	14000	—
		52000	—

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 25. März 1928 | Heft 13

Die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung.

Von Direktor Ing. Adolf **Kvetensky**, Linz[1]).

Die Rationalisierung der Elektrizitätswirtschaft ist die Verbundwirtschaft. Sie verfolgt zwei Aufgaben:

a) die Heranziehung der billigsten Kraftquellen, die naturgemäß meistens aus großen Werken erreicht werden, weil in diesen gewöhnlich die Anlagekosten — der ausschlaggebendste Faktor der Erzeugungskosten — niedrig gehalten werden können und die Werke an die günstigsten Quellen gelegt werden können. Schon die Anlagekosten von Dampfkraftwerken verringern sich mit der Größe pro Einheit ganz bedeutend und sind nach Angaben von Dr. Ing. Thielsch, Berlin, bei einer ausgebauten Leistung von 1000 kW etwa 650 M/kW und vermindern sich bei 50 000 kW Ausbauleistung auf 250 M/kW. Ebenso vermindert sich der Wärmeverbrauch je kWh von 7200 WE auf 4900 WE. D. Maguerre bewertet die Anlagekosten eines modernen Großkraftwerkes mit 225 M/kW.

Nach der Statistik des V. d. E. W. 1913 haben sieben größere Werke im Mittel 131 Wh pro WE erzeugt, wogegen jetzt unschwer 222 Wh pro WE erzielt werden können, was eine Verbesserung von 70 vH bedeutet[2]). Solche Vorteile können aber nur in großen Werken erzielt werden und ähnlich verhält es sich bei Wasserkraftwerken, deren Anlagekosten sich nahezu proportional der Größe nach verringern.

b) Durch die Verbindung solcher Werke kann eine Wirtschaft hergestellt werden, die dem Bedarf sich möglichst anpaßt, das heißt Werke, die dem konstanten Strombedarf dienen, mit solchen Werken zusammengeschlossen werden, die für den schwankenden Pflichtbedarf besonders eingerichtet und günstig gelegen sind.

Es soll nicht näher darauf eingegangen werden, ob Dampfkraft- oder Wasserkraftanlagen die Stromerzeugung billiger gestalten können, es sei aber auf die Worte des Herrn Direktor Henftling, München, verwiesen, die dieser anläßlich des Vortragsabends des deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verbandes 1926 in Berlin[3]) gesprochen hat. Er verweist darauf, daß „Dampfkraftwerke eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer haben und nach 10 bis 12 Jahren infolge technischen Fortschrittes als veraltet angesehen werden. Nach den bisherigen Erfolgen auf diesem Gebiete ist dies umsomehr zu erwarten, als vor dem Kriege bei Dampfkraftanlagen mit einem Nutzeffekt von etwa 12 vH gerechnet werden konnte, während heute bereits mit einem solchen von rund 26 vH gerechnet wird und die bestimmte Erwartung besteht, diesen Nutzeffekt bis auf 40 vH hinaufbringen zu können. Aber auch diese Nutzeffekte werden noch wesentlich verbessert werden können und ist wohl mit Recht ein Schluß daraus zu ziehen, daß auch die heute als modernst angesehenen Anlagen in kürzester Zeit durch bessere Einrichtungen überholt sind und durch diese ersetzt werden müssen."

„Die Lebensdauer der Wasserkraftanlagen ist praktisch kaum begrenzt, denn die schwächsten Teile halten mindestens 30 Jahre; bei den Bauteilen, deren Kosten die Hauptsache ausmachen, kann man mit mindestens 75 bis 100 Jahren rechnen. Wasserkraftanlagen stellen förmliche Ewigkeitswerte dar und das muß man bei Rentabilitätsvergleichen berücksichtigen. Nach 25 bis 30 Jahren sind unter den jetzigen Anleihebedingungen, die für die Wasserkräfte aufgewendeten Kapitalien getilgt. Nach dieser Zeit fallen nur noch die sehr geringen direkten Betriebsausgaben an, es tritt also im Gegensatz zu den Dampfanlagen eine wesentliche Verbilligung der Erzeugungskosten ein. Führt man den Vergleich der Stromerzeugungskosten von Wärmekraft und Wasserkraft durch, so darf man nicht, wie dies heute geschieht, mit kurzen Zeiträumen rechnen, selbst wenn sich in den ersten Jahren kein Vorteil gegenüber den Dampferzeugungskosten ergibt, nach 10 bis 20 Jahren stellt sich ein solcher unbedingt ein und für die noch spätere Zeit trägt die Wasserkraft unter allen Umständen den Sieg davon."

Es wird natürlich immer wieder zu unter-

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 9. November 1927.

[2]) R. E. A. Der elektrische Betrieb 1927, Heft 3.

[3]) „Wasserkraft und Wasserwirtschaft", München, Berlin 1927, Heft 2.

Digitized by Google

suchen sein, welche Kraftanlagen die elektrische Energie unter den gegebenen Verhältnissen am billigsten herstellen können. In Österreich liegen wohl die Verhältnisse so, daß derzeit noch immer zu sehr günstigen Anlagekosten Wasserkraftanlagen ausgebaut werden können, nachdem ja nur ein sehr geringer Teil von ausbauwürdigen Anlagen erst ausgeführt wurde, die zwar die Rosinen aus dem Kuchen darstellen. Dagegen ist die Erstellung von Dampfkraftanlagen in Österreich verhältnismäßig teuer, weil noch ein Teil derselben, besonders die ganz modernsten Anlagen hier noch nicht erzeugt werden, abgesehen davon, daß auch die Kohle teurer zu stehen kommt als etwa im benachbarten Deutschland und trotzdem kann man beobachten, daß auch in Deutschland noch Wasserkraftanlagen ausgebaut werden, mit denen hier noch nicht ausgeführte Anlagen schon auf Grund der günstigen Lage leicht konkurrieren können.

Bei Prüfung, ob eine kalorische Anlage noch konkurrenzfähig ist, darf nicht vergessen werden, daß auch die Kohlenpreise jedenfalls schon in kurzer Zeit wieder steigen können und daß die derzeitigen Kalkulationen eine Richtigstellung erfahren müssen. Der Zusammenschluß der großen Werke, bei welchem auch kleinere, gut arbeitende und wenig Kosten verursachende Werke eingegliedert werden können, ermöglicht auch einen störungsfreien Betrieb, weil die Reservehaltung und die gegenseitige Aushilfe wesentlich erleichtert ist.

Die Probleme der Verbundwirtschaft sind die Beherrschung der mit dem Zusammenschluß mehrerer Werke sich ergebenden großen Kurzschlußströme und der durch die ausgedehnten Netze bedingten großen Erdschlußströme, die Wahl der Kraftmaschinen-Regler und bei diesen wieder die Wahl der Ungleichförmigkeit, die auf die automatische Lastaufteilung einen entscheidenden Einfluß hat. Endlich die Schutzeinrichtungen gegen Überströme und schließlich die Spannungs- und die eng damit zusammenhängende cos φ-Frage.

Die Netze hoher Spannung haben wohl große Betriebssicherheit, was durch die Erfahrungen auf der 100 kV-Leitung Partenstein-Wien bestätigt werden kann, nachdem dort seit der Betriebsführung mit den Erdstromlöscheinrichtungen keine Störung mehr eingetreten ist. Dagegen weist Prof. H. Thoma, Karlsruhe, auf die schwierigen elektrotechnischen Probleme hin, die bei synchronarbeitenden Maschinen und Werksgruppen auftreten. Bei vorübergehenden Kurzschlüssen fallen diese außer Tritt, bedingt durch die verschiedenen Leerlaufdrehzahlen und sind nur schwer wieder unter Last parallel zu schalten. Er verlangt eine Einrichtung, die bei derartigen Spannungsschwankungen die Regelung der Kraftmaschinen auf eine gleiche, innerhalb des Netzes abgestimmte Leerlaufdrehzahl einstellt. Durch zwischengeschaltete Reaktionen, in Gruppen unterteilte Werksysteme wird die Wiederherstellung des Parallelbetriebes nach Abschaltung eines Kurzschlusses sehr wesentlich erleichtert. Die Frequenz der auftretenden Schwebungen ist etwa eine halbe bis zwei Sekunden, wodurch die üblichen Relais nicht zur Wirkung kommen. Sie werden wohl zu laufen beginnen, aber nicht die Auslösung bewirken. Es ist daher notwendig, daß die Rückstellung der Zeitverzögerung wieder mit einer Verzögerung ausgerüstet wird, welche etwa bewirkt, daß beim Neuauftreten einer Schwebung innerhalb einer angemessenen Zeit die Verzögerung des Relais nicht von vorne zu laufen beginnt, sondern von dem Punkte, von welchem an sie von der vorhergehenden Schwebung infolge Verschwindens des Kurzschlußstromes zum Stillstand kam, sich weiter bewegt. Durch eine derartige Verzögerung der Rückstellung kann beispielsweise bewirkt werden, daß die betreffende Relaisschaltung auslöst, sobald die Störungserscheinung eine der Zeitverzögerung entsprechende Zeit gedauert hat, und zwar unabhängig davon, ob während der Schwebungsperiode vorübergehend die Störungserscheinung verschwindet.

Deckung des Pflichtbedarfes und Auffüllung der Belastungstäler.

Die große Schwierigkeit bei der Elektrizitätsversorgung gibt die Deckung des Pflichtbedarfes, der dadurch entsteht, daß naturgemäß die größte Arbeitsleistung während der Tagesstunden gefordert wird und insbesonders noch die Deckung für die Beleuchtung in den Morgen- und Abendzeiten mit diesem Bedarf zusammenfällt, sodaß eine sehr niedrige Nachtbelastung und eine oft vielfach höhere Tagesbelastung erforderlich ist, auf die sich dann noch die sogenannte Spitzenbelastung lagert, die nur einige Stunden in den Wintermonaten auftritt. Dieses Problem wurde anläßlich der Tagung des Verbandes deutscher Elektrotechniker in Kiel im Juni des Vorjahres ausführlichst behandelt[4]). Gleichgültig, mit welchen Mitteln diese Spitzendeckung erfolgt, das sind Ruths Dampfspeicher, hydraulische Speicherung, Akkumulatoren-Speicherung, Spitzendeckung durch Groß-Dieselmotoren, Spitzendeckung durch besondere Dampfanlagen, ist immerhin für solche Herstellungen mit einem Anlagekapital von 160 bis 635 Mk pro kW-Leistung zu rechnen, wozu noch Netzkosten von 300 bis 2000 Mk. pro kW kommen, je nachdem die Kraftquelle von den Abnahmestellen entfernt liegt. Aus der Statistik kann man einen Durchschnitt von 1000 bis 1500 Mk. an Kosten für Erzeugungs-, Fortleitungs- und Verteilungsanlagen für jedes Bedarfskilowatt entnehmen[5]).

Über die hydroelektrische Speicheranlage in Niederwartha bei Dresden[6]) und über eine ähnliche Anlage in Hengstey (Herdecke) ist hier schon eingehend berichtet worden[7]).

[4]) E. u. M. 1927, S. 867.
[5]) Ph. Hagenmüller, Elektrojournal 1927, H. 18.
[6]) G. Gerstenberger, E. u. M. 1927, S. 797; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 870.
[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546, 870.

Digitized by Google

Was die Wirtschaftlichkeit der Anlage in Niederwartha anbelangt, sind die Anlagekosten je kW nicht höher als bei modernen Rohbraunkohlen-Dampfkraftwerken. Der Kapitaldienst für das Pumpspeicherwerk stellt also weder eine Verteuerung noch eine Verbilligung dar. Durch Verminderung der Verluste werden die Betriebskosten ausgeglichen, einerseits durch die Verbesserung der Wärmewirtschaft in den Großkraftwerken durch Ausgleichen der Lastkurven, anderseits durch die Ersparnisse an Übertragungsanlagen, weil das Pumpspeicherwerk genau in der Mitte des sächsischen Netzes liegt. Die Rechnung ergibt, daß die Betriebskosten für den aus dem Pumpspeicherwerk zu liefernden Strom nicht höher sind als bei Lieferung durch die Großkraftwerke, nachdem diese in Sachsen an den äußersten Enden des Netzes gelegen sind. Wirtschaftlich ergibt diese Anlage keine Verbesserung, dagegen ist sie ein überaus wertvolles Mittel zur Steigerung der Betriebssicherheit, besonders für die Stadt Dresden, die von dort mit 20 kV-Kabel gespeist wird und auch für das ganze ausgedehnte 100-kV-Netz.

Es wäre angezeigt, für Elektrizitätswerke zu erwägen, wieviel Kapital umgekehrt aufgewendet werden darf, um die Belastungstäler auszufüllen, denn durch die Ausfüllung dieser Belastungstäler und damit erzielter größerer Ausnützung der Werke würden die gesamten Erzeugungskosten wesentlich herabgesetzt werden können. Wird die jährliche Benutzungsdauer eines normalen Kraftwerkes in einer Kurve dargestellt, so ergibt sich ein Bild, das zum Ausdruck bringt, daß nur ein kleiner Teil der Gesamtanlage während des größten Teiles des Jahres gut ausgenützt ist, während der viel höhere Anteil der Anlagengröße nur wenige Stunden im Jahre zur Verwertung kommt. Die Verwertung aber der noch nicht ausgenützten Anlage ist wohl zum großen Teil heute durch Anwendung entsprechender Apparate möglich, die aber deshalb nicht in genügendem Ausmaß zur Aufstellung kommen, weil der Konsument nicht in der Lage ist, die entsprechenden Kapitalien aufzubringen.

Herr Ing. Gustenau, Linz, hat sich der Mühe unterzogen festzustellen, welche Strompreise für Wärmeverwertung durch Elektrizität gezahlt werden können, und nachstehende Tabelle I aufgestellt.

Tabelle I.

Für	mit elektrischen	η_e	gegen	η_k	Konkurrenzpreis g/kWh	Wertungszuschlag wegen Annehmlichkeit, Bedienungslosigkeit vH	Noch möglicher offizieller Strompreis g/kWh
Raumheizung	Speicherofen	100	Kohle-Kachelofen	15	7·25	38	10
„	Strahlungsofen	100	„	15	7·25	38	10
„	Warmwasser Zentral-Heizung mit Elektro-Kessel	90	Warmwasser Zentral-Heizung mit Kohle-Kessel	50	2·06	45	3
Warmwasserbereitung im Großen	Elektroboiler	90	Kohleboiler	60	1·68	49	2·5
Warmwasserbereitung im Haushalt	„	80	Kohlenbadeofen	10	8·9	68	15
„	„	80	Gasbadeofen	40	11·6	30	15
Kochen im Haushalt	Kochherd	80	Kohlenherd	10	8·9	68	15
„	Kochautomat	90	„	10	9·95	70	17
„	Kochherd	80	Gasherd	50	8·87	35	12
„	Kochautomat	90	„	50	10·6	32	14

Bei Berücksichtigung dieser Preise und dem zu erwartenden Konsum wird die Jahreseinnahme mit dem Anschaffungspreis der entsprechenden Apparate verglichen (Tabelle II).

Tabelle II.

	Anschlußwert kW	Ankaufspreis S	Tägliche Anschlußzeit	Jahres-Benutzungstage	Jahresverbrauch kWh	Mögliche Strompreise g	Mögliche Jahreseinnahme S	Stromeinnahme / Ankaufspreis vH
1. Büroheizung mit el. Speicherofen	1·5 - 4·5	800—1000	22—6	140	3780	7·25—10	274—378	34—38
2. Wohnungsheizung m. el. Strahlungsofen .	1—3	60—180	0—24	150	4720	7·25 - 10	343—472	575—262
3. Einfamilienhaus mit Warmwasserzentralheizung m. el. Durchlauferhitzer . . .	5—10	950	0—24	150	16800	2·06—3	346—504	36—53
4. Warmwasser f. Badeanstalt	30—110	11000	0—24	360	317000	1·68—2·5	5320—7920	48—72
5. Warmw. f. Hotel . .	15	2700	22—6	365	30000	1·68—2·5	505—750	19—28
6. „ „ Haushalt	0·6	280	22—6	350	2930	8·9—15	270—440	96—157
7. Kochherd m. 2 Heizplatten u. 1 Bratröhre	3	800—1200	0—24	350	2360	8·9 - 15	210—354	26—30
8. Elektrokochautomat	0·7	220	0—24	350	525	10·6 - 17	55 - 89	25 - 40

Digitized by Google

Daraus geht hervor, daß etwa in ein bis längstens vier Jahren die Stromeinnahme die Anlagekosten deckt und es wäre wohl zu empfehlen, daß die Elektrizitätswerke anfänglich solchen Strom kostenlos oder zu besonders niedrigen Preisen abgeben, um für spätere Zeiten nutzbringende Abnehmer zu gewinnen. Eine solche Konsumfinanzierung wäre etwa der umgekehrte Weg, statt Kapitalien für Spitzendeckung aufzuwenden, solche zur Auffüllung der Belastungstäler anzulegen. Man könnte dies mit einer befristeten Steuerbefreiung vergleichen, die auch nur den Zweck hat, Steuerquellen für spätere Zeiten zu gewinnen.

Solche Methoden zur Gewinnung von Konsumenten sind schon in früheren Jahren auch bei Lichtanlagen häufig geübt worden und könnten derzeit auch für Verbrauchsobjekte, die nur während der schwachen Belastungszeit in Verwendung kommen, wieder zur Anwendung gebracht werden.

Es kämen da außer den schon erwähnten Warmwasserspeichern Speicherofen, Speicherherde, Elektrodampfkessel[8]), elektrische Kältemaschinen, Kartoffeldämpfer und ähnliche Apparate in Frage, die nach Beispielen bereits bestehender Städteversorgungen (Basel) solchen Umfang annehmen können, daß ein nahezu vollkommener Ausgleich des Belastungsdiagrammes erzielt wird.

Ein sehr geeignetes Mittel hiefür scheint die Druckelektrolyse von Dr. Ing. Lawaczek, München, zu sein. Diese Vorschläge eröffnen uns ganz ungeahnte Möglichkeiten. Dr. Lawaczek ordnet die Elektroden-Pakete mit besonders geringem Elektrodenabstand sehr sinnreich übereinander in Rohren an und gewinnt dadurch die Zersetzungsprodukte des Wassers, Sauerstoff und Wasserstoff, unter sehr hohen Drucken (über 1000 at), wodurch eine sehr große Akkumulierung und die Verwertung ungenützter Nachtenergie ermöglicht wird. Die Anlagekosten sind gering, etwa 50 Mk. pro kW bei Kleinanlagen, die bis auf 15 Mk. pro kW bei Großanlagen ermäßigt werden können. Für die Erzeugung eines m^3 Wasserstoff und eines halben m^3 Sauerstoff werden weniger als 4·5 kWh benötigt; 1 m^3 Gas ist also mit den Kosten für 3 kWh zu belasten.

Das Wasserstoffgas kann verwendet werden:

1. Für allgemein technische Zwecke wie Schweißen und Schneiden. Durch die Vermeidung der kostspieligen Druckflaschen kann diese Verwendung bedeutend ausgedehnt werden, um so mehr als auch kleinere Anlagen das erforderliche Gas in den Nachtzeiten selbst erzeugen und akkumulieren können. Selbst die Fortleitung des Gases zu entfernt liegenden Verwendungsstellen durch kleine Rohrleitungen ist billiger als der Strombezug.

2. Der Forderung, Heizgas auch an abgelegenen Stellen zu erhalten, kann leicht entsprochen werden. Es ist möglich, die Wasserstoffmenge, die einer dauernden Leistung von 10 000 kW entspricht, unter Druck von 500 at in einer Leitung von 1 cm^2 l. W. zu transportieren.

3. Verbilligung der Ammoniak-Synthese und dadurch des künstlichen Düngers, denn es wird direkt reiner Wasserstoff mit hohem Druck gewonnen, wodurch die Ausbeute viel größer als bei dem bisherigen Verfahren ist.

4. Von Bedeutung ist der Hochdruckwasserstoff für die Herstellung flüssiger Brennstoffe, Umwandlung der schweren Kohlenwasserstoffe in leichte, die Veredlung von Torf und anderen minderen Brennstoffen.

5. Wasserstoff kann in Dampfkesseln selbst verbrannt werden und könnte zur Heizung von Lokomotiven besonders günstig verwendet werden.

Die Verflüssigung des Wasserstoffes würde noch viele andere Verwendungsmöglichkeiten ergeben.

Ganz ungeahnte Möglichkeiten bietet der Verbrauch elektrischer Arbeit bei der Landwirtschaft. Herr Direktor Ing. Ringwald der Zentralschweizerischen Kraftwerke, Luzern[9]), weist auf Grund der Statistik nach, daß die schweizerische Landwirtschaft heute etwa einen Verbrauch von 50 Mill. kWh absorbiert, aber auf Grund verschiedener erfolgreicher Versuche demnächst 500 bis 600 Mill. kWh benötigen wird. Ein Rückschluß auf Österreich würde bei viel ausgedehnterer Landwirtschaft wohl einen noch größeren Verbrauch erwarten lassen. Leider ist das statistische Material hiefür sehr mangelhaft, doch kann entsprechende Propaganda und insbesondere finanzielle Unterstützung, sowie eine bessere Organisation der landwirtschaftlichen Betriebe hier sehr viel bewirken.

Sehr schöne Ergebnisse werden in Schweden durch die Bodenheizung von Gemüsebeeten erzielt, die sehr einfach auszuführen ist, womit trotz der geringen Sonnenbestrahlung in diesen Breitegraden Ernten wie im südeuropäischen Klima erzielt werden.

Wirkung der Stromtarife.

Ein zur Erzielung dieses Ergebnisses wichtiges Moment ist die Tarifgestaltung, die aber so eingerichtet werden muß, daß der Konsument tatsächlich an dem Mehrverbrauch interessiert ist, in der Weise, daß er durch diesen Mehrverbrauch seinen sonst notwendigen Verbrauch auch verbilligen kann.

Direktor Döpke hat seinerzeit bei der Tagung der VEW vor vielen Jahren, als damals auch die Vermeidung der hohen Belastungsspitzen zur Diskussion stand und die Vorschläge über die Tarifbildung kein Ende nehmen wollten, die drastische Äußerung gemacht: „Meine Herren, erhöhen Sie Ihren Strompreis auf drei Mark pro kWh und Sie werden die Spitzen mit einem Schlage vernichtet haben".

[8]) E. Praetorius, Berlin, Elektrizitätswirtschaft Nr. 442, S. 444.

[9]) Elektrizitätsverwertung 1926/27, Heft 5, S. 61.

Digitized by Google

Dagegen kann man, besonders bei uns in Österreich, beobachten, daß auch Werke, die so niedrige Strompreise verlangen, daß sie auf keinen Fall damit das Auslangen finden können, trotz des niederen Strompreises keinen besseren Ausnützungsfaktor erzielen. Es kann daher der Tarif nur dann eine Wirkung erlangen, wenn er, wie schon erwähnt, auch so aufgebaut ist, daß sich die Konsumenten für den Mehrkonsum interessieren.

Hier möchte ich noch darauf verweisen, daß es vollkommen unrichtig ist, wie es vielfach geschieht, so übermäßig niedrige Tarife, die ein Elektrizitätswerk keinesfalls rentabel gestalten können, damit zu begründen, daß die Werke bereits abgeschrieben sind, denn es ist gleichgültig, ob das Werk abgeschrieben ist oder nicht, weil die Erneuerungsquoten immer wieder in Erscheinung treten mussen und die Betriebskosten fortlaufend die gleichen sind, so daß der Durchschnitt doch wieder sich den normalen Bestimmungen jeder richtigen Kalkulation anpassen muß.

Die österreichische Energiewirtschaft.

Der Bundesstaat Österreich hat durch die Friedensvertrage eine Gestaltung erhalten, die die Elektrizitatsverwertung durch die geographische Lage von selbst in eine bestimmte Bahn lenkt. Die wertvollen Wasserkrafte in Vorarlberg, in Tirol und in Kärnten, die zu außerordentlich günstigen Bedingungen hergestellt werden konnen, konnen im Lande selbst, auch bei weitreichender Zunahme des Bedarfes, nicht voll verwertet werden, und es ist naheliegend, diese Energien in das benachbarte Ausland auszuführen, da es nicht möglich ist, diese sehr billig herzustellenden Energiemengen bis zu den weit entfernt liegenden Verbrauchsschwerpunkten im Osten Österreichs zu leiten. Die von der österreichisch-deutschen Arbeitsgemeinschaft ausgearbeitete Studie über „Anschluß- und Energiewirtschaft", Verlag Deutsche Einheit, Wien, von Nationalrat Dr. Wilhelm Ellenbogen verfaßt, kommt zu dem Ergebnis, daß etwa 5 Milliarden kWh für Stromexport aus den hochwertigen Wasserkraften Österreichs abgegeben werden konnen, wenn vorerst noch der zu erwartende heimische Bedarf gedeckt wird[10]).

Es ist aber auch hier zu beachten, daß es nicht zweckmäßig erscheint, diese Energie gewissermaßen kostenlos dem Ausland zu überlassen, denn es würde keinem Lande einfallen, seine wertvollsten Naturschätze dem Nachbar zu schenken, ohne auch eine Gegenleistung dafür zu erhalten. An eine Steuerbefreiung kann für derartige Kraftwerke überhaupt nicht gedacht werden, aber auch eine Besteuerung ist unter Umständen illusorisch, wenn die Strompreisbildung im eigenen Körper so erfolgt, daß kein Reingewinn verbleibt. Es müßte bei Ausnützung dieser Kräfte unbedingt darauf geachtet werden, daß mindestens das österreichische Kapital und die österreichische Industrie nennenswert beteiligt sind, um dadurch bei Ausbeutung dieser Naturschätze eine Verwertung für das Land zu ermöglichen.

Um eine gewisse Klarstellung der Verhältnisse zwischen Strombedarf und -Darbietung zu schaffen, ist in Abb. 1 folgende Darstellung gewählt: Die Basis derselben ist die aufgerollte Hauptbahnlinie Bregenz — Innsbruck — Salzburg — Linz —Wien — Graz — Klagenfurt — Lienz. Alle vorhandenen Wasserkraftanlagen und alle Projekte, die links und rechts dieser Bahnlinie sich befinden, wurden ganz schematisch auf diese Bahnlinie projiziert und in der Fläche so zur Darstellung gebracht, daß die Leistung der Werke als Ordinate zur Auftragung gekommen ist und die Fläche die möglich erzeugbaren Kilowattstunden darstellt. Es sind somit Spitzenkraftwerke als schmale Streifen zur Darstellung gekommen, während Laufkraftwerke, also Basiswerke, sich als breitere Flächen zeigen.

Der Strombedarf wurde auf Grundlage der Ermittlungen von Ornig und auf Grundlage des statistischen Jahrbuches nach den dort festgestellten Einwohnerzahlen der einzelnen Bezirke ebenfalls ganz schematisch aufgetragen. Es kann naturgemäß dieses Bild keine einwandfreie Darstellung geben, doch kann es aber immerhin einen allgemeinen Überblick über die Energieverhältnisse Österreichs gewahren. Es geht auch hier, wie schon früher erwähnt, wieder deutlich daraus hervor, daß die in Vorarlberg, Tirol und Kärnten vorhandenen großen Wasserkraftanlagen für die Deckung des großen Verbrauchszentrums bei Wien und Umgebung nicht in Frage kommen können, weil die Zuleitungen zu lang und auch zum Großteil wegen der hohen Gebirgszüge sehr schwer ausführbar wären. Diese Mengen sind in erster Linie zum Export bestimmt.

Aus der Darstellung ist ohne weiteres zu entnehmen, daß ein kleiner Teil der verfügbaren Wasserenergien von Oberösterreich und Steiermark für die Versorgung von Wien und der in der Nähe liegenden Industriegebiete ausreichen würde, so daß noch große Strommengen für den Export aus Oberosterreich nach Deutschland zur Verfugung stehen.

Entwicklung der Nordostgruppe.

Die nun verbleibende Nordostgruppe Österreichs, das ist Steiermark, Oberosterreich, Salzburg und Niederösterreich, ergibt ein klares Bild. Es sind in den erstgenannten Ländern wertvolle und günstig auszubauende Wasserkräfte vorhanden. Auch die dort vorhandenen Kohlenschätze können noch durch neuzeitliche Verwertungsmethoden günstig ausgenutzt werden. Demgegenüber ist ein Verbrauchsschwerpunkt die Stadt Wien und die in der Nähe liegende bis in den Norden Steiermarks reichende Industrie und demgemäß wird wohl die Entwicklung der österreichischen Sammelleitung den vorgeschriebenen Weg gehen, den sie zum Teil schon gegangen ist. Es wurde im Jahre 1923 die Fernübertragungs-

[10]) Vgl. E. u. M. 1927, „Das Elektrizitätswerk" S. 108.

Digitized by Google

leitung vom Werk Partenstein über Linz—Gresten —Wien mit 110 kV-Übertragungsspannung erbaut und es wird sich voraussichtlich eine solche von Graz nach Wien entwickeln.

Trotzdem bleiben aber noch große Mengen

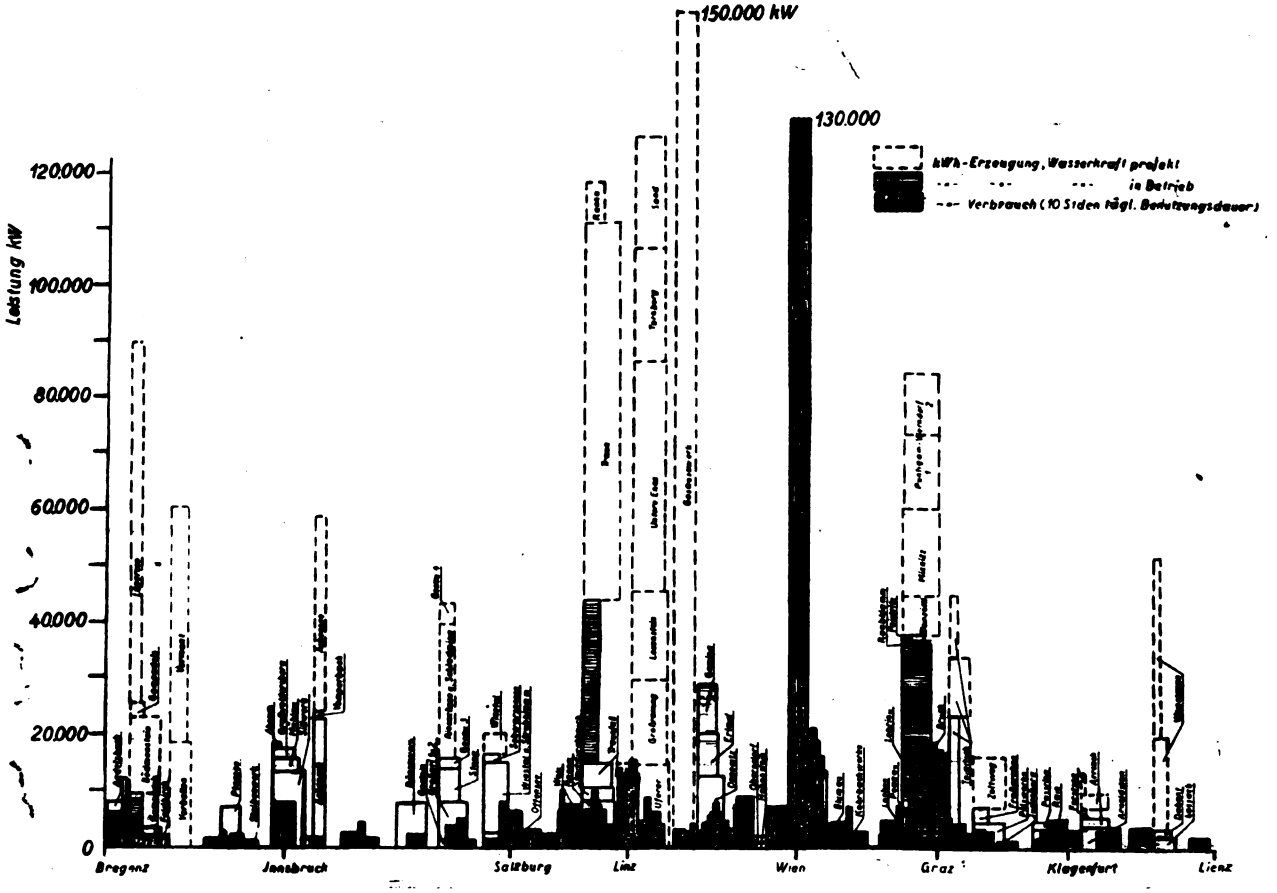


Abb. 1.

Wasserkraftenergie zur Verfügung, die auch in absehbarer Zeit in Österreich nicht zur Verwertung kommen können, und diese sind insbesondere zur Ausfuhr nach Deutschland bestimmt. Ein Zu-

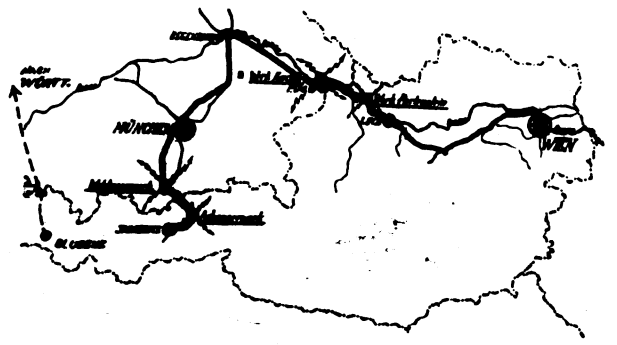


Abb. 2.

sammenschluß mit dem großen Bayernnetz und dadurch mit dem ganzen Verteilungsnetz Deutschlands ist mit einer Verbindung des 100-kV-Netzes zwischen Partenstein und Kachlet von etwa 50 km Länge unschwer möglich (Abb. 2). Es sei hier nur auf die günstigen Ergebnisse der Stromausfuhr, die die Schweiz erzielt, hingewiesen. Obwohl dieser Export zu sehr niedrigen Preisen bereits 800 Mill. kWh überschritten hat, konnte der Strompreis im Inland fortwährend herabgesetzt werden.

Oberösterreich.

Daran festhaltend, Bekanntes hier nicht zu wiederholen, verweise ich nur auf die bereits von der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A. G., bezw. von Ing. Hofbauer herausgegebenen Schriften über den Ausbau der steirischen Großwasserkräfte, die ein vollkommen geschlossenes Bild darstellen. Für Oberösterreich ist eine solche zusammenfassende Darstellung nicht erfolgt, weil hier mehrere Erzeugungs- und Verteilungs-Gesellschaften tätig sind, die in abgegrenzten Bezirken ihre Projekte entwickeln, wenn auch zu erwarten ist, daß diese im gegebenen Zeitpunkt gemeinsam und nach Zweckmäßigkeit ihre Anlagen zum Ausbau bringen werden.

Ebenso will ich mich nicht mit der Behandlung des Ausbaues der Donau befassen, nachdem diese Frage meines Erachtens in engster Verbindung mit der Schiffahrtsfrage gelöst werden muß und für den Ausbau so großer Werke derzeit in Österreich kaum Interesse vorhanden sein kann.

Auch die Elektrisierung der Bundesbahnen scheide ich aus meinen Ausführungen aus, nachdem diese Stromlieferung von besonderem Cha-

Digitized by Google

rakter ist und diese Arbeit nur im Zusammenhang mit dem Bauprogramm gelöst werden kann, wenn auch zweckmäßigerweise die Werke, die für diese Lieferung dienen, in bestimmten Fällen durch entsprechende Einrichtungen die Möglichkeit besitzen, bei der Verbundwirtschaft in beschränktem Umfange mitzuwirken.

Bei Verfolgung des Ausbaues günstiger Kraftstufen ist vor allem der große Ennsfluß mit

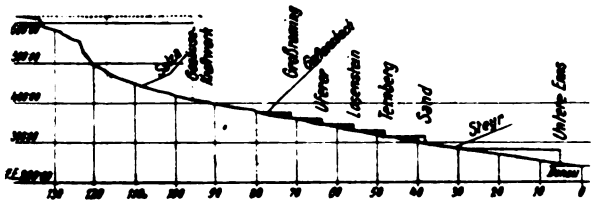


Abb. 3.

einem Gesamteinzugsgebiet 6090 km² zu beachten, der sich im Oberlauf von Westen nach Osten, im Unterlauf von Süden nach Norden, zum größten Teil in Steiermark, im unteren Teil in Oberösterreich, bezw. als Grenzfluß zwischen Oberösterreich und Niederösterreich, erstreckt. Dieser Fluß ist in seiner ganzen Länge unausgenützt und wegen seiner günstigen Eigenschaften für den Ausbau von Wasserkraftanlagen besonders geeignet (Abb. 3).

Vor allem ist hier die große Gesäusestufe, für die die „Steweag" die Konzession besitzt und derzeit noch andere Gruppen sich um eine solche Konzession bewerben, zu erwähnen, die 60 m³/sek bei einem Gefälle von 190 m ausnützen soll. Es sollen 200 000 PS Leistung installiert werden und ist die Jahreserzeugung mit 630 Mill. kWh angegeben. Dieses Werk ist größer und auch in seiner Anlage etwas günstiger als das derzeit in Bau befindliche größte Wasserkraftwerk Europas bei Cardano (Kardaun) bei Bozen, das für die Versorgung von Mailand bestimmt ist. Leider ist für eine so große Strommenge, die beim Ausbau plötzlich vorrätig wäre, in Österreich kaum eine Unterbringungsmöglichkeit vorhanden und für den Export ist dieses Werk nicht günstig gelegen, es sei denn, daß dieses Werk mit anderen Werken zusammengeschlossen wird, um dann größere Mengen nach Deutschland zu exportieren[11]).

Vom Unterlauf dieses Werkes bis etwa zu 80·00 km, gerechnet von der Mündung in die Donau, ist eine für die Ausnutzung ungünstige Strecke, doch ist auch diese einem Studium unterzogen worden und könnte zu etwas ungünstigeren Bedingungen als die unterliegenden Werke zum Ausbau kommen. Von diesem Kilometer ab bis zur Mündung in die Donau hat die Oberösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Studien des vollkommenen Ausbaues dieser gesamten Flußstrecke durch das Ingenieurbüro Schachermeyr-Sing ausführen lassen. Durch diese einheitliche Bearbeitung, die durch keinerlei bestehende Anlagen beeinträchtigt ist, war es möglich, eine ideale, vollständige Ausnutzung dieses Flußlaufes zu erzielen. Die topographischen Verhältnisse — die Enns fließt fast durchwegs in einem engen Tal mit einem gleichmäßigen Gefälle von 2 vT — bedingen die Anordnung einzelner Stufenwerke, die so projektiert wurden, daß möglichst wenig Verlegungen von Straßen und Bahnen erforderlich sind, und da keine anderen Interessen, als die größte Ausnutzungsmöglichkeit vorherrschen, wurden die Werke so gelegt, daß bei bestimmten Wassermengen unter Umständen der Rückstau des Unterliegers bis in den Untergraben des oberliegenden Werkes reicht. Es ergeben sich daraus die drei Werke Großraming, Uferer und Losenstein mit je 19 500 PS und die Werke Ternberg und Sand mit je 26 000 PS installierte Leistung.

Die oberen Stufen beanspruchen etwa je 8 km Flußlänge und erhalten 15 bis 17 m Stauhöhe. Es können durchwegs gleiche Maschinen-Aggregate, und zwar insgesamt 17 Stück zu je 6500 PS Leistung eingebaut werden, wodurch eine billige Serienherstellung und eine geringe Reservehaltung möglich ist. Die Gefällshöhen und die verfügbaren Wassermengen sind besonders geeignet für die Verwendung von Propeller- und Kaplan-Turbinen, wodurch außerordentlich gute Nutzeffekte erzielt werden können. Die fünf Stufen, die nahezu gleiche Leistungen darstellen, ermöglichen entsprechend dem jeweiligen Bedarf eine sehr günstige Entwicklung, so daß nach und nach, ähnlich der Erweiterung eines Dampfkraftwerkes, je eine Stufe zum Ausbau kommen kann, wodurch das Anlagekapital nur nach den jeweils zu erwartenden Einnahmen zur Aufwendung gelangen muß.

Im Stadtgebiet Steyr mußte wegen der Lage eines größeren Stadtgebietes und der dort zu be-

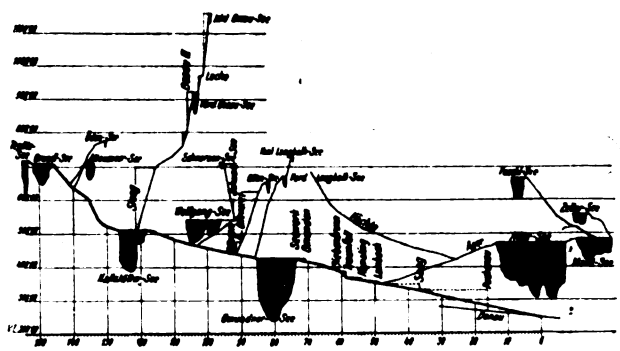


Abb. 4.

achtenden Rücksichten für Kanalisierung eine Ausnützung dieser kleinen Gefällsstrecke vermieden werden. Nach Zufluß des nicht unbedeutenden Steyrflusses ist es möglich, durch die Anlage eines 16·3 km langen Kanales, der aber nach neueren Studien etwa auf 12 km Länge vermindert werden kann, den Fluß bis nahezu zur Mündung auszunützen und eine Kraftstufe für eine Leistung von 55 000 PS zu gewinnen. Das Projekt „Untere

[11]) Rieger, Die Wasserwirtschaft 1927, H. 2.

Digitized by Google

Enns", das die Gefällsstufe zwischen Stadt Steyr und Mündung ausnützt, würde 218 Mill. kWh erzeugen können, während die oberen Stufen insgesamt 555 Mill. kWh erzeugen könnten. Die gesamte Ausnützung der Enns würde also rund 1500 Mill. kWh Jahreserzeugung ergeben.

Am Traunfluß (Abb. 4), der durch seine großen Seen im Oberlauf besonders für die Ausnützung durch Wasserkraftanlagen geeignet ist, wurden schon frühzeitig verschiedene kleinere Anlagen ausgebaut. Noch zu Maria Theresias Zeiten wurde der bekannte „Welser Wehrkanal", der sich von Wels bis Kleinmünchen zieht, errichtet, an dem etwa 40 Anlagen von je 100 bis 200 PS Leistung eingebaut sind. Im Jahre 1900 wurde das Werk Traunleiten bei Wels mit 1400 PS und im Jahre 1902 das Werk am Traunfall mit 2400, bezw. 3600 PS ausgebaut. Von nennenswerten Anlagen wurde dann 1910 das Werk Steg zur Ausnützung des Gosaubaches für 18 000 PS errichtet. Neuerdings hat Herr Kommerzialrat Hinterschweiger ein großes Projekt für die vollkommene Ausnützung des Traunflusses von der Alm-Einmündung bis zur Mündung in die Donau ausarbeiten lassen, das von der Firma Stern & Hafferl erworben und weiterverfolgt wird. Es könnten dort etwa 100 000 PS Leistung eingebaut und 533 Mill. kWh im Jahre gewonnen werden. Die Kanallänge ist nur 35 km, wodurch ein Gefälle von 74 m gewonnen wird.

Derzeit sind im Einzugsgebiete der Traun ausgebaute Anlagen mit etwa 42 000 PS Leistung vorhanden, wobei noch eine Reihe kleinerer industrieller Anlagen nicht berücksichtigt ist. Durch Einrichtung einer Speicherwirtschaft der allerdings schon auf steirischem Gebiet gelegenen Seen und Ausnützung des Gefälles der Koppentraun unmittelbar oberhalb des Hallstättersees könnte eine Jahreserzeugung von 130 Mill. kWh bei 190 m Gefälle und einer installierten Leistung von 60 000 PS erzielt werden. Durch entsprechende Ausgestaltung der Anlagen am Gosaubache könnten größere Leistungen und Speicherräume gewonnen und damit etwa 15 Mill. kWh wertvolle Winterenergie erzeugt werden.

Als nächster größerer Flußlauf in Oberösterreich interessiert uns die Große Mühl, deren günstigstes Gefälle bereits durch das Werk Partenstein[12]) für insgesamt 45 000 PS installierte Leistung und ein Gefälle von 183·3 m ausgenützt ist. Dieses Werk war projektiert für die Leistung der zeitweilig auftretenden Tagesbelastung und hat demgemäß einen Wochenausgleichsweiher bei Langhalsen von 836 000 m³ Inhalt erhalten. Durch den Zusammenschluß mit Wien ist es möglich, die zufließenden Wassermengen außerordentlich günstig auszunützen und die Spitzenleistungen des Strombedarfes von Oberösterreich und Wien zu decken. Um dem naturgemäß in den Spätherbstmonaten auftretenden Wassermangel zu begegnen, war von jeher die Errichtung eines Jahresausgleichsweihers im Oberlauf projektiert. Es war vorgeschlagen, einen Ausgleichsweiher im Hauptfluß der Mühl oberhalb Haslach bei Lichtenau mit einem Inhalt von 40 Mill. m³ zu errichten. Das genaue Studium hat jedoch ergeben, daß die zu errichtende Staumauer wegen der ungünstigen Fundierungsverhältnisse unverhältnismäßig große Kosten verursachen würde. Es wurde dann eine Stauanlage an der kleinen, sogenannten „Steinernen Michl", einem Nebenfluß der Mühl beim sogenannten Welser Bühret bei Haslach, untersucht und es würde sich dort in annehmbaren Grenzen eine Staumauer für die Erzielung eines Stauinhaltes von 30 Mill. m³ errichten lassen. Neuerdings wurde auf das frühere Projekt eines Ausgleichsweihers oberhalb Helfenberg zurückgegriffen; es war vorgeschlagen, einen Ausgleichsweiher für 60 Mill. m³ zu errichten, was auch ohne Schwierigkeiten möglich wäre, doch ist an dieser Stelle das Einzugsgebiet schon so gering, daß die Auffüllung des Weiherinhaltes während eines Jahres nicht möglich wäre. Dagegen wäre es möglich, durch die Herstellung eines Stollens von 5 km Länge oder einer Überpumpanlage, die während der Regenperioden zufließenden Wassermengen der Moldau dorthin zu leiten und im Werk Partenstein zur Ausnützung zu bringen. Leider verhindert die derzeitige Grenzgestaltung zwischen Österreich und der Tschechoslowakei die Weiterverfolgung einer so großzügigen Anlage. Bei neuerem Studium hat sich aber ergeben, daß an dieser Stelle bei der sogenannten Ödbauernbrücke eine etwa 20 m hohe Staumauer errichtet werden kann, die einen Stauinhalt von 13 Mill. m³ ermöglicht. Unmittelbar an diese Staumauer schließt ein Gefälle von 100 m an, das durch ein besonderes Spitzenkraftwerk ausgenützt werden kann, für welches eine Leistung von etwa 10 000 kW vorgesehen ist. In diesem Werke könnten nicht nur die während der Sommermonate aufgestauten Wassermengen, sondern auch die während der Wintermonate zufließenden Wassermengen, also insgesamt etwa 25 Mill. m³ ausgenützt werden und in Verbindung mit dem Werk Partenstein würde es dann möglich sein, rund 10 Mill. kWh reinen Winterspitzenstrom zu erzeugen, was in Anbetracht der günstigen Lage des Werkes Partenstein zum Verbrauchsschwerpunkt in Oberösterreich eine besonders rationelle Erzeugung zur Deckung des Pflichtbedarfes ermöglicht.

Mit Vorstehendem sind, wie schon erwähnt, nur allgemeine Richtlinien der österreichischen Elektrizitätswirtschaft angedeutet, die naturgemäß nach vielen Richtungen hin ergänzungsbedürftig sind, doch ist mit diesen Ausführungen nur beabsichtigt, die Bestrebungen der weiteren Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft klarzustellen.

[12]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.

Digitized by Google

Die horizontalen Kühlkanäle von Transformatoren mit Scheibenwicklung.

Von Ing. Felix **Steckler**, Proßnitz (Tschechoslowakei).

Das Öl hat, wie alle Flüssigkeiten, die Eigenschaft, bei Wärmeaufnahme sein Volumen zu vergrößern, wodurch es spezifisch leichter wird und einen Auftrieb erhält. Die erwärmten Ölteile versuchen von jenen Stellen, die Wärme an sie abgeben, aufzusteigen. Um eine möglichst große Wärmemenge durch das Öl fortschaffen zu lassen, ist es notwendig, diese Ölbewegung möglichst ungehindert sich entwickeln zu lassen und durch Vergrößerung der Oberfläche ein größeres Ölvolumen an dem Wärmetransport zu beteiligen. Die Vergrößerung der Oberfläche bewirkt der Konstrukteur, indem er die Wicklung des Transformators unterteilt und horizontale Kühlkanäle einbaut. Der Auftrieb des erwärmten Öles in diesen horizontalen Kühlkanälen kann sich aber nur zum Teil auswirken, weil die horizontalen Begrenzungsflächen der Spulen seine Aufwärtsbewegung hindern. Es bilden sich dabei unter den Spulen ruhende Ölschichten aus, die die höchste Temperatur des Öles erhalten und wärmeisolierend wirken.

Eine schlimme Eigenschaft des Öles ist bekanntlich auch seine Neigung, zu oxydieren und dabei schlammige Abfälle zu bilden. Es sind deshalb ruhende Schichten heißen Öles innerhalb der Wicklung zu vermeiden. Durch die ruhenden, heißen Ölschichten innerhalb der Kühlkanäle hat gerade das wärmste Öl die Möglichkeit, Schlamm zu bilden, für dessen Fortschaffung aus der Wicklung durch entsprechende räumliche Dimensionierung der Kühlkanäle gesorgt werden muß, damit sie nicht verstopft werden, was unweigerlich zur Einschränkung der Oberfläche der Wicklung und schließlich zum Verderben des Transformators führen würde.

Besonders unangenehm wirken sich diese ruhenden Ölschichten bei hoher Belastung des Transformators aus. Die Kupferisolation wird einer stillen Destillation unterworfen, wobei sie sich mit einer Schichte Gasblasen überziehen kann, ohne daß die Gasblasen abgeführt werden und im Buchholzschutz anzeigen, daß dem Transformator Gefahr droht. Durch Verkohlen der Isolation wird nach und nach die Festigkeit des Transformators untergraben. Die Isolation wird mit der Zeit so schlecht, daß man sie mit dem Finger abreiben kann, da sie nur eine dünne, mit Öl und Schlamm vermengte Kohlenschichte bildet. Die Gasblasen finden außerdem einen Halt an den Klötzchen, mit denen die Spulen gegeneinander abgestützt sind, sammeln sich in den Winkeln, die sie bilden, und überbrücken derart zum Teil den Ölkanal, was die häufigen Durchschläge in der nächsten Nähe der Klötzchen erklärt.

Trotz der großen Wichtigkeit dieser ruhenden Ölschichten wurden sie bis nun nicht beachtet und in der Literatur nicht behandelt. Ein Fortschritt im Transformatorenbau in dem Sinne, daß das aktive Material mehr ausgenützt wird, ist aber, abgesehen durch Erhöhung der Wärmebeständigkeit der verwendeten Isoliermaterialien, nur durch Aktivierung des inneren Ölumlaufes und besonders dieser ruhenden Ölschichten zu erreichen. Sie sind eine schleichende Krankheit des Transformators, die ihm bei der heutigen Bauweise in stärkerem oder schwächerem Maße bei seiner Geburt mitgegeben wird. Um eine höhere Lebensdauer und eine Verbilligung des Transformators zu erzielen, ist es darum wünschenswert, die Aufmerksamkeit der Fachkreise auf dieses Problem zu lenken und den inneren Ölumlauf des Transformators einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Wir betrachten erst den Anfangszustand und leiten aus ihm die stationäre Ölbewegung ab. In Abb. 1 ist ein Querschnitt durch einen Ölkanal dargestellt, wobei der Eisenkern nicht eingezeich-

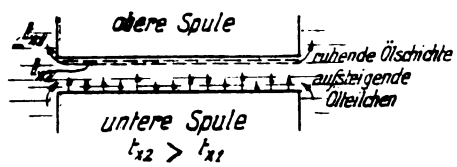


Abb. 1.

net wurde. Die Temperatur des Öles und des Kupfers nehmen wir als gleich an, wie dies der Fall ist, wenn der Transformator längere Zeit außer Betrieb war oder neu eingebaut worden ist, und denken uns nun den Transformator in Betrieb gesetzt. Die Spulen geben Wärme an das umgebende Öl ab und auch das Öl im Kanal wird durch die Spulen geheizt. Erwärmtes Öl steigt infolge seines Auftriebes von der unteren Spule auf, wie es durch die vertikalen Pfeile angedeutet wird, und vereinigt sich mit einer Ölschichte höherer Temperatur unter der oberen Spule, die von dieser Wärme empfängt. Wegen der höheren Temperatur der Ölschichte, lagern sich die aufsteigenden Ölteile unter ihr an. Infolge des Auftriebes versucht die erwärmte Ölmenge aufzusteigen, wird aber durch die Spule daran gehindert und nur die seitlich gelagerten Ölteile haben die Möglichkeit seitwärts abzufließen, und zwar zu beiden Seiten der Spule, und werden durch kühleres Öl aus dem Ölbade, welches ebenfalls von beiden Seiten einströmt, ergänzt.

Im Dauerzustand fließt daher das Öl von außen in das Kanalinnere, wendet sich und fließt wiederum nach außen ab. Die Ölströmung im Kühlkanal hat einen Verlauf wie in Abb. 2 ge-

Digitized by Google

zeichnet. Sie ist komplizierter, als in der Literatur angegeben wird, wo die Ölströmung ausschließlich als in einem Sinne verlaufend nach Abb. 3 dargestellt wird.[1])

Betrachten wir in Abb. 4 ein Ölteilchen dv_{x3} mit der Temperatur t_{x3} und dem Auftrieb p_{x3}, das unmittelbar an der horizontalen Unterfläche

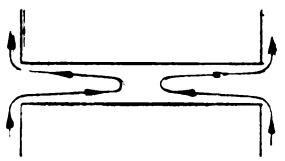


Abb. 2.

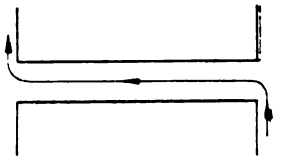


Abb. 3.

der Spule gelagert ist, so ist klar, daß es nicht abfließen kann, weil die Komponente des Auftriebes in der nur horizontal möglichen Bewegungsrichtung Null ist. Nehmen wir aber ein anderes Ölteilchen dv_{x2} mit der Temperatur t_{x2} und dem Auftrieb p_{x2}, durch das wir eine Ebene unter dem Winkel α_{x2} legen können, die die Kante des Kanals tangiert, so ist die Komponente des Auftriebes auf die schiefe Ebene gegeben durch $p_{x2} \cdot \sin \alpha_{x2}$. Unter Einwirkung dieser Komponente kann das Ölteilchen auf dieser schiefen Ebene abfließen, wenn die Komponente größer ist als die Widerstände, die sich der Bewegung widersetzen.

Ist a der Raumausdehnungskoeffizient des Öles, t_{x1} die Temperatur des unmittelbar benachbarten Öles außerhalb des Kühlkanals, also $(t_{x2} - t_{x1})$ die Temperaturdifferenz, γ_x das spezifische Gewicht des Öles, so ist der Auftrieb der Volumseinheit angegeben durch

$$p_{x2} = a\,(t_{x2} - t_{x1})\,\gamma_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Die Trennung benachbarter Flüssigkeitsteile erfordert die Überwindung der Scherfestigkeit der Flüssigkeit, der sogenannten Zähigkeit[2]), die wir mit η_x bezeichnen und für die Verhältnisse im Kühlkanal als konstant betrachten. Damit sich das Ölteilchen in Bewegung setzen kann, muß daher

$$p_{x2} \sin \alpha_{x2} \geqq \eta_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Für die Grenze der ruhenden Ölschichte erhalten wir, indem wir aus Gleichung (1) einsetzen, nach einer kleinen Umformung:

$$(t_{x2} - t_{x1}) \sin \alpha_x = \frac{\eta_x}{a\,\gamma_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3);$$

t_{x2} ist darin die Temperatur der Ölschichte an der Grenze zwischen bewegten und ruhenden Ölteilen.

Es interessieren uns nun am meisten die Verhältnisse im obersten Kühlkanal, wo das heißeste Öl überhaupt ist. Das heißeste Öl im Ölbade, das heißt also, außerhalb der Wicklung, dessen maximale Temperatur durch die Vorschriften des V. D. E. angegeben ist, wird im obersten Kühlkanal erzeugt und ist jenes Öl, welches sich im Kühlkanal an die ruhende Ölschichte anschließt. Indem es aus dem Kühlkanal austritt um aufzusteigen, gibt es Wärme an die unmittelbar benachbarte Ölschichte außerhalb des Kühlkanals ab. Wir können deshalb, ohne einen fühlbaren Fehler zu begehen, als Temperatur t_{x1} des obersten Kühlkanals die höchste Temperatur im Ölbade ansetzen, die der Messung bequem zugänglich ist und bei Serienerzeugung aus früheren Messungen bereits bekannt ist. Für diese Temperatur setzen wir nun in unsere Gleichung (3) das spezifische Gewicht γ und die Zähigkeit η ein und erhalten für die oberste Spule:

$$(t_{2o} - t_{1o}) \sin \alpha = \frac{\eta}{a\,\gamma} = k \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Dieses Verhältnis ist für die Transformatoren gleicher Höchsttemperatur des Öles konstant.

Um t_{2o} zu eliminieren, nehmen wir noch eine Beziehung zu Hilfe. Die Temperaturverteilung wird durch die Wärmeleitfähigkeit des Öles maßgebend beeinflußt. Die ruhende Ölschichte leitet Wärme vom Spulenkupfer zu den bewegten Ölteilen durch. Ist t_{x3} die Temperatur des Öles unmittelbar am Kupfer, so ist $(t_{x3} - t_{x2})$ die Temperaturdifferenz in der ruhenden Ölschichte. Der Wärmedurchgang pro Flächeneinheit ist angegeben durch:

$$q = \lambda \frac{t_{x3} - t_{x2}}{l_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Darin ist λ die Wärmeleitfähigkeit pro Flächeneinheit und 1° C Temperaturdifferenz; l_x die Stärke der ruhenden Ölschichte. Die Wärmemenge, die also von der unteren Fläche der obersten Spule des Transformators abgeleitet wird, ist für die Flächeneinheit

$$q_{xo} = \lambda \frac{t_{3o} - t_{2o}}{l_{xo}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Wir betrachten dabei einen Kreisring der Spulenfläche mit dem Flächeninhalt eins.

Für die unterste Spule ergibt sich

$$q_{xu} = \lambda \frac{t_{3u} - t_{2u}}{l_{xu}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Nach Abb. 4 betrachten wir einen Kreisring der

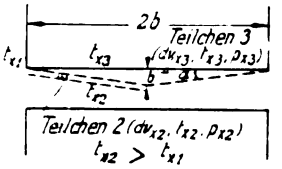


Abb. 4.

untersten Spule, für den die Dicke der Ölschichte $l_{xu} = l_{xo}$; nehmen wir an, daß alle Spulen ganz gleichmäßig an der Wärmeabgabe beteiligt sind, so muß $q_{xo} = q_{xu}$ sein und daraus folgt

$$t_{2o} = t_{3o} - t_{3u} + t_{2u}.$$

Setzen wir t_{2o} in Gleichung (4) ein, so erhalten wir:

$$\sin \alpha\,[(t_{3o} - t_{3u}) - (t_{1o} - t_{2u})] = k \quad . \quad . \quad (8).$$

[1]) Vgl. M. Vidmar, Die Transformatoren, Berlin, Springer, 1921, Seiten 541, 546.

[2]) Siehe „Hütte" Bd. 1, S. 322.

Digitized by Google

Da der Winkel α klein ist, können wir statt $\sin\alpha$ die Funktion $\operatorname{tg}\alpha$ setzen und erhalten dafür:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l}{b} \quad \ldots\ldots\ldots (9),$$

worin b die halbe Spulenbreite ist und l die Stärke der ruhenden Ölschichte in der Mitte der Spule. $(t_{1o} - t_{su})$ ist die gesamte Temperaturdifferenz jenes Öles, welches am Transport der Verlustwärme aus der Wicklung beteiligt ist. Wir können dafür $\Delta T_{\ddot{o}l}$ setzen und können diese Temperaturdifferenz durch Messung leicht finden. Damit und mit Hilfe der Gleichung (9) erhalten wir:

$$l = \frac{k\,b}{(t_{so} - t_{su}) - \Delta T_{\ddot{o}l}} \quad \ldots (10).$$

Diese Gleichung können wir benützen, um die Höhe des Kühlkanals anzugeben. Es ist empfehlenswert, die Höhe des Kühlkanals zumindest doppelt so groß zu machen, um eine sichere Abführung des Schlammes zu haben. Es ergibt sich dann

$$h = \frac{k_1\,b}{(t_{so} - t_{su}) - \Delta T_{\ddot{o}l}} \quad \ldots (11).$$

Für eine bestimmte Typenreihe ergibt sich bei gleicher maximaler Wärmebeanspruchung des Öles der Nenner als konstant, so daß die Höhe des Kühlkanals proportional ist der Spulenbreite. Dieses Ergebnis stimmt mit der Erfahrung überein. In der Praxis wird die Höhe des Kühlkanals nach einer Faustformel proportional gesetzt der Spulenbreite.

Diskutieren wir die Gleichung (10), so können wir sagen, daß die Stärke der ruhenden Ölschichte proportional mit der Spulenbreite wächst. Da die Zähigkeit mit der Stärke der betrachteten Schichte abnimmt, ist eine Vergrößerung des Ölkanals günstig. Wir können aber die ruhende Ölschichte durch keine bloß konstruktive Maßregel, die nur die räumliche Dimensionierung betrifft, zum Verschwinden bringen. Es kann nur dadurch geschehen, daß wir kein rechteckiges Profilkupfer, sondern ein parallelepipedisches Profilkupfer benützen, das in der Erzeugung gleich teuer ist, und damit Kegelstutzscheibenspulen wickeln, die derart zusammengebaut werden, daß ihre Unterflächen zumindest den Winkel α gegen die Horizontale bilden.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Freiluft-Wasserkraftanlage. J. Franz beschreibt eine von der Berkshire Power and Electric Company errichtete Freiluftanlage, welche zur Ausnutzung eines vorhandenen Gefälles dient. Die Gesellschaft besaß eine ehemalige Mühle mit einem etwa 4 m hohen Staudamm. Bei mittleren Wasserverhältnissen sind 150 000 kWh bei etwa 30 kW Maschinenleistung erhältlich. An den Damm

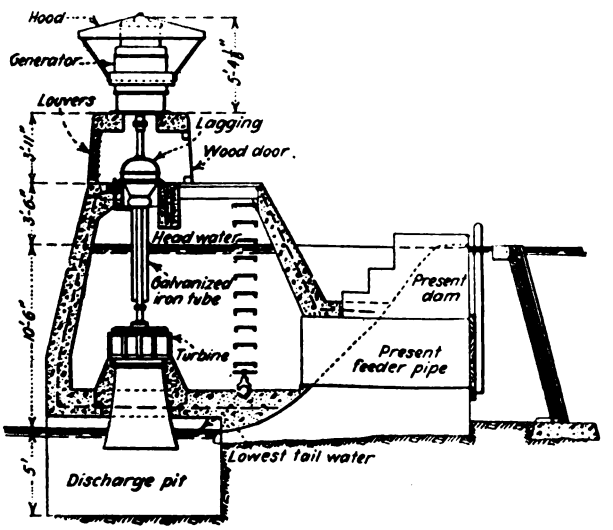


Abb. 1.

wurden aus Eisenbeton eine Turbinenkammer mit einem horizontalen Rad und einem Ablaufstutzen angebaut, der noch unter den tiefsten Oberwasserstand reicht. Die Welle ist in einem Halslager abgestützt, das in einer etwa 0·93 m hohen Kammer zugänglich eingebaut ist. Die dem Oberwasser zugekehrte Seite ist durch eine Holztüre verschlossen, die entgegengesetzte Seite hat eine Jalousie, durch welche die Kühlluft in den Asynchrongenerator eintritt. Dieser liegt auf dem Kammerdach vollkommen im Freien. Er arbeitet mit 2300 V, 277 U/min und 60 Per/s. Die seitlichen Ausströmöffnungen der Luft wurden durch einen 100 mm breiten Blechring geschützt und über das ganze ein flachkegeliges Regendach aus Blech gesetzt. In dem Fundament ist ein dreipoliger Ölschalter mit Überstromauslösung untergebracht, über den die Anlage auf eine vorhandene Freileitung angeschlossen wurde. Meßinstrumente sind derzeit in dem benachbarten Gebäude untergebracht. Die Inbetriebnahme erfolgt durch Öffnen des Wasserzulaufs und Zuschaltung, wenn annähernd Synchronismus erreicht ist. Sinkt die Netzspannung, so steigt die Turbinendrehzahl auf 459 U/min, was der Generator ohne weiteres aushält. Vor der Inbetriebsetzung der Anlage stand der Generator während eines niederschlagsreichen Sommers ohne Schutz im Freien und wurde vor dem Einschalten angeheizt. Trotzdem die Temperatur im Winter bis gegen — 30° sinkt und sich die Wartung auf das Schmieren alle vier Monate beschränkt, arbeitet die Anlage seit 1. November 1926 zufriedenstellend. Wl.

(Electrical World, Bd. 90, Heft 27, 1927.)

Die Elektrifizierung Transkaukasiens. Gegenwärtig verfügt das Land über 20 Wasserkraftwerke von zusammen 25 600 PS[1]), von welchen nur sechs Zentralen von zusammen 4800 PS von der Vorkriegszeit her stammen, die übrigen sind erst vor kurzem erbaut worden. In Armenien ist an dem Flusse Sange das Wasserkrafwerk Eriwan für 7500 PS bei 15 m³/s Wassermenge und 50 m Gefälle erbaut worden (hievon 2900 PS aufgestellt). In Leninakan (Armenien) geht das Werk am Flusse Arpatschaj, 115 m Gefälle, 3000 PS (später 7500 PS) der Vollendung entgegen. Im Nordwesten Grusiens, an den Abasch-Wasserfällen, ist ein Kraftwerk für 2500 PS bei 47 m Gefälle und 5 m³/s im Bau. Das Adshar-Zschalsche Werk in Adsharistan (Batum) wird 7500 PS bei einem Gefälle von 33 m und 20 m³/s Wassermenge leisten. Die Energie wird mit 38 kV nach Batum (38 km) geleitet. Für die Elektrisierung Aser-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 31, Die Elektrizitätswirtschaft, S. 59.

Digitized by Google

beidshans (Hauptstadt Baku) werden 2 Wasserkraftwerke je 120 000 PS projektiert: eines am Flusse Terter, 360 km von Baku entfernt, 285 m Gefälle mit einem 114 m hohen Damm und einem Wasserspeicher von 170 Mill. m³ (Jahreslieferung 393 Mill. kWh), und ein zweites im Orte Karasachkal, 340 km von Baku, Gefälle 28 m (Jahreslieferung 570 Mill. kWh). Diese zwei Kraftwerke sind für drei große Energieverbraucher bestimmt, für das Naphthagebiet von Baku, für die Wasserpumpwerke des Kuragebietes und für die industriellen Unternehmungen von Gandsha. Der Energiebedarf für die genannten Gebiete betrug im Jahre 1926 335 Mill. kWh, im Jahre 1931 dürften 500 Mill. kWh erforderlich sein. Für den Betrieb der Naphthawerke werden dadurch 250 000 t Naphtha erspart und der Ausfuhr zugewendet werden können. Die künstliche Irrigation wird ermöglichen, die Baumwollplantagen von etwa 33 000 ha auf 220 000 ha auszudehnen, wobei die elektrische Pumpenanlage 2500 Jahresstunden Betrieb mit einer Belastung von 14 000 kW erfordert. Im Nordwesten Transkaukasiens wird ferner das Wasserkraftwerk Topurowan projektiert, das bei einem Gefälle von 500 m, einem natürlichen See zur Wasserregulierung, 150 000 PS bezw. 100 Mill. kWh jährlich wird gewährleisten können. In Nordarmenien sind zwei Wasserkraftwerke im Bau, eines am Flusse Kamenka nächst der Station Kalageran der Transkaukasischen Bahn mit 30 000 PS, 140 bis 200 m Gefälle und das andere am Flusse Sange mit 15 000 PS, 150 m Gefälle. Die Kalageran-Zentrale ist zur Stromversorgung der umliegenden elektrotechnischen Industrie und eines Kupferschmelzwerkes bestimmt. Ferner ist noch der Bau einer ganzen Reihe anderer größerer und kleinerer Wasserkraftwerke in Aussicht genommen, womit die erste Periode der Elektrifizierung Transkaukasiens beschlossen wird. Verbindung der geschilderten armenisch-grusisch-aserbeidshanischen Kraftwerke untereinander wird die Stromversorgung des Landes erhöhen und der Großindustrie die Hegemonie über das ganze wirtschaftliche Leben Transkaukasiens sichern.

Im Juni 1927 fand die offizielle Inbetriebsetzung des nach dem Wolchowkraftwerke[1]) zweitgrößten Wasserkraftwerkes in Rußland, Semo-Awtschaly in Transkaukasien, etwa 13 km von Tiflis entfernt, zur Stromversorgung dieser Stadt und ihres Gebietes bestimmt, statt. Das Kraftwerk ist am Flusse Kura, der ins Kaspische Meer mündet, errichtet. Alle Wasserbauten für dieses Kraftwerk sind auf eine Leistung von 36 000 PS berechnet, gegenwärtig sind 18 000 PS aufgestellt. Das Werk enthält vier vertikale Wasserturbinen je 45 000 PS bei 214 U/min und 19·8 m Gefälle je mit einem Generator von 4000 kVA, 50 Per/s, 6400 V und einer Erregerdynamo für 110 V gekuppelt. Für die spätere Erweiterung des Kraftwerkes sind vier ebensolche Aggregate in Aussicht genommen. Zwecks Kühlung der 4000 kVA-Transformatoren zur Spannungserhöhung auf 37 000 V wird im Kellerraum des Transformatorengebäudes eine besondere Ventilationsanlage eingerichtet. Die Transformatoren sind an ein doppeltes Sammelschienensystem geschaltet, von welchem zwei Luftleitungen zu den vier Unterwerken der Stadt Tiflis führen; dort wird die Spannung auf 6600 V erniedrigt. Die Unterwerke erhalten Transformatoren von 500 bis 2500 kW. Von dort wird die Energie zu 73 Stadttransformatoren je 50 bis 100 kVA geleitet, in welchen die Spannung von 6600 V auf 215/124 V herabgesetzt wird. Für den Eigenbedarf sind zwei Transformatoren für je 500 kVA, 6400/210/120 V vorgesehen, die auf ein besonderes Schienensystem arbeiten. Strom zur Betätigung der Schaltrelais liefert eine Batterie, die von einem Motorgenerator aufgeladen wird. Die Anlage wurde vom „Elektrotrust" und dem „Maschinentrust" ausgeführt. Es wird möglich sein, noch drei weitere Aggregate für 18 000 PS aufzustellen, so daß die Gesamtleistung sich auf 54 000 PS erhöht. Die Selbstkosten werden sich bei Abgabe von 53 Mill. kWh auf 2·39 Kop./kWh stellen; nach Aufstellung der dritten Maschinengruppe (1934) rechnet man mit 116 Mill. kWh jährlicher Lieferung zum Preise von 1·58 und im Jahr 1938, bei fast 150 Mill. kWh, mit 1·25 Kop./kWh.

Ing. A. Brauner.

(Mitt. des Staatl. Elektrot. Trusts, Nr. 3, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 60.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Spitzendeckung in Kraftwerken durch Gleichdruckspeicher bespricht Dipl.-Ing. J. Koch[1]) als Ergänzung zu den Erörterungen über die Energiespeicherung auf der Kieler Tagung des VDE[2]). Aus dem Kesselpreis p_k je kW Leistung und dem Speicherpreis p_s je kWh Speichervermögen erhält man die Zeit T_0, während welcher der Speicher die Spitzendeckung übernehmen muß, damit der Gesamtanschaffungspreis der Kessel- und Speicheranlage ein Mindestwert ist, zu

$$T_0 = \frac{p_k}{p_s},$$

das heißt zum Beispiel für $p_k = 60$ Mk/kW und $p_s = 30$ Mk/kWh wird $T_0 = 2$ Stunden. Wird die Speicheranlage länger benötigt, so ist sie für diesen Teil der Belastung teuerer als Kessel, bei einer Benutzungsdauer unter zwei Stunden ist die Speicheranlage die billigere. Werden noch die Unterschiede zwischen den Kosten p_t für normale Turbinen und p_r für Speicherturbinen je kW Leistung berücksichtigt, so ergibt sich

$$T_0 = \frac{p_k + (p_t - p_r)}{p_s}.$$

Bei Gefällespeichern nach Ruths bezieht sich der Wert p_s in der Regel auf den ganzen im Speicher zulässigen Druckabfall, der aber in der Regel nie vollständig ausgenutzt wird, so daß der in die obigen Formeln einzusetzende Wert entsprechend höher ist. Da erfahrungsgemäß besonders in öffentlichen Elektrizitätswerken die Spitzen mit einer Basis von 1·5 bis 2 Stunden nicht höher als 15 bis 20 vH der Gesamtbelastung sind, können sie auch von Speisewasserspeichern[3]) gedeckt werden. Deren Preis ist abhängig von dem Druck und der Temperatur des Vorwärmdampfes, vom Speicherdruck und von der Wassertemperatur beim Austritt aus dem Ekonomiser (mit den beiden letzteren Größen nimmt der Preis ziemlich gleichmäßig zu). Bei niedrigen Speisewassertemperaturen steigt daher T_0 auf 3¾ Stunden und mehr. Die durch den Gleichdruckspeicher erzielbare Mehrleistung nimmt mit steigendem Dampfdruck zu und mit steigender Speisewassertemperatur ab, bei 15 atü und 50° beträgt sie rd 28 vH. Für Anlagen mit Frischdampfdrücken bis etwa 20 at kommt nur der Frischdampfspeicher in Betracht, der von der Kraftanlagen A. G., Heidelberg, welche die Ausführungsrechte der Speicher nach Doktor Marguerre, Christians, Müller und anderen besitzt, als Verdrängungsspeicher gebaut wird. Der Speicher ist im geladenen Zustande mit Heißwasser von der Sättigungstemperatur des Frischdampfes gefüllt, in entladenem Zustande mit Wasser von der Temperatur des Speisewassers beim Austritte aus den Ekonomisern und bei teilweiser Ladung ist im unteren Teile des Speichers Wasser von der zuletzt angeführten, im oberen Teile solches von der früher erwähnten Temperatur. Es wird dabei das von der Speisepumpe durch den bezw. die Ekonomiser — die parallel oder hintereinander oder in Gruppen geschaltet sein können — geförderte Wasser, wenn der Speicher nicht zur Wirkung kommt, zu einer Umwälzpumpe geführt und von dort in den oberen Teil des Speichers, wo es mit Kesseldampf gemischt und damit auf dessen Sättigungstemperatur gebracht wird, um dann zur Kesselspeisung zu

[1]) Elektrizitätswirtschaft Nr. 444, 1927.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 867.
[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 318.

Digitized by Google

dienen. Durch ein vom Dampfdruck beeinflußtes selbsttätiges Ventil geschieht bei Mehrbedarf an Dampf also bei der Entladung des Speichers die gänzliche oder teilweise Zuführung des Wassers in den unteren Teil des Speichers, wodurch das Heißwasser aus dem oberen Teil verdrängt und dem Kessel zugeführt wird. Bei der Ladung wird dem Speicher unten kaltes Wasser entnommen und nach Erwärmung oben zugeführt. Für Anlagen mit stufenweiser Vorwärmung des Speisewassers werden die Vorwärmer — zweckmäßig, besonders in den unteren Stufen, Oberflächenvorwärmer — in die Leitung zwischen der Umlaufpumpe und dem oberen Teil des Speichers eingeschaltet, ebenso bei Hochdruckanlagen, wobei die Speicher unter einem niedrigeren Druck stehen als die Kessel und man außerdem noch eine Anzapfleitung von der Turbine unmittelbar in den oberen Teil des Speichers führt. Die Gleichdruckspeicher werden im Gegensatz zu den Ruths-Speichern mit senkrechter Achse aufgestellt und benötigen wenig Platz. Mehrere Speicher können zu einer Batterie vereinigt werden. Da das Speisewasser mit Dampf gemischt wird, der bereits den Überhitzer durchströmt hat, erstreckt sich der durch den Speicher erzielte Ausgleich auch auf den Überhitzer, bei Hochdruckanlagen auch auf den Hochdruckteil der Turbine, ferner bei Verdrängungsspeichern auch auf die Ekonomiser und die Speisewasseraufbereitung. Die Überhitzungstemperatur des Dampfes bleibt während der verschiedenen Betriebsarten (Laden usw.) unverändert.

Nach Ansicht des Verfassers sollen zur Spitzendeckung wegen des geringeren Preises, der Verminderung des Wärmeverbrauches und des Wegfalles von Sonderturbinen zunächst Gleichdruckverdrängungsspeicher mit Dampfaufladung in Betracht gezogen werden. Erst wenn dadurch und bei Zulassung eines gewissen Druckabfalles (von etwa 10 vH) in den Kesseln die Spitzen nicht gedeckt werden können, sind für kurzzeitige Spitzen (bis etwa eine halbe Stunde) Gefällespeicher mit mäßigen Druckschwankungen zu verwenden, damit nicht eigene Speicherturbinen aufgestellt werden müssen. Die Regeleinrichtungen sind derart einzurichten, daß zuerst der Gleichdruckspeicher und erst dann der Gefällespeicher anspricht. Da eine Verschlechterung des Turbinenwirkungsgrades eine Vergrößerung der Kessel- und Speicheranlage mit sich bringt, sollen nur wirtschaftliche Turbinen verwendet werden. Die Spitzenkesselanlage ist billig, das heißt hoch überlastbar zu bauen (Rostfeuerung mit Kohlenstaubzusatzfeuerung, Luftvorwärmung ohne Speisewasservorwärmung). Im Bau sind nach der beschriebenen Arbeitsweise und Schaltung, ein Frischdampfspeicher mit 75 m³ für 15 atü für die Automobilwerke Opel, Rüsselsheim, und ein Speicher mit 120 m³ für 19·5 atü für das Großkraftwerk Mannheim, der mit einer im Bau befindlichen 100 at-Anlage zusammenarbeiten wird. J.

Zur Erläuterung des Vorstehenden seien aus einem weiteren Aufsatze des Verfassers in den BBC-Mitteilungen (Mannheim), Heft 4 von 1927, einige Beispiele erwähnt. Bei einer Kesselanlage mit 15 atü und 375°, sowie Speisewasservorwärmung auf 100°, von 600 m² Heizfläche und 54 t/Stunde Dampferzeugung, wird ein Speicher von 80 m³ Gesamtinhalt und 74 m³, bezw. 64 t Wasserinhalt bei 200° eingebaut. Der Speicher kann bis zur vollständigen Entladung 10 t Heißwasser liefern, das heißt die Dampferzeugung kann auf eine Stunde um 18·5 vH gesteigert werden, ohne Änderung der Feuerführung, des Dampfdruckes und der Dampftemperatur. Ist eine so hohe Steigerung nicht erforderlich, so ist selbstverständlich die Zeit bis zur vollständigen Entladung größer. — Bei einer Anlage für 35 t/Stunde Dampferzeugung sind bei siebenfacher Verdampfung, einem Kohlenpreis von 25 Mk/t und 3000 Betriebsstunden/Jahr die Jahresausgaben für Kohle 375 000 Mk. Eine Speicheranlage mit 75 m³ Gesamtinhalt kostet einschließlich aller Nebenkosten rund 60 000 Mk. bezw. bei 12 vH für Verzinsung und Amortisation 7200 Mk jährlich, das heißt die Speicheranlage wäre schon bei einer Kohlenersparnis von 2 vH gerechtfertigt, welche Ersparnis in Wirklichkeit auf 5 bis 6 vH zu veranschlagen ist.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Der derzeitige Stand großer Pumpwerke und ihre voraussichtliche Entwicklung. Von A. L. Mullergren. In den großen Wasserversorgungsanlagen hat man sich nur sehr zögernd entschlossen, von den hin- und hergehenden Maschinen zur Zentrifugalpumpe und zum Dampfturbinenantrieb überzugehen, was wohl hauptsächlich auf allerdings sicher nicht begründete Bedenken hinsichtlich der Betriebssicherheit der Werke zurückzuführen ist, denn in technischer und wirtschaftlicher Beziehung sind die Vorteile der umlaufenden Maschinen ohneweiteres gegeben. Die Dreifachexpansionswasserwerksmaschine kostet etwa 2·5- bis 3mal so viel als die Dampfturbopumpe, bei den Baulichkeiten ist der Unterschied noch größer. Auch ist die Leistungsfähigkeit eines Kolbenpumpmaschinensatzes mit etwa 200 000 m³ täglich begrenzt, während man heute bereits Zentrifugalpumpen von eineinhalbfacher Lieferungsfähigkeit im Betrieb und Bau hat. Die technische Entwicklung wird sehr gut dadurch gekennzeichnet, daß eine im Jahre 1908 in einem Pumpwerk in Cincinnati aufgestellte Schwungrad-Dreifachexpansionspumpmaschine von rund 115 000 m³ täglich Förderleistung, die Dampf von 10·5 atü und 70° Überhitzung verwendete, einen Kohlenverbrauch von 0·5 kg/PS h und einen thermischen Gesamtwirkungsgrad von 16·375 vH hatte und je 1000 kg Dampf 59 Mill. kgm, bezw. je 1 Mill. WE 84 Mill. kgm mechanische Arbeit geleistet wurde, während in einem modernen Werke in Cleveland, das mit Dampf von 21 atü und 75° Überhitzung arbeitet, ein Anzapfturbosatz von 280 000 m³ täglicher Lieferung ohne Anzapfung etwa 75 Mill. mkg und mit Anzapfung rund 108 Mill. mkg je 1 Mill. WE leistete. Für ein Wasserwerk in St. Louis, das mit Dampf von 21 atü und 350° arbeitet, wurde eine mechanische Leistung von 90 Mill. mkg je 1 Mill. WE gewährleistet. Gegenüber den oben angeführten Werten bei der Anlage in Cincinnati bedeutet dies wohl nur eine Verbesserung bez. der Wärmeausnützung bezw. eine Brennstoffersparnis von 7 vH, aber bei gleicher Leistung würde eine Kolbenpumpenanlage 500 000 Doll. mehr kosten und mit 40 000 Doll. festen jährlichen Mehrauslagen belastet sein als die Turbopumpanlage. Für die Anwendung der Dampfturbine als Antriebsmaschine spricht auch der Umstand, daß man in der Maschinengröße praktisch unbeschränkt ist und daher auf Erweiterungen der Anlage leicht Rücksicht nehmen kann, ferner die flache Wirkungsgradkurve, zum Beispiel bei einem Verhältnis der Leistungen von 1 : 2 war der Unterschied im Wirkungsgrad weniger als 7 vH. Eine weitere Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist zu erwarten, wenn die Dampfturbine den besonderen Anforderungen des Pumpenbetriebes besonders angepaßt wird, und zwar rechnet der Verfasser für einen Satz von 380 000 m³ täglicher Liefermenge bei 76 m Förderhöhe, einer Dampfspannung von 28 at und 170° Überhitzung sowie 740 mm Luftleere mit einer Leistung von 80 Mill. kgm je 1000 kg Dampf. Für eine solche Anlage ist außer den angegebenen Dampfverhältnissen und den üblichen Hilfseinrichtungen der Kesselanlage (Kohlenstaubfeuerung, Luftvorwärmung usw.) Dampfanzapfung der Hauptmaschine vorgesehen, die mit der Pumpe durch ein Übersetzungsgetriebe verbunden sein soll. Die gesamte Wärmeausnützung solcher Sätze von rund 400 000 m³ täglicher Förderleistung kann auf 20 vH geschätzt werden. Für kleinere Anlagen bis etwa 100 000 m³ täglicher Liefermenge ist elektrischer Antrieb vorzuziehen, der auch den Stromlieferungswerken Vorteile bringt, da Pumpwerke einen hohen Belastungsfaktor aufweisen und Synchronmotoren verwenden können. Versuche an großen Motorpumpensätzen, die auch nur etwa 30 bis 40 vH der Anlagekosten von Dampfturbosätzen erfordern, haben einen

Digitized by Google

Gesamtwirkungsgrad von Pumpe und Motor von 82·7 bis 84·7 vH ergeben und auch bei kleineren Sätzen kann man noch mit 75 vH rechnen. Solche Motorpumpen sind auch zur Aushilfe und für Spitzenleistungen in Dampfpumpwerken zu empfehlen. Dieselmotoren kommen mit Rücksicht auf die hohen Betriebskosten nur in beschränktem Maße als Antriebsmaschinen in Betracht, in erster Linie für kleinere Anlagen. (Dies gilt allerdings nur für amerikanische Verhältnisse, wie die vielen von den großen europäischen Dieselmaschinenerzeugern ausgeführten Anlagen zeigen. Der Ber.) J.

(Power, Bd. 66, Nr. 2, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der elektrische Durchschlag der Luft bei Niederspannung und die Überschläge bei Gleichstrommaschinen. G. Jacoby (Dresden). Für das Fließen eines elektrischen Stromes durch die Luft ist deren Ionisation notwendig, die durch Bestrahlung, Stoßionisation oder durch das Aussenden von Glühelektronen erfolgen kann. Die bei Gleichstrommaschinen auftretenden Überschläge durch Luft lassen sich zwanglos aus der hohen Erhitzung der Bürsten durch den Kurzschlußstrom erklären. Die Bürsten werden zu Glühelektroden.[1]) Wie der Versuch von Occhialini gezeigt hat, kann ein Überschlag zwischen heißer Kathode und kalter Anode (jedoch nicht umgekehrt zwischen kalter Kathode und heißer Anode) stattfinden. Hebt man bei einer Gleichstrommaschine, deren Gehäuse mit dem Pluspol verbunden wird, die negative Bürste etwas ab, so kann man Überschläge gegen Welle oder Gehäuse herbeiführen. Bei Abheben der Plusbürste tritt zwar Bürstenfeuer, jedoch kein Überschlag auf. Ein Abheben der Minusbürste kann zum Beispiel bei Bahnbetrieb auftreten und, wenn der Fahrdraht am Minuspol liegt, Überschläge herbeiführen. — Die größte mögliche Überschlagslänge läßt sich wie folgt berechnen: für den Kathodenfall gibt H. Ayrton die Formel

$$e_K = 7{\cdot}6 + \frac{1{\cdot}6}{i},$$

für den Abfall im Lichtbogen W. Grotrian

$$e_S = \left(11{\cdot}4 + \frac{32{\cdot}6}{i}\right) . l$$

an und für den Anodenfall haben Messungen von C. E. Guye und L. Zebrikoff höchstens etwa 20 V ergeben. (i = Stromstärke in A; l = Lichtbogenlänge in cm.) Bei einem Bahnumformer von 550 V, dessen Gleichstromspannung auch bei Kurzschluß von der Drehstromseite aus erhalten bleibt, ergibt sich unter Vernachlässigung von $\frac{1{\cdot}6}{i}$ oder $\frac{32{\cdot}6}{i}$ die größte Lichtbogenlänge mit 43 cm. Solche Lichtbogen werden zum Beispiel bei Kurzschlüssen auftreten können. Sie gehen stets von der negativen Bürste aus und haben, gemäß dem Verlauf der Feldlinien als konzentrische Kreise um den Stromwender, Rundfeuer zur Folge. Wenn man durch Metallschirme, die mit den Bürsten leitend verbunden sind, den Feldlinien einen radialen Verlauf gibt, kann kein Rundfeuer auftreten. Der Verfasser hat die Wendepolwicklung einer bis auf den 2·5fachen Nennstrom abgebremsten Gleichstrommaschine plötzlich kurzgeschlossen. Waren Schutzschirme angeordnet, trat zwar heftiges Feuer, jedoch keine Überschläge und Rundfeuer auf wie beim Fehlen von Schirmen. Die Schutzschirme müssen dabei breit genug sein, um Überschläge längs der Stirnseite des Stromwenders zur Plusbürste zu verhindern. — (Breite Schutzschirme dürften allerdings konstruktive Schwierigkeiten bereiten und außerdem die Kühlung des Stromwenders sehr erschweren. Der Ber.) Überschläge zwischen den Stromwenderlamellen können, wenn man nach der Ayrtonschen Formel und Versuchen von Guye und Zebrikoff für Kupfer mit

$$e = 21{\cdot}4 + 30 . a + \frac{10{\cdot}7 + 15{\cdot}2 a}{i}$$

rechnet, für eine Lamellenisolation $a = 0{\cdot}7$ mm bei etwa 25 V auftreten. Bei den Versuchen des Verfassers traten Lamellenspannungen von 40 V auf. Da jedoch beim Auftreten von 25 V die Kante schon abgekühlt war, traten keine Überschläge auf. f. f.

(ETZ Bd. 48, H. 40, 1927.)

[1]) Vgl. a. H. Lutz, Die Vorgänge unter der Kohlenbürste, E. u. M. 1928, Heft 5, S. 101.

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Hochspannungsanschlüsse für Industrieanlagen beschreibt O. Bauhan nach den Ausführungen der Public Service Electric and Gas Comp. Als Verteilspannung werden bis 2000 kVA, 4150 V, darüber 26 000 V verwendet. Der Anschluß der Verbraucher erfolgt an eigene Verbrauchersammelschienen, getrennt von den Kupplungssammelschienen der Stationen der Gesellschaft. Die Verbraucherschienen werden als Ringschienen ausgebildet und die Abnehmer je nach Größe und Wichtigkeit mit zwei oder mit einem Ölschalter oder nur mit Trennschaltern in den Zug der Sammelschiene eingeschaltet. In allen drei Fällen erhält jeder Transformator noch seinen eigenen Hochspannungsölschalter, auf den nur dann verzichtet wird, wenn der Niederspannungsschalter die volle Kurzschlußleistung beherrscht. Die Hochspannungsölschalter werden mit Überstrom und Erdschlußauslösung versehen und erhalten stets die kürzere Auslösezeit. Für die Abnehmerstationen werden durchwegs Normaltypen für Freiluftausführung verwendet, von denen nur in Ausnahmsfällen, wo Gebäudestationen nicht zu umgehen sind, abgewichen wird. Die Freiluftstationen ermöglichen auch viel leichter, eine Erweiterung durchzuführen. Für kleinere Abnehmer mit nur einem Haupttransformator wird stets der Anschluß eines zweiten Transformators für die Zeit schwacher Belastung empfohlen, um die Verluste klein zu halten. Die Transformatoren erhalten in der Regel Anzapfungen. Die Schaltungen der einzelnen Verbraucher erfolgen im Einvernehmen mit dem Lastverteiler der Gesellschaft. f. f.

(El. World, Bd. 90, Nr. 14, Oktober 1927.)

Widerstandsschalttafel. Von Ing. H. F. Zangger. Da die Größe der Kurzschlußströme in einem ausgedehnten Netze für mehrere verschiedene Schaltzustände ermittelt werden muß, um ein richtiges Bild über die notwendigen Abschaltleistungen der Ölschalter zu erhalten, die rechnerische Bestimmung derselben aber schon für einfachere Fälle ziemlich umständlich ist, ist man nun auch in der Schweiz nach amerikanischem Vorbild darangegangen, diese Aufgabe versuchsmäßig zu lösen. Auf einer Tafel wird das Netz nachgebildet, wobei die Impedanzen der Maschinen, Transformatoren und Leitungen durch Ohmsche Widerstände ersetzt und mit Gleichstrom gespeist werden und der Kurzschlußstrom an der gewünschten Stelle gemessen wird. Die vom Verband der Schweizerischen Elektrizitätswerke geschaffene Tafel enthält 144 Widerstände, die gleichmäßig über die Tafel angeordnet sind und in jeder beliebigen Weise zusammengesetzt werden können. 120 Widerstände sind von 1 bis 100 Ohm einstellbar, je 12 unveränderliche Widerstände von 100 und 200 Ohm können in Reihe zu den einstellbaren geschaltet werden. Die Tafel steht den Mitgliedern des Verbandes zur Verfügung. Wenn nun ein Werk sich über die Kurzschlußströme seines Netzes unterrichten will, gibt es dem Generalsekretariate des Verbandes die Lage der Maschinen usw. mit den Impedanzen bekannt, das Netz wird nachgebildet und in Gegenwart des Vertreters des Werkes der Versuch durchgeführt. Die Ergebnisse sind natürlich nur in gewissen Grenzen genau. Da es sich aber bei dieser Aufgabe nur um die ungefähren Größen handelt, erscheint die Widerstandstafel durch die leichte Ausführbarkeit der Versuche berufen, die Werke zu veranlassen, der Bestim-

Digitized by Google

mung der Kurzschlußströme und Abschaltleistungen und damit der Sicherheit ihrer Netze erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken, denn gerade die Schalterleistungen genügen bei dem ständigen Ausbau der Werke in den meisten Fällen nicht mehr. V. H.

(Bull. d. Schweiz. El.-Vereines, Bd. 18, Heft 11, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Verkabelung von Hochspannungs-Freileitungsnetzen in Überlandzentralen. K. Hartmann. Eine außerordentlich interessante Verkabelung eines Überlandnetzes auf maschinellem Wege wird gegenwärtig in Deutschland durchgeführt. Das ausgedehnte 15 kV-Überlandnetz des Elektrizitätsverbandes Weißenfels-Zeitz in Norddeutschland, das wichtige Industrien und eine hochentwickelte Landwirtschaft versorgt, befand sich durch die Nachwirkung der Kriegsverhältnisse in einem derart schlechten Zustande, daß man für eine völlige Gesundung das Netz hätte ganz umbauen müssen. Man entschloß sich statt dessen zu einer völligen Verkabelung des Netzes, um so gleichzeitig höhere Betriebssicherheit und längere Lebensdauer der Anlage zu erreichen. Das Gelände ist sehr günstig, flach, mit wenig Bodenerhebungen. Es wurden Drehstromkabel, Bauart Höchstädter[1]), jedoch ohne Bewehrung, mit 3×16 mm² bis 3×70 mm² Querschnitt verlegt. Die Muffen für den Übergang von Kabel auf Freileitung, die während der Umbauzeit an mehreren Orten notwendig sind, wurden erst mit fünf-, dann mit zehnfacher Sicherheit ausgeführt. Der Erdschlußstrom des ganzen verkabelten Netzes wird sich auf 900 A stellen, der durch sechs, verteilt aufgestellte Petersenspulen mit Anzapfungen beherrscht werden soll. Fünf Reaktanzen mit 5 vH und 6 vH begrenzen den Kurzschlußstrom.

Verlegt werden 470 km Kabel, hievon mindestens 420 km durch eine Maschine, die das Graben, Verlegen des Kabels und das Zuschütten des Grabens besorgt. Auf einem Raupenwagen ist ein Eimerbagger gestellt, der von einem 45 PS-Motor angetrieben wird und einen Graben von 45 cm Breite und 1·45 m Tiefe aushebt. Ein Gurtförderer bringt das ausgehobene Erdreich nach rückwärts. Der Raupenwagen zieht mit zwei Seilen den gleichfalls auf Raupenbändern gestellten Kabelwagen, von dem das Kabel nach vorn gegen den Baggerwagen gezogen und noch hinter diesem in den Graben verlegt wird. Hinter dem Kabel wird das Erdreich wieder in den Graben eingefüllt, durch zwei Schaufeln hinter dem Kabelwagen eingeebnet und durch eine Egge wieder für den Landwirt hergerichtet. Anfangs wurden die Kabel durch bereitgestellte Ziegel abgedeckt. Man ging aber davon wieder ab, da man die Warnung der Grundbesitzer und die Bezeichnung der Kabeltrasse durch Marksteine für sicherer hielt. Der Arbeitsfortschritt ist einstellbar auf 63, 80 und 93 m/h. Jährlich sollen so 120 km verlegt werden. Bedient wird das Gerät durch vier Haupt- und zwei Hilfsarbeiter. Für die gleiche Leistung von Hand wären mindestens 150 Arbeiter notwendig gewesen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß das mit 44 000 Mk. eingesetzte Gerät in den vier, für die Verlegung in Aussicht genommenen Jahren abgeschrieben sein sollte. Unter diesen Verhältnissen ergaben sich für die je km aufgewendeten Verlegungskosten 265 Mk. gegen 1636 Mk. bei Handarbeit. Die Ersparnis ergibt bei 420 km 575 000 Mk. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 447, 1927.)

Ein neues Verfahren zur Untersuchung des Feldes in der Umgebung von Isolatoren. Um die Richtung und die Stärke des Feldes in der Umgebung des Isolators feststellen zu können, wurde von M. Toepler vorgeschlagen, das Feld des Isolators durch die Einstellung eines gestreckten Isolierkörpers (Strohhalm) auszumessen[2]). Diese Methode gibt nur die Richtung des Feldes, nicht dessen Dichte an. Um diese zu bestimmen, hat A. Matthias zwei parallele, elastische, metallische Nadeln verwendet, die in der Mitte durch einen gemeinsamen Hollunderstern gehalten werden. Durch eine am Stern befestigte Glasperle geht ein Seidenfaden, an dem das ganze Gerät aufgehängt ist. Die Enden der Nadeln tragen leitend gemachte Hollundermarkkügelchen. Wird nun die Nadel in das Feld gebracht, so stellt sie sich in die Feldrichtung, und zwar auf Grund der Influenzwirkung, welche die anfänglich neutralen Ladungen der Nadel scheidet und nach den Enden zu verschiebt. Die gleich geladenen Kügelchen stoßen sich ab und bewirken eine Durchbiegung der Nadeln, deren Enden auseinandergehen und dadurch ein Maß für die Größe der Feldstärke geben. Die Verzerrung des Feldes durch die Nadeln läßt sich bei entsprechend durchgeführter Eichung auf ein ganz unbedeutendes Maß herabsetzen. Dieses Verfahren gestattet es, rasch an jedem beliebigen Ort Richtung und Größe des Feldes festzustellen, was insbesonders dann von großem Wert ist, wenn man bestimmte Punkte, wie zum Beispiel den der vermuteten größten Feldstärke, messen will. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 447, Jg. 26, 1927.)

Mittel zur Erdung und Kurzschließung in Hochspannungsanlagen. G. Lehmann. Da die vorgeschriebene Erdung bei Arbeiten in Hochspannungsanlagen, insbesondere bei Freiluftanlagen wegen der dort herrschenden Enge manche Schwierigkeit und auch Gefahr beinhaltet, verwenden die Sächsischen Werke in ihren Anlagen die nach den Patenten der Firma Kühnöl in Jauer, Schlesien, gebaute Kurzschlußstange. Das Gerät besteht aus einem, nach Bedarf 2 bis 3 m langen Hartpapierrohr von 30 bis 40 mm Durchmesser, an dessen oberem Ende eine Klemmvorrichtung aus kräftig federnden Flachmessingbändern zum Überstreifen über das Leitungsrohr oder Leitungsseil angebracht ist. Das Messingband kann, um auch senkrechte und schiefe Leitungen zu erfassen, schief gestellt werden. Die Kopfausrüstung der Erdungsstange ist mit einem Kupferseil mit der Anschlußklemme verbunden, das zum Teil innerhalb der Stange geführt wird. Drei solcher Stangen bewirken einen Kurzschluß der Drehstromleitung über die Erde. Die Handhabung der Stange ist leicht und selbst in den engen Freiluftanlagen oder bei Erdung eines Stranges einer Doppelleitung möglich, ein Vergessen, die Stange herauszunehmen, wie es früher beim Erdungsseil vorkommen konnte, ist wegen der deutlichen Sichtbarkeit derselben unwahrscheinlich. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Heft 447, Jg. 26, 1927.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Die elektrische Einrichtung der Schleuse des Südabstiegs der Weser bei Minden. Dipl.-Ing. Haacke (Magdeburg). Der die Ems mit Hannover bezw. mit der Elbe verbindende Mittellandkanal kreuzt bei Minden die Weser mittels einer Kanalbrücke. Mit der Weser war er durch die Schachtschleuse und mit dem Handelshafen der Stadt Minden durch die Schleuse Dankersen verbunden. Durch die 1925 fertiggestellte Schleuse Südabstieg wurde zusammen mit der Schleuse Dankersen ein zweiter Weg zwischen Kanal und Weser und gleichzeitig eine Reserve für die Kanalbrücke geschaffen. Der Südabstieg überwindet ein Gefälle von 7·5 m und besitzt eine Kammer von 85 m Länge und 12·5 m Breite sowie zwei offene Sparbecken. Im Gegensatze zu der hydraulisch gesteuerten Schleuse Dankersen, erhielt der Südabstieg elektrischen Antrieb mit Hilfsstromsteuerung, beides von Drehstrom 380 V. Die Antriebe wurden in vier Steuerhäusern in den vier Ecken der Schleuse untergebracht und die Steuerungen so angeordnet, daß jeder Antrieb außer von dem Haus, in dem er untergebracht ist, auch noch vom gegenüberliegenden bedient werden kann. Dadurch ist es möglich, ohne Platzwechsel eine Schleusung durchzuführen. — Das mit zwei Umläufen ausgerüstete Oberhaupt erhielt ein Klapptor, das von einem Drehstrommotor für 11·5 PS

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 868.
[2]) E. u. M. 1926, S. 255.

Digitized by Google

Leistung bei aussetzendem Betrieb angetrieben wird. Dieser wie sämtliche andere Motoren erhielten im Läuferkreis nur feste Widerstände, um die Wendeanlasser zu sparen. Das Unterhaupt besitzt ein Stemmtor, dem gleichfalls zwei Umläufe zugeordnet sind. Ein Flügel des Tores ist mit einem breiten Gummiwulst versehen, der durch den Wasserdruck dichtend auf den zweiten Flügel gepreßt wird. Um den Dichtungswulst nicht zu beschädigen, wurde in den Steuerkreis ein Hilfsschütz mit Zeitverzögerung eingebaut, das sinngemäßes Vor- bezw. Nacheilen des einen Torflügels sichert. — Die Zylinderschütze (Antriebsmotoren für je 3·5 PS bei auss. Betr.) für die Umläufe am Ober- und am Unterhaupt erhielt eine besondere Steuerung, die ein selbsttätiges absatzweises Öffnen bezw. Schließen der Zylinderventile und damit einen allmählichen Wasserausgleich bewirkt. Dies wird durch einen kleinen Hilfsmotor erreicht, der eine Steuerscheibe treibt, die durch zwei in verschiedenen Ebenen befindliche Kurvenstücke Hilfsschalter bewegt. Die beiden Umlaufschützen des Ober- bezw. des Unterhauptes werden gleichzeitig bedient und können sowohl von der Nord- wie von der Südseite gesteuert werden. Die beiden Sparbeckenverschlüsse werden einzelgesteuert und erhielten gleichfalls die Steuerung für absatzweises Öffnen und Schließen. Für den Antrieb von drei Spills wurden Motoren von je 13 PS (bei aussetzendem Betrieb) angeordnet. f. f.

(Siemens-Zeitschrift, Bd. 7, H. 10, 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die neuen A ' Lokomotiven der S. B. B. Ing. Fritz Steiner, S. B. B. Bern. Der steigende Verkehr erforderte die Einstellung einer stärkeren Schnellzugslokomotive, als sie in der bisherigen Bauart $A^3/_6$ [1]) gegeben war. Unter Benutzung der hiebei gewonnenen guten Betriebserfahrungen und aus dem Wunsche nach Einheitlichkeit entschloß man sich zu einer Bauart $A_e{}^4/_7$, das heißt 2 — 4 A — 1, welche als ausgesprochene Talstreckentype mit Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h mit 450 t Zugslast verkehren soll. Je nach der Streckenbeschaffenheit sind Lasten bis zu 600 t vorgesehen. Die zwei ersten Lokomotiven sind bereits im Betrieb, zehn weitere während dieses Jahres angeliefert worden. Die vier Motoren von 710 PS Einstunden- und 620 PS Dauerleistung treiben mittels BoC-Einzelachsantrieb mit Übersetzung 1 : 2·57 die Triebachsen. Der Dauerleistung entsprechen 65 km/h. Das Dienstgewicht beträgt zirka 117 t, die Gesamtlänge 16·7 m. Die mittleren Triebachsen haben 10 mm einseitiges Seitenspiel. Das zweiachsige Drehgestell mit 2·2 m Radstand hat Kugellagerung des Stützzapfens mit 150 mm Spiel nach beiden Richtungen. Die Laufachsen der zweiten Bestellung sind als Bisselachse mit 95 mm Spiel beidseitig ausgeführt. Die Aufhängung erfolgt mit Blattfedern, die Zentrierung ebenfalls mit Blattfedern und zwischengeschalteten Schraubenfedern. Bei Lokomotive 1 ist Lauf- und Triebachse versuchsweise mit einem kombinierten Drehgestell versehen. Die Aufteilung der Ausrüstung ist gleich wie bei den 2 — C — 1-Maschinen. In der elektrischen Ausrüstung kamen eine Reihe von Neuerungen zur Anwendung. Die elektrische Steuerung der Stromabnehmer hat gegenüber der bisherigen rein pneumatischen den Vorteil eines rascheren Senkens bei vereinfachter Rohrführung. Die Hauptschalter haben keine Schutzwiderstände mehr. An den Durchführungsstromwandler sind das Maximalrelais und das Blockierrelais angeschlossen. Letzteres blockiert die Auslösestromkreise der Nullspannungsauslösung und des Maximalrelais, welche den Lokomotivschalter vor dem Speisepunktschalter zum Öffnen bringen würden, wenn durch einen Kurzschluß hinter dem Ölschalter die Spannung vernichtet wird. Um die Anordnung der Niederspannungswicklung trotz der Unterteilung in parallele Spulengruppen einfach zu gestalten, wurde dem als Autotransformator ausgebildeten Haupt- ein Hilfstransformator zugeschaltet. Durch vier Schützen wird er auf jeder der sieben Stufenschalterstellungen gegen-, aus- und zugeschaltet, so daß 21 Fahrstufen erreicht werden und an Gewicht gespart wird. Am Stufenschalter ist Schnellabschaltung der Motoren vorgesehen. Die übrigen Ausrüstungsteile sind gegenüber denen der früheren Lokomotivreihe auswechselbar. Bei den Motoren wurde die Zugänglichkeit der Kollektoren verbessert. W I.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 287.

(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 89, Nr. 26, 1927.)

Baustoffe.

Fallhärte- und Ritzhärteprüfung von Baustoffen. Von E. Franke. Die erhöhte Aufmerksamkeit, die den dynamischen Prüfverfahren im allgemeinen in letzter Zeit zugewendet wurde, hat auch zur Ausbildung dynamischer Härteprüfverfahren neben der Brinellschen Kugeldruckprobe geführt, wobei entweder die Rücksprunghöhe eines fallenden Prüfkörpers als Maß für die Härte angenommen wird (Hauptvertreter dieser Gruppe ist das Skleroskop von Shore), oder der kalottenförmige Eindruck einer fallenden Kugel mit Fallgewicht den Maßstab für die Härte bildet (Fallhärteprüfer verschiedener Bauarten). Versuche des Verfassers mit verschiedenen Stählen und mit einer 10 mm-Kugel, sowie einer 5 mm-Kugel, beide Male mit 1502 g Fallgewicht, ergaben zunächst, daß mit wachsender Fallarbeit die Fallhärte

$$H_f = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Kalottenrauminhalt}} \text{ mmkg/mm}^3$$

fast unverändert bleibt. Ferner wurde festgestellt, daß bis etwa 350 Brinelleinheiten (vielleicht auch noch etwas weiter) das Verhältnis von Fallhärte zu Brinellhärte annähernd unverändert ist und für die 10 mm-Kugel etwa 1·71 und für die 5 mm-Kugel etwa 1·55 beträgt. Für größere Brinellhärten steigt die Verhältniszahl. Ob man für die Prüfung die 10 mm- oder die 5 mm-Kugel verwendet, ist für Versuche bei Zimmertemperatur gleichgültig. Für Versuche bei hohen Temperaturen ist nach den Erfahrungen des Verfassers die 10 mm-Kugel vorzuziehen, da die 5 mm-Kugel selbst bei kleiner Fallarbeit mitunter so tief in die Probe eindringt, daß sich die Hülse, welche die Kugel hält, auf die Probe aufsetzt und man somit keine einwandfreien Ergebnisse erhält.

Die Ritzhärteprüfung, die in der Mineralogie schon seit langem üblich ist (Mohs'sche Härteskala), hat man wiederholt in die Materialprüfung einzuführen versucht, sie aber wegen zu geringer Genauigkeit immer wieder verlassen. Nach dem bei uns wohl ausschließlich angewendeten Verfahren von Martens werden mit Hilfe eines Diamanten, dessen Spitze kegelförmig unter 90° zugeschärft ist, an einer ebenen und sauber polierten Fläche des Probestückes unter verschiedenen Belastungen und bei möglichst geringer und gleichbleibender Geschwindigkeit feine Striche erzeugt, deren Breite ein Maß für die Härte des geprüften Stoffes ist. In der Versuchsanstalt der Fried. Krupp A. G. durchgeführte Versuche sollten feststellen, ob sich bei der Ritzhärteprüfung für verschiedene Werkstoffe dieselbe Härtereihenfolge ergibt wie bei der Kugeldruckprobe, auch sollte neben der Überprüfung älterer Versuche die praktische Bedeutung der Ritzhärteprüfung im allgemeinen beurteilt werden. Als Ergebnis der Versuche mit verschiedenen Stählen ist anzuführen: Die Ritzhärte und die Brinellhärte gehen im wesentlichen parallel, doch ist die Ritzhärtebestimmung mit viel größeren Fehlern behaftet als die Kugeldruckprobe. Insbesonderes können Messungen verschiedener Beobachter mit verschiedenen Apparaten nicht miteinander verglichen werden. Der praktische Wert der Ritzhärteprüfung ist also recht gering. —k.

(Kruppsche Monatshefte, 8 Jgg., Nov. 1927.)

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Benützungsrechte im Elektrizitätswesen. Die Stromerzeugung und Stromlieferung stützt sich in ihren wichtigsten Funktionen auf Gebrauchs- und Benützungsrechte öffentlicher Natur, die sohin nicht vom privaten Willen eingeräumt, sondern durch das Gesetz und die öffentliche Verwaltung verliehen werden. Hiezu gehört in erster Reihe das Wegerecht für die elektrischen Leitungen; dieses ist ein solches öffentliches Benützungsrecht, das durch das Gesetz angeordnet und von der Behörde erteilt wird des Inhaltes, daß der Stromlieferungsunternehmer fremde Kommunikationen und Grundstücke zur Führung seiner Leitungen benützen darf. Der Grundbesitzer muß den Bestand und den Betrieb der Leitung dulden, ohne hiefür ein Entgelt, sei es in Geld oder in Kraft, zu empfangen. Dieses Benützungsrecht ist bekanntlich das unerläßliche Erfordernis für die Entwicklung der Groß- und Überlandbetriebe mit ihren Fernleitungen geworden, so daß die gewichtigste Vorbedingung für die großzügige und plangemäße Elektrizitätswirtschaft nicht eigenes und nicht privates Recht, sondern ein Lehensrecht an fremdem Grundeigentum bildet.

Nicht anders steht es mit der Kraftnutzung zur Erzeugung von elektrischer Energie, und zwar gleichermaßen, ob es sich um die aus Wasserkraft erhaltene Energie oder um die Energie aus einer Wärmekraftquelle am Fundorte der Kraftquelle handelt. Um zunächst von der Wasserkraftenergie zu sprechen, so ist ihre Gewinnung von der Nutzbarmachung der Wasserkräfte abhängig und schon im Begriffe der Nutzbarmachung liegt es, daß es sich hier gleichfalls um ein Gebrauchs- und Benützungsrecht handelt. Es ist das Benützungsrecht am öffentlichen Gewässer, an dem sonst Gemeingebrauch besteht, aber nach Wasserrecht für die Krafterzeugung eine eigene Bewilligung, ein Benützungsrecht, erwirkt werden muß. Zum Unterschiede vom Wegerecht und seiner Straßenbenützung, die eine Zwangsbenützung (Zwangsservitut) statuiert, ist die Wasserbenützung ein freiwilliger Verwaltungsakt der Wasserrechtsbehörde, die in Form eines Konsenses oder einer Konzession vollzogen wird. Auch für diesen Gebrauch regelt das Gesetz die Bedingungen des Benützungsrechtes nach Maßgabe des Konsenses.

Was nun die Elektrizität aus Wärmekraftquellen anlangt, die zumeist unter Verwendung von mineralischen Brennstoffen erzeugt wird, so ist, wenn diese Erzeugung am Orte des Kohlenvorkommens (der Zeche, Grube, oder auf der Halde und dergleichen) geschieht, für die Gewinnung der Kohle die bergrechtliche Mutungsbewilligung (Schurfrecht usw.) einzuholen, so daß auch dieser Betrieb nur an Hand eines Benützungsrechtes zu bewerkstelligen ist. Freilich, wenn der Brennstoff dem Werke zugeführt und abseits der Fundstelle verwendet wird, dann entfällt allerdings der montanistische Benützungskonsens für das Elektrizitätswerk. Indessen sehen wir, daß der Elektrizitätsbetrieb doch im Wesen auf Nutzungs- und Benützungsrechte angewiesen und aufgebaut ist, indem die Kraftgewinnung aus der Kraftnutzung, die Kraftlieferung aus der Wegnutzung erfließt.

Da kann es eigentlich nicht wundernehmen, wenn bei der Zwiespältigkeit, die über die rechtlichen Kriterien der Stromlieferung obwaltet, die Tendenz sich regt, auch die Elektrizitätslieferung unter dem Gesichtspunkte des Gebrauchsrechtes zu betrachten. Es ist vielleicht kein Zufall, wenn der Sprachgebrauch den Bezug von Elektrizität als Stromverbrauch bezeichnet und darunter einen Gebrauch an der Energienutzung verstehen möchte. Dafür zeugt die weitere Eigenart, daß das Gut, um das es sich beim Elektrizitätsbezuge handelt, keine Ware im landläufigen Sinne, keinen Stoff, sondern Kraft (Energie) bildet, deren Nutzung fremdem Gebrauche überlassen wird. Eine solche Auslegung wendet sich vom Elektrizitätskaufe und seinen Regeln ab, um sich dem Gebrauchsrechte und seinen Normen anzuschmiegen. Dann freilich würde man auch in den Beziehungen zum Konsumenten, mithin bei der Stromverteilung, gleichfalls mit einem Nutzungsrechte zu tun haben, so daß der ganze Stromlieferungsvorgang, von der Erzeugung angefangen über die Lieferung bis zum Bezuge, sich in Gestalt eines bloßen Gebrauchs- und Nutzungsrechtes abspielen würde. Freilich darf beim Stromverbrauche nicht übersehen werden, daß ein spezifisches Merkmal des Gebrauchsrechtes die Unverbrauchbarkeit der Sache bildet (wie beim Miet- und Pachtrechte), während bei Zugrundelegung einer verbrauchbaren Sache, wenn es sich nicht etwa um ein Darlehen handelt (Quantitätsersatz), die Rechtsbeziehung als Kauf zu werten ist, bei dem es nicht auf die Rückstellung des Bezuges, sondern auf den Preis, zu dem er stattfindet, ankommt. So dürfte, eine so ausschlaggebende Rolle das Benützungsrecht im Elektrizitätsrecht auch spielt, gerade bei der Benützung und dem Verbrauche des Stromes der Begriff des Gebrauches und der Benützung versagen und weniger standhalten, als die bisherige Doktrin, die mit der Analogie des Elektrizitätskaufes durchgedrungen ist.

Dr. Heinrich Schreiber, Wien.

Literaturberichte.

3629 **Mathematisches Praktikum.** Von Dr. H. v. Sanden, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. I. Teil, 122 Seiten, 14 × 21 cm mit 17 Textfiguren und 20 Zahlentafeln als Anhang, Leipzig und Berlin 1927. Band 27 von „Teubners Technischen Leitfaden", Verlag von B. G. Teubner, Preis gebunden Mk. 6.80.

Die Ingenieure älterer Schule werden sich noch der Mathematik-Vorlesungen als Inbegriff eines rein abstrakten Unterrichtes erinnern. Sie werden darum umso lebhafter fühlen, wie sehr ein mathematisches Praktikum, das die Anwendbarkeit der Mathematik auf technische Probleme in Form einer Aufgabensammlung vor Augen führt, das Studium erleichtert. Das handliche Büchlein behandelt in einzelnen Aufgabengruppen, denen stets eine kurze allgemeine Lösung vorausgeschickt ist, den Satz von Taylor, die Auflösung von Gleichungen, die Ausgleichsrechnung, die numerische Integration und Differentiation, die Interpolation sowie die harmonische Analyse. Nicht nur der Studierende, der in die Wunderwelt der Mathematik erst eindringen will, auch der Ingenieur, der seine mathematischen Kenntnisse auffrischen will, wird an dem Büchlein Freude erleben. Der daraus zu ziehende Nutzen ist umso größer, da der Verfasser es meisterhaft versteht, beim Leser einen Sinn für die anzustrebende und zu erreichende Genauigkeit zu erwecken.

Dr. Baudisch.

3636 **Modes spéciaux de traction électrique à courant continu.** (Besondere Arten der elektrischen Traktion mit Gleichstrom.) L. Barbillion, Professor an der Universität Grenoble und Direktor des Institut Polytechnique. (Bibliothèque de l'Ingénieur Electricien Mécanicien). 127 Seiten mit 63 Abb. Verlag Albin Michel, Paris. Preis Frcs. 10.—.

Das Buch behandelt nach einer in Form eines allgemeinen Rückblickes über die elektrische Zugförderung gehaltenen Einleitung drei Spezialarten der Gleichstromtraktion, nämlich: Akkumulatorenfahrzeuge, gleislose Bahnen und die thermoelektrische Traktion. Wie begreiflich werden französische Ausführungsformen hiefür in erster Linie gebracht, doch werden die Leistungen von anderen Ländern auf den genannten Gebieten auch genügend angeführt. Der Abschnitt über Akkumulatorenfahrzeuge beschreibt sowohl kurz Schienenfahrzeuge als auch Elektromobile, von letzteren verschiedene interessante Einzelheiten. Auch die Elektrobusse der Stadt Lyon sowie andere französische Typen erfahren eine eingehende Schilderung. Der Abschnitt über die sogenannten gleislosen Bahnen oder Automobile mit Oberleitung beschränkt sich im wesentlichen auf die Be-

Digitized by Google

schreibung zweier in den letzten Jahren errichteter Anlagen in Frankreich, der Linie Modane-Lanslebourg am Mont Cénis und des Netzes im Département Gard in der Umgebung der Stadt Nîmes. Der Abschnitt über thermoelektrische Traktion befaßt sich entsprechend der bisherigen Hauptentwicklung nur mit diesel-, bezw. benzinelektrischen Fahrzeugen. An Ausführungsbeispielen für Schienenfahrzeuge werden insbesonders italienische, ferner schweizer und amerikanische Lokomotiven und Motorwagen beschrieben. Außer diesen Arten von Fahrzeugen werden auch benzinelektrische Autobusse behandelt, die insbesonders jetzt in Amerika in wachsendem Maß verbreitet sind und anscheinend vor allem bei großen Fahrzeuggewichten erfolgreich gegenüber den reinen Benzinwagen konkurrieren können.

Das Buch bringt bei den einzelnen Abschnitten immer ausführliche Angaben über die Rentabilität der behandelten Traktionsformen. Es bietet im ganzen daher einen interessanten, modernen Beitrag zu den drei angegebenen Gebieten der elektrischen Traktion.

B. Gerstmann.

3312 **Hebetechnik.** Von Dipl. Ing. H. R. Müller. Mit 44 Abbildungen im Text und 118 Aufgaben nebst Lösungen. 124 Seiten, Technische Fachbücher, herausgegeben von Dipl. Ing. A. Meyer, München, C. W. Kreidel's Verlag.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, eine Darstellung der Hebetechnik zu geben, ohne beim Leser andere Kenntnisse als die der vier Grundrechnungsarten vorauszusetzen. Diese Aufgabe kann als gut gelöst bezeichnet werden. Besonders gilt dies für den Abschnitt II, der die notwendigen Grundbegriffe aus der Mechanik erläutert. Das Buch ist gut lesbar, die Abbildungen sind sehr anschaulich. Eine Anzahl von Rechenbeispielen nebst Lösungen ist geeignet, die gegebenen Darstellungen besser faßlich zu machen und ihre praktische Anwendung zu zeigen. Bei einer eventuellen Neuauflage wäre vielleicht die Aufnahme eines Kapitels über Aufzüge am Platze. Ellmann.

3623 **Rationeller Dieselmaschinenbetrieb,** Anleitung für Betrieb, Instandhaltung und Reparatur ortsfester Viertakt-Dieselmaschinen von Josef Schwarzböck. J. Springer, Berlin 1927, 143 S. mit 62 Textabb. Preis Mk. 8·—, geb. Mk. 9·—.

Der wirtschaftliche Dieselmaschinenbetrieb erfordert in erster Linie eine einwandfreie Bedienung und Instandhaltung; hiebei ist insbesondere die rechtzeitige und wichtige Ausführung der zeitweise erforderlichen Instandhaltungsarbeiten von größter Bedeutung. Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gemacht, seine vieljährige reiche Erfahrung auf diesem Gebiete dem Besitzer und Bedienenden solcher Maschinen, aber auch dem Ingenieur und Monteur zu vermitteln. Es werden die Arbeitsweise, die Bedienung, die Instandshaltungsarbeiten nach Zeitpunkt und Art ihrer Ausführung ausführlich behandelt und die Defekte besprochen, die sich beim Anlassen und beim normalen Betrieb ergeben können. Ein besonderer Abschnitt ist den Reparaturen gewidmet, wobei auch große Betriebsstörungen, wie Kurbelwellenbrüche und dergleichen besprochen werden. Von besonderem Werte werden die nach Angabe des Verfassers anzulegenden Merkbücher für die Instandhaltungsarbeiten sein. Die Schmierung und Ölrückgewinnung, die Rohölreinigung, Kühlung, das Anfressen des Kolbens, das Versagen beim Anlassen usw. werden als besonders wichtige Merkmale und Vorkommnisse im Dieselmaschinenbetrieb eingehend berücksichtigt. Die Fülle und Bedeutung des behandelten Stoffes erweist die Unentbehrlichkeit dieses Behelfes für jeden derartigen Betrieb und die daran interessierten Personen. Das Buch ist in der gewohnt ausgezeichneten Weise mit reichem Abbildungsmaterial, darunter interessanten photographischen Wiedergaben, ausgestattet.

Ing. Rußmann.

Perlitguß. Eine Sammlung einschlägiger Arbeiten, im Auftrage der Studiengesellschaft für Veredelung von Gußeisen herausgegeben von Dipl.-Ing. G. Meyersberg. 112 S. mit 92 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer 1927. Preis Mk. 7·50.

Da die Veröffentlichungen über Perlitguß, über den in der Zeitschrift kürzlich berichtet wurde[1]), bisher nur in verschiedenen Zeitschriften zerstreut waren, ist es sehr zu begrüßen, daß in dem vorliegenden Buche die wichtigsten Arbeiten darüber gesammelt sind und so auch weiteren Kreisen die Möglichkeit geboten ist, sich über dieses sowohl für den Konstrukteur als auch für den an Werkstoffen interessierten Ingenieur wichtige Gebiet zu unterrichten. Außer 14 Aufsätzen (fünf allgemeinen, drei über Anwendungen und sechs über Untersuchungen der wichtigsten Eigenschaften von Perlitguß, darunter auch über die elektrische Leitfähigkeit von Grauguß) sind in dem Buch noch zwei Merkblätter über die Prüfung von Gußeisen und die Güteklassen von Maschinenguß sowie die drei deutschen Patente über Perlitguß und eine umfangreiche Literaturübersicht enthalten, so daß man tatsächlich eine recht gute Übersicht über diesen neuen, schon viel verwendeten Werkstoff erhält. Das Buch bildet wohl nur den Vorläufer einer zusammenhängenden Darstellung über Perlitguß und für letztere oder für eine etwaige Neuauflage des vorliegenden Buches sei der Wunsch ausgesprochen, daß dann zur Aufklärung auch etwas über jene Gußeisensorten gesagt wird, die dem Perlitguß gleichwertig sein sollen und daß die Literaturübersicht durch kurze Inhaltsangaben der einzelnen Aufsätze ergänzt wird, denn aus den Titeln kann in vielen Fällen nicht auf den Inhalt geschlossen werden. Jellinek.

3676 **Tafeln über die mechanische Prüfung der Metalle.** Unter Benützung der zur Werkstofftagung 1927 hergestellten Tafeln bearbeitet von Dipl.-Ing. W. Deutsch. 52 S. Herausgegeben vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik. Zu beziehen durch die VDI-Buchhandlung, Berlin. Preis Mk. 2·—.

Dem vielfach geäußerten Wunsche, daß das auf der Werkstoffschau Ausgestellte dauernd festgehalten werde, ist für das engere Gebiet der mechanischen Metallprüfung durch das vorliegende Heft Rechnung getragen, das außer einem kurzen Vorwort über die wichtigsten Verfahren der mechanischen Metallprüfung und einigen geschichtlichen Angaben über die Entwicklung der Materialprüfung sehr gute Wiedergaben von 71 auf der Werkstoffschau ausgestellten Tafeln über den Zug-, Stauch-, Knick-, Tiefungs-, Kerbschlag-, Biege-, Dauer- und Verschleißversuch sowie über die Härteprüfung und die technologischen Versuche enthält und besonders für den Unterricht gute Dienste leisten wird. Einige knappe Erläuterungen zu den Tafeln würden den Wert der Schrift noch sehr erhöhen. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

2823 Rezepte für die Maschinen- und Metallwaren-Industrie. Von Hugo Krause. (Bibliothek der gesamten Technik, Bd. 370.) Zweite, erweiterte Auflage, 232 S. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1927. Preis Mk. 4·50.

Das Buch enthält 500 Vorschriften aus den Gebieten Formen, Schmelzen, Gießen, Gattieren, Legieren, mechanische Metallbearbeitung, Instandhaltung von Maschinen und Werkzeugen, Härten, Anlassen, Glühen, Löten, Schweißen, Kitte und Klebemittel, Oberflächenbehandlung mit mechanischen und chemischen Mitteln, Rostschutz, Rostentfernung, metallische Überzüge und andere mehr und wird besonders in kleinen Betrieben bei seltener vorkommenden Arbeiten mit Nutzen Verwendung finden. J.

3651 Der Praktiker in der Werkstatt. Hinweise für die rationelle Ausnützung von Werkstätten des Maschinenbaues. Von Valentin Retterath. 70 S.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 33.

Digitized by Google

mit 107 Abb. Berlin, Verlag J. Springer, 1927. Preis Mk. 3·50.

Das Büchlein enthält eine große Zahl von Winken und Hinweisen für eine erfolgreiche Betriebsführung in Metallbearbeitungswerkstätten und auch Angaben über Sondermaschinen, -Werkzeuge und -Arbeitsverfahren. Der einleitende Teil ist auch für den nichtfachgebildeten Fabriksbesitzer von Wert. —k.

2580 Elektrotechniker Kalender 1928. Herausgegeben von Obering. K. Wernicke, Berlin-Pankow. 350 S., 110 × 170 mm Verlag F. O. Müller, Altenburg, Thüringen. Preis geb. Mk. 5·50.

Gegenüber dem vorjährigen Bande[1]), der noch unter dem Titel „Elektrotechnikers-Notizkalender" erschien, wurde der erste Teil wesentlich erweitert. Insbesondere wurde das Kapitel über Beleuchtungstechnik ergänzt und zehn Beispiele der Berechnung von Beleuchtungsanlagen aufgenommen. Die Jahresschau wurde beibehalten und gibt wieder einen Überblick über Neuerungen. Wertvoll sind die Tabellen über den Kraftbedarf von Arbeitsmaschinen (S. 212 bis 224). Auch der neue Jahrgang des Kalenders wird in den Kreisen der Elektriker gerne benützt werden.

F. Fritz.

2639 Bericht der Kammer für Handel, Gewerbe und Verkehr in Wien über die Industrie, den Handel und die Verkehrsverhältnisse in Wien und Niederösterreich während des Jahres 1926. XXXIII und 603 S. Wien 1927, im Eigenverlag der Kammer.

Der mit gewohnter Sorgfalt vom Kammeramte zusammengestellte Bericht gibt wie in den früheren Jahren[2]) ein Bild von der Wirtschaftslage in ganz Österreich. Auch dieses Mal hat Kommerzialrat Honigmann einen über 40 Seiten umfassenden Beitrag über die Elektrotechnik in Österreich geliefert[3]), an den sich noch ein kürzerer Bericht des Verbandes der Elektrizitätsindustrie anschließt. Jedem, der im Wirtschaftsleben steht, ist die Durchsicht der allgemeinen Aufsätze sowie der für ihn in Betracht kommenden Sonderbeiträge zu empfehlen. —ll—

Neue Preislisten, Prospekte.

Siemens-Schuckertwerke A.-G. in Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 3396. Ausfahrbare Schaltwagen. 10 S. mit 16 Abb. — Nr. 3493. Mehrfachtarifzähler. 10 S. mit 10 Abb. — K 2705. Die elektrische Großküche. 11 S. (Großküchenherde, Back- und Bratöfen, Siedekessel, Wärmeschränke usw.)

Prospekte über Stern-Dreieckschalter in Gußkapselung (Nr. 3398), N-Diazed-Scherungssystem (Nr. 3429), Spitzenzähler (Nr. 3242), Gummischlauchleitungen (Nr. 3573), Hochleistungshandbohrmaschinen (Nr. 3230), Protos-Küchenherd (Nr. 3521), Protos-Heizkissen (Nr. 3549) und elektrische Haarschneidemaschinen (Nr. 3324).

Preislisten und Einzelpreisblätter: EP 92, Dez. 1927. Zeta-Schalter für 6 A und 250 V. — EP 93. Jänner 1928. N-Diazed-Sicherungssystem und Diazed-Sicherungsschraubstöpsel bis 25 A und 500 V, bezw. bis 350 A und 750 V. — Z 10, Dez. 1927. Mehrfachtarifzähler für Gleichstrom bis 750 V und 20 000 A, für Einphasenstrom bis 650 V und 300 A und für Drehstrom bis 3 × 100 A und 650 V. — J 14, Jänner 1928. Leuchten für Innenräume und fürs Freie (Leuchten mit und ohne Einstellvorrichtung, Innenraumleuchten, Schaufensterleuchten, Ersatzgläser und Aufhängematerial).

Escher, Wyss & Cie. in Zürich und Ravensburg (Württemberg).
(Generalvertreter für Österreich Spyri & Hofer, Graz.)

Druckschriften: Nr. 1002 W. Elektrische Kleinwasserkraftanlagen. 8 S. mit 8 Abb., Maßskizzen und Berechnungstabellen. (Aus einer Francis- oder einer Propellerturbine und einer Dynamo für konstante Spannung bei veränderlicher Drehzahl bestehende Sätze für Gefälle bis 20 m und Leistungen bis 40 PS.) — Nr. 1926 W. Kugelschieber mit entlasteten Dichtungsringen. 12 S. mit 13 Abb. — Nr. 1955. Rohrleitungen. 24 S. mit vielen Abb. und 6 Tafeln und mit Zusammenstellungs- und Detailzeichnungen ausgeführter Hochdruckleitungen für Wasserkraftanlagen. — Nr. 1969 T. P. Hydraulische Hochspeicherkraftwerke. 24 S. mit 60 Abb. Erweiterter Sonderdruck eines Aufsatzes von A. Maas aus der ZVDI, Jahrg. 1924.

[1]) E. u. M. 1926, TWN, S. 214.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, H. 8, S. 159.
[3]) Vgl. Heft 6 d. J., S. 142.

Patentberichte.

Elektrische Bahnen.

Fahrleitung.

Bei Kettenfahrleitungen stehen in der Regel an jedem Festpunkt der Fahrleitung ein Aufhängepunkt und ein seitlicher Abspannpunkt zur Verfügung. Nach der Erfindung der Firma Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt werden an den Festpunkten Hängeisolatoren *e*, *e* befestigt und durch ein oder mehrere Zwischenglieder *f* miteinander verbunden und an den entsprechenden Isolatoren oder geeigneten

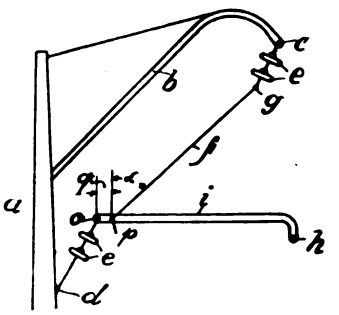


Abb. 1.

Punkten der Zwischenglieder das Tragseil *g* und die seitliche Abstützung *i* des Fahrdrahtes *h* angebracht. Um die ungünstige Beeinflussung des Bügeldurchganges unter der Stützstrebe zu beseitigen, sind die Angriffspunkte des durch die Isolatoren und die Zwischenglieder gebildeten Schrägzuges an der Stützstrebe (*o*, *p*) gegeneinander versetzt, so daß durch den Schrägzug ein aufwärts oder abwärts drehendes Moment auf die Stützstrebe ausgeübt wird (Abb. 1). (Ö. P. Nr. 101392.)

Eine Fahrleitungsanordnung, bei der in erster Linie dem Bedürfnis nach verhältnismäßig niedrigen Anlagekosten Rechnung getragen ist, wird von der Firma Österr. Siemens-Schuckertwerke in Wien angegeben. Bei dieser Anordnung kommt das Tragseil in Fortfall und der Fahrdraht ist in verhältnismäßig großen Abständen an drehbaren Auslegern verschiebbar an mehreren Punkten aufgehängt, um den Übergang von dem aufsteigenden zum absteigenden Ast der Kettenlinie der aneinanderstoßenden Fahrdrahtabschnitte zu verbessern. Die Nachspannung des Fahrdrahtes erfolgt in bekannter Weise durch Gewichte, wobei diese entsprechend dem vollen Querschnitt des Drahtes bemessen sind und, der Abnützung des Drahtes folgend, vermindert werden. An Stelle der drehbaren Ausleger können zur verschiebbaren Aufhängung der Fahrdrähte pendelnde Hängedrähte oder ähnliche Mittel vorgesehen sein. Bei Querseilaufhängungen mit einem unteren Richtseil zur seitlichen Festlegung des Fahrdrahtes können die Stäbe zur Aufhängung der Fahrleitung in der Weise verwendet werden, daß die Stäbe an dem Quertragseil selbst unter Zwischenschaltung der Isolatoren befestigt und von deren Enden pendelnde Hängedrähte zu dem Fahrdraht geführt sind. Außerdem können auf den Enden der Stäbe Gleitbügel oder dergleichen angebracht sein.

Digitized by Google

die mit dem Fahrdraht verbunden sind und mit ihm verschoben werden. (Ö. P. Nr. 102013 und 106284.)

Wenn sich Querdrahtaufhängungen für Kettenlinienfahrleitungen über eine größere Anzahl von Gleisen erstrecken, muß auf die Längenänderung der Querdrähte bei Temperaturänderungen Rücksicht genommen werden, weil die Federung der Maste keinen genügenden Ausgleich ermöglicht. Eine Querdrahtaufhängung, die diesem Umstande Rechnung trägt, wird nach der Erfindung der

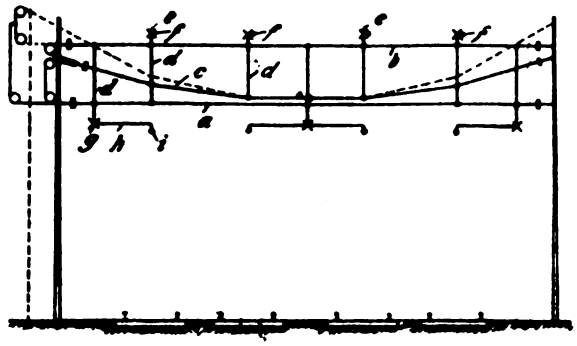


Abb. 2

genannten Firma in der Weise erhalten, daß die Enden der wagrechten Seile *a*, *b* mit dem Ende des durchhängenden Tragseiles *c* über Rollen oder Hebel miteinander verbunden sind. An den Querseilen sind Rohrstützen *d* befestigt, deren Durchmesser, dem Biegungsmoment entsprechend, abgestuft sind. Zwischen die Rohrstützen und die Querseile werden Schäkelisolatoren *e* geschaltet, die die erste Isolation bilden. Zur zweiten Isolation können die Abspannisolatoren in den Querseilen dienen oder es werden auch hier Schäkelisolatoren verwendet (Abb. 2). (Ö. P. Nr. 102021.)

Bei Fahrdrahtaufhängungen für Kettenoberleitungen ist in Vorschlag gebracht worden, das Tragseil des Kettenwerkes mittels Hängers unter Zwischenfügung von Hängeisolatoren an einem als Seil ausgebildeten Querträger aufzuhängen und dabei einerseits oberhalb der Hängeisolatoren, andererseits unterhalb des Kettentragwerkseiles einen Querspanndraht anzuordnen. Nach der Erfindung der Firma Bergmann-Elektrizitäts-Werke A.-G. in Berlin werden zwischen den Hängern und dem unteren Querspanndraht schräge Hängedrähte angeordnet, die das Kettenwerktragseil seitlich festlegen und das Gewicht etwaiger von dem Querspanndraht zu tragender Teile aufnehmen. Die Hänger können nach Art der Isolatoren-Hängeketten ausgebildet werden. (Ö. P. Nr. 102375.)

Zur Verhinderung des Wanderns der Fahrdrähte in der Fahrtrichtung werden gewöhnlich etwa in der Mitte der einzelnen Nachspannlängen sogenannte Festpunktjoche angeordnet, die aus einem Querträger mit zwei Gittermasten bestehen. Um einen teilweisen Aus-

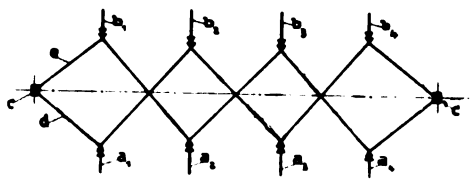


Abb. 3.

gleich der auftretenden Spannkräfte herbeizuführen, also die Masten *c*, *c* nur mit einem Teil der Spannkräfte zu beanspruchen, bringt die genannte Firma in Vorschlag, die zur Verankerung der Kettenwerkstragseile $a_1 - a_4$, $b_1 - b_4$ dienenden Querseile *d*, *e* miteinander zu verbinden. Es können dabei zwei in einer Horizontalebene zickzackförmig verlegte Querseile benützt werden (Abb. 3), die entweder zwischen den Angriffspunkten der Kettenwerkstragseile miteinander verbunden sind oder an deren jedem auf verschiedenen Seiten des Joches liegende Kettenwerkstragseile verschiedener Fahrleitungen angreifen. (Ö. P. Nr. 103549.)

Eine von der vorgenannten Firma angegebene Konstruktion ermöglicht es, die Befestigung des Auslegers für die Aufhängung des Tragseiles und des Stützstrebenträgers für den Fahrdraht gemeinsam am Mast erfolgen zu lassen. Es ist zu diesem Zwecke der aus Rohr oder einem Profileisen bestehende Arm *b* an einem Ende derart abgebogen, daß dieses Ende als Träger für die

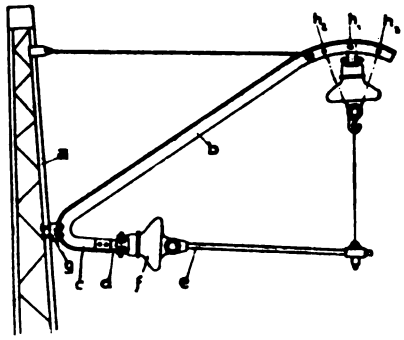


Abb. 4.

Stützstrebe (Rohr *e*, Isolator *f*) dienen kann. Als Befestigungsstelle am Mast läßt sich dann die Biegungsstelle *g* benützen, wobei entweder eine starre oder eine gelenkige Befestigung in Betracht kommen kann. Das freie Ende des Armes bildet einen nach unten offenen Bogen, der eine Mehrzahl von Löchern h_1, h_2, h_3 für die Tragseilaufhängung aufweist (Abb. 4). (Ö. P. Nr. 104799.)

Eine Kettenfahrleitung für elektrische Bahnen mit Zwischenmasten und Zickzackführung des Fahrdrahtes ist von der Firma Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden (Schweiz) angegeben worden. Es werden bei dieser Anordnung überall dort, wo es die Gleisverhältnisse gestatten, die Zwischenmasten zur Zickzackführung des Fahrdrahtes in der Weise herangezogen, daß die Verschiebung des Fahrdrahtes aus der Gleismitte zum Zwischenmast hin erfolgt. Dadurch wird erreicht, daß der Windabtrieb, bezogen auf die Gleismitte, bedeutend geringer wird, so daß der Fahrdraht auch bei größeren Spannweiten noch innerhalb des Bügelbereiches bleibt und die Anzahl der Masten gegenüber den üblichen Ausführungen vermindert werden kann. (Ö. P. Nr. 103287.)

Zur Verminderung der Konstruktionshöhe bei einfachen und doppelten Fahrleitungen dient eine von der „Elin" A.-G. für elektrische Industrie in Wien angegebene Anordnung, bei der die Fahrdrähte mittels eines Reiters am Tragseil aufgehängt sind. Dieser Reiter besteht aus Blech, hat eine regulierbare Bauhöhe und trägt oben eine Rolle. Die Grobeinstellung wird durch Anbringen von Löchern in den beiden geraden Endblechen ermöglicht, die wahlweise zur Lagerung der Rolle benutzt werden können. Die Feineinstellung erfolgt mit Hilfe von Löchern in den gebogenen Teilen des Reiters. (Ö. P. Nr. 106130.)

(Fortsetzung folgt.)

Wirtschaftliche Nachrichten.

Siemens-Schuckertwerke A.-G. (Aus dem Geschäftsbericht für die Zeit vom 1. Oktober 1926 bis 30. September 1927.) Die im Laufe des Geschäftsjahres durchgeführte Umwandlung in eine Aktiengesellschaft hat den Vorteil gehabt, daß zur Vereinfachung der Organisation eine große Zahl von angeschlossenen Unternehmungen aufgenommen werden konnte, und sie wird auch — falls es nötig ist — eine größere finanzielle Beweglichkeit ermöglichen. Der Bestellungseingang hat sich in der zweiten Hälfte des Jahres auf einer Höhe ge-

Digitized by Google

halten, die den Werken das erwünschte Maß der Beschäftigung zuführte. Am Schlusse des Geschäftsjahres war die Belegschaft um 30 vH, der unerledigte Auftragsbestand um 67 vH größer als bei dessen Beginn. Da das Mehr an Bestellungen erst in der zweiten Hälfte des Geschäftsjahres einlief, konnte es nur zum kleineren Teil Einfluß auf den verrechneten Umsatz haben. Trotzdem war er noch höher als im vorhergehenden Geschäftsjahre. Die eingetretene Belebung erstreckt sich auf alle Wirtschaftsgebiete, und es ist erfreulich, daß auch der Absatz für Industrieanlagen eine Zunahme zeigt. Verglichen mit den Vorkriegszeiten, spiegelt sich jedoch darin bei weiten noch nicht eine so rege Ausbautätigkeit wider, wie sie die damalige wirtschaftliche Entwicklung kennzeichnete. Von der Eisen- und Stahlindustrie gingen umfangreiche Aufträge ein. Von besonders bemerkenswerten Inbetriebsetzungen ist die einer Gesamtanlage eines Walzwerkes mit mehreren Umkehrwalzmotoren und Ilgnerumformern im europäischen Ausland zu erwähnen. Im Bergbau haben besonders die Drehstromfördermaschinen wirtschaftlich und betriebstechnisch anerkannt Gutes geleistet. Im Untertagebetrieb wurden die hierfür bestimmten Einrichtungen vervollkommnet, besonders für Schlagwettergruben, und auch im Ausland mit Erfolg in Betrieb genommen. Die von der chemischen Großindustrie gestellten vielseitigen technischen Anforderungen konnten in vollem Umfange befriedigt werden und führten zum Teil zu besonders großen Leistungen von Transformatoren, Schaltapparaten und Maschinen, besonders für Gleichstromerzeugung. Die Sonderkonstruktionen für den elektrischen Einzelantrieb, für die Textil- und Papierindustrie, die Metall- und Holzbearbeitungsindustrie wurden weiter entwickelt und immer mehr zur Anwendung gebracht. Hinsichtlich des Elektrowärmegebietes sind die schnellen Fortschritte in der Anwendung der elektrischen Schweißung erwähnenswert. Spezialapparate und Einrichtungen für die elektrische Widerstands- und Lichtbogenschweißung haben sich gut eingeführt. Die elektrischen Öfen für industrielle Beheizung bewähren sich und zeigen die großen Vorteile der genauen Temperaturregelung. Zu den bestehenden Anwendungsgebieten für elektrische Gasreinigung kamen neue hinzu. Es wurden Einzelfilter für recht hohe Leistungen erbaut. Die auf den Markt gebrachten neuen Motortypen kleiner und mittlerer Leistung haben sich gut eingeführt. Ebenso haben die Neukonstruktionen der Elektrowerkzeuge und die Wasser- und Luftpumpen guten Absatz gefunden.

Es wurde eine Kesselkonstruktion mit dem kritischen Druck von 230 at — System Benson — entwickelt. Eine derartige Anlage ist im Kabelwerk in regelmäßigem Betrieb. Die wirtschaftlichen und betrieblichen Ergebnisse stimmen mit den Erwartungen überein. Ebenso wurde der Frage des Belastungsausgleiches und der Speicherung besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Der Entwicklung der Dampfturbosätze nach der wirtschaftlichen Seite wird besondere Sorgfalt gewidmet und nicht nur günstiger Dampfverbrauch und Anpassung der Sätze an alle Betriebsbedingungen, sondern auch Verringerung der Anlagekosten durch Ausdehnung der Leistungsgrenzen bei hoher Drehzahl erstrebt. So sind schon Dampfturbinen und dazugehörige Generatoren bis zu 50 000 kVA Leistung bei 3000 U/min in Ausführung. Jener Teil der Thyssenschen Maschinenfabrik in Mülheim an der Ruhr, in dem Dampfturbinen gebaut werden, wurde übernommen. Doch sollen aber nach wie vor auch die bewährten Dampfturbinenkonstruktionen der befreundeten Maschinenfabriken geliefert werden.

In gleicher Weise wie der Dampfkraftwerksbau stellte der Bau von Wasserkraftwerken starke Anforderungen an die Ingenieurtätigkeit. Parallel mit dieser Entwicklung des Dynamobaues in der Richtung hoher Leistungen geht die des Transformatorenbaues. Auch hier steigern sich Einzelleistung und gleichzeitig Spannung. Transformatoren für 110 kV sind bereits normales Fabrikat; es werden aber schon solche für 220 kV ausgeführt. Diesen hohen Spannungen müssen die Freileitungen und Kabel entsprechen. Hunderte Kilometer von Leitungen wurden gebaut, davon ein guter Teil für den irischen Freistaat im Anschluß an den fortschreitenden Bau der Wasserkraftanlage am Shannon. Das Kabelwerk stellt als gängigste Type 35 000 V-Kabel her; ein Kabel für 100 kV wurde bereits verlegt. Zahlreiche Aufträge gingen auf Schaltanlagen, Einankerumformer, Gleichrichter, Löschtransformatoren, Anlagen für Phasenverbesserung und für Selektivschutz ein. In gleicher Weise war auch das Geschäft in Elektrizitätszählern lebhaft. Es wurde auch die Mehrheit der Aktien der Isaria-Zählerwerke in München erworben. Der Absatz in Protos-Hausgeräten ist dauernd gestiegen. Allmählich wächst auch das Interesse für elektrisches Kochen. Die Zunahme der Bautätigkeit und die vermehrte Anwendung der Elektrizität im Haushalt kam dem Vertrieb der Installationsmaterialien zugute. Manche auf diesem Gebiete geschaffene Neuheiten halfen hierbei, so vor allem die Ausbildung eines neuen Installationssystems für feuchte, selbst säurehaltige Betriebe, der Anthygrondrähte und des dazugehörigen Einbaumaterials. Aus der hohen Zahl von Aufträgen für Theateranlagen sind jene für das Festspielhaus in Bayreuth und für das Théâtre Molière in Paris erwähnenswert. Auch das Bahngeschäft im Inland hat sich gehoben. Es waren im großen Umfange elektrische Ausrüstungen für Straßen-, Hoch-, Untergrund- und Vorortbahnen zu liefern. Das gleiche gilt für das Industriebahnengeschäft. Für die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft ist das Unternehmen mit Arbeiten für die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Berliner Stadt- und Ringbahn stark beschäftigt. Obgleich der Inlandsmarkt im Laufe des Geschäftsjahres eine Besserung zeigte, haben die Bestrebungen, auf dem Auslandsmarkt einen möglichst großen Umsatz zu erzielen, nicht nachgelassen. Dieser Umsatz ist trotz aller Erschwerungen nicht zurückgegangen. Die Fortschrittsarbeiten in den Werken und Laboratorien wurden, wie schon aus den vorstehend erwähnten Leistungen hervorgeht, in jeder Beziehung mit voller Kraft gefördert. Daneben wurde die Aufmerksamkeit der Wirschaftlichkeit der Fabrikation zugewendet. Das alte Charlottenburger Werk, in dem, mit dem Jahre 1883 beginnend, sich früher die gesamte Fabrikation vollzogen hatte und jetzt noch Schaltapparate hergestellt werden, bietet für heutige Begriffe ungeeignete Fabrikationsräume, die vor allem die Übersicht und den Transport erschweren. Es ist das letzte Werk dieser Art, und es wird im Anschluß an das schon in Siemensstadt bestehende Schaltwerk ein Hochbau mit 11 Stockwerken errichtet, in den zurzeit die Fabrikation des Charlottenburger Werkes übergeführt wird.

Die im vorigen Geschäftsbericht erwähnte, in Gemeinschaft mit der Siemens & Halske A.-G. aufgenommene Goldanleihe von 25 Mill. Mk. ist am Anfang des Geschäftsjahres voll eingezahlt worden. Die 7prozentige dreijährige Dollaranleihe vom Jahre 1925 ist vollkommen getilgt.

Bei einem Rohüberschuß von 31 Mill. Mk. wird ein Reingewinn von 14·8 Mill. ausgewiesen und eine Dividende von 9 vH verteilt. In der auf beiden Seiten mit 357·8 Mill. schließenden Bilanz auf den 30. September 1927 stehen (in Mill. Mk.) dem Aktienkapital (120), den Rücklagen (20) und den Anleihen (rund 50·5) folgende Bewertungen gegenüber: dauernde Beteiligungen und Unternehmungen mit 28·8, Rohmaterial mit 20·2, angefangene und fertige Erzeugnisse, Anlagen im Bau mit 51·5, Grundstücke mit 27·2, Gebäude mit 30·6 und Neubauten mit 3·2. Werkzeugmaschinen, Betriebsmaschinen, Heizungs- und Beleuchtungsanlagen, Geräte und Werkzeuge, Modelle, Fuhrwerke und Automobile sind auf je 1 Mk. abgeschrieben.

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Tätigkeitsbericht über das Vereinsjahr 1927/28.

Im Nachfolgenden wird ein kurzer Bericht über die Tätigkeit des Vereines im Vereinsjahre 1927/28 erstattet, welcher vom Vereinsausschusse genehmigt und im Sinne der Satzungen der 46. ordentl. Generalversammlung vorgelegt werden soll. Der Bericht zeigt die erfreuliche Tatsache, daß die Tätigkeit des Vereines eine sehr intensive und ersprießliche war, insbesondere auf dem Gebiete seiner Hauptbetätigung, der Bearbeitung der fachlichen Vorschriften für die Elektrotechnik.

Das Regulativkomitee des Vereines (Obmann Direktor Ing. Kallir), hat die Arbeiten zur Ergänzung und Ausgestaltung der mit 1. September 1927 in Kraft getretenen neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" im Berichtsjahre fortgesetzt und die nachfolgend angeführten Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen beraten und zum Beschlusse erhoben. Es sind dies:

Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (EVW 7 — gültig ab 1. September 1927);

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (EVW 8 — gültig ab 1. September 1927);

Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen (EVW 9 — gültig ab 1. September 1927);

Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen (EVW 10 — gültig ab 1. Jänner 1928);

Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen (EVW 11 — gültig ab 1. September 1927);

Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde (EVW 12 — gültig ab 1. September 1927);

Leitsätze für Schutzerdungen in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde (EVW 13 — gültig ab 1. September 1927);

Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 1500 A (EVW 14 — gültig ab 1. September 1927);

Vorschriften für Rundfunkwesen, Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen (EVW 15 — gültig ab 1. September 1927);

Vorschriften für das Rundfunkwesen, Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte) (EVW 16 — gültig ab 1. September 1927);

Vorschriften für das Rundfunkwesen, Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebsstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschluß-Empfänger) (EVW 17 — gültig voraussichtlich ab 1. April 1928).

Die vorangegebenen Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen haben die angesuchte behördliche Anerkennung gefunden.

Über weitere noch in Behandlung stehende ergänzende Bestimmungen zu den „Sicherheitsvorschriften" ist folgendes zu berichten:

Der Vorschriftenentwurf für Freileitungen erforderte mit Rücksicht auf die zu dem veröffentlichten Entwurf eingelangten Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge sehr eingehende und langwierige Beratungen im Arbeitsausschuß (Obmann Direktionsrat Ing. Moser), wie auch im Regulativkomitee. Die Bestimmungen liegen in technischer Hinsicht nunmehr fast vollkommen fest. In letzter Zeit mußte — einem Antrage des Regulativkomitees entsprechend — eine Umarbeitung vorgenommen werden, nach welcher die Einteilung in Bestimmungen für Hochspannungs- und für Niederspannungsfreileitungen fallen gelassen wird; die Ausführungsvorschriften für Hoch- und Niederspannungsfreileitungen werden zusammengefaßt und die nur für Niederspannungsfreileitungen geltenden Bestimmungen durch einen anderen Druck besonders gekennzeichnet, wodurch die Vorschriften an Übersichtlichkeit sehr gewinnen. Die Beschlußfassung und Herausgabe der neuen Vorschriften steht unmittelbar bevor.

Der Vorschriftenentwurf für Bergwerke wurde im Berichtsjahre in unserer Vereinszeitschrift veröffentlicht und auch dem Bergbaubeirat zur Stellungnahme übermittelt. Die eingelangten Einwände wurden vom Arbeitsausschuß beraten und wird der Entwurf nunmehr dem Regulativkomitee vorgelegt werden. Der Arbeitsausschuß hat an Stelle des verstorbenen Obmannes Sektionschef Ing. Wilhelm Pokorny Herrn Ministerialrat Ing. Max Stadler zu seinem Obmanne gewählt, der auch im Regulativkomitee über den Entwurf berichten wird.

Ein neueingesetzter Arbeitsausschuß des Regulativkomitees (Obmann Ziviling. Perl) hat einen Vorschriftenentwurf für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Starkstromanlagen in Theatern, wie auch in Rauch- und Saaltheatern, Singspielhallen u. dgl. ausgearbeitet; die Veröffentlichung in der Zeitschrift erfolgte zu Beginn dieses Jahres. Abänderungsvorschläge sind keine eingelangt; der Arbeitsausschuß wird den Entwurf, nachdem die letzte Redigierung bereits durchgeführt ist, nunmehr in nächster Zeit dem Regulativkomitee zur Beschlußfassung vorlegen.

Ein weiterer Arbeitsausschuß des Regulativkomitees (Obmann Oberbaurat Dr. Boltzmann) hat „Regeln für Elektrizitätszähler" ausgearbeitet, welche demnächst in der Zeitschrift zur Stellungnahme veröffentlicht werden.

In letzter Zeit wurde ein Arbeitsausschuß des Regulativkomitees (Obmann Ministerialrat Ing. Kaan) eingesetzt, welcher die Aufgabe hat „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen" aufzustellen; Grundlage der Beratung sollen die bezüglichen Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sein. Der Arbeitsausschuß hat seine Beratungen bereits begonnen und steht derzeit in Meinungsaustausch mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker über einige aufzunehmende ergänzende Bestimmungen.

Die Herausgabe der im § 36 der „Sicherheitsvorschriften" angeführten ergänzenden „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlasser und Steuergeräten", konnte im Berichtsjahre nicht erfolgen, weil die bezüglichen Regeln des VDE in Neubearbeitung standen und das Regulativkomitee es für richtig erachtete, die Beschlußfassung des VDE abzuwarten. Die neuen VDE-Regeln sind inzwischen mit Gültigkeit vom 1. Juli 1928 erschienen und ist die Bearbeitung der Regeln für den österreichischen Geltungsbereich bereits eingeleitet worden.

Das Regulativkomitee beabsichtigt in Ergänzung der „Sicherheitsvorschriften" auch „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe" aufzustellen; die bezüglichen Leitsätze des VDE, welche Grundlage der Beratung bilden sollen, wurden vorerst dem Verbande der Elektrizitätswerke zur Stellungnahme übermittelt. Nach Vorlage der bezüglichen Äußerung wird ein eigener Arbeitsausschuß die Angelegenheit beraten.

Das Regulativkomitee hat die Aufstellung und Herausgabe von „Sondervorschriften für elektrische Handgeräte mit Kleinstmotoren (wie Staubsauger, Heißluftduschen, Tischfächer, Massageapparate usw.)" beschlossen; der bezügliche Entwurf steht in Arbeit.

Digitized by Google

Dieses Komitee hat sich in letzter Zeit auch mit der Frage der Erdung und Nullung in Niederspannungsanlagen beschäftigt. Die Ausführung der Erdungen durch Anschluß an Wasserleitungsrohre wie auch die Nullung im Anschluß an den Nullleiter begegnet bei einzelnen städtischen Verwaltungen bezw. Elektrizitätswerken Widerstand, so daß die erforderlichen Erdungen nur mit Schwierigkeit und großem Kostenaufwand ausgeführt werden können. Es wurde ein eigener Arbeitsausschuß mit der Beratung der Frage betraut, der seine Arbeiten in nächster Zeit beginnen wird.

Der vom Regulativkomitee eingesetzte Prüfausschuß (Direktionsrat Dr. Hiecke, Direktionsrat Ing. Moser, Sekretär Ing. Marx), welcher die Aufgabe hat, vorgelegte Apparate und Installationsmaterialien dahin zu überprüfen, ob sie den Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" entsprechen, hat im Berichtsjahre eine ganze Reihe solcher Untersuchungen vorgenommen und Gutachten ausgestellt; die Prüfungen finden bekanntlich im Laboratorium der städtischen Elektrizitätswerke statt und sei diesen Werken für ihr Entgegenkommen und für ihre Unterstützung hiemit der beste Dank zum Ausdruck gebracht.

Das Komitee für Rundfunkwesen (Obmann Prof. Dr. Ettenreich) beschäftigt sich seit längerer Zeit mit der Frage der Störungen beim Radioempfang, hervorgerufen durch schädliche Ausstrahlung bei Hochfrequenzgeneratoren. Diese Störungen werden insbesondere beim Empfang im Wiener Stadtbereich sehr unangenehm empfunden. Das Komitee hat einen von Prof. Dr. Ettenreich ausgearbeiteten Entwurf von „Leitsätzen zur Vermeidung dieser schädlichen Ausstrahlungen" ausgearbeitet, welcher in der Beilage „Die Radiotechnik" unserer Zeitschrift veröffentlicht worden ist; die Angelegenheit steht noch in Behandlung.

Über die Normungsarbeiten in der Elektrotechnik, die unser Verein als Abteilung E des ÖNIG inne hat, ist folgendes zu berichten:

Das Komitee für Rundfunkwesen (Obmann Prof. Dr. Ettenreich), hat folgende Normblattentwürfe ausgearbeitet:

1. Röhren-Normalsockel und Buchse. Einfachstecker und Buchse.
2. Steckspulen.
3. Drehkondensatoren. Potentiometer, Heiz-Drehwiderstände, Niederfrequenztransformatoren.
4. Hochohmige Widerstände.
5. Drehknöpfe ohne Skalen.
6. Drehknöpfe mit Skalen.

Die Entwürfe wurden veröffentlicht und — da Einwände nicht eingelangt sind — zum Beschlusse erhoben. Die Herausgabe wird nach erfolgter Genehmigung des Vollzugsausschusses des ÖNIG demnächst erfolgen.

Der Arbeitsausschuß für elektrische Maschinen des Regulativkomitees (Obmann Prokurist Ing. Wessely), hat folgende Normblattentwürfe behandelt:

1. Elektrische Maschinen: Maßbezeichnungen.
2. Elektrische Maschinen: Leistungschilder.
3. Elektrische Maschinen: Achshöhen.
4. Befestigungsflansche für Vertikal-, Kran- und Pumpenmotoren.
5. Gleichstrom-Kranmotoren: Normale Leistungen und Drehzahlen.
6. Gleichstrom-Kranmotoren: Zuordnung der Wellenstümpfe.
7. Drehstrom-Kranmotoren: Normale Leistungen.
8. Drehstrom-Kranmotoren: Zuordnung der Wellenstümpfe.
9. Polier- und Schleifmaschinen: Wellenstümpfe und Befestigungsflansche.
10. Polier- und Schleifmaschinen: Verlängerungsstücke.
11. Polier- und Schleifmaschinen: Auswechselbare Polierspitzen.
12. Bürstenlitzen.
13. Flachkohlenbürsten: Zuordnung der Bürstenlitzen.
14. Dynamobleche.

Die Entwürfe 1, 2, 3, 5, 7 und 14 sind soweit geklärt, daß ihre Veröffentlichung vom Komitee freigegeben werden konnte. Die Entwürfe 4, 6 und 8 mußten mit Rücksicht auf noch erforderliche Klarstellungen vorerst zurückgestellt werden. Zum Entwurf 12 und 13 hat das Komitee seine Stellungnahme an die deutsche Normenstelle bekanntgegeben. Die Entwürfe 9, 10 und 11 sollen vorerst nicht weiter behandelt werden, da ein dringendes Bedürfnis auf eine Normung der Polier- und Schleifmaschinen in Österreich derzeit noch nicht besteht.

Das Normblatt ÖNORM E 8000 betreffend Edison-Lampensockel muß mit Rücksicht auf eine Änderung in Deutschland auch für Österreich neu bearbeitet werden; die Veröffentlichung des neuen Entwurfes wird seinerzeit erfolgen.

Normblattentwürfe über Periodenzahl und Spannungen, sowie über Blitzpfeile sind fertiggestellt und gelangen demnächst zur Veröffentlichung.

Der Arbeitsausschuß für Leitungen des Regulativkomitees (Obmann Direktor Ing. Maerz) beabsichtigt auf Grund der „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen (EVW 9)" der „Sicherheitsvorschriften" Normblätter über blanke Kupferdrähte und Seile aufzustellen und stehen die Entwürfe in Vorbereitung.

Einzelne Entwürfe über Sicherungssockel und Schraubstöpselsicherungen mußten auch im Berichtsjahre zurückgestellt bleiben, weil die Normung der Apparateschrauben noch nicht festliegt.

Die „Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Österreichs" — welche nach einer mehrjährigen Unterbrechung Ende 1926 neu herausgegeben worden ist — soll nunmehr im Sinne eines Beschlusses des zuständigen Komitees bzw. der Vereinsleitung wieder ständig bearbeitet werden und ist eine Neuauflage über das Kalenderjahr 1927 bzw. für den Stichtag 31. Dezember 1927 beabsichtigt. Die Statistik soll eine Ausgestaltung durch Aufnahme der Stromverteilungsunternehmungen (Wiederverkäufer) erfahren; weiters ist beabsichtigt, ein Verzeichnis der stromversorgten Orte beizugeben, soferne die Beantwortung der Fragebogen dies ermöglichen wird. Das Komitee hat den Fragebogen fertiggestellt, der demnächst zum Versand gelangt.

Die Vortragstätigkeit war im abgelaufenen Vereinsjahre eine intensive und erfolgreiche und es ist dem Vortragskomitee zu danken, daß das Vortragsprogramm interessant und reichhaltig war.

Über den Mitgliederstand des Vereines ist folgendes zu berichten:

Anfang 1927 zählte der Verein 2079 Mitglieder; im Jahre 1927 sind neu eingetreten 154 Mitglieder (1926 195), gestorben 9 Mitglieder (1926 13), ausgetreten sind 215 Mitglieder (1926 270), abgeschrieben wurden 107 Mitglieder (1926 248). Der Verein zählte somit Ende 1927 1902 Mitglieder.

Im Jahre 1928 sind bis nun 39 neue Mitglieder (im Vorjahre 88) beigetreten, so daß der Verein, da bis zur ordentlichen Generalversammlung eine Neuaufnahme nicht mehr möglich ist, am Tage der Generalversammlung 1941 (im Vorjahre 2167) Mitglieder zählen wird.

Es muß leider festgestellt werden, daß im Berichtsjahre der Mitgliederstand zurückgegangen ist, weil der Abfall von Mitgliedern größer war als die Anzahl der Neueingetretenen; es wäre außerordentlich wünschenswert, wenn seitens der Mitglieder unter ihren Fachkollegen eine intensivere Werbetätigkeit einsetzen würde, damit in der Entwicklung des Mitgliederstandes wieder ene Aufwärtsbewegung einsetzt.

Digitized by Google

Die Vereinszeitschrift „E. u. M." hat eine weitere, erfreuliche Entwicklung genommen, insbesondere im Hauptteil und in den beiden Beiblättern „Die Lichttechnik" und „Die Radiotechnik". Die Schriftleitung ist stets mit guten Aufsätzen versorgt und es war ihr auch möglich, bei besonderen Anlässen Sonderhefte reichhaltigen Inhaltes herauszugeben. Im laufenden Jahre wurde das Beiblatt „Das Elektrizitätswerk" aufgelassen, weil es sich als vorteilhafter erwiesen hat, diesem wichtigen Bestandteil des Arbeitsgebietes der Zeitschrift im Hauptblatt den ihm gebührenden Platz anzuweisen.

Die Bibliothek des Vereines enthält gegenwärtig über 3400 Werke, dazu eine große Anzahl von Sonderabdrucken, Preislisten und dgl. Ferner erhält der Verein laufend 135 Zeitschriften größtenteils im Tauschverkehr. Leider ist der Mangel an Räumlichkeiten der Entwicklung der Bibliothek und des Lesezimmers außerordentlich hinderlich im Wege.

Der Verein hat auch im abgelaufenen Vereinsjahre zu Tagungen befreundeter bezw. verwandter Fachkorporationen Vertreter entsendet; wir waren vertreten bei der Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke durch unseren Präsidenten Herrn Direktor Ing. Kallir und den Sekretär Ing. Marx, bei der 32. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Kiel durch Herrn Ministerialrat Dr. techn. Ing. Hruschka, bei der Tagung des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei durch Herrn Prokurist Dr. techn. Ing. Markt, sowie bei der Tagung der Conférence Internationale des grands réseaux électriques à haute tension in Paris durch Herrn Generaldirektor Ing. Brock; an der Isolierstofftagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker waren wir durch die Herren Baurat Direktor Ing. Jiretz und Direktor Ing. Roth vertreten.

Der neuen Gründung des Österr. Elektrotechnischen Komitees der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.) durch unseren Verein ist bereits im letzten Jahresbericht gedacht worden. Das Komitee hat sich rege an der Lösung der ihm zugewiesenen umfangreichen und schwierigen Aufgaben beteiligt. Es fand auch durch die freundliche Unterstützung einiger seiner Mitglieder unter Führung des Herrn Baurates Direktor Ing. Jiretz eine würdige Vertretung bei der Hauptversammlung der I. E. C. in Como-Bellagio. Der sichtliche Erfolg der Delegation war auch die Aufnahme Österreichs in fünf Arbeitsausschüssen, wodurch das Komitee in die Lage versetzt ist, seinen Anschauungen auf wichtigen Gebieten der Elektrotechnik unmittelbaren Nachdruck zu verleihen. Um angesichts der weitausgreifenden Arbeiten der I. E. C. den Anforderungen gerecht zu werden, erschien es geboten, das Komitee auf eine breitere Grundlage zu stellen, dies insbesondere durch Einladung von Vertretern der Behörden, von Verbänden und Vereinen und die Mitgliedschaft bei dem Komitee mit einem Jahresbeitrag zu verbinden. Die Verhandlungen darüber sind im Zuge.

Es soll nunmehr noch kurz der Tätigkeit der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft und des Wasserwirtschaftsverbandes der österreichischen Industrie gedacht werden, welche unserem Vereine besonders nahestehen.

Die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft, eine Gründung des Vereines, wandte ihr Hauptaugenmerk dem Entwurf von Normalienblättern über Fabriksbeleuchtung und einem Merkblatt über Schulbeleuchtung zu, welch letzteres fertiggestellt werden konnte. Ferner wurden „Leitsätze über Lampen und Beleuchtung" durchberaten und angenommen. Eine Ausarbeitung über „Ergänzungen zu dem Entwurf über lichttechnische Grrundgrößen und Einheiten" trat in Kraft. Die Lichttechnische Gesellschaft bildet auch das Österr. Komitee der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission. Auf der Hauptversammlung der letzteren in Italien (September 1927) wurde dem Komitee die Aufgabe gestellt, einen Bericht über „Photometrische Prüfflächen" zu erstatten. Der Bericht ist der nächsten Konferenz im September d. J. in New York vorzulegen.

Der Wasserwirtschaftsverband der österreichischen Industrie hat auch im Berichtsjahre eine emsige Tätigkeit entfaltet, die allen Zweigen der Energiewirtschaft gewidmet war. Vornehmlich waren es die weitgesteckten Probleme der Weltkraftwirtschaft, die internationale Arbeitsgemeinschaft und die technische Normung, welche den Verband gründlich beschäftigten. Daneben liefen im Bereiche der engeren heimischen Interessen die Fragen der Bahnelektrifizierung und ihrer Wirtschaftlichkeit vom Standpunkte des Wettstreites zwischen Kohle und Wasserkraft; der Kampf gegen die harte Belastung der Elektrizitätssteuern; die Bestrebung zur Förderung des Elektrizitätswesens durch Erneuerung der gesetzlichen Steuerbenefizien; die Richtlinien für die verfassungsgemäße Grundsatzgesetzgebung in der Energieverwertung usf. Überhaupt haben die Fortschritte in der Wasserkraftnutzung, dem die Wasserkraft-Gesellschaften ihre Pionierarbeit leisten, die Wirkungssphäre des Wasserwirtschaftsverbandes erheblich erweitert.

Wien, im März 1928.

Für die Vereinsleitung:

Der Präsident: Ing. L. Kallir e. h. — Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	12. III. 1928	14. III. 1928	16. III. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¼	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	95—100	95—100	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 16. März 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	66	15	0
Wire bars	66	15	0	—	—	—
Standard Kassa . .	60	18	9	61	0	0
Standard 3 Monate .	60	18	9	61	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	229	0	0	230	0	0
Standard Kassa . .	228	15	0	229	0	0
Standard 3 Monate .	230	10	0	230	12	6
Blei:						
Engl. pig common . .	21	5	0	–	—	–
Zink:						
Ordinary brands . .	25	0	0	24	16	3
Remelted	25	10	0	—	—	–
English Swansea . .	25	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 55/Pf. 60 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 1. April 1928 | Heft 14

Ein Beitrag zur Baustoff-Frage der Dampfturbinen-Beschaufelung.

Von Direktor Professor Dr.-Ing. E. A. **Kraft**, Berlin[1]).

Zusammenfassung. Niedrigprozentiger Nickelstahl und nichtrostender Stahl sind die hauptsächlichen Schaufelbaustoffe des neuzeitlichen Dampfturbinenbaues. Ihre Eigenschaften werden besprochen, insbesondere die „Blaubrüchigkeit", Korrosions- und Erosionsfestigkeit. Als neues Verarbeitungsverfahren hat sich die Lötung hochwertiger Stähle im Wasserstoffofen eingeführt.

Von jeher spielte die Baustoff-Frage der Beschaufelung im Dampfturbinenbau eine besondere Rolle. Mit der zunehmenden Größe der Maschinenleistung und der erheblichen Steigerung der Dampftemperatur wurde sie geradezu zur Grundfrage des gesamten Dampfturbinenbaues, dessen Fortschritte im letzten Jahrzehnt gleichzeitig ein

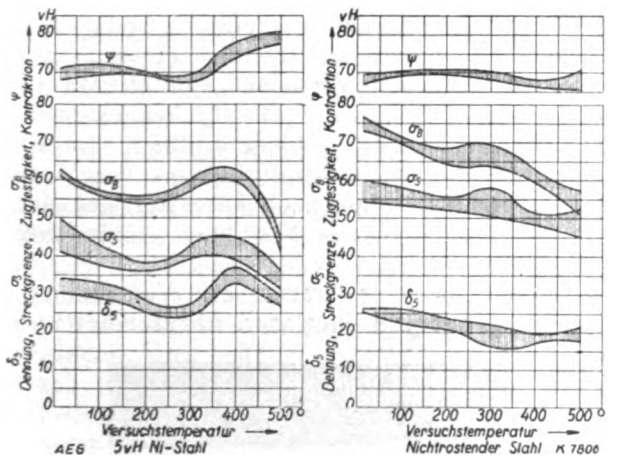


Abb. 1. Zerreißversuche mit 5 vH-Nickelstahl und nichtrostendem Stahl.

Maßstab für den Stand der Edelstahl-Herstellung sind.

Wurden früher Messingsorten und Bronzen in großem Umfange für Lauf- wie Leitschaufeln verwendet, so setzen sich neuerdings Stahl mit geringem Nickelgehalt und nichtrostender Stahl immer mehr durch. In Abb. 1 sind die Festigkeitswerte dieser beiden Baustoffe zusammengestellt. Während die Werte der Warmzerreißversuche von 5 vH-Nickelstahl bei 200 bis 300° einen Mindestwert aufweisen und bei 400° bereits stark abfallen, nimmt die Festigkeit des nichtrostenden Stahles bis 500° nur wenig ab. Ähnlich verhält es sich mit der Kerbzähigkeit, Abb. 2: bei 5 vH-Nickelstahl zeigt sich ebenfalls von etwa 200° an eine starke Abnahme, bei nichtrostendem Stahl ist bis zu 500° ein Abfallen praktisch kaum festzustellen. Vorzüglich ist auch das Verhalten legierter Stähle unter Dauerbeanspruchungen, denen sie länger widerstehen als die übrigen Schaufelbaustoffe. Die Festigkeitseigenschaften der Schaufelbaustoffe werden an Probestücken festgestellt, die von den angelieferten Stangen abgenommen werden. Häufig ist es erforderlich, eine Überprüfung der fertigen Schaufeln vorzunehmen. Da Zerreiß- oder Schlagversuche, ohne die Schaufel zu opfern, nicht durch-

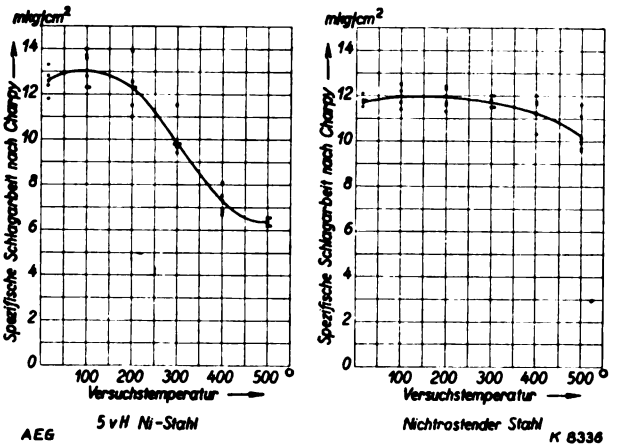


Abb. 2. Kerbschlagversuche mit 5 vH-Nickelstahl und nichtrostendem Stahl.

führbar sind, kommt nur eine Härteprüfung in Frage. Genauere Werte für das Verhältnis der Brinell-Prüfergebnisse zu der Zerreißfestigkeit sind daher sehr erwünscht. Ebenfalls einer Klärung bedarf es noch, wie sich die Prüfergebnisse von Dauerschlag- zu denen von Einschlagversuchen verhalten.

In Abb. 3 sind die Ergebnisse von Versuchen wiedergegeben, bei denen aus vorher bei Raumtemperatur um 8 vH gereckten Zerreißstäben Kerbschlagproben herausgearbeitet worden sind. Der Zweck dieser Versuche war, festzustellen, ob und in welche Maße eine vorangegangene Kaltverformung die Zähigkeit des Stahles bei höheren Temperaturen herabsetzt. Wie die Kurven zeigen,

[1]) Auszug aus einem im Rahmen der Werkstofftagung in Berlin gehaltenen Vortrag.

Digitized by Google

tritt die unter dem Namen „Blaubrüchigkeit“ bekannte Erscheinung weder beim 5 vH-Nickelstahl noch beim nichtrostenden Stahl auf, soweit sich Zähigkeit oder Sprödigkeit eines Baustoffes eben durch Kerbschlagproben feststellen läßt. Ein Vergleich mit den auf dem üblichen Wege gefundenen, also nicht vorgereckten Kerbschlagwerten, zeigt allerdings eine Verminderung der Zähigkeit bei den vorgereckten Probestäben — fraglos eine Folge der Kaltverformung —, die Verschiedenheit der Temperaturen, bei denen die vorgereckten Stäbe zerschlagen werden, hat aber keinen besonderen Einfluß. Insbesondere ist bei

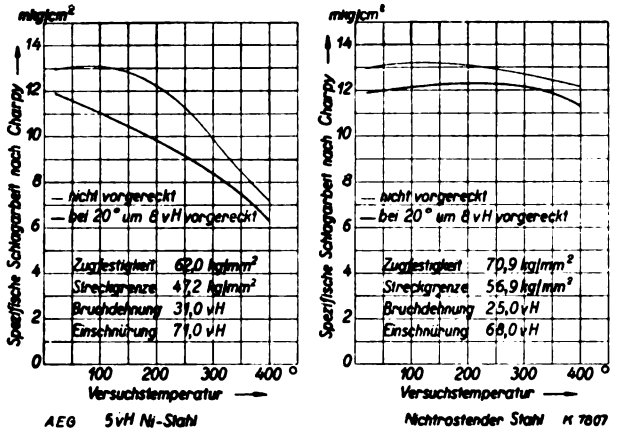


Abb. 3. Kerbschlagversuche mit bei 20° um 8 vH vorgerecktem 5 vH-Nickelstahl und nichtrostendem Stahl.

den kaltgereckten Proben keine Unstetigkeit in den Versuchskurven festzustellen. Was jedoch deutlich aus den dargestellten Kurven hervorgeht, ist die an und für sich wesentlich größere Festigkeit und hohe Kerbzähigkeit des nichtrostenden Stahles bei hohen Temperaturen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in den ersten Turbinenstufen, obwohl hier bei der noch hohen Temperatur des überhitzten Dampfes Korrosionsgefahr nicht besteht, die mechanische Überlegenheit des nichtrostenden Stahles auszunutzen und die für das Hochdruckgebiet bestimmten Laufschaufeln aus nichtrostendem Stahl herzustellen. Nachdem einige bei der Herstellung und Verarbeitung sich zunächst noch einstellende Schwierigkeiten jetzt anscheinend überwunden sind, kann man den nichtrostenden Stahl jedenfalls als einen nicht unwesentlichen Fortschritt der Baustoff-Technik begrüßen, da er neben seinen günstigen Festigkeitseigenschaften eine höhere Korrosions-Widerstandsfähigkeit besitzt als andere Stähle. Gelegentliche Erscheinungen scheinen letzteres allerdings in Zweifel zu stellen, doch war es ja bekannt, daß nichtrostender Stahl Korrosions- und Erosionsangriffen wohl eher als die übrigen Stahlsorten, aber nicht vollkommen standhält. Beispielsweise zeigte ein ND-Schaufelkranz aus nichtrostendem Stahl, Abb. 4, schon nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit Anfreßungen. In diesem Falle dürfte es sich allerdings hauptsächlich um Erosionswirkungen durch von der Fliehkraft nach aussen geschleuderte und mit großer Geschwindigkeit auf die Eintrittskanten der Schaufeln auftreffende Wassertropfen im nassen Dampf handeln, da die Anfressungen nach dem Schaufelfuß zu abnehmen. Da vereinzelt auch Korrosionserscheinungen, und zwar sogar im Gebiet von überhitztem Dampf, festgestellt wurden, müssen jedenfalls hier noch weitere Forschungen ansetzen, um einen besseren Stahl zu schaffen.

Nach dem gegenwärtigen Stande der Erfahrungen und Forschungen wird man die Schaufelbaustoffe in Abhängigkeit von der Beanspruchung und Betriebstemperatur zweckmäßig etwa nach folgender Zusammenstellung wählen[2]):

Allgemein für HD-Stufen bis 275°	niedrigproz. Nickelstahl
bei Temperaturen über 275°, üb. 300 kg/cm² Beanspruchung	nichtrostender Stahl
für die ND-Stufen unter 200°, unter 500 kg/cm² Beanspruch.	Messing
für die ND-Stufen unter 200°, unter 1000 kg/cm² Beanspruch.	Nickelmessing
über 1000 kg/cm² Beanspruchung und allgemein über 200° Stufentemperatur	niedrigproz. Nickelstahl, nichtrostender Stahl od. Monelmetall

In Amerika kommt für Laufschaufeln in letzter Zeit manchmal ein Chrom-Vanadium-Stahl in Anwendung, dessen Eigenschaften jedoch nach Angabe deutscher Stahlerzeuger denen des Chrom-Nickelstahles nicht überlegen sind. Daß er dort letzterem vorgezogen wird, liegt wohl an dem niedrigen Preise von Vanadium in Amerika.

Einer Erwähnung an dieser Stelle wert scheinen mir ferner die zahlreichen, wenn auch bisher vergeblichen Versuche, das Rosten von Stahlschaufeln durch Oberflächenbehandlung irgendwelcher Art zu verhindern. Zuerst hat man Stahlschaufeln auf elektrolytischem Wege mit Zink überzogen; schon nach kürzester Zeit aber war der Belag in den ND-Stufen völlig abgewaschen.

Ebenso erfolglos waren die Versuche mit Emaillelack oder Emailleglasur. Abgesehen davon,

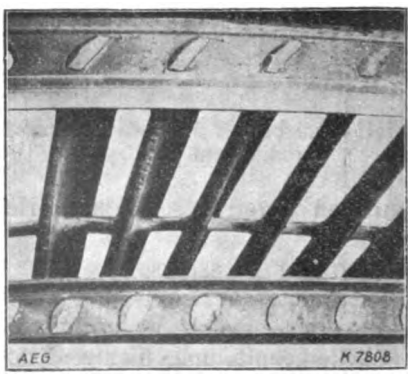


Abb. 4. Schaufeln aus nichtrostendem Stahl, durch nassen Dampf erodiert.

daß die Schaufeln einer sehr kostspieligen Einzelbehandlung unterzogen werden mußten, ergab sich, daß beide Schutzüberzüge durch den strömenden Dampf sehr bald, von den scharfen Kanten der Schaufeln ausgehend, abgewaschen wurden.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 820, 874; 1927, S. 762.

Digitized by Google

Verhältnismäßig am günstigsten hat sich das Verchromen von Nickelstahlschaufeln erwiesen, aber auch dieses Verfahren kann nicht als Lösung angesehen werden; denn verchromte Schaufeln sind wohl durchaus rostsicher, aber ihre Widerstandsfähigkeit gegen raschströmenden Dampf entspricht den Erwartungen keineswegs; die Chromschicht, deren Tiefe bei niedrigprozentigem Kohlenstoffstahl mit 1·27 bis 1·52 mm und bei Nickelstahl mit 0·38 bis 0·51 mm gemessen wurde, war nach einiger Zeit, insbesondere am Schaufelrücken, vollkommen abgewaschen. Ähnliche Versuche wurden mit einem Nickel-Überzug durchgeführt. In Hinsicht auf die kurze Betriebszeit kann

Abb. 5. Bindedraht aus Monelmetall, mit Silberlot in Schaufel aus nichtrostendem Stahl eingelötet.

aber darüber noch kein abschließendes Urteil gegeben werden.

Als Sonderheit sei noch erwähnt, daß man auch versucht hat, Stahlschaufeln an den besonders gefährdeten Stellen, also insbesondere den Ein- und Austrittskanten, mit hart angelöteten Monelmetall-Überzügen zu versehen. Erhöhen diese Bemühungen die Lebensdauer der Schaufeln auch um einen gewissen Betrag, so kann man ihnen doch kaum einen wirklich praktischen Wert beimessen. Der Baustoff, der sich nach dem heutigen Stande bezüglich Verarbeitung und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und thermische Angriffe am günstigsten verhält, wenn er in den zur Zeit bekannten Ausführungsformen auch noch keine endgültige Lösung darstellen kann, ist somit sorgfältig behandelter und verarbeiteter Chromstahl.

Zur Versteifung der Schaufelkränze wird bei längeren Schaufeln ein Bindedraht eingelötet. Diese Lötung hatte bei nichtrostendem Stahl zunächst Schwierigkeiten bereitet, hauptsächlich darum, weil einerseits der Stahl nicht über eine bestimmte Temperatur, etwa 800°, erwärmt werden darf, wenn er seine Festigkeit behalten soll, andererseits die Lötung im allgemeinen umso schwieriger wird, je niedriger die Löttemperatur ist. Einwandfreie Ergebnisse sind daher nur bei schärfster Kontrolle und großer Geschicklichkeit und Sorgfalt des Löters zu erreichen und setzen beim Arbeiter ein hohes Maß von Verantwortungsgefühl voraus. Da es nicht angängig ist, die Löttemperatur jeder einzelnen Schaufel zu messen, ist von der AEG folgendes Verfahren eingeführt worden: der Löter hat während der Arbeit die Glühfarbe der zu verlötenden Schaufeln von Zeit zu Zeit mit einer mit genauesten Meßgeräten versehenen und auf die richtige Löttemperatur gebrachten Schaufel des gleichen Baustoffes zu vergleichen und so sein Auge zu kontrollieren. Um die Glühfarben sicherer feststellen zu können, muß die Lötarbeit natürlich in einem abgedunkelten Raume vorgenommen werden. Daß derartige Lötungen einwandfrei hergestellt werden können, ist aus Abb. 5 zu ersehen, die eine Schaufel aus nichtrostendem Stahl mit eingelötetem Bindedraht aus Monelmetall in 1·8-facher Vergrößerung darstellt. Das Silberlot hat überall gut gebunden.

Während bei Überdruckturbinen zwischen ruhender und kreisender Beschaufelung, also auch zwischen ihren Baustoffen und Verarbeitungsverfahren kein grundsätzlicher Unterschied besteht, ist die Herstellung der Düsen und Zwischendeckel von Gleichdruckturbinen an besondere Verfahren gebunden. Sind die in der Turbine zu verarbeitenden Dampfmengen oder das Volumen der Arbeitsdampfmenge groß und die Druckunterschiede zweier benachbarter Turbinenkammern gering, so kommt man im mittleren und niederen Druckgebiet mit der bekannten Ausführung von gußeisernen Zwischendeckeln, in die die Düsenbleche unmittelbar eingegossen sind, gut aus und auch heute noch werden die Düsendeckel von Gleichdruckturbinen im genannten Druckbereich in dieser Art hergestellt. Die Rauhigkeit einer durch Guß hergestellten Wand und die beim Gießprozeß unvermeidliche Ungenauigkeit der so ge-

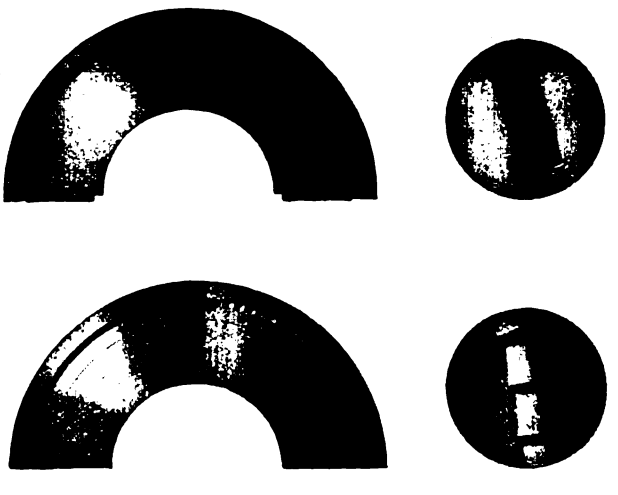
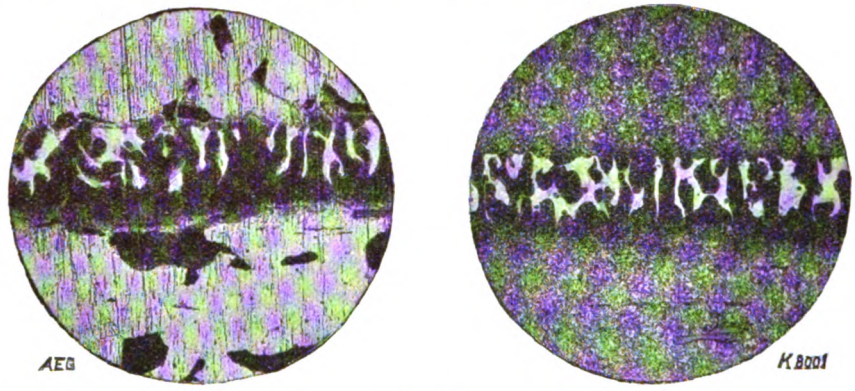


Abb. 6. Düsendeckel, 5 vH-Nickelstahlbleche mit SM-Stahl verlötet.

bildeten Kanalquerschnitte hat bei einem an sich breiten Dampfstrom nur geringen Einfluß. Seit aber mit der Steigerung der Dampfdrücke einesteils die Dampfvolumina und damit die Dampfquerschnitte insbesondere in den HD-Stufen immer kleiner wurden, andererseits infolge höherer Dampftemperatur Gußeisen als Baustoff auch für die Düsendeckel nicht mehr verwendet werden konnte, half man sich zunächst dadurch, daß man die Düsen

Digitized by Google

geringer radialer Höhe durch Aneinanderreihen von vollständig bearbeiteten Düsenblechen und Zwischenstücken in ähnlicher Art wie die Dampfkanäle der Läufer herstellte. Diese Lösung befriedigte hinsichtlich Genauigkeit der Kanalquerschnitte und Glätte der Oberflächen wohl vollkommen, doch war ihre Herstellung teurer als die der früher üblichen gegossenen Düsendeckel. Eine wesentliche Verbesserung und gleichzeitige Vereinfachung der Herstellung brachte erst das Verfahren, Leitschaufeln beliebiger Höhe aus Stahl



Ohne Nachbehandlung. $V = 100$ Mit Nachbehandlung.

Abb. 7. SM-Stahl, in Wasserstoff mittels Kupfer gelötet.

mit einem inneren und einem äußeren Ring aus Flußstahl in einem elektrisch geheizten Widerstandsofen, durch den zum Schutz gegen Oxydation fortlaufend Wasserstoff hindurchgeleitet wird, zu Düsendeckeln hart zu verlöten. Wie in Abb. 6 zu sehen ist, sind die Oberflächen auf diese Art hergestellter Leitkanäle und die Seitenflächen des ganzen Deckels vollkommen glatt, die

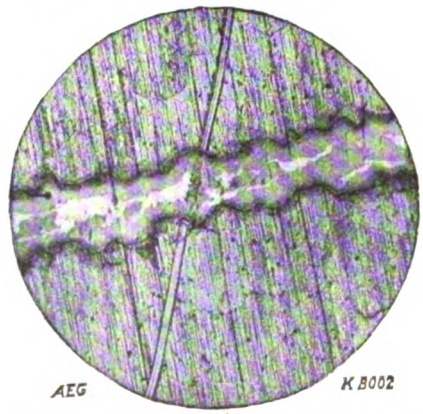


Abb. 8. Nickelstahl und Eisen, in Wasserstoff mittels Cu-Ni-Zn gelötet.

Wandreibung kann also weder in der Düse selbst noch an den Wänden des Düsendeckels groß sein.

Abb. 7 zeigt das Mikrobild einer geätzten Lötfuge. Das Lot — reines Cu — hat überall gut gebunden. Ungeätzte Schliffe lassen eine eigentliche Cu-Schicht überhaupt nicht mehr erkennen; die geätzten Schliffe dagegen zeigen, daß eine eigentliche Lötfuge nicht mehr besteht, sondern die Lötmasse sich teils mit dem Stahl verbunden, teils in Gestalt von einzelnen „Inseln" erhalten hat, zwischen denen der Baustoff der zwei miteinander verlöteten Stücke über eine Zone legierten Stahles unmittelbar ineinander übergeht. Das Gefüge des Stahles ist hierbei infolge der hohen Löttemperatur allerdings grobkörnig geworden. Da die Beanspruchung der im HD-Gebiet verwendeten Düsendeckel infolge der verhältnismäßig geringen Durchmesser im allgemeinen nicht hoch ist, liegt kein Grund zu einer Nachbehandlung vor. Daß eine solche Nachbehandlung aber in jedem Falle mit Erfolg durchgeführt werden kann, geht aus dem rechten Bild hervor, wo der durch das Löten grob gewordene Stahl nach dem Regenerieren wieder das gleiche feine Gefüge zeigt wie vor der Lötung.

Cu als Lot ist verhältnismäßig weich; um ein gegen mechanische wie chemische Einflüsse widerstandsfähigeres Lot zu erhalten, wurden auch Ver-

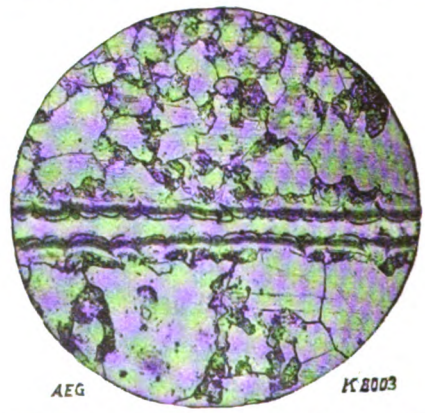


Abb. 9. Nichtrostender Stahl, in Wasserstoff mittels Cu-Ni-Zn gelötet.

suche angestellt, eine Cu-Ni-Zn-Legierung als Bindemittel zu verwenden, Abb. 8. Die Härte einer solchen Lötfuge kann man an der mit einer Nadel hergestellten, schräg von rechts oben nach links unten verlaufenden Ritzung erkennen, die beiderseits im Stahl und Eisen breiter und tiefer ist als an der Lötfuge selbst.

Sind Korrosionsgefahr und Beanspruchungen an einer Stelle besonders groß, wird man für die

Digitized by Google

Düsenbleche nichtrostenden Stahl wählen. Als Lot hierfür erwies sich gleichfalls Neusilber (Cu-Ni-Zn) unter Hinzufügung eines geeigneten Lötmittels als brauchbar. Wie der Mikro-Längsschliff durch die Lötfuge, Abb. 9, zeigt, bindet das Lot auch hier beiderseits vollkommen mit dem nichtrostenden Stahl.

Bevor gelötete Deckel fabrikmäßig angefertigt werden konnten, waren planmäßige Festigkeitsversuche an besonderen Proben wie an ganzen Düsendeckeln erforderlich, und es zeigte sich, daß die Festigkeit aller gelöteten Teile stets außerordentlich gut war, vorausgesetzt natürlich, daß das Lot richtig geflossen war und gebunden hatte. Selbst bei einer durch ein Vielfaches der Betriebsbelastung vorgenommenen Verformung konnte nirgends ein Nachgeben der Lötungen festgestellt werden. Die Aufnahme der reihenmäßigen Herstellung gleichmäßiger Lötungen war aber noch davon abhängig, ob ein entsprechender Ofen geschaffen werden konnte. Als einzig möglich erwies sich hierfür ein elektrischer Widerstandsofen mit mittelbarer oder unmittelbarer Beheizung, von denen auf Grund eingehender Versuche der mittelbaren durch Heizspiralen der Vorzug gegeben wurde. Dabei war die Regelung und Begrenzung der Löttemperatur die Hauptfrage, denn je höher man mit der Löttemperatur geht, um so besser ist zwar die Lötung selbst, doch besteht alsdann die Gefahr, daß bei den geringsten Unregelmäßigkeiten das Heizband durchschmort, da bekanntlich auch die besten Bänder dieser Art Temperaturen von höchstens nur 1300 bis 1400° vertragen.

IV. Internationale Hochspannungskonferenz in Paris.

Von Dr. P. Beck, Wien.

Entsprechend dem, anläßlich der III. Konferenz[1]) im Jahre 1925 gefaßten Beschluß fand in der Zeit vom 23. Juni bis zum 2. Juli 1927 die vierte Tagung der Internationalen Hochspannungskonferenz (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension) in Paris statt. Die anläßlich derselben geleisteten Arbeiten wurden bereits an anderer Stelle[2]) gewürdigt und dort auch über die, betreffend die in der 1929 stattfindenden nächsten Tagung in erster Linie zu behandelnden Fragen, gefaßten Beschlüsse berichtet.

Es soll nunmehr hier der Versuch unternommen werden, über den wesentlichen Inhalt der der Konferenz vorgelegten Arbeiten einen Überblick zu geben, wobei in Hinblick auf die dort behandelten Fragen der Isolations- und Kabeltechnik auf einen in dieser Zeitschrift bereits früher veröffentlichten Bericht[3]) hinzuweisen ist. Unter Beibehaltung der bisherigen Gepflogenheit wurde der gesamte Verhandlungsstoff auch diesmal in drei Gruppen erörtert, welche Einteilung der besseren Übersicht halber auch hier beibehalten wurde.

I. Krafterzeugung.

In Erfüllung eines von der III. Konferenz übernommenen Auftrages hat C. O. Mailloux (V. St. A.) einen ausführlichen Bericht über den derzeitigen Stand der Brennstoffwirtschaft in den Kraftwerken vorgelegt. Die auf diesem Gebiete in den letzten Jahren erzielten bedeutenden Fortschritte[4]) werden am besten durch die Tatsache gekennzeichnet, daß während in den amerikanischen Kraftwerken im Jahre 1919 zur Erzeugung von 24·3 Milliarden kWh 38·9 Mill. t Normalkohle (alle verwendeten Brennstoffe auf eine einheitliche Kohlensorte umgerechnet) aufgewendet werden mußten, i. J. 1926 für 47·5 Milliarden kWh nur 45·7 Mill. t notwendig waren; einer Produktionserhöhung von über 95 vH steht sonach nur ein 17prozentiger Mehraufwand an Brennstoff gegenüber, ein thermischer Wirkungsgrad von 25 vH und mehr wird derzeit vielfach in großen Kraftwerken erreicht. Es kommen zwei grundsätzlich verschiedene Wege in Betracht, durch Befolgung welcher dieser Erfolg erreicht wurde und weitere Erfolge angestrebt werden, und zwar einerseits die Anwendung von Feuerungen erhöhter Wirtschaftlichkeit in Verbindung mit sonstigen Verbesserungen an den Kesseln, andererseits die Kohlenveredlung. In Hinblick auf die Feuerungen kann zur Zeit von einem bereits erreichten Vorsprung der Kohlenstaubfeuerungen noch nicht gesprochen werden, vielmehr ist festzustellen, daß die größten Kessel der Welt, das sind jene der Detroit Edison Co. von je 3850 m² Heizfläche mit automatischen Rosten ausgerüstet werden. Der Durchschnittswirkungsgrad derartiger Feuerungen dürfte derzeit, wenn überhaupt, nur um ein Geringes unter jenem bester Kohlenstaubfeuerungen liegen, wenn bei letzteren der Aufwand für die Kohlenaufbereitung mit berücksichtigt wird. Der beste bisher bei Versuchen festgestellte Wirkungsgrad dürfte im Hell Gate-Kraftwerk in New York[5]) erreicht worden sein und beträgt 91·5 bis 90 vH bei 25 bis 50 kg/m² Verdampfung. Von den Verbesserungen sind zu nennen: Die Wasserkühlung des Mauerwerkes, zweckmäßigere Ausgestaltung des Feuerraumes durch Erhöhung des vorderen und Erniedrigung des hinteren Gewölbes, wodurch eine intensive Durchmischung der Verbrennungsluft und Gase und vollkommene Verbrennung der Kohle erreicht wird, Einführung von vorgewärmter Sekundärluft oberhalb des Rostes und dergleichen mehr.

Unbeschadet dessen hat die Kohlenstaubfeuerung in den letzten Jahren rasch an Terrain gewonnen, was nicht zuletzt ihren bekannten Vorzügen, wie fast vollkommene Unabhängigkeit von der Kohlensorte und Korngröße derselben, weitestgehende Verringerung der Handarbeit, beste und rasche Anpassungsfähigkeit an die jeweilige Belastung auch bei starken Schwankungen, leichte Zündung und rasches Hochfahren, Verringerung der Leerverluste und Möglichkeit der zeitweisen Verwendung von flüssigen Brennstoffen im selben Kessel zugeschrieben werden muß. Insbesondere in England hat man diese Vorteile rasch erkannt und auch nutzbar gemacht, was mit der großen Menge von bei der Kohlengewinnung sich ergebender Abfallkohle, deren Handelswert in Hinblick auf die schlechte Transportfähigkeit ein äußerst geringer ist, erklärt werden kann. Die Menge dieser Kohle wird auf 15 bis 16 Mill. t im Jahr geschätzt und konnte deren Wärmeinhalt mangels geeigneter Verbrennungsmethoden bis jetzt nur mit etwa 2·7 vH verwertet werden. Durch Errichtung von Großkraftwerken mit kohlenstaubbefeuerten Kesseln auf den

[1]) E. u. M. 1925, S. 581.

[2]) E. u. M. 1927, S. 1080.

[3]) Dr. Konstantinowsky, E. u. M. 1927, S. 831.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 835.

[5]) Über das Hell Gate-Kraftwerk vgl. E. u. M. 1922, S. 440, 474; 1924, Das El.-Werk, S. 88; 1927, S. 190, 425, 826; 1928, S. 21.

Digitized by Google

Gruben, die neben der Deckung des Eigenbedarfes auch in das allgemeine Kraftversorgungsnetz speisen, wird eine bedeutende Verbesserung erzielt. Für die Elektrizitätswerke von London sind solche Kessel mit fast 30 000 m² Heizfläche teils schon in Betrieb, teils in Aufstellung begriffen. Das Großkraftwerk Klingenberg in Berlin weist schon im derzeitigen Ausbau Kessel von 21 000 m² Heizfläche mit Kohlenstaubfeuerung auf[6]). Auch in den anderen europäischen Ländern kann ein rascher Fortschritt verzeichnet werden. Die technischen Einzelheiten betreffend ist der Umstand erwähnenswert, daß in Amerika in letzter Zeit die Zuordnung einer eigenen Mahlanlage einem jeden Kessel bevorzugt zu werden scheint und sich offenbar eine klare Scheidung in der Richtung vorbereitet, daß nur für große Anlagen zentrale Mahlanlagen errichtet werden[7]). Dies scheint auch insofern berechtigt zu sein, als kleinere Anlagen unbeschadet des etwas ungünstigeren Wirkungsgrades zu einem besseren Gesamtergebnis gelangen, wenn sie nicht mit den Anlagekosten der bei Vorhandensein einer zentralen Kohlenaufbereitungsanlage notwendigen Transporteinrichtungen mitbelastet sind. Von größter Bedeutung sind die noch in Gang befindlichen Versuche, welche auf eine Verbesserung der Wärmeausnützung im Kessel hinzielen, wobei insbesondere die Strahlungswärme eine wichtige Rolle spielt. Ein bedeutender Fortschritt in der Richtung der Verbesserung des Verbrennungsprozesses wurde durch die Einführung der wassergekühlten Schlackenroste, Wasserkühlung der Kesselwände und Erhöhung der Verbrennungskammer bei gleichzeitiger Einführung von Sekundärluft von unten erzielt, da durch diese Mittel die Anwendung einer kurzen Flamme von hoher Temperatur, in der eine intensive Durchmischung des Brennstoffes und der Luft erfolgt, ermöglicht wird, ohne daß das Mauerwerk angegriffen wird[8]). Die Bedeutung dieser Maßregel in Verbindung mit der Staubkohlenfeuerung selbst wird durch die bei der Rekonstruktion der Kesselanlage der Fordson Fabriken in Ladd erzielten Verbesserungen am besten gekennzeichnet, wo die vormals 110 t/h betragende Leistung der 2460 m² Heizfläche aufweisenden Kessel durch Einbau von Kühlkörpern in die Seitenwände und eines Schlackenrostes mit 187 m² Fläche, ferner Vergrößerung der Überhitzerfläche um 100 m², Anordnung von Luftvorwärmern mit 3700 m² Fläche und Übergang auf Kohlenstaubfeuerung auf 225 t/h gesteigert werden konnte[9]). Diese Kessel dürften derzeit die größte Dampferzeugung je Einheit in der ganzen Welt aufweisen.

Die verschiedenen Kohlenveredlungsverfahren sind noch in voller Entwicklung[10]). Sie gehen alle vom Grundsatz aus, daß gewisse hochwertige Bestandteile der Rohkohle vor der Verbrennung ausgeschieden und der getrennten Verwertung zugeführt werden müssen. Grundsätzlich können drei Verfahren unterschieden werden: Die Vordestillation, die Tieftemperaturvergasung und die chemische Anreicherung des Brennstoffes. Kennzeichnend für das Vordestillationsverfahren ist, daß der Verbrennungsprozeß sich an dasselbe unmittelbar anschließt, sonach der gewonnene Halbkoks in noch glühendem Zustande auf den Rost gebracht wird. Hierher gehört das Verfahren von Herry, welches im Kraftwerk Langebrugge (Belgien)[11]) erprobt wird und jenes von Mc. Ewen und Runge, nach der eine im Kraftwerk Lakeside (V. St. A.)[12]) aufgestellte Versuchsanlage arbeitet. Bei letzterem wird Kohlenstaub als Brennstoff verwendet. Keines der beiden Verfahren ist noch bis zur praktischen Anwendung in den Industriebetrieben gediehen, doch scheinen die Aussichten, namentlich für das letztere nicht ungünstige zu sein. Die Tieftemperaturvergasung ist durch die größere Ausbeute an Teer gegenüber jener bei hohen Temperaturen gekennzeichnet und dürfte hauptsächlich dort zur Anwendung kommen, wo auf erhöhte Teergewinnung Gewicht gelegt wird und eine Verwertungsmöglichkeit für den hiebei gewonnenen Halbkoks vorhanden ist, sonach in erster Linie im Kraftwerksbetrieb, wogegen in der Metallurgie die bisher angewendete Vergasung bei hoher Temperatur, die die Gewinnung von Hüttenkoks zum Ziele hat, auch weiterhin das Feld behaupten wird. Die wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeit ist sonach durch den Marktpreis der Nebenprodukte und die Verwertbarkeit des Halbkokses bedingt; die Einrichtungskosten für die Vergasungsanlagen spielen naturgemäß eine wichtige Rolle, da deren Verzinsung und Abschreibung vom Mehrerlös der Nebenprodukte bestritten werden muß. Die Verwertbarkeit des Halbkokses, der sonst große Vorteile, wie leichte Zündung, regelmäßige Verbrennung, Rauchlosigkeit usw. hat, hängt, falls die Verwertung am Erzeugungsort selbst nicht mehr möglich ist, von dessen Transportfähigkeit ab, die aber bedauerlicherweise in der Mehrzahl der Fälle nicht befriedigend ist, da er sehr brüchig zu sein pflegt und daher leicht zerfällt. In dieser Richtung war dem von der Kohlenscheidungs-Gesellschaft entwickelten Verfahren ein voller Erfolg beschieden, da der bei diesem anfallende Halbkoks große Widerstandsfähigkeit aufweist und dessen Verwertung, soweit bekannt, auf keine Schwierigkeiten stößt. Ein anderes, mit demselben Ziel von der Carbocite Company in Amerika verfolgtes Verfahren ist aus dem Versuchszustand noch nicht herausgekommen, wogegen jenes der Kohlenscheidungs-Gesellschaft schon in Großem angewendet wird. Die verschiedenen Vorschläge zur chemischen Anreicherung der Rohkohle zwecks Erzielung eines höherwertigen Brennstoffes oder Überführung derselben in andere Formen von größerem Wert haben noch keine größere Verbreitung gefunden, nicht so sehr, weil sie noch nicht genügend durchgebildet sind, als zufolge des bis jetzt nicht überwindbar gewesenen Wettbewerbes des von der Natur gebotenen Rohöles. Jedenfalls haben sie aber eine große Zukunft, sobald die Erschöpfung der natürlichen Quellen in absehbare Nähe rückt oder zufolge der stets zunehmenden Verwendung bei nicht mehr entsprechend steigerungsfähiger Produktion eine Verknappung des Marktes droht. Zum Schlusse seines Berichtes berührt noch Mailloux auch die heute vielfach leidenschaftlich erörterte Frage, ob nunmehr in Hinblick auf die bereits erzielte und noch zu erhoffende Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der thermischen Krafterzeugung der weitere Ausbau der Wasserkräfte, bei welchen mit ähnlichen Fortschritten kaum gerechnet werden kann, überhaupt noch berechtigt erscheint und beantwortet diese mit einem Hinweis auf eine von Onken abgegebene Äußerung, wonach diese Erwägung stark in den Hintergrund gerückt wird durch die Tatsache, daß jede, wenn auch für sich bedeutende Verbilligung auf die, den Abnehmer treffenden, auch die Auslagen für Fortleitung und Verteilung enthaltenden Kosten verhältnismäßig nur in bescheidenem Maße auswirkt, daher für die Entscheidung andere volkswirtschaftliche Überlegungen mehr allgemeiner Natur maßgebend sind, durch welche jeder Energiequelle der vom Standpunkt des Gesamtwohles gebührende Platz zugewiesen wird.

J. Owerweeg (Holland) beschreibt in seinem Bericht einige in letzter Zeit zur Errichtung gelangte Hochdruckdampfanlagen. Im Merwedekanal-Kraftwerk in Utrecht befinden sich vier Hochdruckkessel System Babcock-Wilcox von je 597 m² Heizfläche für die Erzeugung von Dampf von 36 at und 425° C. Bei den Abnahmeversuchen wurde bei Vollast (22 000 kg/h) ein Wirkungsgrad von über 87 vH, bei Halblast noch fast 86 vH erreicht, wobei Kohle von rund 7600 kcal verheizt wurde. Die 16 000 kW Mehrzylinderturbine besteht

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 822.
[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 621, 894.
[8]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 826.
[9]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 107, 853.
[10]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 512; 1926, TWN, S. 104, 234; 1927, S. 198, 332; 1927, Das El.-Werk, S. 42.
[11]) Über das Kraftwerk Langebrugge vgl. E. u. M. 1928, S. 31.
[12]) Über das Kraftwerk Lakeside vgl. E. u. M. 1926, S. 753; 1927, S. 853.

Digitized by Google

aus Hoch-, Mitteldruck- und zwei Niederdruckzylindern auf gemeinsamer Welle, an deren Ende der Stromerzeuger angeschlossen ist. Die beiden Niederdruckzylinder sind parallelgeschaltet und weisen zwecks Aufhebung des Horizontalschubes gegenläufige Dampfströmung auf. Die Turbine kann auch mit Dampf von 20 atü und 375° betrieben werden, in welchem Fall der Einlaß in den Mitteldruckzylinder erfolgt, während der Hochdruckzylinder mit dem Kondensator verbunden wird. Die Turbine ist auch für die Entnahme von Anzapfdampf in verschiedenen Stufen je nach den Belastungsverhältnissen eingerichtet. Im Kraftwerk Noord von Amsterdam ist ein kohlenstaubbefeuerter Kessel von 1440 m², der stündlich 70 t Dampf von 43·5 atü und 400° C zu erzeugen vermag, bemerkenswert. Die Wände der Einmauerung sind mit Wasserkühlung System Lulofs versehen. In den staatlichen Gruben „Maurits" zu Heerlen sind vier Hochdruckkessel (35 atü) von je 1045 m² aufgestellt; sie erzeugen normal je 45 t Dampf in der Stunde und können bis 54 t überlastet werden.

M. Lieb (V. St. A.) beschreibt in seinem Bericht das neue East River-Kraftwerk der New York Edison Co.[13]), dessen 1375 m² Kessel für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet sind; es sind zurzeit zwei 60 000 kW Dampfturbinen aufgestellt; im Vollausbau soll eine Leistung von 1 Mill. kW erreicht werden. Eine Umformergruppe von 40 000 kW vermittelt den Energieaustausch zwischen dem 25 und 60 periodigen Netz; das Kraftwerk selbst ist für die Erzeugung von 25 periodigem Strom eingerichtet.

E. Wilczek (Ungarn) hat über von der Ganzschen Elektrizitäts-A.-G. bei Turbogeneratoren angewendete Konstruktionsverbesserungen berichtet, die in erster Linie erhöhten Schutz der Rotorwicklung gewähren sollen. Die in die Nuten des Läufers eingebetteten, mit reiner Mikanitisolation versehenen Spulen werden mit Stahlband vollständig umwickelt, so daß sie gegen jede äußere Beschädigung geschützt sind; die vorzügliche Isolation selbst macht die Wicklung auch gegen verhältnismäßig hohe Temperaturen unempfindlich, was ein 120 stündiger Dauerlauf eines solchen Läufers bei 200 bis 230° C beweist, der mit 3000 U/min vorgenommen wurde und nach dessen Abschluß keine mechanischen oder elektrischen Schäden festgestellt werden konnten, wie auch keine neuerliche Auswuchtung notwendig war. Zur Erhöhung der elektrischen Sicherheit wird die Erregerwicklung in zwei Gruppen von parallelgeschalteten Spulen zusammengefaßt und der Mittelpunkt bei Reihenschaltung der beiden Spulengruppen an Erde gelegt; das andere Ende jeder Spulengruppe ist mit je einem Pol der Erregermaschine verbunden. Die von Ganz angewendete Rotorkonstruktion, welche einem Läufer mit ausgeprägten Polen ziemlich nahekommt, hat auch den Vorteil kleinerer zusätzlicher Verluste, da bei derselben auch die Stirnseiten der Läuferwicklung im Eisen eingebettet sind und der Läufer daher kaum den aus geschichteten Blechen bestehenden Teil des Ständers überragt, in Gegensatz zu Läufern mit verteilter Erregerwicklung, welche oft länger als der Ständer samt Wickelköpfen ausfallen. Die neuerdings zunehmende Verwendung von Turbogeneratoren als Synchronphasenschieber verlangt die Entwicklung geeigneter Methoden für den raschen Anwurf und mit möglichst geringen Verlusten verbundenen Betrieb derartiger Einheiten. Am zweckmäßigsten hat sich das asynchrone Anlassen des abgekuppelten und unerregten Generators bei erniedrigter Spannung (Anlaufzeit eines 16 000 kVA Generators von 12 kV und 3000 U/min mit 2000 V, 75 sec. bei nur 890 bis 815 A während der Anlaufperiode) oder das Anwerfen mit einem synchronisierten Asynchronmotor, der nach der Parallelschaltung abgekuppelt wird, erwiesen. Zum Schluß wird noch auf die großen Vorteile der Kreislaufkühlung hingewiesen, bei welcher die Maschine vor Verschmutzung geschont wird und ein Teil der Verlustwärme zurückgewonnen werden kann, wenn für die Kühlung der Kühlluft das in der Folge zur Kesselspeisung verwendete Kondensat herangezogen wird[14]). Die ursprünglich gehegten Bedenken wegen Ozonbildung und Anreicherung der Kühlluft mit Ozon haben sich als vollständig haltlos erwiesen; bis zu 6 kV war bei den hierüber angestellten, sehr sorgfältigen Versuchen überhaupt kein Ozon feststellbar gewesen, wogegen bei 11 000 V Maschinen bald ein Sättigungspunkt mit nur 0·0004 vH Ozongehalt erreicht wurde[15]).

W. A. Tolwinski und D. B. Efremov besprachen in ihrem Bericht die bisher zur Messung der Streuinduktivität von Generatoren verwendeten Methoden und wiesen darauf hin, daß es bis jetzt an einer genügend genauen und jederzeit durchführbaren Meßmethode mangelt. Die Bestimmung dieses, für die Vorausberechnung des Stoßkurzschlußstromes notwendigen Koeffizienten durch Messung der Streuung bei herausgehobenem Läufer ist nur in dem herstellenden Werk möglich; diese Methode liefert allerdings die verläßlichsten Werte. Die von Kapp und Fallou angegebenen, auch am Aufstellungsort verhältnismäßig leicht durchführbaren, auf Kenntnis der Leerlaufcharakteristik und Messung der Kurzschlußcharakteristik bei dreiphasigem und zweiphasigem (Fallou), bezw. dreiphasigem und einphasigem Kurzschluß (Kapp) beruhenden Meßverfahren sind mit unter Umständen recht erheblichen Fehlern behaftet, da es nicht möglich ist, jenen Anteil an Erregerstrom getrennt zu bestimmen, welcher durch das gegenläufige Drehfeld bei zwei- bezw. einphasigem Kurzschluß und die Wirbelstromverluste in Maschinen ohne reichlich bemessene Dämpferwicklung in diesen Kurzschlußfällen bedingt ist. Beide Meßverfahren beruhen auf der Überlegung, daß die Erregeramperewindungen, welche den Erregerströmen proportional sind, teils zur Aufhebung der vom Statorstrom herrührenden Gegenamperewindungen, teils zur Deckung des inneren Spannungsabfalles der Maschine, welcher in der Hauptsache induktiver Natur ist, dienen und das Verhältnis der Ankerrückwirkung bezw. des induktiven Abfalles für die verschiedenen Kurzschlußfälle bekannt ist. Demzufolge ist es möglich, aus der Kurzschlußcharakteristik den auf den induktiven Abfall selbst entfallenden Anteil des Erregerstromes zu berechnen und auf Grund des zu diesem gehörenden, der Leerlaufcharakteristik entnommenen Spannungswertes die Streuinduktivität selbst zu ermitteln. Die Verfasser zeigen nun, daß durch Kombination beider Methoden das vorerwähnte, meßtechnisch nicht bestimmbare Fehlerglied eliminiert werden kann und sonach die Aufnahme der Kurzschlußcharakteristik für zwei- und einphasigen Kurzschluß in Verbindung mit der Leerlaufcharakteristik zu praktisch genauen Ergebnissen führt. Bezeichnet I_2 und I_1 den Erregerstrom in beiden Fällen, so wird der auf den inneren Spannungabfall entfallende Anteil:

$$i_0 = 3\,I_1 - \sqrt{3}\,.\,I_2$$

und die Streureaktanz pro Phase:

$$X_s = \frac{E_s}{\sqrt{3}\,.\,I},$$

wo E_s die, der Leerlaufcharakteristik entnommene, zu i_0 gehörende Spannung und I den Statorstrom, zu welchem die Werte I_1 und I_2 gehören, bedeutet. Durch Versuche wurde nachgewiesen, daß dieses Meßverfahren sowohl für Maschinen mit ausgeprägten Polen als auch für solche mit zylindrischem Läufer Werte liefert, die von den genauen auch im ungünstigsten Fall nur um wenige Prozente abweichen, wogegen die anderen Methoden in denselben Fällen Abweichungen bis zum Dreifachen des wahren Wertes zeigen.

Die Speisung ausgedehnter, mit hoher Spannung betriebener Freileitungsnetze, die zur Übertragung von gewaltigen Kraftmengen dienen, stellt ganz neue, früher nicht zu beachten gewesene Forderungen an die Maschinen und deren Regelung. Mit diesen befaßten sich zwei

[13]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 893; Das El.-Werk, S. 52.

[14]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 693.

[15]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 371.

Digitized by Google

Arbeiten, deren erste, jene von G. Petresco (Rumänien) die Frage der Selbsterregung unter dem Einflusse des an das Netz zu liefernden Ladestromes behandelt. Die Wiederholung der allgemein bekannten und auch in der Literatur vielfach schon behandelten[16]) einschlägigen Erwägungen an dieser Stelle würde zu weit führen; erwähnenswert erscheint nur der, oft nicht genügend beachtete und in der vorliegenden Arbeit eingehend gewürdigte, günstige Einfluß des Magnetisierungsstromes der Auftransformatoren, der in vielen Fällen zur Verhinderung einer gefährlichen Steigerung der Klemmenspannung der Maschinen und hiemit auch der Übertragungsspannung genügt. (Allerdings verringert sich dieser Einfluß umso mehr, je höher die Übertragungsspannung gewählt wird, da hiemit das Verhältnis zwischen Magnetisierungsstrom und Ladestrom immer ungünstiger wird. Der Ber.) Sehr beachtenswert ist auch der Hinweis, daß bei derartigen Untersuchungen nicht übersehen werden darf, daß die Streureaktanz der Maschine bei kapazitiver Belastung einen kleineren Wert hat als bei induktiver, sonach auch die Spannungserhöhung etwas geringer ausfällt, als man deren Wert mit Hilfe des Potierschen Dreieckes unter Zugrundelegung des für induktive Belastung geltenden Wertes in bekannter Weise ermittelt. Dies ist daraus zu erklären, daß bei kapazitiver Belastung der auf die Statorstäbe (mit Ausschluß der Wickelköpfe) entfallende Teil der Statorstreuung der Rotorstreuung entgegengesetzt gerichtet ist, wogegen bei induktiver Belastung sich beide in ihrer Wirkung unterstützen. Der Verfasser entwickelt auch eine graphische Methode zur Vorausbestimmung des Verhaltens einer Maschine bekannter Eigenschaften bei kapazitiver Belastung.

C. A. Powel (V. St. A.) berichtet über die Maßnahmen, die von der Westinghouse Elec. & Manufctg. Co. zur Erhöhung der Stabilität großer Kraftübertragungen angewendet werden. Die Stabilität gegen plötzliche Laständerungen hängt vom Phasenwinkel zwischen den Spannungen an beiden Enden ab und wird umso geringer, je größer dieser Winkel ist. Da dessen Wert in der Hauptsache durch den induktiven Widerstand bestimmt wird und dieser für die Leitung selbst kaum wesentlich geändert werden kann, bleibt es nur möglich, an den Maschinen selbst entsprechende Verbesserungen vorzunehmen. Eine Verringerung der Streureaktanz der Maschinen kann bis zu einem gewissen Grade Abhilfe schaffen, doch ist dies mit einer nicht unerheblichen Erhöhung der Preise verbunden, so daß unbeschadet der hierdurch ermöglichten Steigerung der Übertragungsfähigkeit der Leitung fallweise die wirtschaftlichste Lösung gesucht werden muß. Überdies geht hiemit auch die unerwünschte Vergrößerung des Stoßkurzschlußstromes Hand in Hand. Der andere, von der genannten Gesellschaft mit Erfolg beschrittene Weg besteht in einer entsprechenden Ausgestaltung des Erregungssystems im Sinne des raschen Eingreifens, wodurch erreicht wird, daß im Kurzschlußfalle, das ist jener, bei dem die Stabilität am meisten gefährdet ist, das Feld vor dem Zusammenbruch bewahrt wird. Die normalen Erregersysteme in Verbindung mit nach dem Vibrationsprinzip arbeitenden Schnellreglern greifen verhältnismäßig spät ein, so daß die Gegenamperewindungen des Kurzschlußstromes eine starke Entmagnetisierung herbeiführen und derart ein Außertrittfallen verursachen können. Der Spannungsabfall auf der Sekundärseite der Auftransformatoren erreicht in der Regel schon innerhalb einer halben Sekunde 50 vH und auch mehr, wogegen bei Schnellerregung nach den im nachstehenden beschriebenen Grundsätzen derselbe 5 bis 10 vH kaum überschreitet. Nachdem die Schnellregler kaum weiter verbesserungsfähig sind, wird dieser Erfolg in in erster Linie durch geeignete Bauart der Erregermaschine erzielt. Die wichtigsten Maßnahmen sind: Verringerung der Zeitkonstante der Erregerwicklung der Erregermaschine, indem dieselbe in mehrere parallele Kreise unterteilt wird (hiebei wird die Induktivität je Stromkreis bei gleichbleibendem Widerstand verringert und damit auch die Zeitkonstante); Vermehrung der Ankerwindungszahl; Verringerung des Luftspaltes und damit der zur Aufrechterhaltung desselben Flusses nötigen Amperewindungszahl; keine Nebenschlußerregung, sondern Erregung von einer konstanten Stromquelle aus: hohe Drehzahl, mindestens 500 U/min, daher Anwendung eines eigenen Motorantriebes für die Erregermaschine bei langsamlaufenden Generatoren. Um in derartigen Fällen die Erregermaschine dem Einfluß etwaiger im Hauptsystem auftretender Störungen zu entziehen, empfiehlt es sich, diese nicht von an die Hauptsammelschienen angeschlossenen Motoren antreiben zu lassen, sondern letztere unmittelbar vom Eigenbedarfsgenerator aus, welcher auf eigene Sammelschienen arbeitet, zu speisen. In den Vereinigten Staaten wird der Eigenbedarfsgenerator neuerdings auch öfters an den Hauptgenerator unmittelbar angebaut, um derart die ungestörte Eigenbedarfsversorgung während der ganzen Betriebszeit der Hauptmaschine zu sichern. Durch diese, teils der Gesellschaft geschützten, Maßnahmen kann erreicht werden, daß die Spannungssteigerung der Erregermaschine 700 V/sek und noch mehr beträgt, gegenüber nur 30 V/sek bei normaler Bauart, und die höchste Spannung innerhalb von 0·4 sek statt in 6 bis 8 sek eingestellt wird. Der günstige Einfluß auf die Erhaltung der Klemmenspannung des Generators bei Kurzschluß durch Anwendung solcher Erregermaschinen wird durch Versuchsergebnisse nachgewiesen, die zeigen, daß bei plötzlicher Entlastung eines mit 10 625 kVA voreilend bei $\cos \varphi = 0$ (entspricht in der Wirkung der plötzlichen Belastung mit derselben nacheilenden Leistung) belasteten 100 U/min-Generators das Hauptfeld nur auf kurze Zeit um 2·5 vH abgefallen ist, jedoch schon nach 0·4 sek den ursprünglichen Wert wieder erreicht hat, wogegen der Abfall bei Handregelung und normal gebauter Erregermaschine fast 40 vH und auch bei Schnellregelung noch 18 vH beträgt. Die Spannung eines 45 000 kVA, 11 kV, Generators steigt vom Anfangswert stetig und sehr rasch an, wenn die leerlaufende Maschine plötzlich mit der vollen nacheilenden Blindleistung belastet wird, soferne er mit Schnellerregung betrieben wird, wogegen bei normaler Erregung zunächst ein nicht unerheblicher Spannungsrückgang und auch dann nur ein sehr langsames Ansteigen beobachtet werden konnte. Im allgemeinen wird bei der Auslegung derartiger Maschinen die Forderung erfüllt, daß, wenn die nacheilende Blindleistung von 50 vH des Nennwertes auf 150 vH gesteigert wird, der Fluß im Luftspalt um höchstens 5 vH abnehmen darf. Diese Grenzbedingungen dürften den gegebenen Betriebsverhältnissen im Großen und Ganzen entsprechen, da bei großen Kraftübertragungen die anteilige nacheilende Blindlast kaum mehr betragen und auch im Kurzschlußfalle auf der Übertragungsleitung den genannten Höchstwert nur selten überschreiten dürfte.

L. H. Hill (V. St. A.) hat eine Arbeit über die in den letzten Jahren entwickelten, die Änderung des Übersetzungsverhältnisses von Transformatoren während des Betriebes bezweckenden Konstruktionen[17]) vorgelegt. Solchen kommt in ausgedehnten, mehrere Kraftwerke miteinander kuppelnden Netzen große Bedeutung zu, da sie einerseits die unabhängige Spannungsregulierung für die einzelnen Versorgungsgebiete gestatten, andererseits auch jederzeit die gewünschte Blindlastverteilung ermöglichen. Der Regelbereich wird in der Regel mit 10 bis 20 vH gewählt und die Regulierung entweder kontinuierlich oder in Stufen vorgenommen. Die erstere Regelungsart, die in der Ausführung teurer ist, wird nur bei kleineren Einheiten angewendet, wogegen die Erfahrung gezeigt hat, daß man bei großen Netzen mit großen Transformatoreinheiten auch mit der stufenweisen Regelung auskommen kann, welche dann in Stufen von je 2 bis 4 vH erfolgt. Die Umschaltung wird

[16]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 614; 1925, S. 516; 1926, S. 187, 577; 1927, S. 1, 111, 181, 616.

[17]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 416, 684; 1927, S. 282, 321, 446, 471, 540, 726, 769.

Digitized by Google

gewöhnlich von einem ferngesteuerten Motor bewirkt und sind geeignete Maßnahmen zu treffen, daß, sobald dieser vom Betätigungsschalter aus in Bewegung gesetzt wird, alle Schaltungen zwangläufig nacheinander erfolgen und ein Stehenbleiben auf einer Zwischenstellung ausgeschlossen bleibt. Die Steuerung kann im Bedarfsfalle auch vom Laststrom, Blindstrom oder einer anderen, im gegebenen Falle als maßgebend angesehenen Größe erfolgen. Die Stufenschaltung kann in zwei, grundsätzlich verschiedenen Ausführungsformen angewendet werden, und zwar unter Verwendung von Transformatoren mit zwei, mit entsprechenden Anzapfungen versehenen, unter sich parallelgeschalteten Wicklungshälften und von solchen mit nur einer Wicklung. Bei der ersten Ausführung wird bei Übergang auf eine andere Stufe zunächst die eine Wicklungshälfte abgeschaltet und die ganze Last vorübergehend von der anderen Hälfte übernommen; die Bemessung hat naturgemäß dieser vorübergehenden Überlastung entsprechend zu erfolgen. Hierauf wird auf die folgende Stufe umgeschaltet und die beiden Wicklungshälften wieder parallelgeschaltet. In diesem Zustande sind diese auf verschiedene Anzapfungen gelegt, was einen Ausgleichsstrom in den betreffenden, zwischen den beiden Anzapfungen liegenden Spulen zur Folge hat, doch besteht dieser Zustand nur ganz kurze Zeit, da unmittelbar folgend auch die Umschaltung der zweiten Wicklungshälfte in derselben Weise erfolgt. Da die Umschaltung der einzelnen Stufen in stromlosem Zustand vorgenommen wird, ist nur für die Ab- und Zuschaltung der beiden Hälften je ein Ölschalter erforderlich. Ein Nachteil besteht darin, daß während der Umschaltung jede Wicklungshälfte vorübergehend mit dem doppelten Strom belastet wird und daher in ihr auch der doppelte Spannungsabfall entsteht, was wahrnehmbare Spannungsschwankungen zur Folge hat. Auch sind die Wicklungen gegen länger andauernde

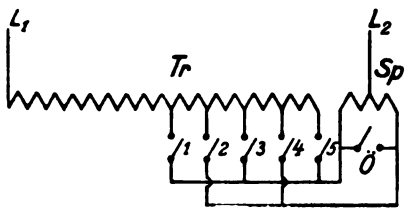


Abb. 1.

Überlastung bei etwaigen Fehlern in der Umschalteinrichtung durch geeignete Relais zu schützen. Bei den Anordnungen mit nur einer Wicklung wurde früher ein Schutzwiderstand benützt, welcher den die während des Überganges von einer Stufe auf die andere vorübergehend kurzgeschlossenen Spulen durchfließenden Strom auf einen noch ungefährlichen Wert begrenzte; an Stelle dessen wird jetzt ein Spartransformator angeordnet, der in Reihe mit der Hauptwicklung liegt und dessen Wicklung in zwei gleiche Hälften unterteilt ist. In die Mitte ist der Außenleiter angeschlossen und die ganze Wicklung dieses Spartransformators in normalem Betrieb über einen Ölschalter kurzgeschlossen. Je die Hälfte des Laststromes durchfließt sonach eine Wicklungshälfte des Spartransformators und heben sich derart in ihrer Wirkung gegenseitig auf. Je zwei aufeinanderfolgende Anzapfungen stehen mit demselben Wicklungsende des Spartransformators in Verbindung. Bei der Umschaltung wird zunächst der vorerwähnte Ölschalter geöffnet, wodurch der Spartransformator zwischen zwei Anzapfungen zu liegen kommt. Damit nimmt die Außenleiterspannung einen Wert an, der der Mitte der beiden betreffenden Anzapfungen entspricht. Durch Umschaltung auf die nächste Anzapfung und Öffnen des Ölschalters wird die nächste Spannungsstufe erreicht (Abb. 1). Während der kurzen Umschaltzeit durchfließt die eine Wicklungshälfte des Spartransformators der volle Strom, was bei der Bemessung zwecks Vermeidung gefährlicher Spannungserhöhungen zu beachten ist; der Kern des Spartransformators darf nur schwach gesättigt sein, damit auch im letztgeschilderten Zustand keine volle Sättigung eintritt. Nachdem man jetzt in der Lage ist, derartige Spartransformatoren genügend betriebssicher zu bauen, wird derselbe mit dem Haupttransformator in einen gemeinsamen Ölkasten gesetzt und die ganze Schalteinrichtung an den Transformator unmittelbar angebaut. In neuester Zeit gelang es auch, Spartransformatoren zu bauen, deren jede Wicklungshälfte den vollen Laststrom, bei unbelasteter anderer Hälfte zu ertragen vermag, womit der Ölschalter der vorbeschriebenen Anordnung erübrigt werden kann und die denkbar größte Einfachheit erreicht wird. Die bei den erwähnten Schaltungen zur Benützung gelangenden Ölschalter müssen ganz anderen Anforderungen als gewöhnliche Schalter entsprechen, da sie zwar Kurzschlüsse überhaupt nicht und auch den Normalstrom nur bei einem Bruchteil der Betriebsspannung zu schalten haben, dafür aber für viel öfteres Schalten vorzusehen sind, daher entsprechend kräftige und widerstandsfähige Bauart erfordern. Es erscheint auch beachtenswert, daß die Verwendung des Spartransformators für denselben Spannungssprung pro Stufe nur die halbe Zahl Anzapfungen als bei den anderen Lösungen erfordert. Wird bei dieser Anordnung der Spartransformator durch einen Zweiwicklungstransformator ersetzt, dessen Sekundärwicklung in zwei gegenläufig gewickelte Hälften geteilt und zwischen zwei beliebige Anzapfungen des zu regelnden Transformators gelegt, wogegen die Primärwicklung von einem Drehtransformator aus erregt wird, so ist eine stufenlose Regelung möglich.

J. Fallou (Frankreich) hat über die von ihm angestellten, die in Transformatoren auftretenden Überspannungen betreffenden theoretischen Untersuchungen und durchgeführten Versuche berichtet. Die ersteren lassen erkennen, daß Transformatorenwicklungen im allgemeinen als Stromkreise mit gleichmäßig verteilter

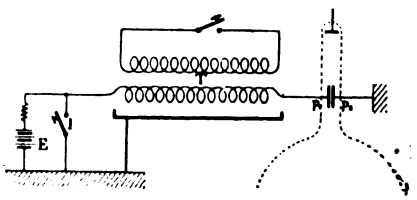


Abb. 2.

Kapazität und Induktivität aufgefaßt werden können und für sie sonach die für lange Leitungen geltenden Gesetze ebenfalls anwendbar sind. Jede Transformatorwicklung weist dementsprechend eine für sie charakteristische Eigenschwingungszahl auf, so daß, wenn sie mit dieser angestoßen wird, Resonanzerscheinungen auftreten. Der experimentelle Nachweis erfolgte in der Schaltung der Abb. 2, wo *T* der untersuchte Transformator ist, dessen Primärwicklung von der Spannungsquelle *E* aufgeladen wird; die Entladung wird durch den Schalter *I* ausgelöst, wobei die charakteristische Eigenschwingung mit einem Kathodenstrahlenoszillographen (p_1, p_2 sind seine Kondensatorbelege) gemessen wird. Einzelne, für sich eine Einheit bildende Spulengruppen, wie zum Beispiel Anzapfspulen, sind für sich allein schwingungsfähig, wobei ihre Eigenschwingungszahl höher als jene für die ganze Wicklung ist. Zufolge Anwesenheit des Eisenkernes wird aber eine Abweichung gegenüber dem Verhalten einer Leitung insofern bedingt, daß die Wicklung nur für eine einzige bestimmte Schwingungszahl, nicht aber auch für deren höhere Harmonischen in Resonanz zu treten vermag. Die von A. Blondel für Leitungen aufgestellte Theorie, nach welcher deren Verhalten als Überlagerung des Leerlauf- und Kurzschlußzustandes aufgefaßt werden kann, läßt sich demnach auch für Transformatoren anwenden und ist es derart möglich, die Eigenschwingungszahl aus zwei Impedanzmessungen zumindest größenordnungsmäßig zu bestimmen. (Die eine Messung wird bei von einer Seite aufgedrückter Spannung und freiem Wicklungsende, die

Digitized by Google

andere bei Anschluß des letzteren an den Eisenkörper ausgeführt, wobei der zweite Pol der Spannungsquelle in beiden Fällen an Erde liegt.) Mit Hilfe dieser Zahl kann der Überspannungsfaktor (Verhältnis der Resonanzspannung zur aufgedrückten Erregerspannung) berechnet werden. Die durch solche Messungen für Transformatoren verschiedener Größe und Bauart ermittelten Eigenschwingungszahlen zeigen große Abweichungen untereinander, doch werden 20 000 Per/s in keinem Fall überschritten. Der Überspannungsfaktor beträgt für kleine Einheiten 3 bis 5, erreicht bei ganz großen Transformatoren auch den Wert von 10 und bei Sonderausführungen (Prüftransformatoren) noch darüber. Die Versuche zeigen auch, daß die Stelle, wo die höchste Spannung gegen den Eisenkörper auftritt, nicht im Voraus bestimmt werden kann, vielmehr manchmal an einem freien Wicklungsende, dann aber auch in der Mitte des Transformators oder an einer Anzapfspule liegt. Die zwischen benachbarten Spulen auftretende Spannung kann unter Umständen den 20- bis 30fachen Wert der im normalen Betrieb vorhandenen Spannung von Windung zu Windung erreichen. Bei sehr hohen Periodenzahlen verhalten sich Transformatorenwicklungen wie reine Kapazitäten. Die Ausbreitung der Spannungswelle findet dann quer zu den Spulen statt längs derselben statt. Auch besteht dann Resonanzgefahr für den mit etwa vorhandenen Schutzinduktivitäten gebildeten Schwingungskreis. Die Versuche lassen auch darauf schließen, daß die zwischen benachbarten Spulen bei niedrigen Periodenzahlen auftretende Spannung wesentlich höhere Werte annehmen kann, als bei der Sprungwellenprüfung zu erwarten ist, selbst wenn im letzteren Fall die Eingangswindungen zum Vergleich herangezogen werden, weshalb dieser Prüfung keine ausschlaggebende Bedeutung zugebilligt werden kann. Es besteht sogar die Gefahr, daß Transformatoren, welche vorschriftsmäßig der Sprungwellenprüfung unterzogen werden müssen, aus diesem Grunde mit einer besonders verstärkten Isolation der Eingangswindungen versehen werden, eine ausreichende Isolierung der übrigen Wicklung aber unterlassen wird, so daß sie den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen nicht gewachsen sind. (Dieser Ansicht wurde schon in der anschließenden Diskussion von mehreren Seiten scharf widersprochen und darauf hingewiesen, daß seit Einführung der Sprungwellenprüfung die Beschädigungen stark abgenommen haben, wodurch allein schon deren großer Wert bewiesen wird, eine Tatsache, welche auch durch die hierzulande gemachten Erfahrungen voll bestätigt wird. Der Ber.)[18]).

Mit an Transformatoren auftretenden Schaltüberspannungen hat sich der von J. Kopeliovitch (Schweiz) vorgelegte Bericht beschäftigt, in dessen theoretischem Teil auf die Schwierigkeiten hingewiesen wird, welchen die rechnerische Verfolgung der bei der Ab- bezw. Zuschaltung von leerlaufenden Transformatoren auftretenden Erscheinungen begegnet. Dieselben sind durch den Umstand bedingt, daß der Verlauf des ganzen Vorganges vom Lichtbogen stark beeinflußt wird und dessen veränderlicher Widerstand schwer zu berücksichtigen ist. Jedenfalls kann festgestellt werden, daß die Abschaltüberspannung in erster Annäherung der zeitlichen Änderung des zur Abschaltung gelangenden Stromes $\left(\frac{di}{dt}\right)$ direkt proportional ist, daher eine umso höhere Spannung zu erwarten ist, je plötzlicher die Stromunterbrechung erfolgt. Eine große Reihe von Versuchen, bei welchen die Schaltüberspannung mittels bestrahlten Kugelfunkenstrecken gemessen und die maßgebenden Größen auch oszillographisch festgehalten wurden, zeigen, daß die höchsten Überspannungen bei unterspannungsseitiger Abschaltung des leerlaufenden Transformators zu erwarten sind und diese den drei- bis dreieinhalbfachen Wert der Betriebsspannung annehmen können. Sie entstehen infolge der plötzlichen Unterbrechung des Magnetisierungsstromes und der hiedurch bedingten raschen Änderung des Hauptflusses im Transformator, durch welchen die beiden Wicklungen miteinander verkettet sind. Dementsprechend ist auch der Spannungserhöhungsfaktor für die an ein und demselben Schenkel angeordnete Hoch- und Niederspannungswicklung gleich. Die Einschaltüberspannungen sind wesentlich geringer und können als ungefährlich angesehen werden. Der Spannungserhöhungsfaktor nimmt mit steigender Spannung, das heißt mit steigender Sättigung ab, ebenso mit steigender Periodenzahl. Dieselbe Wirkung hat auch eine Verringerung der Zahl der Unterbrechungsstellen im Ölschalter, was mit einer Verminderung der Schaltgeschwindigkeit gleichbedeutend ist. Dieses Verhalten erklärt sich aus der bereits erwähnten Abhängigkeit von der zeitlichen Änderung des Stromes im Schaltmoment. Je kleiner der Strom ist (geringe Sättigung, kleine Periodenzahl), umso unstabiler brennt der Lichtbogen im Schalter und erlischt daher mit größerer Plötzlichkeit. Bei der niedrigen Periodenzahl tritt auch die kühlende Wirkung des Öles mehr in Erscheinung und begünstigt das rasche Abreißen des Lichtbogens ebenso, wie eine Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit durch Vermehrung der Unterbrechungsstellen. Durch dieselbe Überlegung läßt sich auch das bei unterspannungsseitiger Abschaltung ungünstigere Verhalten erklären; denn je höher die Spannung, umso stabiler brennt der Lichtbogen und umso mehr wird er zwischen den Kontakten ausgezogen. Die Versuche zeigten auch, daß durch Rückzündungen im Schalter im allgemeinen geringere Überspannungen hervorgerufen werden als bei der endgültigen Unterbrechung. Auch die Spannungsverteilung zwischen den einzelnen Spulen wurde wiederholt nachgeprüft und im wesentlichen als eine gleichmäßige festgestellt, so daß bei derartigen Schaltvorgängen größere örtliche Spannungsdifferenzen nicht zu erwarten sein dürften. Ganz allgemein kann festgestellt werden, daß nach modernen Grundsätzen gebaute Transformatoren durch Überspannungen der gegenständlichen Größe nicht gefährdet sind, daher auch besonderer Schutzeinrichtungen gegen solche nicht bedürfen. Immerhin wurde auch der Einfluß der vielfach auch zum Schutze von Transformatoren angewendeten Vorstufenschalter untersucht. Durch diese wird erreicht, daß der im Moment der Abschaltung des leerlaufenden Transformators zwischen Magnetisierungsstrom und Spannung bestehende, fast 90° betragende Phasenwinkel verringert wird und demzufolge die Spannung im Moment der Stromunterbrechung nicht den Höchstwert besitzt; auch kommt dann der schädliche Einfluß der raschen Erhöhung des Lichtbogenwiderstandes unmittelbar vor der Stromunterbrechung nicht so stark zur Geltung. Endlich wird die Gefahr von Rückzündungen vermindert. Die günstigsten Werte erhält man vom hier behandelten Gesichtspunkt aus bei Bemessung des Vorstufenwiderstandes mit dem zwei- bis zehnfachen Wert der Leerlaufimpedanz eines Transformatorschenkels; die Herabsetzung der Einschaltüberspannung erfordert dagegen wesentlich niedrigere Werte. Beiden Forderungen wird man noch am besten mit dem der Leerlaufimpedanz gleichen Wert gerecht. Andererseits ist aber nicht zu übersehen, daß die Vorstufenwiderstände gewisse Komplikationen für den Schalterbau mit sich bringen, auch unter Umständen mehr Platz beanspruchen, weshalb sie im allgemeinen zum Schutz von Transformatoren nicht als unbedingt nötig anzusehen sind. Endlich wurden auch die, bei der Abschaltung von leerlaufenden Leitungen (letzte Leitung) an den Klemmen der Transformatoren auftretenden Überspannungen untersucht, welche zufolge von Rückzündungen im Ölschalter theoretisch den 2·9-fachen Wert der Betriebsspannung erreichen können; eine Verringerung ist durch Vermehrung der Unterbrechungsstellen möglich. Die Versuche ergaben den 2·3-fachen Wert bei Zweifachunterbrechung, nur den 1·4-fachen bei Vierfachunterbrechung. Eine weitere Herabsetzung kann durch Vorstufenschalter erreicht werden. Die Einschaltüberspannungen sind auch in diesem Falle kleiner. Die bei den Versuchen festgestellten, unter dem theoretischen liegenden Werte erklären sich aus dem günstigen Ein-

[18]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 478, 837; 1927, S. 41.

Digitized by Google

fluß der Ableitung und der natürlichen Dämpfung der Versuchsleitungen, welche erhebliche Länge hatten.

F. Rutgers (Schweiz) besprach in seinem Bericht die Schwierigkeiten, welche beim Anschluß von verhältnismäßig kleinen Apparaten, zum Beispiel Eigenbedarfstransformatoren, an die Sammelschienen von großen Kraftwerken bestehen und empfiehlt, statt des sonst notwendigen Hochleistungsschalters Reaktanzspulen und Sicherungen zu verwenden, da deren Kosten schon bei 3000 A Dauerkurzschlußstrom geringer sind. Auch für den Anschluß von Spannungswandlern bestehen ähnliche Schwierigkeiten, da bei solchen die Verwendung von Ölschaltern abgesehen vom Raumbedarf, schon in Hinblick auf die Kosten nicht in Frage kommt, geeignete Sicherungen bis jetzt nicht bekannt geworden sind und der Anschluß ohne jedweden Schutzapparat bedenklich erscheint. Hier scheint eine, vor kurzem auf den Markt gebrachte Konstruktion Abhilfe zu versprechen, welche in der Kombination eines Hornschalters mit einem Widerstand besteht. Die im Falle eines im geschützten Apparat auftretenden Fehlers im Widerstand hervorgerufene Erwärmung dient in geeigneter Weise zum Ausschalten des Hornschalters, wobei der Strom durch den Widerstand in niedrigen Grenzen gehalten wird und daher eine leichte Unterbrechung ermöglicht wird. Der Widerstand kann aus festem Material bestehen oder auch als Flüssigkeitswiderstand ausgeführt werden. Es soll bereits gelungen sein, die Apparate so weit zu vervollkommnen, daß sie für 0·06 A Normalstrom bemessen bereits bei 0·08 A sicher auslösen. Der Spannungsabfall im Widerstand beträgt im Normalbetrieb 0·5 bis 1 vH, ist daher auf die Meßgenauigkeit ohne wesentlichen Einfluß. Der Abschaltlichtbogen ist sehr kurz und erreicht selbst bei 66 kV kaum 15 cm. Die Apparate werden bis zu 132 kV Spannung ausgeführt.

C. A. Stephens (England) hat über die weiteren Fortschritte im Bau von vollständig gekapselten Schaltanlagen, wie solche vorwiegend in England sich großer Beliebtheit erfreuen, berichtet und die großen betriebstechnischen Vorteile dieser Ausführungsart geschildert.

H. W. Young (V. St. A.) machte in seinem, die Vorteile der Normalisierung der Eisengerüste von Freiluftschaltanlagen behandelnden Bericht einige Angaben über die derzeit in Amerika bei der Ausführung solcher angewendeten Grundsätze, von welchen insbesondere die Verwendung von wagrecht angeordneten Drehtrennschaltern mit doppelter Unterbrechung, welche namentlich bei höheren Spannungen nicht mehr Platz beanspruchen, als jene mit senkrechter Anordnung, Antrieb der Trennschalter mittels eigenem, vom Boden aus bedientem Gestänge statt der früher angewendeten Bedienung mit Schaltstange, die Verwendung von Seilen statt von Rohren für die Sammelschienen und Leitungsverbindungen und möglichst derartige Anordnung der Apparate, daß sie vom Boden aus leicht überwacht und bedient werden können, zu erwähnen sind. Danach scheint sich die amerikanische Bauart mehr und mehr den bei uns von Anfang an angewendeten Grundsätzen anzupassen, deren Richtigkeit durch die bisherigen Betriebserfahrungen auch voll bestätigt wird[19]).

(Fortsetzung folgt.)

[19]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 322.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Dampfkraftwerk Venedig-Maghera. Von Ing. M. Mainardis. Die Società Adriatica di Elettricità hat zur Unterstützung ihrer Wasserkraftwerke von zusammen rund 350 000 PS und ihrer bestehenden Wärmekraftwerke in der Nähe von Mestre ein Dampfkraftwerk errichtet, das bei Vollausbau eine Leistung von 100 000 kW aufweisen soll. Zunächst sind zwei Maschinensätze von je 16 000 kW aufgestellt, ein dritter, gleich großer Satz folgt in diesem Jahre. Als Ergebnis eingehender Vorstudien wurde ein Dampfdruck von 26 atü und eine Dampftemperatur von 400° C gewählt und die Kessel wurden mit Riley-Unterschubfeuerung ausgerüstet. Der erste Ausbau umfaßt vier B.-W.-Dampfkessel. Die beiden von Franco Tosi in Legnago gelieferten Kessel haben je 1200 m² Heizfläche, 420 m² Überhitzer- und 900 m² Vorwärmerfläche. Auf dem Rost können stündlich bis 5000 kg Kohle von 7200 kcal oder 6500 kg von 6000 kcal bei 12 vH CO_2-Gehalt der Rauchgase verbrannt werden; es ist sowohl Unterwind als auch Saugzug vorgesehen. Die normale Belastung der Kessel ist 30 kg Dampf je m² Heizfläche und Stunde, die Höchstbelastung 40 kg. Gewährleistet wurde ein Gesamtwirkungsgrad der Kesselanlage von 85 und 80 vH bei normaler und Höchstbelastung und einer Speisewassertemperatur von 60° C, bezw. von 86 und 81 vH bei 30° C, sowie eine Vorwärmung des Speisewassers von 60° auf 115° oder 30° auf 95° C bei normaler und von 60° auf 105° oder 30° auf 90° bei Überlast. Bei den beiden anderen, von A. Borsig G. m. b. H. in Berlin gelieferten Kesseln ist die Heizfläche nur 1100 m² je Kessel, dementsprechend sind auch die Roste für eine etwas kleinere Kohlenmenge bemessen, alle übrigen Größen und Werte stimmen mit denjenigen für die Tosi-Kessel überein. Das Speisewasser läuft im geschlossenen Kreislauf durch die Kessel, Turbinen und Kondensatoren, das zum Ersatz der Verluste dienende Wasser (5 vH) wird vorerst destilliert, das gesamte Wasser wird entlüftet, und zwar in Entlüftern der Atlaswerke, Bremen, derart, daß höchstens 0·1 g Sauerstoff je m³ Wasser verbleibt. Während des Entlüftens wird das Wasser auch von 30° auf 60° C mit Abdampf der Hilfsturbinen vorgewärmt. Von der Speisewasservorwärmung durch Abzapfdampf der Hauptturbinen wurden im Interesse einer möglichsten Einfachheit der Anlage abgesehen. Zum Antriebe der Hilfsmaschinen sind außer kleinen Gegendruckdampfturbinen noch als Reserve Drehstrom-Asynchronmotoren für 220 V, 42 Per/s vorgesehen. Nur für die Saugzugventilatoren wurden, um die Drehzahl entsprechend der Last regeln zu können, für die zwei zu einem Schornstein gehörenden Ventilatoren ein Asynchron- und ein Kollektormotor mit veränderlicher Drehzahl verwendet.

Die von Tosi gelieferten Dampfturbinen von 22 000 PS Normalleistung bei 2520 U/min sind für Dampf von 25 atü und 375° C bestimmt und können dauernd um 20 vH überlastet werden. Die dreigehäusigen Turbinen bestehen aus drei Gleichdruck- und 53 Überdruckstufen. Von den letzteren gehören 24 zum Hochdruck-, 17 zum Mitteldruckteil und 9 zum Niederdruckteil. Im Mitteldruckteil ist die Richtung der Dampfströmung entgegengesetzt wie im Hochdruckteil, um den Axialschub auszugleichen, der Niederdruckteil ist mit gegenläufigen Gruppen von Rädern (Zweiflußbauart) ausgerüstet. Die Parsonssche Kennziffer der Turbine ist rund 3000. Der Überdruckteil des Hochdruckläufers und die Mitteldruckläufer sind als Trommeln ausgebildet, die übrigen Stufen bestehen aus einzelnen Scheiben. Von dem Fliehkraftregler werden die Servomotoren der vier Regelventile gesteuert, von welchen das zweite erst bei Dreiviertellast und das dritte und vierte erst bei Vollast geöffnet werden. Der Oberflächenkondensator ist so bemessen, daß bei 15° C Kühlwassertemperatur und bei Normallast eine Luftleere von 96 vH aufrecht erhalten werden kann, wobei je kg Dampf 90 kg Kühlwasser (das dem Meere entnommen wird) erforderlich sind. Bei 16 000 kW Leistung, dem angegebenen Dampfzustande und 15° C Kühlwassertemperatur ist ein Dampfverbrauch von 4·26 kg/kWh, das sind 3200 WE. an den Stromerzeugerklemmen ge-

Digitized by Google

messen, gewährleistet, sowie ein Ölverbrauch von 700 g/h. Bei Auspuffbetrieb können die Turbinen je 6000 kW leisten. Die wichtigsten Kennzahlen der aus den Werkstätten von Ganz (Budapest) stammenden Drehstromerzeuger sind folgende. Normalleistung 22 000 kVA bei cos $\varphi = 0{\cdot}7$; dauernde Höchstleistung 26 500 kVA bei cos $\varphi = 0{\cdot}6$, sowohl vor- als auch nacheilend, bei von 9500 bis 11 500 V veränderlicher Spannung; 20 000 kVA Leistung bei cos $\varphi = 0$, sowohl vor- als auch nacheilend; Sternschaltung; Wirkungsgrad bei cos $\varphi = 0{\cdot}7$ 95 vH; Spannungsänderungen bei Durchgang von Vollast bis Leerlauf mit unveränderlicher Drehzahl und Erregung und cos $\varphi = 0{\cdot}7 : 45 - 35 - 29$ vH, entsprechend 9500, 10 500 und 11 500 V; Übertemperatur der einzelnen Teile bei 35° C Lufttemperatur 50 bis 60° C; direkt gekuppelte Erregermaschine mit Spannungsänderung bis auf die Hälfte des normalen Wertes. Die Kühlluft wird in geschlossenem Kreislauf durch die Stromerzeuger und die Rückkühler geführt, von welchen einer von der GEA (Bochum), der zweite von einer italienischen Firma geliefert ist. Das Kühlwasser wird ins Meer zurückgeleitet. Mit jedem Stromerzeuger ist ein 22 000 kVA-Transformator verbunden. Der Strom wird teils auf 55, teils auf 110 kV hinauftransformiert und mit diesen Spannungen weitergeleitet. Für den Werksbedarf ist an die 11 kV-Sammelschienen, auf welche die Stromerzeuger auch arbeiten können, ein 4000 kVA-Transformator mit 220 V Sekundärspannung angeschlossen. Die Spannungsregelung kann außer durch Veränderung der Erregerspannung von Hand aus auch durch einen selbsttätigen Regler bewirkt werden. Als Schutz der Stromerzeuger- und Transformatorengruppen ist ein Schnellstrombegrenzer, Bauart BBC, vorgesehen, im Verein mit einem Höchststrom-Zeitrelais der ASEA. Auch die bisher aufgestellten zwei 11/55 kV Öltransformatoren stammen aus den Werkstätten der italienischen Brown Boveri-Gesellschaft. Für diese wurde gewährleistet: Wirkungsgrad bei Vollast 98·6 vH (cos $\varphi = 1$) und 98·1 vH (cos $\varphi = 0{\cdot}75$), Eisenverluste 122 kW, Kupferverluste 185 kW, Kurzschlußspannung 6 vH.

Die Kosten der Anlage betragen für die Kesselanlage einschließlich der Pumpen 200 Lire je m² Heizfläche, für die Maschinenanlage 20 Lire je kW und für die Transformatoren und Apparate 12 Lire je kW. Die Aufteilung der gesamten Kosten, unter der Annahme, daß noch der dritte Maschinensatz samt allen zugehörigen Teilen aufgestellt wird, wofür die bisherigen Gebäudeanlagen bereits bemessen sind, ergibt, daß 37·5 vH der Kosten auf die Kessel und Rohrleitungen, 27·5 vH auf die Maschinensätze, 7·5 vH auf die sonstigen elektrischen Einrichtungen und 14 vH auf die Gebäude entfallen. J.

(L'Energia Elettrica, Bd. 4, H. 9, 1927.)

Belastungsgebirge. Von Dr. Ing. Adolph. Schneidet man die täglich auf einen Karton aufgetragenen Belastungskurven eines Elektrizitätswerkes aus und reiht sie aufrechtstehend aneinander, so erhält man ein gebirgsartiges Gebilde, ein sogenanntes Belastungsgebirge, an dem man in außerordentlich klarer Form die Belastungsverhältnisse des Werkes übersieht. Die Koordinaten des Gebildes sind in der Wagrechten Tagesstunden und Datum, in der Lotrechten kW. Da die Belastung der einzelnen Tage, namentlich der Samstage, Sonn- und Wochentage voneinander oft stark verschieden sind, erhält man Unregelmäßigkeiten, die man aber abschleifen kann, wodurch man ein aus parallelen Höhenzügen bestehendes Gebilde erhält, das einem Gebirgsstock in der bekannten räumlichen Darstellung der Hochgebirgsaufnahmen sehr ähnlich sieht. Das tiefe Tal der Nachtbelastung läuft das ganze Jahr durch, es wird begleitet von einem breiten Rücken, der Vormittagsbelastung, die allenfalls in einen Doppelrücken mit einem ausgeprägten scharfen Kamm ausarten kann. Die Mittagspause ist durch eine scharfe Einkerbung gekennzeichnet. An diese schließt sich der Nachmittagsrücken, der im Winter nur einen Höhepunkt zeigt, je weiter jedoch die Jahreszeit vorrückt, desto mehr teilt sich der Rücken in zwei Kämme, die sich gegen den Herbst wieder vereinigen. Der Kamm der Abendspitze läßt die tiefe Senke der Sommerbelastung deutlich erkennen. Weitere Erkenntnisse lassen sich finden, wenn man im Belastungsgebirge die Höhe der Dauerbelastung, der während 1000 Stunden erforderlichen Spitzenarbeit und die der dazwischen liegenden Mittelbelastung durch eine besondere Farbe kennzeichnet. Setzt man das Gebirge aus lauter planparallelen Platten zusammen, die jede eine gewisse Leistung, zum Beispiel 10 000 kW darstellen, so sieht man, welche Bedeutung jeder dieser Belastungen zu kommt. Ihr nach oben abnehmender Flächeninhalt gibt einen Maßstab für ihre Benutzungsdauer. Diese Belastungsgebirge geben für den Betriebsmann ein sehr anschauliches Bild über die voraussichtliche Entwicklung der Belastung, anschaulicher als es die bloß auf Papier aufgezeichneten und gesammelten Schaubilder tun würden. Er kann sich weiters ein besseres Bild über die Bereitstellung der Reserven, über die Ausnutzung der einzelnen Maschinengruppen machen. Hat ein Werk mehrere Energiequellen, so geben die Gebirge dieser Teilkraftquellen ein Bild über die Ausnutzung dieser. Ja es läßt sich auf diesem Wege sehr schön erkennen, wieweit etwa eine auszubauende Wasserkraft in einem bestehenden Belastungsgebirge untergebracht werden kann, indem man die jeweils verfügbare Wasserkraftenergie durch wagrechte Drähte darstellt, die das vorhandene Belastungsgebirge durchdringen. Auf diese Weise wurde für eine norddeutsche Stadt festgestellt, daß der Ausbau einer Wasserkraft für sie keinen Wert hätte. Aber nicht nur der Betriebsmann wird Nutzen daraus schöpfen, sondern auch der Nichtfachmann, dem so an Stelle einer Reihe von oft recht abstrakten Abhandlungen, zum Beispiel der Wert der Nachtspeicherung vor Augen geführt wird. Die Verwaltung des Elektrizitätswerkes kann sich leichter ein Bild machen, wo und in welchem Maße tarifarische Maßregeln zur Hebung des Elektrizitätsverbrauches anzusetzen sind. Schließlich kann der Leiter eines Werkes an Hand eines solchen Belastungsgebirges den Stadtverordneten leichter seine Pläne, technischer oder tarifarischer Natur darlegen und so auf besseres Verständnis hoffen. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 5 und 46, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Dehnungskabel. Von Dipl. Ing. Ullmann. Durch die in Bergwerksgebieten unvermeidlichen Bodensenkungen werden die im Boden verlegten Kabel gestreckt oder auch gestaucht, welchen Beanspruchungen sie aber nur bis zu einem gewissen Grade folgen können. Verwendet man Dehnungsmuffen, das sind Muffen, in denen an Stelle der starren Verbindungsklemmen elastische Bänder angebracht sind, so kann eine Bewegungsmöglichkeit in der Längsrichtung von $\pm 7{\cdot}5$ cm erreicht werden. Dabei bleibt aber das Kabel selbst starr, so daß die Längenänderung in vielen Fällen nicht ausreicht. Die Land- und Seekabelwerke A.-G. in Köln-Nippes machen daher das ganze Kabel dehnbar, und zwar bis zu einem Betrage von ± 1 vH, was bei einer Kabellänge von 300 m schon 3 m ausmacht, ein Betrag, der auch bei den größten Bodenbewegungen genügt. Bei diesem Kabel ist zum Unterschied von der gewöhnlichen Bauart der mittlere, nicht dehnbare Draht durch eine dehnbare Juteeinlage ersetzt worden, um die mit einer weit geringeren Steigung wie üblich die verseilten Leiter liegen. Die Verbindungsklemmen wurden so hergestellt, daß sie die Zugkräfte bei der Dehnung aufnehmen können. Den Verlagerungen der Verbindungsklemmen im Inneren der Muffe durch Zug wurde durch besondere Zwischenstücke vorgebeugt, Stauchungen wird durch Isolierrohre, die die Klemmen umfassen, sowie durch Formstücke um die Adern begegnet. Hierdurch werden Kurz- und Erdschlüsse vermieden. Die in Zechen des rheinisch-westfälischen Bergbaugebietes verlegten Dehnungskabel haben in der kurzen Probezeit voll befriedigt. V. H.

(Glückauf, Nr. 36, 1927.)

Digitized by Google

Ein neuer Betonmast. Oberingenieur Kisse weist auf die hohen Kosten der Auswechslung von Holzmasten infolge ihrer verhältnismäßig geringen Lebensdauer von 10 bis höchstens 15 Jahren hin. Da in Deutschland rund 2·4 Mill. km Leitungen vorhanden sind, kommen etwa 600 000 Stück alljährlich zur Auswechslung. Da der Mast mit 25 Mk., die Aufstellung mit Installationsarbeit mit 35 Mk. berechnet werden muß, so müssen jährlich 36 Mill. Mk. ausgegeben werden. Die bisher versuchten Maste aus Stampfbeton erwiesen sich als nicht genügend widerstandsfähig, andere Herstellungsarten ergaben zu hohe Preise. Der Verfasser hat nun einen neuen Betonmast konstruiert, welcher durch ein neuartiges Schüttelverfahren aus besonders dichtem Doppelzement mit Kies hergestellt wird und eine Armierung aus spiralumwickelten Längsstäben aus Stahl mit 60 bis 70 kg/cm² Zugfestigkeit erhält. Sein gegliederter Querschnitt hat geringes Gewicht zur Folge, von 500 kg angefangen. Querrippen in 1 m Abstand erleichtern das Besteigen. Der Preis ist mäßig und beträgt 55 Mk. für die leichteste Type, so daß gewöhnliche Leitungen nicht teurer sind als Holzleitungen, bei Hängeisolatoren bloß 10 bis 15 vH teurer. Ein km fertige Leitung stellt sich bei Stützisolatoren für 20 kV, 3 Seile je 25 mm², 100 m Spannweite auf etwa 3350 Mk., bei Hängeisolatoren auf 3937 Mk. Der Mast soll sich besonders in Süddeutschland gut eingeführt haben[1]). Ho.
(Elektrizitätswirtschaft Nr. 442, Jahrg. 26, Sept. 1927.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektrischer Betrieb im Tunnel zwischen New York und New Jersey. Im November v. J. wurde die ausschließlich für Straßenfahrzeuge bestimmte, nach dem Urheber des Projektes Holland-Tunnel genannte Untergrundstraße eröffnet, die die Fahrzeit von New York nach New Jersey um 10 min kürzt. Wenn schon beim Bau, der einen Materialaushub von 380 000 m³ entsprach, die elektrische Energie eine große Rolle gespielt hat, so ist sie es, welche die Betriebsführung überhaupt ermöglicht. Dabei ist die absolute Zuverlässigkeit der Stromversorgung für die Ventilation, Beleuchtung und Signalisierung die Hauptsache. Die von 3800 Autos in der Stunde erzeugte Gasmenge erfordert eine 42malige Erneuerung der Luft je Stunde, wenn Gefährdungen vermieden sein sollen. Dies bedeutet eine Luftförderung von 105 000 m³ in der Stunde. Zwei Ventilatorhäuser stehen an den Tunneleingängen und zwei an den Flußufern. Insgesamt stehen 56 Flügelräder mit 4000 PS in Betrieb, während 6000 PS zur Verfügung stehen. Die Frischluft wird der Fahrbahn von unten zugeführt und die verdorbene an der Tunneldecke abgesaugt, so daß die Luftströmung vom Boden zur Decke und nicht in Richtung des Tunnels zieht. Die Abgase eines Autos machen sich daher nur in einem Umkreis von 9 bis 12 m bemerkbar. Die Beleuchtung erfolgt mittels 150 W 115 V Klarglaslampen, die in emaillierten Reflektoren mit einer Kristallglasglocke am oberen Rand der Seitenwände eingebaut sind. Alle 6 m sind solche Beleuchtungskörper angebracht. An den Einfahrten sind die Abstände geringer, um einen allmählichen Übergang vom Tageslicht zur Innenbeleuchtung zu erhalten. Die Autos haben mit abgestelltem Scheinwerfer zu fahren. Eine besonders gewählte weiße Auskleidung der Wände unterstützt eine gleichmäßige Helligkeit, die nur um ± 20 vH um den Mittelwert schwankt. Die Beleuchtung erfordert 600 kW. In je 72 m Abstand befindet sich ein Signallicht, das von dem Aufsichtsposten und von der Zentralkontrollstelle aus bedient wird. Eine Reihe von Pumpen dient zur Entfernung des Sickerwassers. Die Kraftversorgung erfolgt von beiden Seiten aus über je 3 Kabel für 13 200 V 60 Per/s Drehstrom aus den Anlagen der beiden Städte. Die Anlage ist mit vier verschiedenen Kraftwerken direkt verbunden, von denen jedes die ganze Last übernehmen kann. Die Spannung wird auf 2300 V heruntergespannt und von beiden Seiten über drei Kabel bis zum anderen Ende durchgeführt. In jedem Ventilatorhaus sind Doppelsammelschienen von 2300 V vorhanden. In den beiden Häusern am Ufer wird auf 220 V für das Licht und die Signalanlage transformiert, für die außerdem noch in jeder Uferstation eine Akkumulatorenbatterie bereit steht. Die Ventilator- und 19 Pumpenmotoren über 50 PS sind an 2300 V, die kleinen an 440 V angeschlossen. Die 440 V-Sammelschienen sind untereinander wieder durch drei Kabel verbunden, so daß jedes Gebiet von beiden Kraftwerken aus über je drei unabhängige Kabel gespeist werden kann. Für das Licht läuft von jedem Ufer aus ein Kabel zum anderen Ufer. In der Überwachungsstation kann jeder Motor, Schalter, Signal und die Beleuchtungssektion überwacht werden. Ein registrierendes Meßgerät gibt den CO-Gehalt der Luft in jedem Ventilationsabschnitt an. Die Drehzahl jedes Motors kann von hier aus auf drei Stufen geregelt werden. Einige Ventilatormotoren können auch an Ort und Stelle von Hand geregelt werden, was an der Kontrolltafel sichtbar gemacht wird. Für den Dienst im Tunnel stehen vier Elektromobile zur Verfügung. Zwei sind als Feuerwehrwagen, Schlepper und für erste Hilfeleistung eingerichtet. Sie haben an beiden Enden Führersitze und sind nach beiden Richtungen fahrbar. Eines ist ein schnellfahrender Wagen, das letzte dient zur Reinigung und allgemeinen Instandhaltung. Wl.
(Electrical World, Bd. 90, Nr. 27, 1927.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Temperaturbeobachtung in der Industrie. P. H. Clark. Die Haupteigenschaften elektrischer Widerstandsöfen sind Sauberkeit, geringe Instandhaltungskosten, mäßiger Raumbedarf und genaue Einhaltung der Temperatur. Letztere Eigenschaft beruht nicht so sehr auf der Entwicklung der Temperatur-Kontrollapparate, vielmehr auf den Eigenschaften der für die Heizkörper verwendeten Nickel-Chrom-Legierungen. Diese halten Temperaturen bis 110° C aus und haben einen sehr niedrigen Temperaturkoeffizienten, etwa 10 vH zwischen 20° und 1000° C gegenüber Kupfer mit 500 vH oder Nickel mit 700 vH. Ein hoher Temperaturkoeffizient würde große Stromstöße beim Einschalten im kalten Zustand bewirken und dazu zwingen, alle Kontakte und Schaltapparate diesen hohen Stößen anzupassen. Die Nickel-Chrom-Heizkörper ermöglichen dagegen recht einfache Kontrolleinrichtungen. Letztere beruhen teils auf der Wärmedehnung der Metalle, teils auf der Ausdehnung der Gase, teils auf der Thermoelektrizität.

Zu den erstgenannten gehören die Thermostaten, welche den bekannten Bimetallstreifen verwenden. Dieser hat entweder Spiralen- oder Schraubenform. Ein Ende ist festgeklemmt, das andere ist beweglich und berührt bei Höchst- und Niedrigsttemperatur je einen elektrischen Kontakt. In anderer Ausführung kippt der Bimetallstreifen eine geschlossene Glasröhre, welche mit Quecksilber versehen ist. Diese schließt beim Kippen in der einen oder anderen Richtung je einen eingeschmolzenen Kontakt. Ein anderer Thermostat benützt die hohe Wärmedehnung des Aluminiums. Ein gerader Al-Streifen und zwei zu seinen Seiten befindliche Stahlstreifen sind unten zusammengeklemmt. Letztere sind oben mit der Thermostatplatte fest verbunden, während der Al-Streifen sich nach oben frei dehnen kann und dabei einen Kontakt betätigt. Solche Apparate sind bis 300° verwendbar und werden zum Eintauchen in Schmelztiegel benützt. Für höhere Temperaturen eignen sich Expansionsthermostaten. Sie bestehen aus einer Metallbüchse, welche durch ein enges, beliebig langes Metallrohr mit dem Anzeigeapparat verbunden ist. Die Füllung der Büchse besteht für Temperaturen bis 550° C aus einem Gas oder Quecksilber. Das Verbindungsrohr kann bis 100 m lang sein, ohne daß ein störender Fehler in der Angabe auftreten würde. Der Meßapparat enthält ein Bourdonrohr in Form einer Schraube, welche mit ihrem Ende eine zentrische Achse dreht, an welcher ein Zeiger befestigt ist. Dieser kann mit zwei Zeigern Kontakt machen, welche einzeln je nach der gewünschten Ein- und Ausschaltetemperatur eingestellt werden können.

[1]) Über Betonmaste vgl. a. E. u. M. 1922, S. 518; 1923, S. 6, 705; 1925, S. 582.

Digitized by Google

Für 400° C bis zu den höchsten Temperaturen kommen fast nur Pyrometer[1]) zur Verwendung. Die auf dem thermoelektrischen Prinzip fußenden Apparate benützen Thermoelemente, zwei Drähte aus verschiedenen Metallen, welche an einem Ende verlötet sind, während die freien Enden an ein Millivoltmeter oder Galvanoskop geführt sind. Die angezeigte Spannung ist der Temperaturdifferenz zwischen der Lötstelle und den freien Enden proportional, so daß die Anzeigeinstrumente eine Temperaturskala erhalten können. Bis 2000° genügen billige Metalle, darüber hinaus müssen gewöhnlich Platin und Rhodium verwendet werden. Das zugehörige Millivoltmeter muß ziemlich empfindlich sein, etwa 15 Ω/mV. Es erhält zwei Grenzkontakte, welche auf einen angebauten Ofen-Kontrollapparat wirken. In diesem schließt ein Motor in Abständen von etwa 15 sek abwechselnd einen Hoch- und Niedrigtemperaturkontakt. Ist gleichzeitig der entsprechende Kontakt des Galvanometers geschlossen, so wird durch ein Relais der Heizstrom ein- oder ausgeschaltet. Ein anderer Apparat bedient sich einer höchst empfindlichen Vergleichsmethode. Eine Trockenzelle speist über einen Regelwiderstand einen kreisrund gespannten, kalibrierten Meßdraht mit einstellbarem Kontaktarm. Der Spannung zwischen dem Kontaktpunkt und einem Ende des Meßdrahtes wird die Spannung des Thermoelementes entgegengesetzt, in dessen Stromkreis ein empfindliches Galvanometer geschaltet ist. Der Ausschlag desselben wird durch Vermittlung motorisch betätigter Kontakte zur Steuerung des Heizstromes benützt. Zur Eichung des Stromkreises des Trockenelementes dient ein Kadmium-Normalelement, welches durch einen Umschaltetaster an Stelle des Thermoelementes gesetzt wird. Bei richtiger Stellung des Regelwiderstandes darf bei Tasterdruck das Galvanometer die Stellung nicht ändern.

Für industrielle Zwecke werden auf einer Schalttafel alle Apparate vereinigt, zu welchen ein Kontaktrelais für geringen Strom gehört, welches auf ein mehrpoliges Schütz für den Heizstrom wirkt, ferner ein Überstromrelais. Letzteres muß eine spezielle Konstruktion sein, weil es schon bei geringer Stromerhöhung ansprechen muß, wenn etwa ein Teil des Heizwiderstandes durch einen Betriebszufall kurzgeschlossen wird. Durch die Ofentüre wird ein Kontakt betätigt, welcher beim Füllen und Entleeren des Ofens diesen stromlos macht, um einen Kurzschluß der Elemente und Unfälle zu vermeiden. Im Stromkreis des Kontaktrelais liegt meist eine Temperaturbegrenzungssicherung, welche im Ofenraum untergebracht ist. Dieselbe enthält einen Golddraht je nach dem Zweck des Ofens verschiedener Stärke. Gold wird gewählt, weil es bei den hohen Temperaturen nicht oxydiert. Ist der Ofen sehr lang, was besonders bei den kontinuierlichen Öfen zutrifft, in welchen das Material auf einem Transportband durchgeführt wird (Härteöfen)[2]), so wird derselbe in mehrere Sektionen unterteilt, deren Temperatur in verschiedener Höhe gehalten werden muß. In solchen Fällen sind mehrere Kontrollapparate nötig, ebenso entsprechend verlängerte Schalttafeln. Bei Glühöfen für feine Glaswaren, optische Linsen, Röntgenröhren und dgl. ist die Einhaltung eines zeitlich genau bestimmten Temperaturprogrammes notwendig, welches den Erhitzungs- und Abkühlungsprozeß umfaßt und sich bei Teleskoplinsen auf einige Tage erstreckt. Für diese Fälle werden motorisch betätigte Kontaktapparate verwendet, welche den Prozeß selbsttätig sicherstellen. Ho.
(General Electric Review, Bd. 30, Nr. 9, Sept. 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Molekulare und technische Durchschlagsfeldstärke fester elektrischer Isolatoren. Die unter diesem Titel von W. Rogowski[3]) veröffentlichte Arbeit, über die an dieser Stelle bereits berichtet wurde, hat zu zwei neuen Arbeiten angeregt. In der ersten unter demselben Titel erschienenen Arbeit von Adolf Smekal, Wien, wird im Gegensatz zu W. Rogowski, jedoch in Analogie mit den Erscheinungen bei der mechanischen Beanspruchung angenommen, daß sich zwischen die umkehrbaren Vorgänge bei geringen elektrischen Beanspruchungen und den elektrischen Durchschlag ein elektrisch-plastischer Zwischenzustand einschiebe. Da das ultra- oder amikroskopische dreidimensionale Spaltensystem, auf welches der Unterschied zwischen molekularer und technischer Durchschlagsfeldstärke zurückgeführt wird, eine mathematische Behandlung kaum zuläßt, nimmt der Verfasser an, daß man wenigstens der Größenordnung nach Parallelismus mit den mechanisch-elastischen Vorgängen voraussetzen dürfe. Geht man von Rogowskis Gleichung für das kristallisierte Steinsalz

$$\mathfrak{E} = (\varepsilon/a_0^2) \cdot (2{\cdot}5\,\xi + 96{\cdot}7\,\xi^3)$$

($\mathfrak{E}$ = angelegte Feldstärke, ε = Ionenladung, a_0 = Gitterabstand im unbeanspruchten Gitter, ξ = Abstandsänderung je Einheitsabstand) aus, welche eine Beziehung zwischen der angelegten Feldstärke und der Abstandsänderung ξ im idealen Kristall herstellt, so sieht man zunächst, daß bis $\xi = 0{\cdot}02$ das nicht lineare Glied verschwindet und das Hookesche Proportionalitätsgesetz auch für die elektrische Beanspruchung gilt. Nun bringt es das Spaltengefüge mit sich, daß die technisch-mechanische Proportionalitätsgrenze für Steinsalz nach Voigt schon bei $\xi = 0{\cdot}5$ bis $1{\cdot}2 \cdot 10^{-4}$ auftritt; in Analogie hiezu nimmt daher der Verfasser als untere Grenze für den Beginn des elektrisch-plastischen Zustandes die nach Rogowskis Formel für diese ξ berechneten Feldstärken $\mathfrak{E}_1$:

$$\mathfrak{E}_1 = 0{\cdot}8 \text{ bis } 1{\cdot}8 \cdot 10^2 \text{ ESE} \sim 23 \text{ bis } 54 \text{ kV/cm}$$

an. Nach Joffe tritt jedoch bei der plastischen Verformung von Steinsalz eine beträchtliche Verfestigung ein, so daß höhere Werte von ξ ohne Zerstörung des Kristalls auftreten können. Diese Gitterverschiebungen können jedoch, da sie durch röntgen-optische Untersuchungen nicht nachgewiesen werden konnten, den Betrag $\xi = 10^{-3}$ nicht überschreiten. Dies gibt eine obere Grenze der Feldstärke $\mathfrak{E}_2$:

$$\mathfrak{E}_2 = 1{\cdot}5 \cdot 10^3 \text{ ESE} \sim 450 \text{ kV/cm}.$$

Zwischen diesen beiden Grenzen sollte also die Durchschlagsfeldstärke liegen. Dies ist auch tatsächlich der Fall, da sie zum Beispiel von L. Inge und A. Walther[1]) zu $\mathfrak{E} = 200$ kV/cm bestimmt wurde. Dies spricht für den angenommenen Parallelismus zwischen technisch-mechanischer und technisch-elektrischer Festigkeit. Bezüglich des als „Lockerstruktur" bezeichneten Spaltengefüges kann der Verfasser die von Siedentopf durch Einlagerung von färbenden Natriumionen in die Spalten ermittelten Spaltenabmessungen nicht gelten lassen, da bei der hohen verwendeten Temperatur von 680° C eine Vergröberung der Lockerstruktur nicht ausgeschlossen ist. Färbeversuche des Verfassers[2]) bei nur 200° C mit kurzwelligster Ultraviolett-Röntgen- oder Gammastrahlung lassen auf eine Spaltenlänge von nur 10^{-6} cm im unbeanspruchten Zustande schließen. Bei Beanspruchungen über die Elastizitätsgrenze tritt durch Gleitebenenbildung plastische Verformung ein. Hiebei gehen die Gleitebenen durch die ursprünglichen Lockerstellen und außerdem treten — durch intensivere Färbung angezeigt — neue Lockerstellen in etwa der zehnfachen Anzahl auf. Da wegen der unwesentlichen Dichteänderungen eine wesentliche Vermehrung der inneren Hohlräume ausgeschlossen ist, kann die Verformung nur das ursprüngliche, ungeordnete Spaltensystem in ein solches mit ausgesprochenen Vorzugsrichtungen verwandeln. Das wird nun auch für das plastische Gebiet bei elektrischer Beanspruchung angenommen. Gemäß der Ansicht, daß die beobachtbare

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 101; 1923, S. 65; 1925, S. 283; 1926, S. 271.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 695; 1925, S. 451.
[3]) Arch. f. Elektrot. 18, H. 2, S. 123, siehe auch E. u. M. 1927, S. 982.

[1]) Z. S. f. Physik, Bd. 37, 1926, S. 292.
[2]) Wien. Akademie-Anz. 1926, S. 195; 1927, S. 22 und 46.

Digitized by Google

elektrolytische Leitfähigkeit in festen Salzen praktisch allein durch deren Lockerstruktur ermöglicht wird, muß ferner die jeweils vorhandene Zahl beweglicher Ionen proportional der an wegsamen Spaltenbahnen gelegenen freien Ecken- und Kantenionen sein. Die Zunahme der Lockerstellen bei der mechanischen plastischen Verformung muß also mit einer Zunahme der Leitfähigkeit verbunden sein, wofür Anzeichen in Versuchen von Joffe und Zechnowitzer[1]) vorliegen. Dementsprechend zeigt sich nach dem Pooleschen Gesetze und neueren Versuchen auch im plastischen Gebiete der elektrischen Beanspruchung erhöhte Leitfähigkeit. Schließlich tritt, wie dies auch Rogowski annimmt, der eigentliche örtliche Durchbruch durch die gitterzerstörende Stoßwirkung der längs der Spalten freiliegenden, feldbeschleunigten Ionen ein.

In der zweiten Arbeit behandelt G. E. Horowitz „Das Griffithsche Prinzip und die dielektrische Durchschlagsfestigkeit", indem er den elektrischen Durchschlag nach der formalen Methode von Griffith unter der Annahme berechnet, daß er durch einen unmittelbaren Zerriß (Griffithschen Riß) mittels mechanischer Kräfte, welche infolge des elektrischen Feldes auf die Rißflächen wirken, vor sich geht. Beim mechanischen Problem tritt Zerreißen ein, wenn das Gleichgewicht der Körperstruktur labil wird, also die potentielle Energie ein Maximum erreicht. In einem unendlich schmalen, von der Oberfläche aus eindringenden Risse von der Tiefe λ in einer Platte, die senkrecht zur Rißebene der Zugspannung P ausgesetzt ist, ist nach Wolf[2]) die potentielle Energie

$$U_1 = -(1+\mu)\,\pi P^2 \lambda^2/4E + 4\sigma\lambda \quad \ldots (1a)$$

(E = Elastizitätsmodul, μ = Poissonsche Konstante, σ = Oberflächenspannung). Für das Maximum der potentiellen Energie $\partial U_1/\partial\lambda = 0$ erhält man:

$$P_{krit.}\sqrt{\lambda} = \sqrt{8\sigma E/(1+\mu)\pi} \quad \ldots (1).$$

Griffith nimmt als normale Rißtiefe $\lambda = 10^{-4}$ an. Der Verfasser folgert, daß diese Risse in ähnlicher Weise auch die elektrische Festigkeit der Körper beeinflussen

Stoff	ε	σ dyn/cm	E kg/cm²	$P_{krit.}$ kg/cm²
Glas . . .	5 bis 6	500	5 bis 8 . 10^5	900
Porzellan .	5½ bis 6	500 (?)	7 „ 8 . 10^5	250
Steinsalz .	5 bis 6	150	4 . 10^5	50

und führt eine entsprechende Berechnung der kritischen Feldstärke mittels des Grenzüberganges von einem halbelliptischen Zylinder nach Abb. 1 zu einem unendlich schmalen Riß durch. Der Halbzylinder wird zunächst zu einem vollen Zylinder ergänzt, der sich in einem unendlich ausgedehnten festen Dielektrikum befindet. Die Feldstärke sei F; ν und λ seien die beiden Halbachsen des Zylinderquerschnittes. Die Dielektrizitätskonstante sei

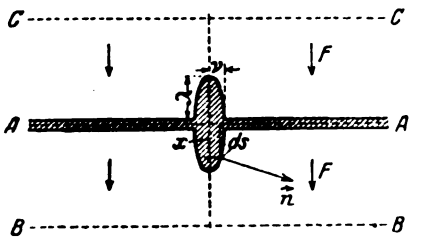


Abb. 1.

ε und die Berechnung der Energie werde auf 1 cm Achsenlänge des Zylinders bezogen. Das Innere des Zylinders sei durch Ionisation der erfüllenden Luft leitend gemacht. Die Ladungsdichte auf der Längeneinheit der Zylindererzeugenden ist dann

$$\varrho = -F.\cos(nF).\varepsilon.\lambda/(\lambda+\nu) \quad \ldots (2a),$$

worin $F.\cos(nF)$ gleich der Projektion des Feldvektors auf die Flächennormale ist. Die dieser Ladung entsprechende elektrische Energie des Halbzylinders ist

$$W_1 = -(1/4).\int F.\varrho x.ds = -(\pi/4).\varepsilon F^2\lambda(\lambda+\nu) \quad (2c)$$

und beim Übergange auf $\nu = 0$, das ist den unendlich schmalen Riß:

$$W_{Riß} = -(\pi/4)\,\varepsilon F^2\lambda^2 \quad \ldots\ldots (2).$$

(Die Richtigkeit dieser Formeln wäre wohl noch nachzuprüfen, da bei der Ableitung offensichtlich starke Druckfehler unterlaufen sind. D. Ber.) Hiezu kommt noch die Oberflächenenergie, die auf 1 cm Zylinderlänge $2\lambda\sigma$ beträgt, so daß man erhält:

$$U = -(\pi/4).\lambda^2\varepsilon F^2 - 2\lambda\sigma \quad \ldots\ldots (3)$$

und für $\partial U/\partial\lambda = 0$:

$$F_{krit.}\sqrt{\lambda} = \sqrt{4\sigma\pi\varepsilon} \quad \ldots\ldots (4).$$

Bei endlicher Dicke l des Dielektrikums kommt noch die Wirkung des Risses als Dipol in Betracht, die eine zusätzliche Energie

$$W'_{dip} = -0{\cdot}901.(\pi^2\varepsilon/4\,l^2)\lambda^4F^2 \quad \ldots\ldots (5)$$

liefert. Hienach würde allerdings die Durchschlagsfestigkeit zugleich mit der Dicke abnehmen; die gegenteilige praktische Erfahrung erklärt der Verfasser durch Abnahme der Rißtiefe λ mit abnehmender Dicke. Beim Vorhandensein zweier gleich tiefer paralleler Risse im Abstande a wird die Energie um

$$W'' = +(\pi^2\varepsilon/2a^3).\lambda^4F^2 \quad \ldots\ldots (5a)$$

bei unendlich vielen parallelen Rissen in gleichen Abständen a um

$$W'' = +1{\cdot}202.(\pi^2\varepsilon a^3).\lambda^4F^2 \quad \ldots\ldots (5b)$$

erhöht. Durch diese Wirkung würde also die Durchschlagsfestigkeit gesteigert. Aus dem Vergleiche der Formeln (1) und (4) ergibt sich die Beziehung:

$$P_{krit.}/F_{krit.} = \sqrt{2E\varepsilon/(1+\mu)} \quad \ldots\ldots (6).$$

Die nachstehende Zusammenstellung zeigt, daß die Formel (4) zwar der Größenordnung nach stimmt; daß dies aber nicht in gleicher Weise für die Formel (6) zutrifft, weil auch die Griffithsche Formel für die mechanische Festigkeit für diese Stoffe nicht zutrifft.

μ	$F_{krit.}$ beob. V/cm	$F_{krit.}$ ber. V/cm	$P_{krit.}/F_{krit.}$ beobachtet	$P_{krit.}/F_{krit.}$ berechnet
0·25	4 . 10^5	3·3 . 10^5	7 . 10^5	2·7 . 10^6
0·25	2 bis 3 . 10^5	3·5 . 10^5	2·5 . 10^5	2·7 . 10^6
0·25	2 . 10^5	1·8 . 10^5	7 . 10^4	1·9 . 10^6

Die Annahme, daß das Rißinnere dauernd leitend bleibt, trifft nicht zu. In Wirklichkeit wird die Rißoberfläche durch sukzessive Luftdurchschläge während der Spannungssteigerung stufenweise aufgeladen; in der Zwischenzeit zwischen zwei Durchschlägen leitet die Luft nicht und die Rißladung bleibt konstant. Zur Behandlung dieses Falles nimmt der Verfasser eine an der Endkante des Risses konzentrierte fiktive Ladung $(\pi/2).F_n\lambda_0\varepsilon$ an, worin $F_n = n.F_1$ das Feld beim n-ten Durchschlage des Risses ist. Nach dem n-ten Durchschlage werde das Feld $F_{krit.}$ erreicht; λ_0 ist die anfängliche Rißtiefe. Die Bedingung für den Durchschlag ist dann:

$$-\partial U/\partial\lambda = (\pi\varepsilon/2).F.F_n\lambda_0 - 2\sigma > 0;$$

$$F.F_n \geq 4\sigma/\pi\varepsilon\lambda_0 \quad \ldots\ldots (8).$$

Die Differenz $F - F_n$ kann bei Luft $2 - 3 . 10^6$ V/cm, bei beliebigen, den Riß ausfüllenden Gasen oder Flüssigkeiten $F_{kr}/2$ nicht überschreiten; es kann also F_{kr} aus (8) höchstens zweimal so groß wie nach (4) ausfallen. Die Vertiefung des Risses findet dann in treppenförmigen Stufen statt, wenn man die Zeit als Abszisse und die Rißlänge als Ordinate aufträgt. Der Riß beginnt zu fließen, wenn $F = F_{kr}$ ist; $\partial U/\partial\lambda$ bleibt dann zunächst gleicht Null, so daß das Fließen theoretisch unendlich langsam vor sich geht. Die Ladung bleibt dabei an der vordringenden Rißkante, so daß sich ihre abschirmende Wirkung schwächt und das Feld im Riß zunimmt. Es tritt dann ein $(n+1)$-ter Durchschlag ein, nach welchem der Riß schon mit endlicher Geschwindigkeit wächst usw. Die erste längere Periode stellt die makroskopische Durchschlagsverzögerung dar. R. H.

(Arch. f. Elektrot. Bd. 18, H. 6, 1927.)

[1]) Z. S. f. Physik, Bd. 35, 1926, S. 446.
[2]) Z. f. angewandt. Math. u. Mech., Bd. 3, Nr. 2, 1923.

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Die Verteilung der festen Stromkosten unter Abnehmer mit Verschiedenheitsfaktor. H. Eisenmenger, New-York, stellt eine neue Theorie zur Aufteilung der festen Kosten unter verschiedene Verbraucher auf. Er geht von dem einfachen Fall aus, daß zwei Abnehmer, A und B, niemals gleichzeitig Strom beziehen und ihre Belastungskurven durch Rechtecke von gleicher Höhe H dargestellt werden. Dann verteilen sich die festen Kosten offenbar im Verhältnis der Dauer der Beanspruchungen $t_a : t_b$. Im nächsten Fall ist das Rechteck bei A nicht mehr vollständig, sondern weist nach der Zeit t_a eine rechteckige Einsenkung von der Höhe $H-h$ und der Dauer t_0 auf. Die dem Abnehmer A anzulastenden festen Kosten betragen sodann

$$d_a = h\,\frac{t_a + t_0}{t_a + t_0 + t_b} + (H - h)\,\frac{t_a}{t_a + t_b},$$

das heißt für das Stück von der Höhe h aus der Belastungskurve des Abnehmers A muß für die festen Kosten im Verhältnis der Dauer der Belastung zur Gesamtbelastung beider Verbraucher und für die Spitze im Verhältnis der Dauer der Spitze zur Dauer der Belastung der Spitze mehr der Belastungsdauer des Abnehmers B gezahlt werden. Nun ist aber die niedrige Belastung an keine bestimmte Form gebunden, sondern kann beliebigen Linienzug aufweisen. Für diesen ist der Durchschnittswert sämtlicher Werte d_a zu ermitteln. Der Verfasser teilt nun die Leistung von der Höhe H in n gleiche Teile, „Teilkraftwerke", von denen p die Leistung h ergeben. Die Zeit t_0 wird in s Zeitelemente zerlegt. Eine Wahrscheinlichkeitsrechnung ergibt, daß nur jene Zusammenstellung möglich ist, daß p belastete und $n-p$ unbelastete Zeitelemente in jedem Teilkraftwerke bestehen. Während jedes Zeitbereiches ist somit jedes Teilkraftwerk $\frac{p}{n}\,t_0$ Zeiteinheiten lang belastet. Die festen Kosten sind daher im Verhältnis $\left(t_a + t_0\,\frac{p}{n}\right) : t_b$, das heißt im Verhältnis der verbrauchten kWh aufzuteilen. Das gilt nun so lange, als die Belastungsspitzen gleich hoch sind und keiner der beiden Abnehmer während der Belastungsspitze des anderen Strom entnimmt. Übergreifen sich die zwei Belastungskurven von ungleicher Höhe (h_a und h_b), so bildet sich eine Summenkurve von der Höhe H. A ist nun zunächst mit den gesamten Kosten für $g_b = H - h_b$ kW zu belasten, da er für diese Höhe ja ganz allein verantwortlich ist und das Kraftwerk, wenn er nicht angeschlossen wäre, nur die Leistung h kW aufzubringen hätte. Das gleiche gilt für Abnehmer B, der für $g_a = H - h_a$ kW zu zahlen hat. Diese g_b kW stehen dem Abnehmer A zu seinem ausschließlichen Gebrauch zur Verfügung, für den Rest, abzüglich g_a, muß er für die festen Kosten nach dem vorhin angeführten Beispiel mit dem anderen Abnehmer im Verhältnis der bezogenen kWh, dem schraffierten Teil, aufkommen (Abb. 2). Um diesen Teil möglichst klein zu

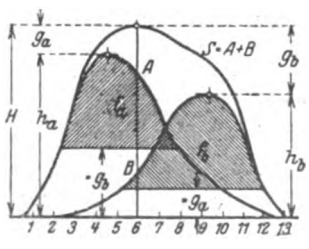


Abb. 2.

halten, wird die Leistung g_b zur Deckung des unteren (nicht schraffierten) Teiles verwendet. Die Höhe des noch nicht bezahlten nach den kWh zu bezahlenden Teiles ist somit

$$h_a - g_b = h_a - (H - h_b) = (h_a + h_b) - H.$$

Für B gilt die gleiche Höhe, wodurch der vorhin erwähnte Fall hergestellt ist. Sind mehrere Abnehmer vorhanden, so faßt man sie in zwei Gruppen zusammen und behandelt diese wie einzelne Abnehmer. Jede Gruppe wird nun wieder so lange zergliedert, bis nur mehr die einzelnen Abnehmer übrig bleiben. Der Verfasser führt einige Beispiele durch, an denen er zeigt, wie man gewisse noch auftretende Schwierigkeiten überwindet.

V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 40, 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Bahnen.

(Fortsetzung aus Heft 13, Seite 296.

Stromabnehmer.

Es ist bekannt, die Triebfahrzeuge zugleich mit breiten und schmalen Stromabnehmern auszurüsten und bei Einfahrt in ein enges Objekt der Strecke selbsttätig den breiten Abnehmer zu senken und den schmalen an den Fahrdraht anzulegen. Eine Erfindung der Firma Österr. Siemens-Schuckert-Werke löst diese Aufgabe dadurch daß die Stromabnehmer von verschiedener Breite auf ein gemeinsames Untergestell gesetzt und durch dieses gegen den Fahrdraht gedrückt werden, so daß immer wenigstens ein Abnahmebügel die Leitung berühren muß. Es sind hierbei die Gestänge der Abnehmer zwangsläufig so gekuppelt, daß in einer oder beiden äußersten Fahrdrahtlagen ein gleichzeitiges Anliegen von Abnahmebügeln verschiedener Breite verhindert ist. Eine weitere Ausgestaltung wird dadurch erzielt, daß die Abnehmer verschiedener Breite durch die Bewegungen ihrer Oberstreben unmittelbar beeinflußt werden, und zwar durch eine kinematische Verbindung zwischen den Oberstreben. Es können die Oberstreben eines bügeltragenden Strebensystems mit denen eines anderen ein Parallelogramm bilden. Die Stütz- und Führungspunkte eines Strebensystems können auch zugleich mit mehreren in Bezug auf die Bewegungsvorgänge ungleichwertigen Punkten eines anderen Strebensystems durch kinematische Verbindung gekuppelt sein.

(Ö. P. Nr. 101164 und 102985.)

Ein Stromabnehmer, bei dem nicht nur die Sicherung eines vollkommenen Kontaktes längs der ganzen Breite der Kontaktfläche bei jedem vorkommenden Winkel des Gestelles, sondern auch eine gleichmäßige Verteilung des Kontaktdruckes an der ganzen Kontaktfläche angestrebt wird, ist von Julius Fischer von Tóváros in Budapest angegeben. Bei diesem Abnehmer ist ein einfaches oder ein mehrere Arbeitsflächen aufweisendes Kontaktstück auf einem unter spitzem Winkel zum Fahrdraht gestellten und in einem festen Stromabnehmersockel oder an einem Scherenstromabnehmergestell gelenkig gelagerten Rahmen drehbar gelagert, wobei ein durch ein Gewicht oder eine Feder erzeugtes Drehmoment derart auf das Kontaktstück wirkt, daß es die in der jeweiligen Fahrtrichtung vordere Kante des Kontaktstückes vom Fahrdraht zu entfernen trachtet. (Ö. P. Nr. 103754.)

Der Bügelstromabnehmer nach der Erfindung der Maschinenfabrik Oerlikon in Oerlikon soll den Nachteil verhüten, daß der Stromabnehmerbügel durch die Fahrleitung so abgenützt wird, daß er durchbricht und sich dann im Fahrleitungsnetz verfangen kann. Es wird zu diesem Zweck ein Zugmittel benützt, das mit einem den Bügel hochdrückenden Kraftspeicher derart verbunden ist, daß es beim Durchschnittenwerden durch den Fahrdraht den Kraftspeicher vom Bügel löst, wodurch dieser sich senkt, ehe er vom Fahrdraht ganz zerschnitten werden kann. Das Zugmittel hält ein Abschlußorgan der Leitung des Druckzylinders entgegen der Zugwirkung einer Feder offen und gibt beim Durchschnittenwerden durch den Fahrdraht das Abschlußorgan frei, wodurch es von der Feder so verstellt wird, daß sich der Druckzylinder entleert und der Stromabnehmer sich senkt. (Ö. P. Nr. 104812.)

Eine besondere Ausgestaltung eines Scherenstromabnehmers, der wenigstens eine mit einem Zerreißglied verbundene Kuppelstange an den unteren Scherenglie-

Digitized by Google

dern aufweist, um das selbsttätige Niedergehen der Schere zu ermöglichen, wenn der Stromabnehmer während der Fahrt auf Hindernisse stößt oder sich im Oberleitungsnetz verfängt, ist der genannten Firma patentiert worden. Der Stromabnehmer ist so ausgebildet, daß die Kupplungsstange nach Bruch des Zerreißgliedes eine Kupplung löst, die das den Stromabnehmer hochdrückende Federungssystem mit der Schere verbindet. Die Kuppelstange hat drei Arme, von denen der erste nach Bruch des Zerreißgliedes als Fangvorrichtung dient, der zweite das Scherenfederungssystem löst und der dritte das Zerreißglied durchbricht. (Ö. P. Nr. 104813.)

Der umlegbare Bügelstromabnehmer nach der Erfindung der Maschinenfabrik Carl Goldeband in Wien weist eine oder mehrere Zug- oder Druckfedern auf, die den Bügel 4 (Abb. 5), drehbar um die Achse 3, in allen Stellungen gegen den Fahrdraht drücken, wobei zur Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Anpressungsdruckes die bei lotrechter Stellung des Bügels mit dem Hebelarm Null auf den Bügel einwirkende resultierende Federkraft in jeder Stellung des Bügels verhältnisgleich oder annähernd verhältnisgleich ist dem Abstande zwischen dem festen 5 und beweglichen Aufhängepunkt 6 der Feder 2.

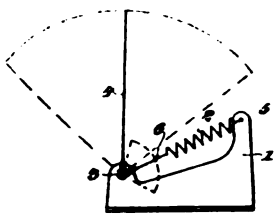


Abb. 5.

(Ö. P. Nr. 107888.)

Fahrzeuge.

Es ist bekannt, Antriebe für elektrische Fahrzeuge so auszugestalten, daß zwei gegenüberliegende Motoren auf ein gemeinsames Vorgelege arbeiten und sich mit Tatzenlagern[1]) auf die Triebachse stützen. Nach der Erfindung der Fa. Österreichische Siemens-Schuckert-Werke in Wien werden bei einer solchen Anordnung die Motoren auf verschiedene Seiten der durch das Vorgelege gelegten Ebene angeordnet, wodurch es möglich wird, Motoren mit in üblicher Weise symmetrisch gebautem Gehäuse zu verwenden, die auch für Einmotorenantriebe brauchbar sind; es sind hiebei auch die Lager gut zugänglich und können genügend lang ausgeführt werden. Die Antriebszahnräder und das Vorgelegerad werden bei dieser Anordnung von einem gemeinsamen, aus zwei oder mehreren beweglich ineinander geschachtelten Teilen bestehenden Schutzkasten umgeben. (Ö. P. Nr. 102352.)

Ein Stangenantrieb für elektrische Lokomotiven von der A. E. G.-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien bezweckt, die Stangen, Stangenlager und -Zapfen nur der Beanspruchung durch die übertragene nützliche Stangenkraft auszusetzen. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, daß bei zwei angetriebenen Achsen 2, 3 eine der Stangen 6 jeder Lokomotivseite derart ausgebildet wird, daß der Gelenkzapfen 4 für die Anlenkung der anderen Stange 5 in die Verbindungslinie der beiden angetriebenen Kurbelzapfen 2, 3 gelegt wird. Dadurch werden die Längenänderungen, die die Stangen bei den Relativbewegungen des gefederten Rahmens gegen die Achsen erfahren, verschwindend klein und führen daher zu keinen zusätzlichen Beanspruchungen (Abb. 6). (Ö. P. Nr. 103554.)

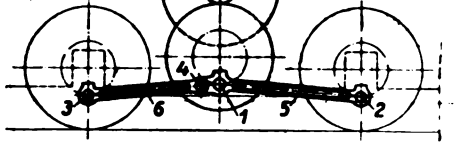


Abb. 6.

(Fortsetzung folgt.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 123.

Chronik.

Jubiläum. Direktor Dr. Ing. W. Weicker kann am 1. April d. J. auf eine 25jährige Tätigkeit in der Porzellanfabrik Hermsdorf/Thür. der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. zurückblicken. Dr. Weicker hat sich in dieser Zeit durch seine umfassende Versuchs- und Forschungstätigkeit große Verdienste um die Entwicklung der Hochspannungsisolatoren erworben. Weicker zeigte in eingehenden Arbeiten, daß und wie die Funkenstrecke zur Spannungsmessung bei der Prüfung von Isolatoren benutzt werden kann. Bei seinen Messungen auf diesem Gebiete, die er bis zu den höchsten damals erreichbaren Spannungen ausdehnte, fand Weicker als erster den Einfluß der Luftfeuchtigkeit. Bei anderen bahnbrechenden Arbeiten über die Einwirkung von Oberflächenverschmutzungen, Beregnung und Nebelbildung auf die Überschlagbedingungen stellte er erstmalig den Einfluß der Leitfähigkeit des zur Beregnung benützten Wassers fest. Die hierfür von ihm entwickelten Formeln gingen in die internationale Literatur über und gelten heute noch. Unter den zahlreichen weiteren Arbeiten Weickers, von welchen auch einige in der E. u. M. veröffentlicht wurden, sind besonders seine Untersuchungen über die gleichzeitige elektrisch-mechanische Prüfung von Hochspannungsisolatoren hervorzuheben, die die Grundlage zur Erkenntnis der hier in Betracht kommenden Abhängigkeiten darstellen. Eine seltene Arbeitsfreude und eine nie versagende Schaffenskraft ermöglichen es Direktor Weicker, neben seiner starken beruflichen Inanspruchnahme auch noch in allen für sein Arbeitsgebiet in Frage kommenden Kommissionen und Ausschüssen eine oft aufopfernde Arbeit zu leisten.

Literaturberichte.

911 **Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis.** Von Clarence Feldmann, Professor an der Technischen Hochschule zu Delft, vierte, völlig umgearbeitete Auflage mit 485 Textabbildungen, X und 554 Seiten, Berlin 1927. Verlag v. Julius Springer, Preis gebunden Mk. 38.—.

Bei Bearbeitung der vierten Auflage des bekannten Buches Herzog-Feldmann, (der zweiten nach dem Tode Herzogs erschienenen), hat Feldmann eine grundsätzliche Umänderung der Stoffanordnung vorgenommen. Es ist didaktisch von Vorteil zunächst, wie es in der vorliegenden Auflage zum ersten Male geschieht, den Gleichstromkreis und die induktions- und kapazitätsfreien Netze zu behandeln und erst dann auf die allgemeinen Systeme mit Wechselstrombetrieb überzugehen.

Inhaltlich sind an vielen Stellen Ergänzungen vorgenommen worden. Besonders zu erwähnen ist da ein im Anschluß an Teichmüllers Untersuchungen[1]) eingeschobenes Kapitel über die vier Grundgrößen der Leitungsberechnung und die darauf bezüglichen Hinweise an anderen Stellen. Bemerkenswert ist ferner die Aufnahme von Zusätzen im Kapitel über die langen Leitungen. Man vermißt hier allerdings noch ein ausführlicheres Eingehen auf die in letzter Zeit in der Literatur — und auch in besonderen Buchveröffentlichungen des gleichen Verlages — behandelten Arbeitsdiagramme der Hochspannungsübertragungen. Dieser Schönheitsfehler ist aber in keiner Weise geeignet, den Wert dieses hervorragenden Lehr- und Handbuches irgendwie zu beeinflußen.

E. Groß.

[1]) Vgl. E. u. M. 1916, S. 518; 1919, S. 230.

Digitized by Google

3628 **Die Maschinenelemente.** Ein Lehr- und Handbuch für Studierende, Konstrukteure und Ingenieure. Von Dr. Ing. Prof. Felix Rötscher. I. Band, 600 Seiten mit 1042 Abb. und einer Tafel. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 41.—.

Die Zahl der vorhandenen deutschen Bücher, welche das gesamte Gebiet der Maschinenelemente behandeln, ist zwar eine recht große, aber neben den Bachschen Maschinenelementen sind schon seit Jahrzehnten alle übrigen größeren Werke in den Hintergrund getreten. Das vorliegende Buch, das nach Vollendung etwa den Umfang des Bachschen Werkes aufweisen wird, ist aber wie der erste Band schon erkennen läßt, dem Werke von Bach als gleichwertig zur Seite zu stellen, außerdem bringt es den Studierenden auch manches, das bisher in der Buchliteratur kaum gestreift wurde, aber für die praktische Tätigkeit von außerordentlich großer Wichtigkeit ist. Während man sich bisher in der Hauptsache auf die Beschreibung der Maschinenelemente und die Berechnung der wichtigsten Abmessungen beschränkte, wird in dem vorliegenden Buche im Hinblick auf die vielfachen Anforderungen, die heute an jeden Maschinenteil gestellt werden, unter Hinweis auf die Eigenschaften der Werkstoffe auch die konstruktive Durchbildung unter Berücksichtigung der Herstellung und der jeweiligen Betriebsverhältnisse behandelt. Es wird gezeigt, wie Rechnung und Ausgestaltung sich ergänzen müssen; an Beispielen, die mehrere Lösungen der gleichen Aufgabe darstellen, werden die Unterschiede sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Ausführungen besprochen und sehr hoch einzuschätzen ist auch, daß sich viele der durchgerechneten Beispiele auf die gleichen Maschinen beziehen und so auch erläutert werden kann, wie die Ausbildung der einzelnen Teile miteinander zusammenhängt. Auch auf die Normen wird ihrer Bedeutung entsprechend eingegangen und eine Reihe von Normblättern sind teils vollständig, teils auszugsweise wiedergegeben. All das bisher Angedeutete ist auch in sehr übersichtlicher Weise in einem eigenen einführenden Abschnitte „Allgemeine Gesichtspunkte bei der Gestaltung der Maschinenteile" dargestellt, dessen Studium auch dem in der Praxis Stehenden viel wertvolles bringen wird. Ebenso verdient dieser Abschnitt die besondere Beachtung aller Lehrer des Maschinenbaues. Dem erwähnten Abschnitte gehen ein Abriß der Festigkeitslehre mit Hinweisen auf die Berechnung von Maschinenteilen und eine Besprechung der Werkstoffe des Maschinenbaues mit reichem Zahlenmaterial und vielen Winken hinsichtlich der Verwendung der einzelnen Stoffe voraus. Von den Maschinenelementen selbst werden in etwas anderer Anordnung als im Werke von Bach im vorliegenden Bande Keile, Federn und Stifte, Schrauben, Nieten, Verbindungen durch Löten und Schweißen, Rohre und Rohrverbindungen, Absperrmittel, Seile, Ketten und Zubehör, Kolben, Kolbenstangen und Stopfbüchsen behandelt. In allen Abschnitten ist das Wichtigste klar herausgearbeitet und Längen, wie man sie sonst manchmal zum Beispiel durch die ausführliche Besprechung von Versuchen findet, sind vermieden. Besonders zu erwähnen ist, daß in der Regel auch auf die Berechnung und Ausgestaltung von Einzelheiten genau eingegangen wird, vor welchen der Anfänger gewöhnlich ratlos steht, ebenso, daß der größte Teil der sehr gut ausgeführten Abbildungen Maßzahlen oder Angaben über den verwendeten Maßstab enthält. Ein noch tieferes Eindringen in bestimmte Sondergebiete ist durch eine über 250 Bücher und Zeitschriftenaufsätze umfassende Literaturübersicht erleichtert. Das in jeder Hinsicht ausgezeichnete Buch kann nur auf das Wärmste empfohlen werden.

Daß bei einem so umfangreichen Werke die Ansichten hinsichtlich einzelner Abschnitte auseinandergehen, ist selbstverständlich und es ist daher nicht als abfällige Kritik zu werten, wenn der Gefertigte der Meinung ist, daß der Abschnitt über Nieten etwas knapper gehalten werden könnte und daß die selbsttätigen Ventile in einem Buche über Maschinenelemente nicht so ausführlich zu behandeln wären. Hingegen könnte über den Schutz von Rohrleitungen gegen Ausstrahlung etwas mehr gesagt werden, auch fällt auf, daß über die Berechnung von Schiebern und Hähnen nichts zu finden ist.

Jellinek.

3613 **Technisch-physikalische Rundblicke.** Ausgewählte Beispiele aus der Praxis der technischen Physik. Herausgegeben von Prof. Dr. J. Gelfert. (Aus der Sammlung „Physikalisches Unterrichtswerk", herausgegeben von Dr. K. Hahn). X und 178 Seiten mit 196 Abb. Verlag und Druck von B. G. Teubner, Leipzig, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 4·80.

Unter den Büchern, die technische Errungenschaften einem breiteren Leserkreis gemeinverständlich darstellen sollen, ist das vorliegende von besonderem Rang. Einen technischen Gedanken kurz, klar und dabei im Wesentlichen vollständig mitzuteilen, ist eine Kunst, die Beherrschung des Stoffes und didaktisches Geschick erfordert. Hier ist diese Forderung erfüllt. Fachleute ihres Gebietes behandeln eine Reihe dem heute breiten Grenzgebiet zwischen Physik und Technik entnommener Beispiele in einer sehr ansprechenden und zweckmäßigen Methodik, die den Leser rasch und verhältnismäßig mühelos in die betreffenden Gedankengänge einführt. Erörtert werden, um von den 24 selbständigen Kapiteln nur einige zu nennen, zum Beispiel „Die Taschenuhr als technische Glanzleistung", „Zweitausend Jahre Wassermessung", „Der Kreiselkompaß", „Flettners Rotorschiff", „Die Herstellung der Brillengläser", „Die Karoluszelle". Sehr bemerkenswert ist die Gleichartigkeit der Ausführungen, trotz der großen Autorenzahl. Das Buch ist jedermann, der sich für den technischen Fortschritt interessiert, warm zu empfehlen. Es erweckt den Wunsch, auch andere technische Gebiete in der gleichen Weise behandelt zu sehen.

Kneissler-Maixdorf.

Eingelaufene Bücher.

3656 Fachberichte der XXXII. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Kiel 1927. 133 S. mit über 250 Abb. Zu beziehen von der Geschäftsstelle des Verbandes, Berlin W 57. Preis Mk. 8·50, geb. Mk. 10·—.

Der Band enthält die Wiedergabe von 52 Vorträgen mit den zugehörigen Wechselreden aus den Fachgebieten Kraftwerke, Kraftübertragung, Installationstechnik, Fernmeldetechnik, Maschinen und Transformatoren, Elektrophysik und elektrische Industrieanlagen. Wenn auch die Aufsätze bereits zum Teile in verschiedenen Zeitschriften vollinhaltlich oder auszugsweise veröffentlicht wurden[1]), so wird doch auch die vorliegende Sammlung in den Fachkreisen der leichteren Übersicht halber willkommen sein.

3654 Großkraftwerk Klingenberg. (Heft 53 des Jahrganges 1927 der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.) 84 S. mit rund 230 Abb. im Text, sowie auf 4 Tafeln und 6 Textblättern. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927.

Entsprechend der Bedeutung des Werkes sind in dem auch äußerlich formvollendeten Hefte — dem umfangreichsten seit dem Bestehen der Zeitschrift — nach einer Einleitung von Direktor Rehmer der Bewag über die Entstehung und die Ziele des neuen Kraftwerkes in neun Aufsätzen von den leitenden Ingenieuren der AEG, der Erbauerin des Werkes, die Richtlinien beim Baue und die Wirtschaftlichkeit, die Bauanlagen, die Kesselanlagen, die Turbinenanlage, die Hilfsmaschinen, die Stromerzeuger und die sonstigen elektrischen Einrichtungen ausführlich besprochen. Man gewinnt aus dem Bande ein Bild von den ungeheuren Leistungen, welche in fast unglaublich kurzer Zeit von den am Bau des Werkes beteiligten Unternehmungen vollbracht wurden.

—ll—.

3655 Das Großkraftwerk Klingenberg. Architekturgestaltung von Klingenberg und Issel. Herausgegeben von R. Laube mit einer Einleitung von

[1]) Siehe Heft 2 d. J., S. 45 ff.

Digitized by Google

Fritz Stahl. 96 S. mit vielen Abbildungen und 5 Tafeln. Verlag Ernst Wasmuth A.-G., Berlin o. J. (1928).

Als Ergänzung zu den Beschreibungen des technischen Teiles behandelt das vorliegende prächtig ausgestattete Buch die architektonische Gestaltung der Baulichkeiten. Vorzüglich wiedergegebene photographische Aufnahmen von den Gebäuden und deren Innenausgestaltung nebst einigen künstlerisch ausgeführten Zeichnungen geben ein Bild von der Größe des Werkes und zeigen, wie durch die engste Zusammenarbeit der Ingenieure und der Architekten nicht nur zweckentsprechende, sondern auch formvollendete Bauten entstanden sind. —ll—.

Eingelaufene Zeitschriften.

Die Schalltechnik. Herausgegeben von Emil Zorn A.-G., Berlin.

Die neue Werkzeitung soll ein bisher nur wenig behandeltes Gebiet sowohl wissenschaftlich als auch praktisch bearbeiten. Sie wird, da Schall- und Erschütterungsdämpfung bei der Aufstellung von Maschinen der verschiedensten Art eine Rolle spielen, auch für den Maschineningenieur und Elektrotechniker von Interesse sein. So enthält schon das vorliegende erste Heft einige bezügliche kurze Berichte.

Escher Wyss-Mitteilungen. Von der neuen Hauszeitschrift der A.-G. Escher Wyss & Cie. in Zürich und Ravensburg (Württemberg) liegt das mit vielen Abbildungen geschmückte erste Heft vor, das außer einer Schilderung der Entwicklung des Unternehmens unter anderem drei Aufsätze über Dampfturbinen enthält. Das Heft steht auch inhaltlich auf der gleich hohen Stufe wie die Hauszeitschriften der übrigen großen deutschen und schweizerischen Maschinenfabriken und elektrotechnischen Unternehmungen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Siemens & Halske Aktiengesellschaft. (Aus dem Geschäftsbericht für die Zeit vom 1. Oktober 1926 bis 30. September 1927.) Die Betriebe waren während des abgelaufenen Geschäftsjahres ausreichend beschäftigt. Die Gesellschaften, an welchen das Unternehmen dauernd und maßgebend beteiligt sind, haben angemessene Ergebnisse erzielt. Die Absicht, die Vorteile, welche die weitere Auswirkung der Rationalisierungsarbeiten brachte, zu Preisherabsetzungen zu verwenden, konnte nur in besonderen Fällen zur Durchführung kommen. Im allgemeinen wurden diese Vorteile durch Erhöhungen der Herstellungskosten aufgewogen und auf manchen Gebieten mußten Preiserhöhungen eintreten. Im Auslandsmarkte mehren sich die Fälle, in denen mit den besten Verfahren in Deutschland hergestellte Ware nicht mehr mit Vorteil abgesetzt werden kann. Sowohl die im Geschäftsjahre eingegangenen Bestellungen als die Ablieferungen der Betriebe haben sich gegenüber dem Vorjahre nicht unbeträchtlich erhöht. Insbesondere belebte sich das Geschäft in der zweiten Hälfte des Jahres. Die Zahl der Beschäftigten bei der Gesellschaft und den Siemens-Schuckert-Werken, sowie den von beiden kontrollierten Gesellschaften, hat, nach einem erheblichen Rückgang in den letzten Jahren, die Ziffer von 110 000 wieder überschritten. Auf dem Fernmeldegebiet war die Beschäftigung der Werkstätten lebhaft. Die neuen ververkleinerten und verbilligten Typen von Wählern für Fernsprechselbstanschluß und von Teilnehmerstationen bewährten sich und führten sich gut ein. Unter den Auslandsaufträgen auf dem Fernsprechgebiet sind solche aus Italien, Holland, Finnland, China und Japan erwähnenswert. Das Geschäft mit der privaten Kundschaft in Fernmeldeapparaten aller Art konnte erheblich gesteigert werden. Zu diesem Zwecke wurde auch in erhöhtem Maße die Vermietung von Fernsprecheinrichtungen, Polizeirufanlagen und Uhren durch eigene Gesellschaften aufgenommen. Die zusammen mit der Telefunkengesellschaft nach den Patenten von Carolus entwickelte Bildtelegraphie wurde auf einer Kabellinie Berlin—Wien erstmalig in den öffentlichen Verkehr eingeführt. In Fernsprechkabeln und besonders in solchen für Weitverkehr folgte einem Tiefstand der Beschäftigung während der ersten Hälfte des Geschäftsjahres ein besonders lebhafter Festellungseingang um die Jahresmitte, in erster Linie von der Reichspostverwaltung. Als Reparationsgeschäft wurde das Fernkabel Paris—Bordeaux von der französischen Post- und Telegraphenverwaltung in Auftrag gegeben, und zwar die Lieferung eines Teiles der Kabel, sämtliche Spulen und Verstärker, die Montage und die Verantwortung für das richtige Arbeiten der Gesamtanlage. Für die Fernkabellinie Rom—Neapel sowie für einige Linien in Oberitalien werden die Spulen und Verstärker geliefert werden. Für die Deutsche Reichsbahn wurden die Fernmeldeleitungen an den zu elektrisierenden Strecken der Eisenbahndirektionen Breslau und München verkabelt. Die große Ausdehnung des Fernkabelnetzes stellte neue Anforderungen an die technische Durchbildung. Das Übersprechen auf Nachbarleitungen mußte daher immer mehr vermindert werden. Bei den großen Entfernungen machten sich Echoerscheinungen bemerkbar, die durch einen „Echosperrer" beseitigt werden konnten. Auch die Klarheit der Sprachübertragung wurde verbessert. Besonders entwickelte Meßsysteme ermöglichen die dauernde Überwachung der Einrichtungen auf den Verstärkerämtern. Für Rundfunkübertragung wurden besonders pupinisierte und geschützte Kabel entwickelt und geliefert. Das Werk für Meßgeräte hat im abgelaufenen Jahr eine Typenreihe von kleinen Laboratoriums-Meßinstrumenten, von Isolationsmessern, einen Wirk- und Blindleistungsschreiber sowie eine Erdungsmeßbrücke nach einem neuen Meßprinzip herausgebracht. Die meßtechnischen Aufgaben der Wärmewirtschaft wurden in einer Abteilung für wärmetechnisches Meßwesen zusammengefaßt. Besondere Erwähnung verdienen wärmewirtschaftliche zentrale Meßanlagen für große Kraftwerke, wie zum Beispiel für die Zentrale Herdecke und für das Großkraftwerk Klingenberg. Die Siemens-Reiniger-Veifa G. m. b. H. für den Vertrieb der Erzeugnisse auf dem Gebiet der medizinischen Technik sowie der Erzeugnisse der Reiniger Gebbert & Schall A.-G. in Erlangen hat ihre Verkaufsorganisation weiter ausgebaut, insbesondere ist dadurch der Anteil am Auslandsgeschäft gestiegen und weiter im Wachsen begriffen. Die fortschreitende Spezialisierung auf dem Gebiet der Röntgentechnik ermöglichte es, die gängigsten Typen von Röntgenapparaten und Untersuchungsgeräten in neuer Form in großen Serien herauszubringen. Für die Materialuntersuchung mit Röntgenstrahlen wurden Spezialeinrichtungen auf den Markt gebracht, entsprechend der zunehmenden Bedeutung dieser Untersuchungsmethode. Die Geschäftslage im Eisenbahnsicherungswesen hat sich weiter gebessert. Insbesondere finden die selbsttätigen Streckenblockanlagen steigende Verwendung im In- und Auslande. Gelegentlich der Umstellung der Berliner Stadt- und Vorortbahnen auf elektrischen Betrieb werden auch diese mit selbsttätigen Blockanlagen in Verbindung mit Licht-Tagessignalen ausgerüstet. Die selbsttätigen Zugbeeinflussungsvorrichtungen zur Verhinderung des Überfahrens von Haltesignalen haben sich auf den Probestrecken bewährt. Weitere Strecken befinden sich im Bau. Neue selbsttätige Ablaufanlagen für Rangierzwecke sind in Auftrag gegeben worden. Zum Zwecke der Vereinfachung der Konstruktion, der Herstellung und des Vertriebes aller auf dem Gebiete des Eisenbahnsicherungswesens zur Verwendung gelangenden Fabrikate wurde die „Vereinigte Eisenbahn-Signalwerke G. m. b. H." gegründet, an der außer Siemens & Halske und den Eisenbahnsignalbauanstalten Max Jüdel, Stahmer, Bruchsal A.-G. auch die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft beteiligt ist. Das Elektroofengeschäft hat sich in diesem Jahre gut entwickelt. Besonders zu erwähnen ist ein Auftrag von der russischen Handelsvertretung auf die Lieferung mehrerer Öfen. Auf dem Gebiete der Chloralkalielektrolyse werden drei größere Anlagen in Rußland gebaut. Es gelang auch in diesem Jahre nach langjährigen Versuchsarbeiten die erste Anlage zur elektrolytischen Gewinnung von Zink in Auftrag

Digitized by Google

zu erhalten. Ebenso wurde ein Verfahren zur elektrolytischen Gewinnung von Zinn ausgebildet und in Berlin eine größere Anlage nach diesem Verfahren gebaut. Die Versuchsarbeiten auf dem Berylliumgebiete haben ermutigende Ergebnisse sowohl bezüglich der Herstellung des reinen Berylliums und dessen Legierungen, als auch bezüglich der Verwendungsmöglichkeiten gezeitigt. Im Wiener Werk war die Geschäftslage zu Beginn des Geschäftsjahres wenig günstig. Immerhin gelang es, die Belegschaft im Laufe des Jahres wieder zu vermehren. Gebrüder Siemens & Co. konnten einen Rückgang des Umsatzes in Elektroden aus amorpher Kohle durch Steigerungen auf den übrigen Geschäftsgebieten ausgleichen. Insbesondere fand das Werk in Meitingen reichliche Beschäftigung in Graphitelektroden. Die Siemens-Bauunion G. m. b. H. Kommanditgesellschaft hat ihren Bestellungseingang und ihren Umsatz gegen das Vorjahr weiter erhöht; namentlich hat ihre Tätigkeit im Auslande zugenommen. Für das große russische Kraftwerk am Dnjepr ist sie vom Russischen Staate zur Bauberatung verpflichtet worden. Die Arbeiten an der Wasserkraftanlage für den Freistaat Irland schreiten rüstig fort. Die E. Zwietusch & Co. G. m. b. H. hat sich befriedigend entwickelt. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. (Telefunken) hat sich einen angemessenen Anteil am Weltgeschäft für Großstationen gesichert, wozu die Entwicklung der Sende- und Empfangsapparaturen beitrug. Der Kurzwellenverkehr hat sich weiter eingeführt, die technische Entwicklung auf diesem Gebiete ist wesentlich gefördert worden. Die Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft hat erfolgreich gearbeitet.

Bei einem Rohüberschuß von 26·7 Mill. Mk. verbleibt nach Abschreibungen usw. ein Reingewinn (einschließlich Vortrag von 1926) von 18·85 Mill. Mk., aus welchem 12 vH Dividende, wie in den letzten Friedensjahren, bezahlt wird. Aus dem Rechnungsabschluß auf den 30. September 1927, der auf beiden Seiten mit 348·7 Mill. Mk. schließt, sind folgende Ziffern (in Mill. Mk.) hervorzuheben: Dauernde Beteiligungen 97·3, Grundstücke 14·3, Gebäude 12·8, Rohmaterial 8, angefangene und Fertigerzeugnisse sowie Anlagen im Bau 23·2, Aktienkapital 97·5, Rücklagen 32·5 und Anleihen rund 50·5. Geräte und Werkzeuge, Werkzeugmaschinen, Betriebsmaschinen, Heizungs- und Beleuchtungsanlagen sind wie früher auf je eine Mark abgeschrieben.

Der elektrotechnische Handel mit Indien. In einem in „The Electrical Review" vom 20. Jänner 1928 auszugsweise wiedergegebenen Berichte des Britischen Handelsvertreters für Indien und Ceylon verweist dieser darauf, daß der indische Handel im Geschäftsjahre 1926/27 im allgemeinen sich recht zufriedenstellend entwickelt hat. Bei der Einfuhr ist auf den meisten Gebieten in erster Linie der niedrige Preis bei gefälligem Aussehen, nicht aber die Güte der Erzeugnisse maßgebend. Eine weitere Bedingung für erfolgreichen Export nach Indien ist eine Verkaufsniederlassung im Lande, besonders seitdem auch die Regierungs- und sonstigen öffentlichen Aufträge nicht mehr in London, sondern im Lande selbst vergeben werden. Der Vorsprung, den Deutschland in der elektrotechnischen Einfuhr vor den anderen Ländern hat, ist hauptsächlich auf die weitgehende Kreditgewährung seitens der ausführenden Unternehmungen zurückzuführen. Wichtig ist ferner, daß Kataloge und dergleichen mit Preisen in Rupien zur Verfügung stehen. Schließlich muß, wie überall im Osten auf die Sonderwünsche und den Geschmack Rücksicht genommen werden, auch wird vielfach Wert darauf gelegt, das Neueste auf dem betreffenden Gebiete zu erhalten.

Die Einfuhr wird in der Hauptsache von Deutschland, den Vereinigten Staaten und England bestritten, Holland liefert Gluhlampen in beträchtlichen Mengen. In der Hauptsache müssen vorläufig alle elektrotechnischen Erzeugnisse eingeführt werden, wenn auch die Regierung die Erzeugung und zumindest den Handel im Inlande zu fördern trachtet. Da bisher noch wenig Strom gebraucht wird und auch die Umstellung der wichtigsten Bahnstrecken auf elektrischen Betrieb teils in Angriff, teils in Aussicht genommen ist, kann man für die nächsten Jahre noch mit einer gesteigerten Einfuhr rechnen. Im Zusammenhange damit erwähnt der Bericht auch den Bau einer ganzen Reihe von Kraftwerken und Übertragungsleitungen mit Leistungen bis 25 000 kW, bezw. Spannungen bis 110 kV. Neben der Ausnutzung der Wasserkräfte kommen auch Dieselmotoren in Frage. Eine gewisse Bedeutung dürfte auch die Einfuhr in Rundfunkapparaten und Bestandteilen erlangen, da bereits Sender in Bombay und Kalkutta in Betrieb sind. Auch die drahtlose Telegraphie und Telephonie, die in Einführung begriffen sind, dürften eine Möglichkeit zur Einfuhr bieten. J.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 4. April d. J., um 1/26 Uhr abends, findet im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9. die 46. ordentliche Generalversammlung statt.

Tagesordnung:

1. Bericht über die Vereinstätigkeit im Vereinsjahr 1927/28. 2. Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz pro 1927, sowie über den Voranschlag 1928. 3. Bericht der Revisoren und Beschlußfassung über den Rechnungsabschluß. 4. Wahl eines Vizepräsidenten. 5. Wahl von acht Ausschußmitgliedern. 6. Wahl der Rechnungsprüfer und Ersatzmänner. 7. Eventuelle Anträge.

Nach der Generalversammlung Vortrag des Herrn Dr. Felix Ehrenhaft, o. ö. Professor der Universität Wien, über: **„Wie sich die Vorstellungen von der Elektrizität entwickelt haben."** (Mit Lichtbildern.)

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	19. III. 1928	21. III. 1928	23. III. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	90—95	83—87	82—92

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 23. März 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		66	10	0	66	15	0
Wire bars		66	15	0	—	—	—
Standard	Kassa . .	61	5	0	61	6	3
	3 Monate .	61	6	3	61	7	6
Zinn:							
Engl. ingots		240	5	0	241	5	0
Standard	Kassa . .	240	2	6	240	5	0
	3 Monate .	239	15	0	240	0	0
Blei:							
Engl. pig common . .		21	15	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		25	3	9	25	0	0
Remelted		25	10	0	—	—	—
English Swansea . .		25	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. **Nickel:** 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. **Platin:** Pf. 55 Pf. 60 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 8. April 1928 | Heft 15

Die Talschnellzugslokomotive der Österr. Bundesbahnen, Reihe 1570, Achsfolge 1 — D_0 — 1 mit Einzelachsantrieb.

Von Ing. Hermann Fürst, ÖSSW, Wien.

Einleitung.

Als in den ersten Jahren nach dem Umsturze die österreichische Bundesbahnverwaltung daran ging, die laut Bundesgesetz vom 23. Juli 1920 beschlossene Elektrisierung der Arlbergstrecke und der Strecke der Salzkammergutbahn in die Tat umzusetzen und an die heimische Elektroindustrie die Aufforderung zur Vorlage von Entwürfen über elektrische Großlokomotiven richtete, befanden sich beide Teile, sowohl die Direktion für die Elektrisierung als auch die österreichische Elektroindustrie im Bewußtsein ihrer großen Verantwortlichkeit in keiner allzu rosigen Lage. Die Entwicklung der elektrischen Traktion, welche in Österreich knappe drei bis vier Jahre vor dem Kriege mit der Elektrisierung kleinerer Bahnanlagen, wie der niederösterreichischen Alpenbahn (ÖSSW 1911), der Landesbahn Wien-Preßburg (AEG-U. 1912), der Mittenwaldbahn (AEG-U. 1913) einsetzte, war durch den Krieg gänzlich ins Stocken geraten. Ähnlich waren die Verhältnisse in Deutschland, während die Schweiz, die bereits im Jahre 1896 mit der elektrischen Traktion auf der Strecke Seebach-Wettingen begann, die Kriegsjahre reichlich zum schrittweisen Umbau ihres Vollbahnnetzes auf elektrischen Betrieb ausnützen und sich einen bedeutsamen Zuwachs an wertvollen Erfahrungen zum weiteren Ausbau, namentlich der elektrischen Großfahrzeuge erwerben konnte. Die Sachlage für die österreichischen Techniker war außer dem Mangel an eigenen Erfahrungen noch durch den Umstand erschwert, daß mit Rücksicht auf den bestehenden schwachen Oberbau der Öst. B. B. der zulässige Achsdruck der Triebfahrzeuge auf 14½ t beschränkt war, was mit den übrigen Forderungen an Unterbringung großer Zugkräfte und Geschwindigkeiten sowie an Bogenbeweglichkeit in Widerspruch stehend, eine, ich möchte sagen, fast zu weitgehende Wirtschaftlichkeit in der Ausnützung der Baustoffe zur Vorschrift machte, die in vielen Fällen einzuhalten gar nicht möglich war und schließlich doch zu einer Erhöhung der Achsdrücke führen mußte.

Die schweizerischen Lokomotiven hatten im Verlaufe der Entwicklung ihren Achsdruck bereits auf 18 und mehr Tonnen gesteigert; sie konnten daher nicht ohneweiters als Vorbilder für die österreichischen Verhältnisse herangezogen werden. Was die mit den verschiedenen Lokomotivtypen und speziellen elektrischen Einrichtungen derselben in der Schweiz gemachten Erfahrungen anbelangt, so waren die Äußerungen amtlicher Stellen hierüber sehr vorsichtig gehalten, da ja die Entwicklung damals auch in der Schweiz nicht abgeschlossen und auch sonst gar nicht zu erkennen war, welche Antriebsarten sich nach Ausscheidung der jedem neuen System anhaftenden Kinderkrankheiten den Vorrang sichern werden. Gerade in jener Zeit, in der sich die mit der Elektrifizierung befaßten Techniker Österreichs, sowohl der B. B.-Verwaltung als der Elektroindustrie, für einwandfreie Ausführungsformen von elektrischen Lokomotiven entscheiden sollten, fiel die Schaffung einer Versuchs-Type mit Einzelachsantrieb, der man, da Erfahrungen noch ausstanden, teilweise noch mit Mißtrauen begegnete. Der zahnradlose reine Stangen-Gruppenantrieb hatte im Gegensatze zu Deutschland bei den schweizerischen Lokomotiven wenig und fast nur bei Schmalspurbahnen mit kleinerer Leistung Eingang gefunden. Seine Anwendung wurde deshalb auch für die neu zu schaffenden Vollbahnlokomotiven der Österr. B. B. nicht in Betracht gezogen. Dagegen hatten die Zahnradantriebe der schweizerischen Bahnen wie der niederösterreichischen Alpenbahn (ÖSSW) durchwegs gute Erfolge aufzuweisen. Die Herstellung der Zahnräder hatte bereits einen hohen Grad der Genauigkeit, die Festigkeit der hiezu verwendeten Stahlsorten eine so bedeutende Höhe erreicht, daß der ursprüngliche Einwand, daß die fortlaufende Erneuerung dieses ziemlich teueren Übertragungsgliedes die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen werde, nicht mehr stichhaltig war.

So wurden denn von der österreichischen Direktion für die Elektrisierung für die ersten Bestellungen durchwegs Lokomotiven mit Zahnradvorgelege in Verbindung mit Stangenantrieb gewählt und zwar sieben Stück Gebirgsschnellzugslokomotiven Achsfolge 1 C + C 1, eine schweizerische Nachbildung, an die österr. B. B. W.[1]), 20 Stück leichtere Schnell- bezw. Personenzugslokomotiven

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 261.

Digitized by Google

Achsfolge 1 — C — 1 an die A. E. G.-Union[2]) und 20 Stück Güterzugslokomotiven Achsfolge E an die ÖSSW vergeben[3]). Von dieser E-Type sei kurz als kennzeichnender Unterschied gegenüber den zwei anderen gewählten Lokomotivtypen erwähnt, daß bei ihr an Stelle von Gestellmotoren drei gewöhnliche Tatzenlagervorgelegemotoren zum unmittelbaren Antriebe der drei mittleren festen Triebachsen angeordnet wurden, die dann außerdem noch unter sich und mit den zwei seitlich verschiebbaren Endachsen durch Aufsteckkurbeln und Stangen zum kurvengelenkigen Fünfkuppler verbunden wurden.

Es zeigt sich bei dieser Lokomotivanordnung bereits das Bestreben der ÖSSW, die Blindwelle als Sammel- und Verteilorgan der motorischen Drehkräfte, die bei Güterzugslokomotiven stets sehr groß sind, auszuscheiden und jeder Triebachse, soweit als angängig, ihren eigenen Motorantrieb zuzuweisen. Reinen Einzelachsantrieb mit Tatzenlagermotoren anzuwenden, hatte man damals noch Bedenken, weil 1. von der Kupplung aller fünf Achsen eine bessere Ausbeute des Reibungsgewichtes erwartet wurde, 2. die Verteilung der motorischen Leistung auf fünf einzeln treibende Motoren eine bedeutende Gewichtsüberschreitung zur Folge gehabt hätte und 3. die Befürchtung unzulässiger Spurkranz- und Schienenabnützung bestand, wenn man die wegen Bogenbeweglichkeit mit seitlicher Verschiebbarkeit ausgestatteten zwei Endachsen ebenfalls mit den ziemlich großen Motormassen belastet hätte.

Von diesem Fünfkuppler, der auch mehrere bemerkenswerte Neuerungen in der elektrischen Einrichtung aufweist, welche Gegenstand eines späteren Aufsatzes bilden sollen, wurden mit fortschreitender Elektrifizierung der österr. B. B. noch weitere zehn Stück mit erhöhter Motorleistung und zusätzlicher elektrischer Widerstandsbremsung nachbestellt und ausgeführt. Diese zweite Bestellreihe der österr. B. B.-Verwaltung umfaßte außerdem noch neun Stück Gebirgsschnellzugslokomotiven Achsfolge 1 — C — C — 1, Bauart Österr. B. B. W., fünf Stück Verschublokomotiven Achsfolge D, Bauart AEG-Union[4]) und vier Talschnellzugslokomotiven der Achsfolge 1 — D_0 — 1, Bauart ÖSSW[5]), als erste österreichische Lokomotivbauart mit abgefedertem Einzelachsantrieb; sie soll nachstehend eingehend beschrieben werden. Sowohl im mechanischen Aufbau als auch in der elektrischen Einrichtung von den bisher üblichen Bauweisen vielfach abweichend, hat sie sich in fast zweijährigem Betriebe als eine überaus glückliche und weiter entwicklungsfähige Bauform erwiesen. Obwohl als Talschnellzugslokomotive für mittlere Steigungen ausgelegt, hat sie sich auch im schweren Dienst auf den langen Steilrampen des Arlberges bewährt und die österr. B. B. in den Stand gesetzt, im „Arlbergexpreß" eine Zugsgattung zu schaffen, welche die Fahrzeit Innsbruck-Bludenz gegenüber dem bisherigen elektrischen Betriebe ganz bedeutend abkürzte.

Bevor auf die Einzelheiten dieser Maschine eingegangen werden soll, sei noch kurz erwähnt, daß von dieser Lokomotivtype mit einigen, aber nicht grundlegenden Änderungen weitere 25 Stück als Lokomotivreihe 1670 für 100 km Höchstgeschwindigkeit bestellt wurden und derzeit in Ausführung begriffen sind.

I. Der mechanische Aufbau.

Aus den Abb. 1 bis 5 ist ohneweiters ersichtlich, daß die Österr. S. S. W. hier den Grundsatz, elektrische Lokomotiven, wo nur immer möglich, vollkommen symmetrisch sowohl im mechanischen wie auch im elektrischen Teile durchzubilden, strenge beobachtet haben. Ein Fahrzeug, das ohne gewendet zu werden, in jeder Fahrtrichtung vollständig gleiche Ausrüstung besitzt und auch gleiche Laufeigenschaften zeigt, verdient ohne Zweifel den Vorzug, weil es auch bessere Beobachtung während der Fahrt gestattet als beispielsweise eine unsymmetrische Ausführung mit nur einem Führerstand, der in jeder Fahrtrichtung eine andere Sicht auf die Strecke bietet, oder mit einseitiger Laufachsenanordnung oder Bogeneinstellung, die auf der Hin- und Rückfahrt auf derselben Strecke außer der Rücksichtnahme auf letztere noch eine zusätzliche Rücksichtnahme auf das Fahrzeug selbst erfordert.

Die Maschine ist ungegliedert und besitzt einen durchgehenden Hauptrahmen. Dieser ist als Außenrahmen durchgebildet und trägt an den beiden Enden kurze, bis zur Brüstung der Stirnwandfenster reichende und Hilfsbetriebe enthaltende Vorbaue, daran anschließend die geräumigen, innen ganz mit Holz verkleideten Führerstände und zwischen denselben mit gleichem Querprofile den Kasten für den 8500 mm langen und 2900 mm breiten Maschinenraum, in welchem symmetrisch zum genau in Längs- und Quermitte liegenden Transformator und in starrer Verbindung mit dem Hauptrahmen die vier Antriebsmotoren mit stehender Läuferachse genau senkrecht über den ihnen zugeordneten Triebachsen eingebaut sind. Die Motoren sitzen auf Stahlgußgehäusen, welche die beiden Rahmenbleche miteinander verbinden und dabei die Triebräder sattelartig übergreifen. In Abb. 6 ist dieses Antriebsgehäuse ersichtlich, und zwar vor dem Einbau in die dahinterstehende Lokomotive; es enthält die Lager für die Hohlwelle (in derselben Abbildung gleichfalls sichtbar), das Kegelradgetriebe, ferner Räume für die Verteilung und Sammlung des Öles für die Umlaufschmierung und Kanäle für die Kühlluft, welche von den Ventilatoren in der Richtung von unten nach oben durch die Motoren hindurchgetrieben wird. Außer durch diese überaus kräftigen Verbindungen werden die Hauptrahmenbleche noch durch die beiden Drehzapfen-und Brustträger und

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 541.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 358.
[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 371.
[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 369 ff.

Digitized by Google

die Transformatorträger der Quere nach zusammengehalten. Dieser den Kastenaufbau und die gesamte elektrische Ausrüstung tragende Hauptrahmen ruht auf zwei Tragdrehgestellen, enthaltend je eine Lauf- und eine Triebachse, und auf einem Paar mittlerer, längsausgeglichener Triebachsen mit Seitenverschiebung und rückgedrehten Spurkränzen auf. Aus der Achsformel 1 D_0 1 läßt sich das Vorhandensein von ausgesprochenen Tragdrehgestellen nicht erkennen, obwohl es ein ganz besonderes Merkmal dieser Maschine ist und eine im Zeitpunkte ihrer Indienststellung noch nicht durchgeführte Neuerung darstellt. Auch die Achsformel 1 A — B — A 1 ist nicht zutreffend, da sie auf eine Dreifachgliederung hinweist, die nur im Laufwerk vorhanden ist, während der Hauptteil der Lokomotive, das sind 85% des Gesamtgewichtes, mit dem durchlaufenden Hauptrahmen verbunden ist. Die Drehzapfen sind genau in der Mitte zwischen den Laufachsen und benachbarten Triebachsen ohne Seitenverschieblichkeit angeordnet; die „geführte Länge" ist gleich der Drehzapfenentfernung 8800 mm bei 11 000 mm Gesamtradstand. Die Drehgestelle gestatten bei der Fahrt im Bogen sowohl den Lauf- wie äußeren Triebachsen genaue Radialeinstellung bei verhältnismäßig geringen Auslenkungen, während die inneren, im Hauptrahmen gelagerten Triebachsen sehr kleine Anschneidewinkel aufweisen. Bei einem Bogenhalbmesser von 180 m beträgt bei der inneren mit 11 mm Spurkranzrückdrehung versehenen Triebachse der Anschneidewinkel $\frac{1}{2}^0$ und die Seitenverschiebung 2×33 mm, beim Drehgestell die Auslenkung $\pm 1^0\ 25'$ was bei der äußeren Triebachse eine Achsialverschiebung von 2×27 mm und eine Querverschiebung von 2×17 mm bedeutet, gemessen in einer durch die Triebachsmitte gelegten Horizontalebene. Senkrecht darauf ist für das Federspiel ein Hub von 2×35 mm, durch Federbruchstöckel und Achsgabelstege begrenzt, vorgesehen. Die lichte Weite der Hohlwelle beträgt 270 mm, der Triebachsschaftdurchmesser 175 mm; es stehen also $2 \times 47{\cdot}5$ mm bis zum Anschlagen zur Verfügung, was gegenüber den angeführten Bewegungsgrenzen genügend Sicherheit bietet. Für Gefällsbrüche, deren Abrundung mit bedeutend größeren Halbmessern wie die Bögen vorgenommen ist, ist gleichfalls die erforderliche Bewegungsfreiheit aller Triebachsen gewährleistet.

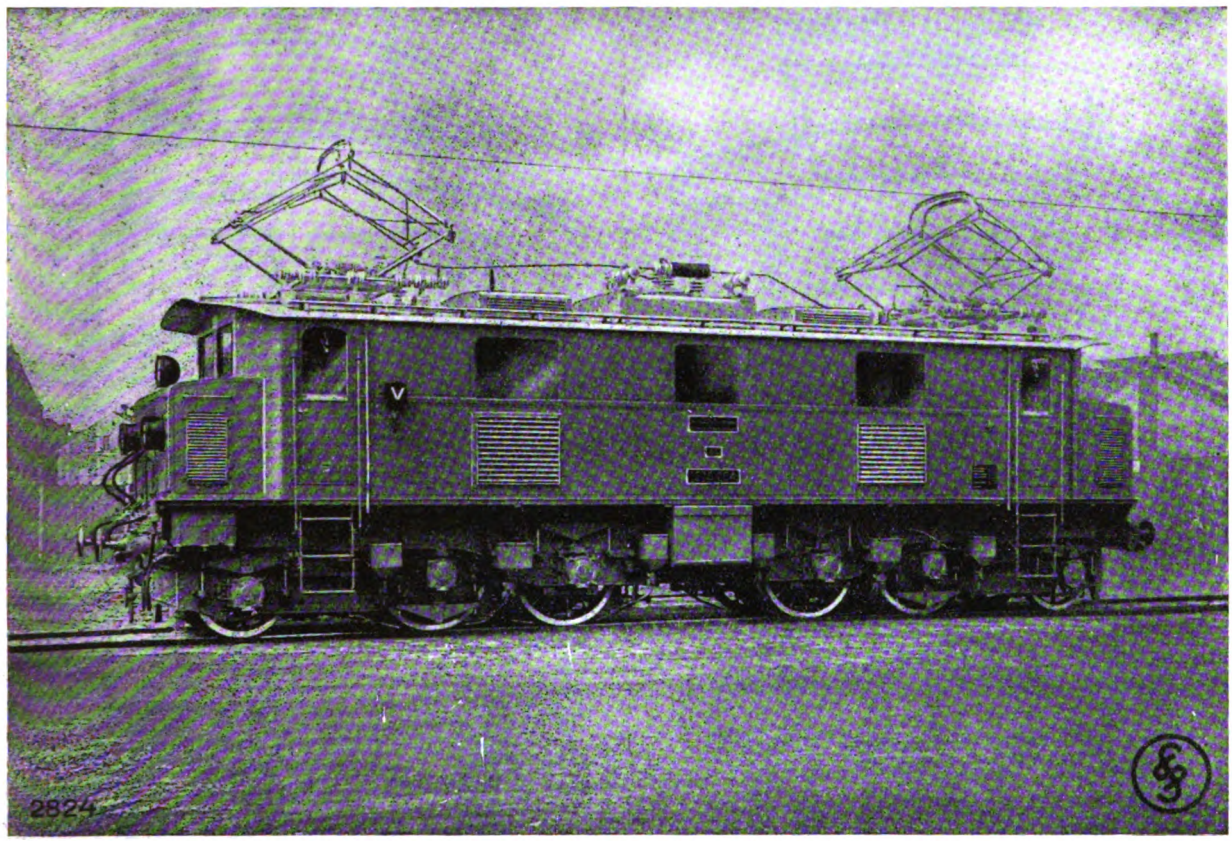


Abb. 1. Talschnellzugslokomotive der Österr. Bundesbahnen mit Einzelachsantrieb und Vertikalmotoren, Reihe 1570, Achsfolge 1-D_0-1.

Wie später gezeigt werden wird, gestattet die Gelenkkupplung der Ö. S. S. W. alle diese Bewegungen in ausreichendem Maße.

Der Einzelantrieb hat es erlaubt, die Lokomotive nach Grundsätzen zu gestalten, die vorzüglichen Lauf gewährleisten. Eine 1—D_0—1-Stangenlokomotive für hohe Geschwindigkeiten hätte man wahrscheinlich mit Krauß-Helmholtz'schen Drehgestellen an den Enden gebaut. Diese Art der Führung ist aber im Bogen nicht ohne Nachteil, wie man aus Fig. 1 der Abb. 7 sieht, welche

Digitized by Google

die statische Einstellung des Fahrzeuges zeigt. Der Anschneidewinkel der ersten Triebachse ist unvorteilhaft groß, weil sich das Fahrzeug-Hinterende gegen die Innenseite der Krümmung zu einstellt. Bei hohen Geschwindigkeiten, bei denen der Einfluß der Fliehkraft ins Gewicht fällt, wird jedoch das Hinterende der Lokomotive nach außen getrieben: Fig. 2 der Abb. 7; statische und dynamische Einstellung weichen daher stark voneinander ab und das Fahrzeug wird an der Grenze beider unruhig laufen. Fig. 3 und 4 der Abb. 7 zeigen deutlich, wie vorteilhaft die Führung durch Drehgestelle aus Lauf- und Triebachse ist, deren Anwendung der Einzelachsantrieb ermöglicht, allerdings in Verbindung mit einer entsprechend stabilen Bauart der Gelenkkupplung, wie sie die der Ö. S. S. W. darstellt. Die Anschneidewinkel sämtlicher Achsen sind ganz unbedeutend, desgleichen der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Einstellung der Lokomotive.

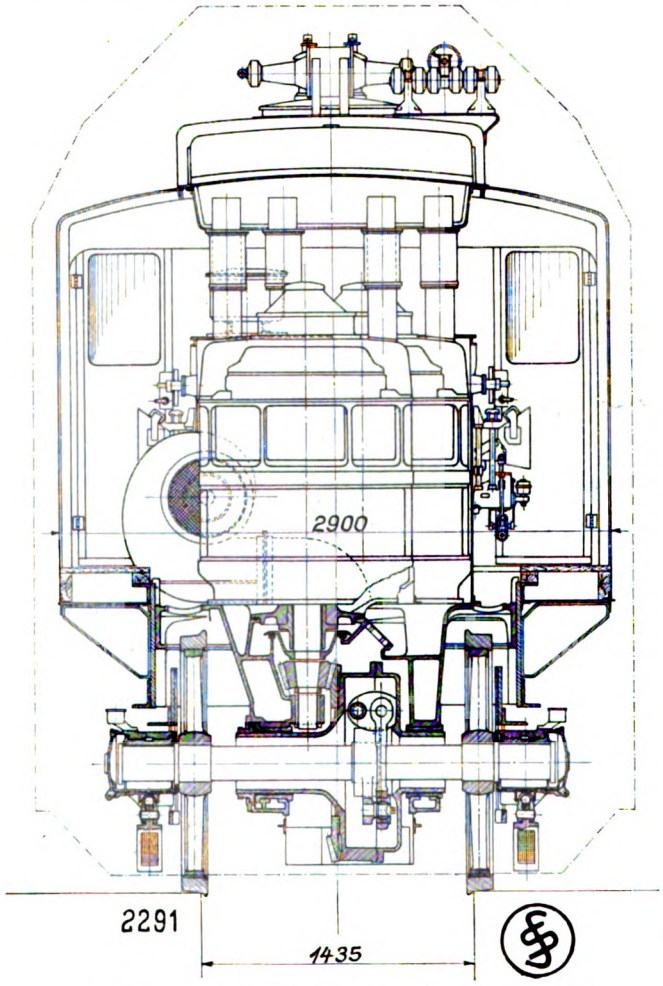


Abb. 4. Talschnellzugslokomotive, Reihe 1570, Achsfolge 1-D$_0$-1. 1. Querschnitt.

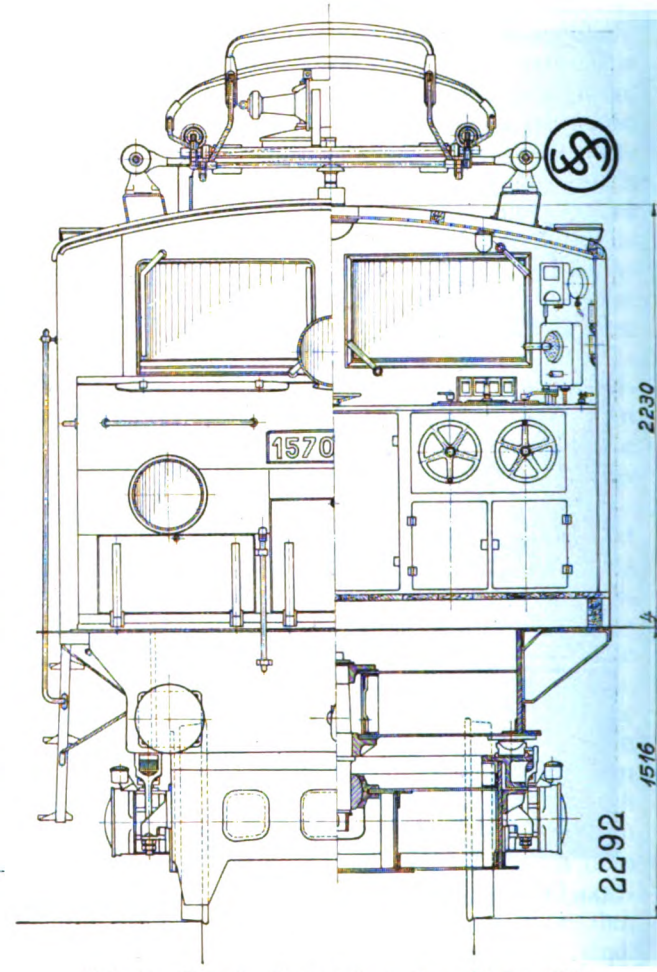


Abb. 5. Talschnellzugslokomotive, Reihe 1570, Achsfolge 1-D$_0$-1. 2. Querschnitt.

Infolge der symmetrischen Bauform bot die Gewichtsaufteilung und Verwirklichung der Achsdrücke keinerlei Schwierigkeiten. Während des Baues eintretende Gewichtserhöhungen können wohl das Gesamtgewicht erhöhen, nie aber eine Unsymmetrie hervorrufen. Von dem Gesamtgewicht von 91 600 kg der dienstbereiten Lokomotive entfallen auf den durch die Tragfedern gestützten Teil 79 500 kg = 84·75 vH und 12 160 kg = 15·25 vH auf den unabgefederten, nur die Lauf- und Triebachsen umfassenden Teil. Für den verhältnismäßig geringen Aufwand an Gesamtgewicht und den sehr kleinen Anteil des reinen Laufwerk-Gewichtes an dem Gesamtgewichte ist die vorsätzliche Verwendung kleiner Triebraddurchmesser von 1350 mm bei vollen unabgenützten Reifen ziemlich ausschlaggebend gewesen; sie erst hat die Einhaltung der niedrigen Achsdrücke, welche für jede der Laufachsen mit 14 t und für jede der Triebachsen mit 15·9 t das äußerste Zugeständnis der Bahnverwaltung darstellte, ermöglicht. Bei der Höchstgeschwindigkeit von 85 km/St. beträgt die minutliche Drehzahl der Triebachsen 335 bezw. 348 bei vollen bezw. halbabgenützten Radreifen, eine durchwegs zulässige Höchstgrenze, welche noch hätte erhöht werden können, wenn sie nicht dadurch, daß die Radreifen von 1350 mm Durchmesser eine Normaltype der österr. B. B. darstellen, festgelegt gewesen wäre. Nebenbei bemerkt, gestattet die Gelenkkupplung der Ö. S. S. W. die Verwendung noch kleinerer Raddurchmesser, was bei der Auslegung von Güterzugslokomotiven

Digitized by Google

Digitized by Google

und Fahrzeugen mit hoher Kurvenbeweglichkeit Vorteile bietet.

Die Abstützung des Hauptrahmens auf dem Laufwerk erfolgt in sechs Punkten, auf den Drehgestellen in je einem Paar symmetrisch zum Drehzapfen angeordneter Gleitkugelstützen und in der Rahmenmitte auf die durch Längsausgleichhebel miteinander verbundenen Tragfedern der inneren Triebachsen. Die Drehzapfen selbst sind unbelastet; alle Tragfedern haben 8 mm Einsenkung pro Tonne. Die Sechspunktstützung verleiht dem Lokomotivkörper große Stabilität, allerdings auf Kosten größerer Veränderlichkeit der Raddrücke und Federbelastungen und infolgedessen auch ziemlicher Schwankungen in der Reibungszugkraft; wie weit aber die Stützpunktezahl herabgesetzt werden darf, ohne die Stabilität zu verringern, wird noch durch weitere Betriebserfahrungen nachgewiesen werden müssen.

Der überaus günstigen Massenverteilung, die der Einzelachsantrieb bietet, soll hier noch besonders Erwähnung getan werden. Erstens erlaubt er die Verwendung höherer Triebraddrehzahlen, somit kleinerer Raddurchmesser als der Stangentrieb, was die Kleinheit der ungefederten Massen beim Einzelachsantrieb schnellfahrender Lokomotiven bedingt. Zweitens ist die gegenseitige Freiheit der Massen von großem Vorteil. In vertikalem Sinn sind die einzelnen unabgefederten Massen wohl auch beim Stangenantrieb praktisch unabhängig, vom Oberbau (Schienenlücken, Herzstücke) herrührende Stöße im Drehsinne der Triebräder treffen bei ihm jedoch die gesamte Masse des Triebwerks bis zu jenem Punkte, wo eine eventuell vorhandene Federung einsetzt. Anders beim Einzelachsantrieb, wo jeder Umfangstoß nur die kleine Triebwerkmasse einer Achse beeinflußt.

Schließlich sei die Vermutung ausgesprochen, daß der ruhige Lauf der Einzelachsantriebsfahrzeuge auch teilweise dem Entfall des Kraftwechsels zuzuschreiben ist, der bei Stangenantrieb im Takte der Drehzahl in den Achslagerführungen auftritt und den man in Verbindung mit zu großem Spiel in denselben auch für das Unrundwerden der Radreifen bei einzelnen Lokomotiven verantwortlich gemacht hat. Ich habe das sichere Gefühl, daß der Einzelachsantrieb nicht nur auf die schnellfahrenden Fahrzeuge beschränkt bleiben, sondern auch Anwendung auf Güterzugslokomotiven finden wird.

Gewiß ist bei dieser Antriebsform noch manches zu verbessern und vor allem die Unabhängigkeit jeder einzelnen Achse noch weiter zu vervollkommnen, damit sie, ohne die Stabilität der auf ihr ruhenden Last zu gefährden und von den auf sie einwirkenden Drehkräften des Antriebsmotors gestört zu werden, sich an jede Geleiseunebenheit anschmiegen und jederzeit die zur Übertragung der erforderlichen Zugkräfte nötige Haltkraft an der Schiene unverändert beibehalten kann. Es ist derzeit selbst noch in Eisenbahnfachkreisen die Meinung verbreitet, daß die Kupplung von Triebachsen eine erhöhte Ausbeute ihrer Adhäsion zuläßt, trotzdem durch den allereinfachsten Einzelachsantrieb, den gewöhnlichen Straßenbahnantrieb mit Tatzenlagermotoren, in vielen hunderttausend Fällen der glänzendste Gegenbeweis erbracht worden ist und mit ihm Steigungen über 100 vT spielend bewältigt wurden, bei denen das Dampffahrzeug mit gekuppelten Achsen bereits

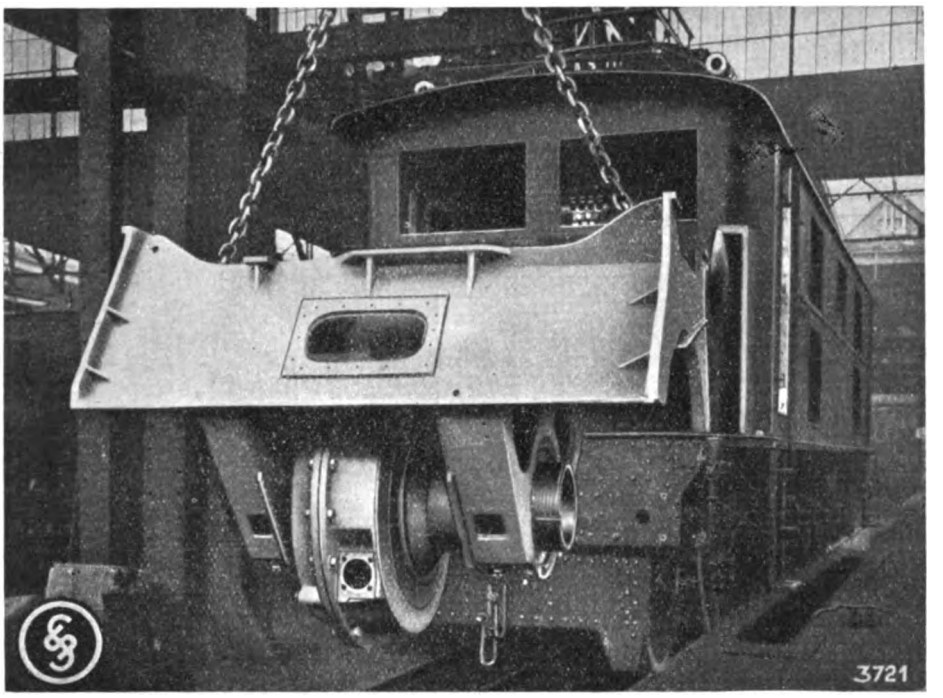


Abb. 6. Antriebsgehäuse mit Hohlwelle, vor dem Einbau in die Lokomotive.

Digitized by Google

gänzlich versagte. Daß die Mehrfachkupplung bei der Eigenart der Dampfmaschine wohl das einzige gegebene Mittel war und bleibt, große Zugkräfte in einem Fahrzeuge zu vereinigen, soll hier nicht bestritten werden; daß ihr aber leider die gleiche Rolle zugewiesen wurde in den Entwicklungsanfängen der elektrischen Vollbahntraktion, war ein Abweichen vom rechten Wege, auf dem ihre Vorgängerin, die elektrische Straßen- und Überlandbahntraktion, einen Siegeslauf durch die ganze Welt gemacht hatte. Die Dampfmaschine benötigt wohl Kurbel und Stange zur Überführung der

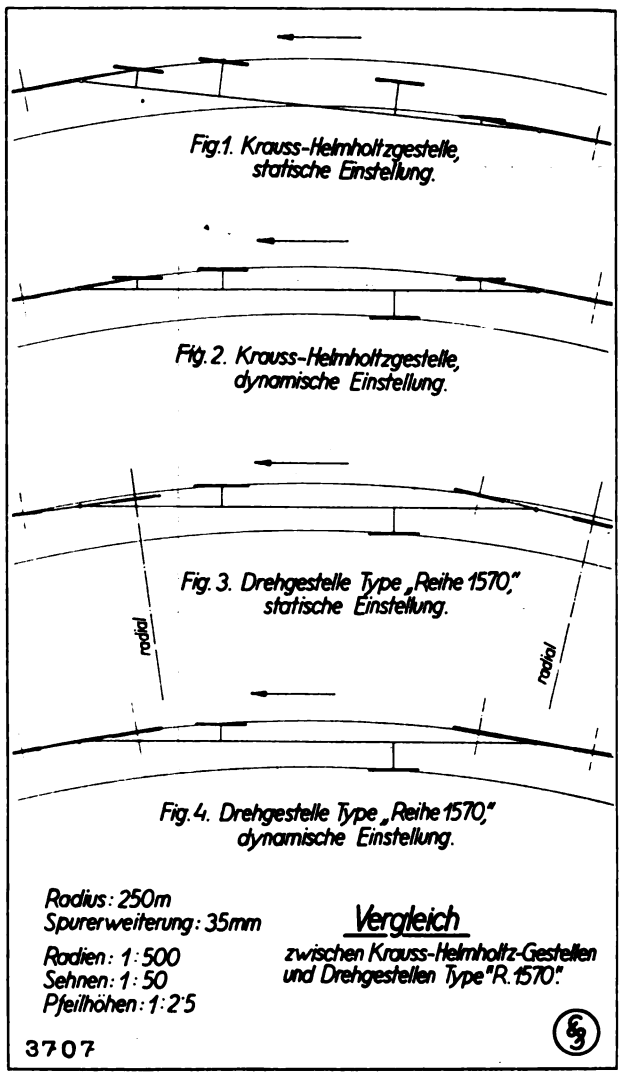


Abb. 7. Vergleich zwischen Krauß-Helmholtz-Gestellen und Drehgestellen der Type „R 1570".

Kolbenbewegung in die Drehbewegung, nicht aber der Elektromotor, dessen Läufer die Triebachse unmittelbar oder mittelbar durch ein simples Zahnradvorgelege anzutreiben vermag.

Für die Antriebe der Talschnellzugslokomotive wurden Kegelradvorgelege gewählt; am unteren Ende der vertikal gelagerten Läuferwelle ist das konische Ritzel aufgebracht; es kämmt in einem Übersetzungsverhältnisse 1 : 3·82 mit dem großen Kegelzahnrade, das auf der die Triebachse mit Spiel umgebenden und im Antriebsgehäuse gelagerten Hohlwelle sitzt (Abb. 8). Die ungefähr in der Mitte zu einer Trommel von größerem Durchmesser erweiterte Hohlwelle ist durch einen Schnitt normal zur Drehachse in zwei Teile geteilt, die am Trommelumfange genau zentrisch verzahnt und durch Flanschen und Schrauben fest miteinander verbunden sind. In Abb. 9 ist die vordere Hälfte der Hohlwelle abgenommen, um die im Innern der Trommel untergebrachte Gelenkkupplung, Patente Österr. S. S. W., zu zeigen. Auf demselben Bilde sieht man im Hintergrunde rechts an der geschlossen montierten Hohlwelle in der vorderen Trommelhälfte vier kreisrunde bezw. ovale Öffnungen, durch welche die Kugelgelenke zugänglich werden. Die Verwendung stehender Antriebsmotoren auf Lokomotiven ist nur in Verbindung mit Kegelrädervorgelegen möglich und dies dürfte auch der Hauptgrund sein, daß dieser Antrieb bisher ängstlich gemieden wurde, trotzdem er ganz hervorragende Vorteile bietet. Die Bedenken gegen Kegelräder sind aber heute nach den überaus günstigen Erfahrungen, welche die

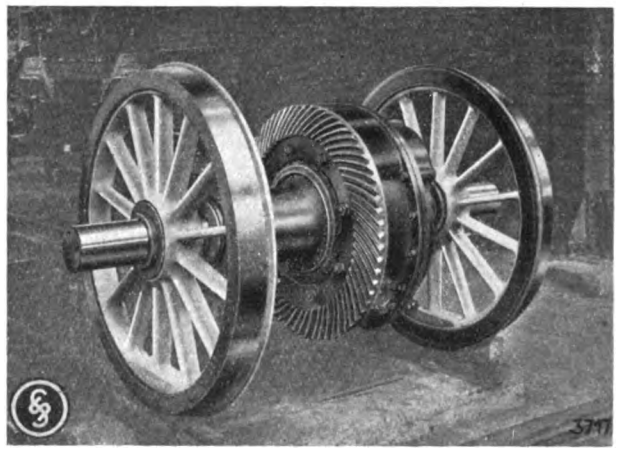


Abb. 8. Radsatz mit Hohlwelle.

ersten 4 1—D_0—1-Lokomotiven der österreichischen B. B. und die 2—C—2-Lokomotiven der französischen Midibahn im Betriebe gezeitigt haben, als nicht mehr bestehend zu betrachten. Die Herstellungsgenauigkeit der Kegelräder wird sich im Laufe der Zeit im gleichen Maße vervollkommnen, wie es bei den Stirnrädern der Fall war, wenn nur erst ihr Anwendungsgebiet sichergestellt erscheint. Um möglichst geräuschlosen Gang zu erzielen, wurde für die Kegelräder der österreichischen Talschnellzugslokomotive die Schraubenverzahnung gewählt, die von den Skodawerken in Pilsen nach einem Teilverfahren mit Fingerfräser durchgeführt worden ist. Auch die Wahl des Materiales wurde diesem Werke überlassen.

Ein Fingerfräser schneidet naturgemäß eine Zahnlücke konstanten Normalprofils aus. Um nun, wie das im Wesen jedes Kegelrades gelegen ist, Umfangsprofile zu erhalten, die gegen die Kegelspitze hin gleichmäßig kleiner werden, wird die Form der Zahnschraubenlinie so gewählt, daß trotz überall gleichen Normalprofiles die ge-

Digitized by Google

wünschte Verjüngung des Umfangsprofils erreicht wird.

Wirkungsgrad und Genauigkeit haben vollkommen befriedigt; geradezu überraschend jedoch war der geräuschlose Gang und die geringe Abnützung, die nach einer Leistung von 130 000 Lokomotiv-km je Vorgelege kaum festgestellt werden konnte.

Auf den mittleren Kegelritzeldurchmesser bezogen, beträgt der Zahndruck bezw. die Zahnradgeschwindigkeit bei der Dauerleistung des Motors 2600 kg bezw. 12·4 m/sec. bei der Einstundenleistung 3900 kg bezw. 11 m/sec und maximal beim Anfahren bis zu 6000 kg bezw. 9 m/sec. Die bei der Schraubenverzahnung auftretenden hohen zwischen 65 und 105 vH des Zahndruckes betragenden Achsialschübe werden durch ein eigenes Segment-Doppelspurlager Bauart Krupp aufgenommen, welches am oberen Ende der Läuferwelle im Motorgehäuse eingebaut ist. Die aus der Vertikalstellung des Antriebsmotors sich ergebenden Vorteile sind der Hauptsache nach die folgenden:

1. Hohe Schwerpunktlage;
2. Bequeme Zugänglichkeit zu allen Motorteilen, auch während der Fahrt, namentlich zum Kollektor und zu den Bürsten.
3. Wegfall eines verdrehbaren Bürstenapparates und lösbarer Anschlüsse.
4. Leichter Ausbau des Motors nach oben.
5. Fast unbeschränkte Freizügigkeit in der Bemessung der Motordimensionen, also keine Begrenzung der Motorleistung durch Raumverhältnisse. Mit 2500 PS ist noch keineswegs die äußerste Grenze der Motorleistung erreicht, welche unter Einhaltung der vorgeschriebenen Umgrenzungsprofile über einer Triebachse eingebaut werden können, was für europäische Verhältnisse kaum jemals in Betracht kommen dürfte.
6. Entfall der Kreiselwirkung der Motorläufer (wird weiter unten erläutert).

Das wichtigste Übertragungsglied beim Einzelachsantrieb bildet die zwischen Triebachse und Hohlwelle eingeschaltete nachgiebige Kupplung zur Überleitung der großen Drehkräfte auf die Triebachse. Sie muß das Federspiel derselben aufnehmen und ihr alle Bewegungsfreiheiten gestatten können, welche sie zum zwanglosen Durchlauf durch die Geleisekrümmungen benötigt, wie Achsialverschiebungen und Schränkungen in horizontaler und vertikaler Ebene, und zwar alle genannten Bewegungen in beliebiger Kombination.

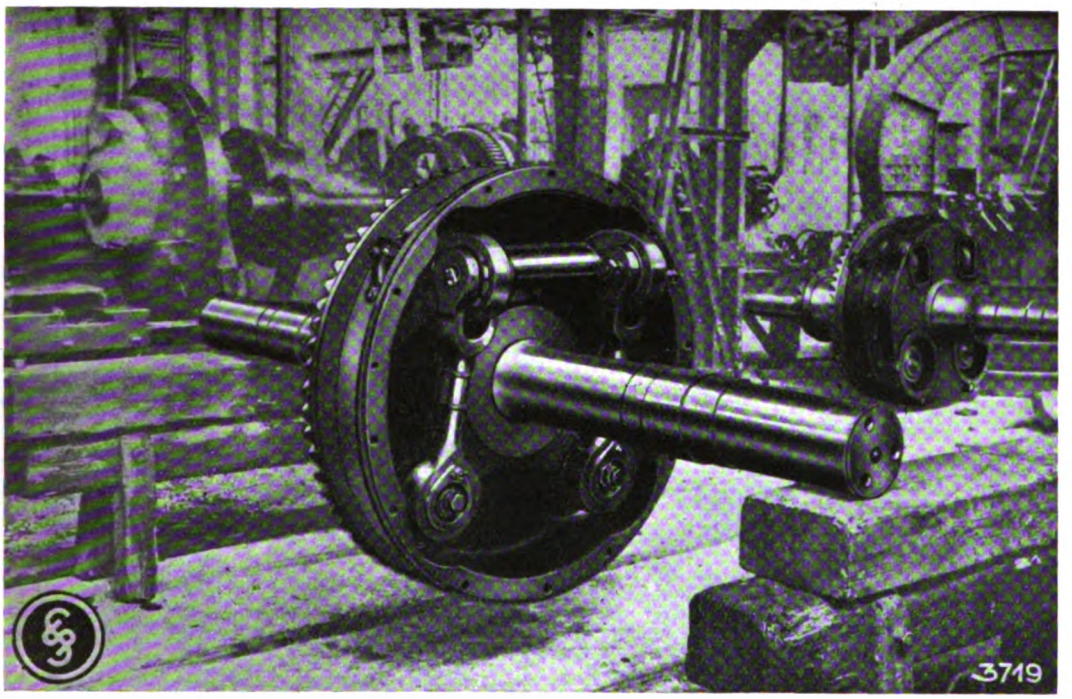


Abb. 9. Hohlwellentrommel geöffnet, mit Kupplung. (Patent ÖSSW.)

Die durch die Kupplung übertragenen Drehkräfte dürfen keine solchen Rückwirkungen (Reaktionskräfte) verursachen, welche obgenannte Bewegungen störend beeinflußen oder gar Schwerpunktsverlagerungen in der gefederten Lokomotivmasse im Gefolge haben könnten. Die Winkelgeschwindigkeiten der treibenden Hohlwelle und getriebenen Triebachse sollen in allen Relativlagen zueinander möglichst gleiche, bezw. deren Unterschiede so kleine sein, daß die daraus entstehenden Massenwirkungen innerhalb jedes schädigenden Einflusses auf die Einzelteile des Antriebes bleiben und leichthin durch geeignete federnde Zwischenglieder aufgenommen werden können. Ferner soll der Angriff der Drehkräfte möglichst in der Mitte zwischen den beiden Triebrädern erfolgen, um letzteren möglichst gleiche Anteile an der Drehkraft zu sichern und relative Drehschwingungen der Räder gegeneinander hintanzuhalten, weil solche die Rei-

Digitized by Google

bung zwischen Schiene und Rad ungünstig beeinflussen. Außerdem muß noch eine Reihe selbstverständlicher Bedingungen hauptsächlich konstruktiver und betriebstechnischer Natur erfüllt sein, wie einwandfreie Auswuchtung aller umlaufenden Kupplungsteile, eine ausreichende und doch sparsame Schmierung aller Lager und Gelenke unter gleichzeitigem, dichtem Abschluß gegen Eindringen von Staub und Nässe, Beschränkung der der Abnützung unterworfenen Teile auf einige wenige, leicht auswechselbare billige Stücke etc.

Die in der 1—D_0—1-Lokomotive verwendete, in Abb. 9 und 11 dargestellte ÖSSW-Kupplung entspricht den vorangestellten Grundsätzen in

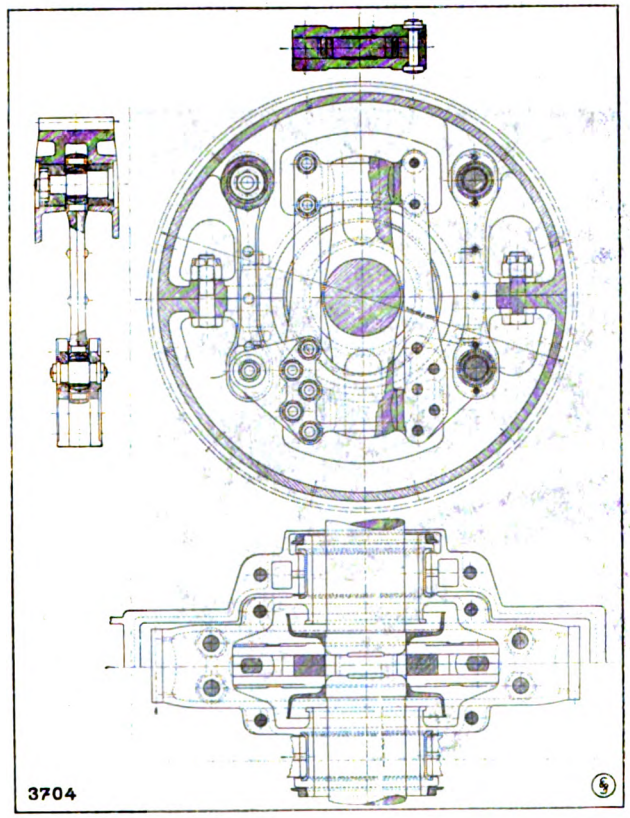


Abb. 10. Probekupplung mit Gleitrahmen. (Patent ÖSSW.)

weitestgehendem Maße. Eine Begrenzung der Bewegungsfreiheit ist weniger in der Konstruktion der Kupplung als vielmehr in der Dimensionierung der Hohlachse gelegen, welche mit Rücksicht auf geringe Abmessungen der Hohlwellenlager nur mit einer solchen lichten Weite versehen wurde, daß sie mit Sicherheit alle für die Bogenfahrt erforderlichen Auslenkungen, Verschiebungen, Schränkungen und Exzentrizitäten der Triebachse gestattet. Diese Kupplung hat sich aus der in Abb. 10 ersichtlichen, probeweise ausgeführten Konstruktion unter Ausmerzung des ihr als Nachteil anhaftenden Gleitrahmens entwickelt. In Abb. 11 ist in axonometrischer Darstellung die einfache Mechanik der Kupplung aufgezeigt. In der Trommel der rückwärtigen Hohlwellenhälfte ist senkrecht gekreuzt zu deren Achse eine Querwelle mit zwei gleichlangen parallelen symmetrisch angeordneten Kurbelarmen gelagert. Zur Triebachse gehörig und auf ihr festgekeilt ist eine einebnige Doppelkurbel, deren zwei ebenfalls gleichlange Arme einen rechten Winkel bilden und je einen Kurbelzapfen (alles aus einem Stück geschmiedet) tragen.Die Verbindungslinie der Zapfenmittel steht senkrecht zur Triebachse; die Entfernung der Zapfen voneinander ist gleich groß wie die Mittelentfernung der Kurbelarme der Querwelle. Durch zwei gleichlange Lenker, die einerseits an die Kurbelzapfen der Triebachse, andererseits an die Kurbelarme der Querwelle kugelig angelenkt sind, wird zwischen letzterer und der Verbindungslinie der Kurbelzapfenmittel ein Parallelogramm gebildet, welches in drei aufeinander senkrechten Ebenen gleichzeitig beweglich ist. Dieses Parallelogramm ist

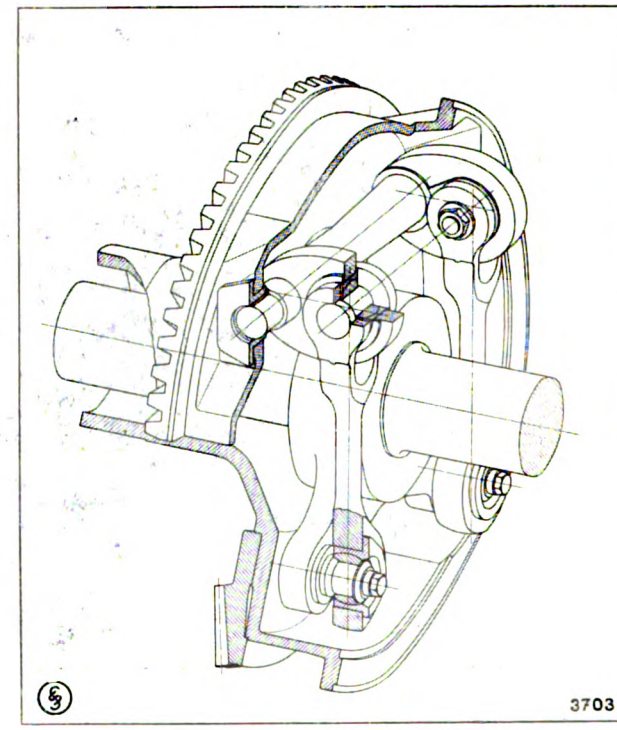


Abb. 11. Schematische Darstellung der ausgeführten ÖSSW-Kupplung.

solange eben, so lange Hohlwelle und Triebachse parallel zueinander bleiben, ob sie sich auch gegeneinander achsial verschieben oder exzentrisch werden; solange ebenes Parallelogramm besteht, sind auch absolut gleiche Winkelgeschwindigkeiten vorhanden, was wohl keines weiteren Beweises bedarf. Jede Schränkung der Achsen stört jedoch die Parallelität durch Verwindung der Parallelogrammebene in eine windschiefe Fläche und ruft damit kleine Schwankungen in den Winkelgeschwindigkeiten nach der ersten Harmonischen hervor, deren Amplituden mit dem Schränkungswinkel wachsen. Letzterer beträgt aber bei kleinstem Bogenhalbmesser von 180 m kaum $1^1/_2$ Winkelgrade und kann daher praktisch kaum zur Geltung kommen. Zur Verhinderung schädlicher Massendrücke in den Zahnrädern und Gelenken

Digitized by Google

der Kupplung wurde zwischen der Läuferwelle und dem Läufer selbst eine Federung eingeschaltet, auf die bei Beschreibung der Motoren näher hingewiesen wird.

Verschiebung die Lenkerebene ihren rechten Winkel mit der Drehachse, so entstehen in der Richtung der Drehachse an den Kurbelzapfen kleine, aber entgegengesetzt gerichtete Drehkraftkomponenten,

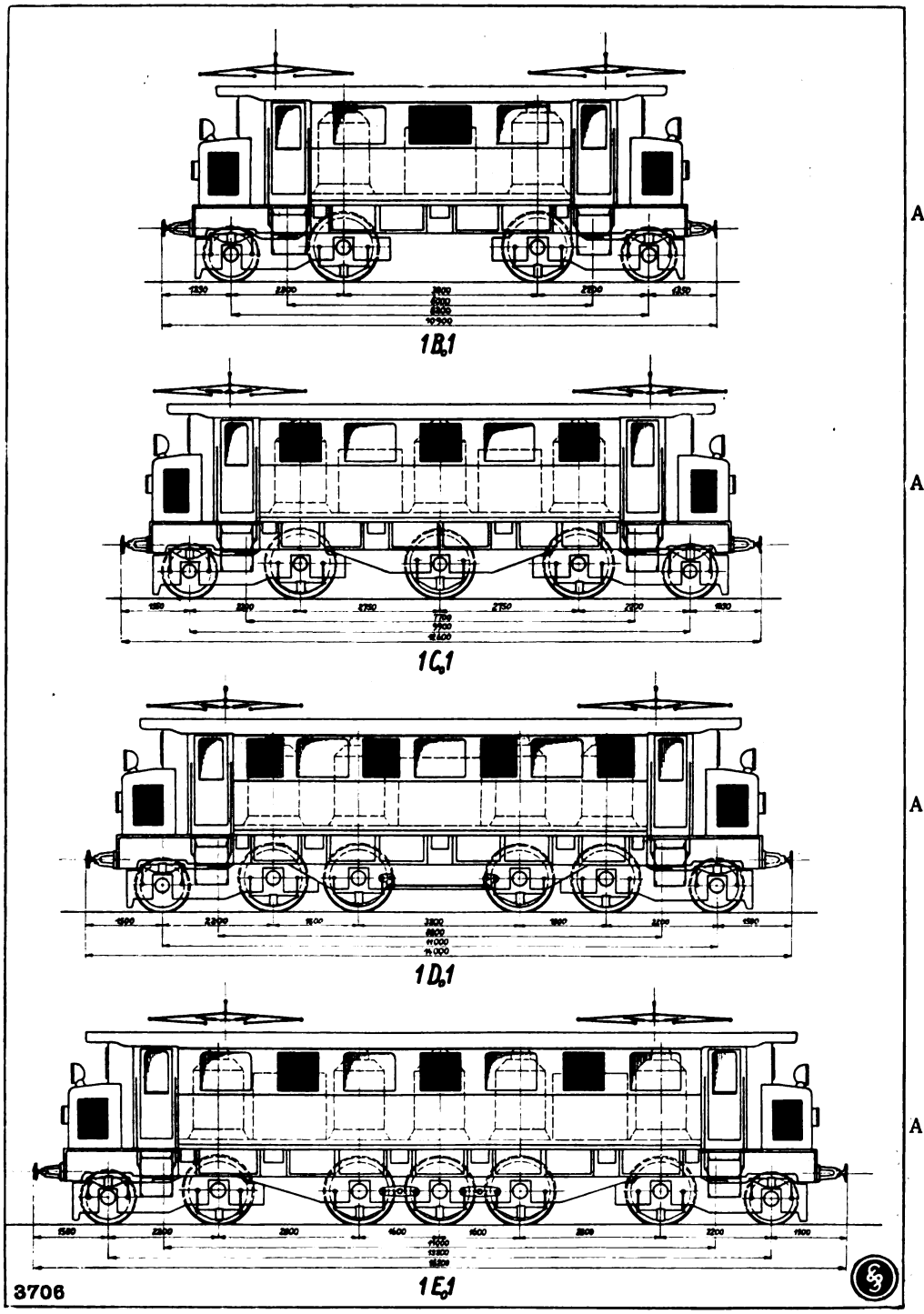


Abb. 12.

Abb. 13.

Abb. 14.

Abb. 15.

Abb. 12. Typenskizze 1-B_o-1, mit Einzelachsantrieb und vertikalen Zwillingsmotoren.
Abb. 13. Typenskizze 1-C_o-1, mit Einzelachsantrieb und vertikalen Zwillingsmotoren.
Abb. 14. Typenskizze 1-D_o-1, Reihe 1670, mit Einzelachsantrieb und vertikalen Zwillingsmotoren.
Abb. 15. Typenskizze 1-E_o-1, mit Einzelachsantrieb und vertikalen Zwillingsmotoren.

Die Kräfte in den Lenkern haben entgegengesetzte Vorzeichen — stets ist der eine Lenker auf Zug und der andere auf Druck beansprucht (Abb. 11). Verändert beispielsweise bei einer seitlichen axialen

welche infolge ihrer Gleichheit keine Achsialverschiebung der Triebachse bewirken, wohl aber ein Moment erzeugen, welches die Triebachse um eine sie schneidende, zu ihr senkrechte Achse zu

Digitized by Google

drehen sucht. Dieses mit der Triebachse rotierende Moment äußert sich als radial wirkender, umlaufender zusätzlicher Druck entgegengesetzt in beiden Achslagern wirkend. Dieser Zusatzdruck beträgt beispielsweise bei einer Gesamtzugkraft der Lokomotive an den Triebrädern von 12800 kg in jedem Triebachslager für die größte seitliche Verschiebung um 32 mm maximal 66 kg. Seine Horizontalkomponente beträgt 66 sin α kg (α = Umlaufwinkel der Achse) und wird durch die Achslagerführung aufgenommen; seine Vertikalkomponente ist um $\frac{\pi}{2}$ verschoben, also 66 cos α kg und wird, da die Reibung in den Achslagerführungen bei der angenommenen Zugkraft von 3200 kg je Triebachse mindestens 160 kg bei guter Schmierung ausmacht, gänzlich vernichtet, so daß von einer Rückwirkung von der Triebachse auf die abgefederte Lokomotivmasse keine Rede sein kann.

beschriebene Gelenkkupplung besonders, um nicht zu sagen ausschließlich, geeignet für Fälle, bei denen starke Seitenverschiebungen bezw. Auslenkungen der Achsen auftreten, zumal in Verbindung mit kleinen Raddurchmessern.

Größere Änderungen in der Winkelgeschwindigkeit des Triebrades treten meistens beim Befahren schlechter Schienenstöße (Springen der Räder) auf, welche starke Druckschwankungen in den Kupplungsteilen zur Folge haben und sich durch rascheren Verschleiß der Kugelgelenke und Ausschlagen der Querwellen auswirken können, was im vorliegenden Fall allerdings nie aufgetreten ist. Zur Milderung und Dämpfung solch schädlicher Massendrücke kann ein Lenker mit Krupp'scher Plattenfederung versehen werden, was versuchsweise bei einer Kupplung mit gutem Erfolge durchgeführt worden ist. Es sind aber auch bei den nicht gefederten Kupplungen nach langer Laufzeit

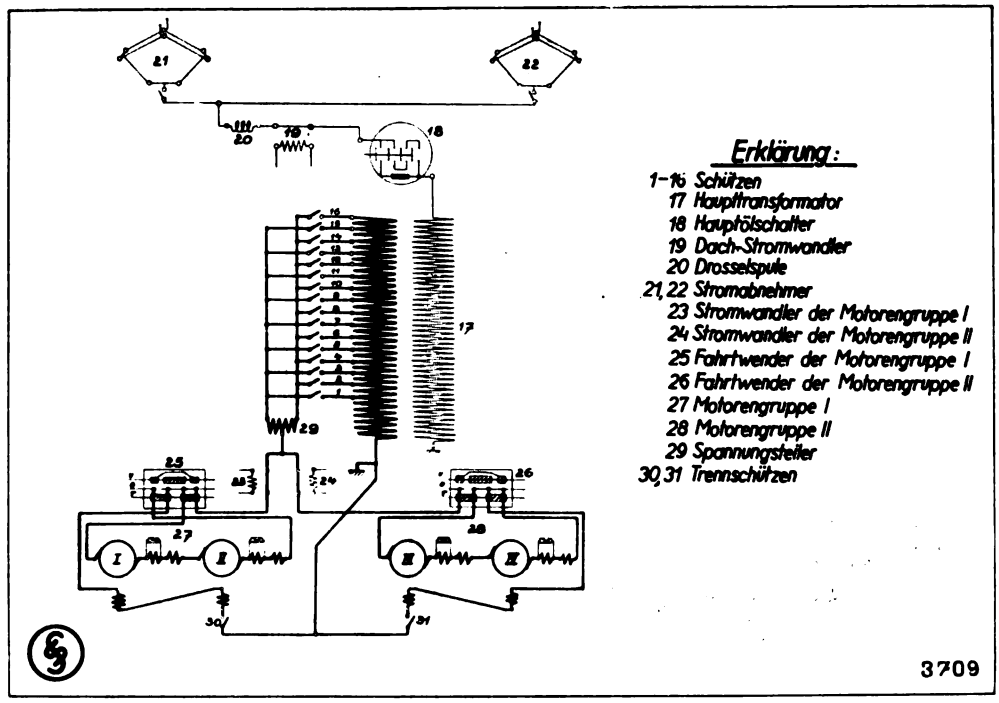


Abb. 16. Hauptstromschaltbild zur Lokomotivreihe 1570 der ÖBB.

Die bei Schränkung der Triebachsen auftretenden Rückwirkungen bewegen sich in derselben Größenordnung, werden daher ebenfalls von den vorhandenen Reibungskräften vollständig aufgezehrt.

Zugunsten der neuartigen Gelenkkupplung fällt folgendes ins Gewicht: Bei Seitenverschiebung der Achsen und bei Auslenken des Drehgestells stellen sich die Lenker schief statt rechtwinklig zur Triebachse bezw. Hohlwelle. Bei anderen Kupplungen tritt dann eine Tendenz zum seitlichen Ausknicken des Systems auf, da irgendwelche Hebel der Gelenkkupplung auf verhältnismäßig kurzen Zapfen gelagert sind, während beim Antriebsorgan der Ö. S. S. W. der maßgebende Hebelarm, der an Stelle der Zapfenlänge tritt, die ganze Länge der Querwelle ist. Diese Eigenschaft macht die

alle Gelenkteile in so gutem, fast unverändertem Zustande befunden worden, daß obige Vorsichtsmaßregel nicht zur Forderung erhoben zu werden brauchte.

Die Schmierung der Kupplung beschränkt sich auf die vier Kugelgelenke und die zwei Querwellenlager, in welchen nur mäßige, pendelnde Relativbewegungen stattfinden, welche dem reichlichen Zutritt des Schmieröles nicht gerade förderlich sind. Da aber alle Schmierstellen gleichweit von der Drehachse entfernt sind, bietet die Zufuhr des Öles mit Hilfe der Fliehkraft von zentraler Stelle aus keine Schwierigkeit. In der Mitte jedes Lenkers sind ovale Blechgefäße mit zurückgebördeltem Rande angeschellt, welchen die Aufgabe zufällt, das Öl aufzunehmen und zu den Ge-

Digitized by Google

lenken weiterzuleiten. Von einem in Abb. 8 ersichtlichen auf der Zahnradseite der Hohlwellentrommel angebrachten konzentrischen Ölfangringe reichen zwecks Ölzufuhr zwei Röhrchen ins Trommelinnere bis zur Mitte der erwähnten Blechgefässe. Außerdem taucht die Trommel mit dem großen Kegelrade in das Öl, das in dem sie umschließenden Radschutzkasten bei der Drehung der Trommel an die Wände abgeschleudert wird und von dort auf sie wieder zurückspritzt.

Irgendwelche Unzulänglichkeiten in der Schmierung haben sich im Betrieb nicht gezeigt. Auslegung und Konstruktion der Ö. S. S. W.-Kupplung tragen den weitestgehenden Ansprüchen

massen völlig auszugleichen, indem man die Hälfte der Kegelradantriebe um 180° verdreht in die Lokomotive einbaut, ohne an ihrer Konstruktion auch nur das mindeste ändern zu müssen. Dadurch, daß das Kegelritzel einmal rechts, das anderemal links kämmt, kommt Rechts- und Linkslauf der Läufer und damit die Ausschaltung ihrer Kreiselwirkung zustande. Was an Kreiselwirkung der langsam laufenden Drehteile des Fahrzeuges noch übrig bleibt, fällt nicht mehr in die Wagschale.

Bei den 25 nachbestellten 1—D_0—1-Schnellzugslokomotiven, Reihe 1670, der österreichischen Bundesbahnen kommen statt einfacher Motoren vier vertikale Zwillingsmotoren zur Verwendung.

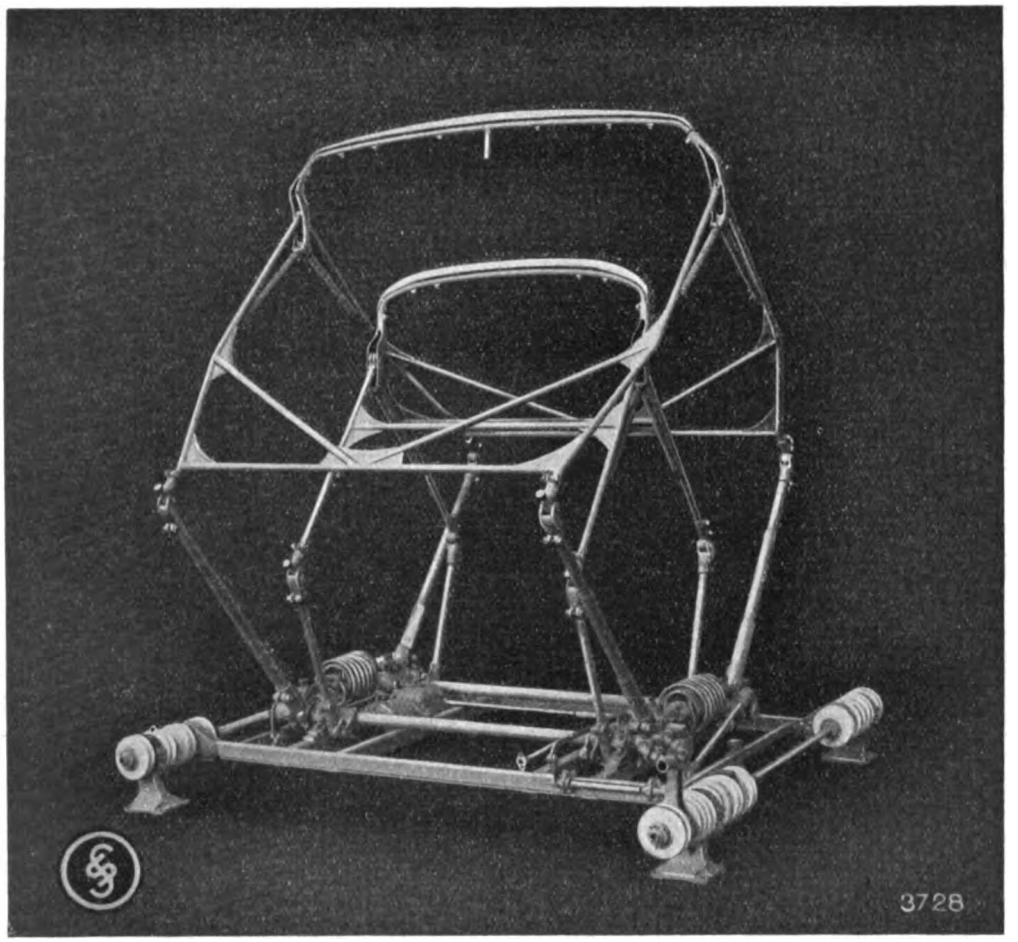


Abb. 17. Doppelscherenstromabnehmer, Bauart ÖSSW.

in jeder Hinsicht Rechnung und haben auch nicht die geringsten Anstände ergeben. Mehrfache bald nach Beginn des Betriebes aus bisher nicht erkannter Ursache erfolgte Lockerungen der zuerst eingepreßten Kurbelzapfen hatten die Auswechslung aller Kurbeln gegen solche mit Zapfen aus einem Stück zur Folge, womit auch jeder weitere Anlaß zu irgend einer Störung gründlich behoben war.

Die Vertikalanordnung der Antriebsmotoren in Verbindung mit Kegelradantrieb gestattet auch, wie unter Punkt 6 der Vorteile bereits erwähnt, die Kreiselwirkung der raschlaufenden Läufer-

Die Verdoppelung der Motoranzahl ist nicht etwa durch die Steigerung der Leistung von 2240 auf 3100 Stundenpferde erforderlich geworden, denn dieselbe wäre auch mit Einfachmotoren noch ohneweiters möglich gewesen; diese Änderung wurde vielmehr weger der bekannten Vorteile getroffen, welche der Zwillingsmotor ansonsten bietet, und zwar:

1. Verringerung der umlaufenden Massen der Lokomotive und damit verbundene Herabsetzung der Anfahrarbeit.

2. Möglichkeit der Reihenschaltung der mecha-

Digitized by Google

nisch gekuppelten Motoren einer und derselben Triebachse.

3. Ausgleich der Kreiselwirkung innerhalb eines Antriebes.

4. Halbe Zahnradbeanspruchung und daher Möglichkeit der Verwendung geradflankiger Kegelräder, die genaueste Herstellung gestatten und nur geringe Achsialschübe (6—7 vH) hervorrufen.

5. Der Zwillingsmotor bietet die Möglichkeit der Schaffung eines Einheitsmotors für Schnell-

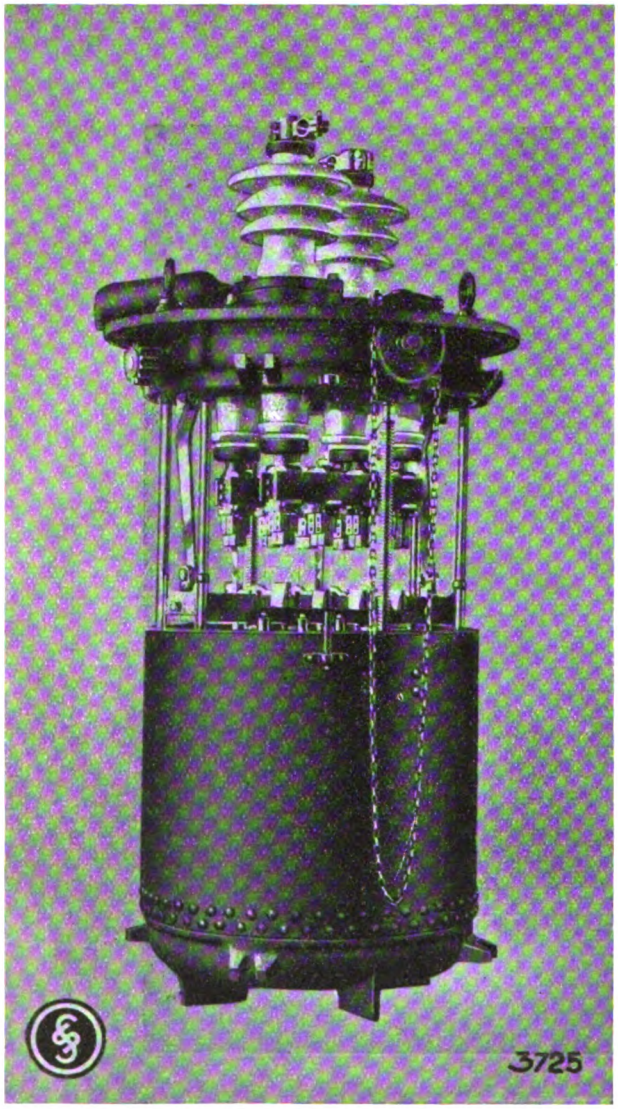


Abb. 18. Hochspannungsölschalter der Talschnellzugslokomotive, Reihe 1570, der ÖBB.

und Güterzugslokomotiven, beide natürlich mit Einzelachsantrieb vorausgesetzt. Da Güterzugslokomotiven meist nur die halbe Geschwindigkeit bei gleichbleibender Zugkraft je Triebachse, also die halbe Leistung der Schnellzugslokomotiven, benötigen, braucht man nur eine Hälfte des Zwillingsmotors je Achsantrieb, dafür aber doppelt so große Übersetzung einzubauen, die sich aber gerade beim Kegelradantrieb in einfachster Weise durch Einschaltung eines Stirnradvorgeleges bewerkstelligen läßt.

Die durch die Abbildungen 12, 13, 14 und 15 dargestellten Typenskizzen zeigen eine Reihe von Schnellzugslokomotiven für 100 km/St. Höchstgeschwindigkeit mit Einzelachsantrieb, wie sie für eine verschiedene Anzahl von Triebachsen nach gleichen Grundsätzen und vereinheitlichten Hauptkonstruktionsgliedern zwanglos entwickelt werden können. Die in der Tabelle unter 1-D_0-1 angeführte Lokomotive ist zurzeit als Lokomotivreihe 1670 mit vertikalen Zwillingsmotoren Type SWBM 304, Bauart Ö. S. S. W. in Ausführung begriffen.

Type	Abb.	Triebachsdruck t	Gewichte in t			
			Reibung	Mech Teil	Elektr. Teil	Gesamt-
1 — B_0 — 1	12	17·5	35	38·5	28	66·5
1 — C_0 — 1	13	17·2	51	45·5	36·5	82
1 — D_0 — 1	14	16·6	66·4	52	44	96
1 — E_0 — 1	15	16	80	57	51	108

Type	Leistung PS		El. Gew. in kg pro PS	Gesamtgewicht in kg pro PS	Reibungsgewicht in kg pro PS
	1 Std.[1])	dauernd[1])			
1 — B_0 — 1	1550	1300	18	43	22·6
1 — C_0 — 1	2325	1950	15·70	35·2	22
1 — D_0 — 1	3100	2600	14·20	30·9	21·4
1 — E_0 — 1	3875	3230	13·20	28	20·6

[1]) nach REM.

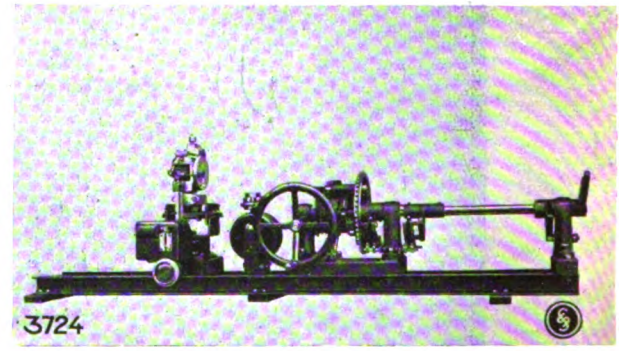


Abb. 19. Auslösevorrichtung zum Hochspannungsölschalter der Talschnellzugslokomotive, Reihe 1570 der ÖBB.

Die eingebauten Motorleistungen sind nur unter Zugrundelegung österreichischer Verhältnisse als Grenzwerte aufzufassen. Die Möglichkeit größerer Einbauleistungen ist damit keinesfalls erschöpft.

II. Elektrischer Teil.

Für den elektrischen Teil wurde eine sehr einfache Schaltung gewählt, die sich dem Betriebspersonal in kürzester Zeit einprägt und so das Auffinden etwaiger Fehler wesentlich erleichtert.

Wie das Hauptstromschaltbild (Abb. 16) zeigt, wird der Primärstrom von zwei Doppelscherenstromabnehmern abgenommen und fließt über Drosselspule, Stromwandler, Ölschalter und Primärwicklung des Transformators zur Erde. Die Sekundärwicklung hat 16 Anzapfungen; jeder derselben ist ein Regelschütz zugeordnet. Es sind

Digitized by Google

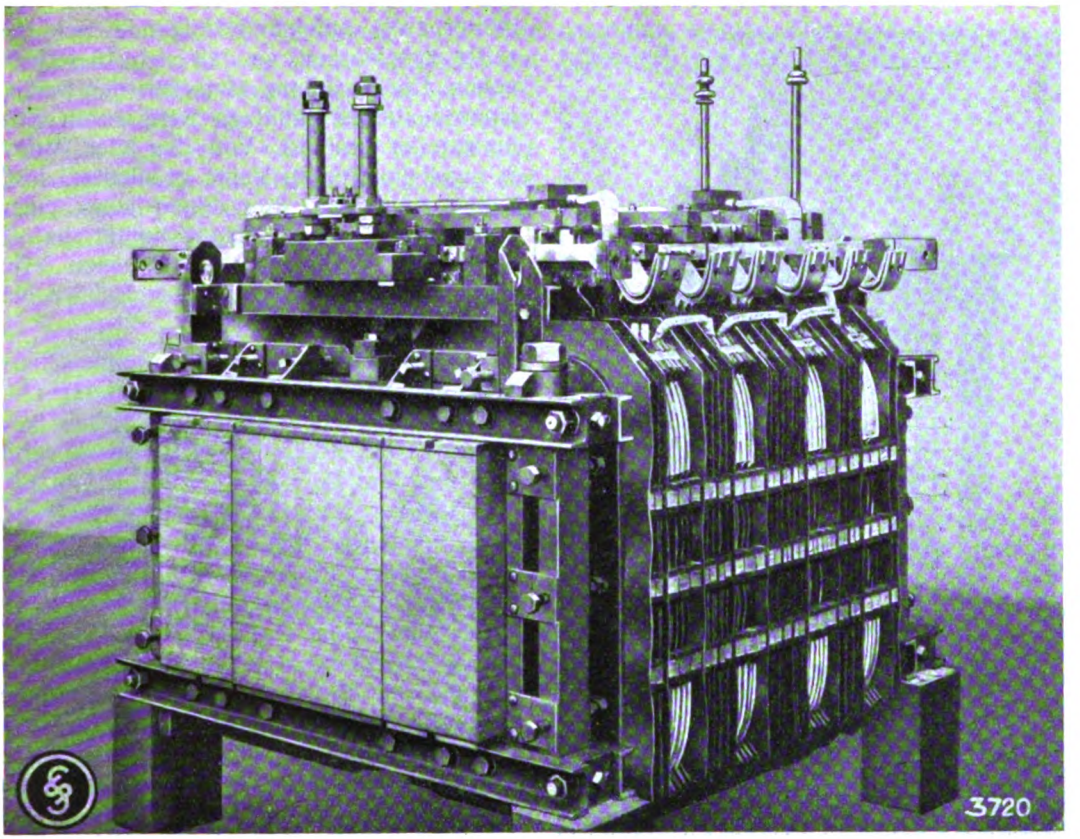


Abb. 20. Hochspannungsöltransformator (ohne Ölkessel) für 1550 kVA Dauerleistung für die Talschnellzugslokomotiven, Reihe 1570.

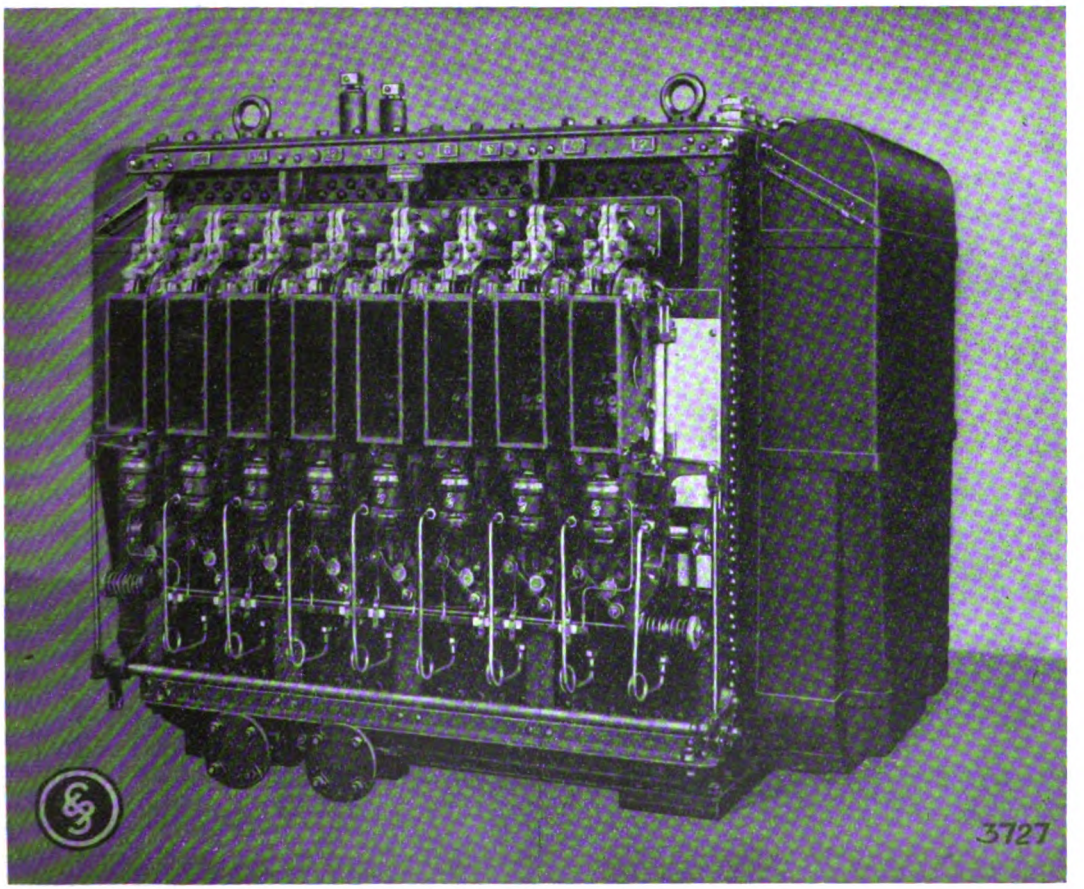


Abb. 21. Hochspannungs-Öltransformator für 1550 kVA Dauerleistung, für die Talschnellzugslokomotiven, Reihe 1570 der ÖBB, mit einer Schützengruppe.

Digitized by Google

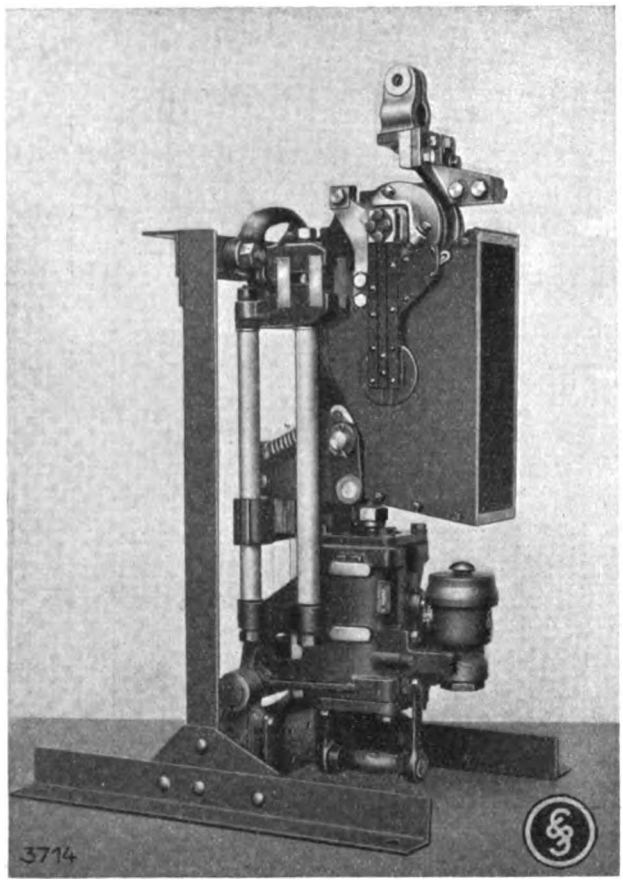


Abb. 22. Druckluftschütz der Talschnellzugslokomotive 1-Do-1, Reihe 1570 der ÖBB.

immer zwei aufeinanderfolgende Schütze gleichzeitig geschlossen, so daß sich 15 Fahrstufen ergeben. Die Spannung zwischen den beiden jeweils eingeschalteten Schützen wird durch einen Spannungsteiler halbiert. Von den vier Motoren sind je zwei dauernd in Reihe geschaltet, so daß zwei Kreise entstehen, von denen jeder einen Fahrtwender und einen Stromwandler hat. Erdseitig wird jeder Kreis noch durch einen Trennschütz unterbrochen, wenn kein Regelschütz eingeschaltet ist.

Als Stromabnehmer sind Doppelscherenstromabnehmer (Patent ÖSSW) verwendet. (Abb. 17).

Der Stromwandler ist als kurzschlußsicherer Einleiterstromwandler ausgeführt und sitzt auf dem Dache.

Der Ölschalter (Abb. 18) ist als druckfester Schalter mit acht Unterbrechungsstellen durchgebildet. Eine hievon wirkt als Vorkontakt, der beim Einschalten den Strom zuerst über einen Schutzwiderstand von 900 Ω fließen läßt. Für den Abzug von Gasen ist eine reichlich bemessene Öffnung im Deckel vorhanden, an die sich ein Auspuff anschließt, welcher aus mehreren ineinandergeschobenen Rohren mit versetzten Bohrungen besteht. Der Ölschalter wird von oben in einen Winkelring des Dachaufbaues eingesetzt; der Kessel läßt sich nach unten absenken, so daß die Kontakte vom Maschinenraum aus bequem untersucht werden können.

Das Ein- und Ausschalten des Ölschalters erfolgt mechanisch durch Drehen eines Handrades

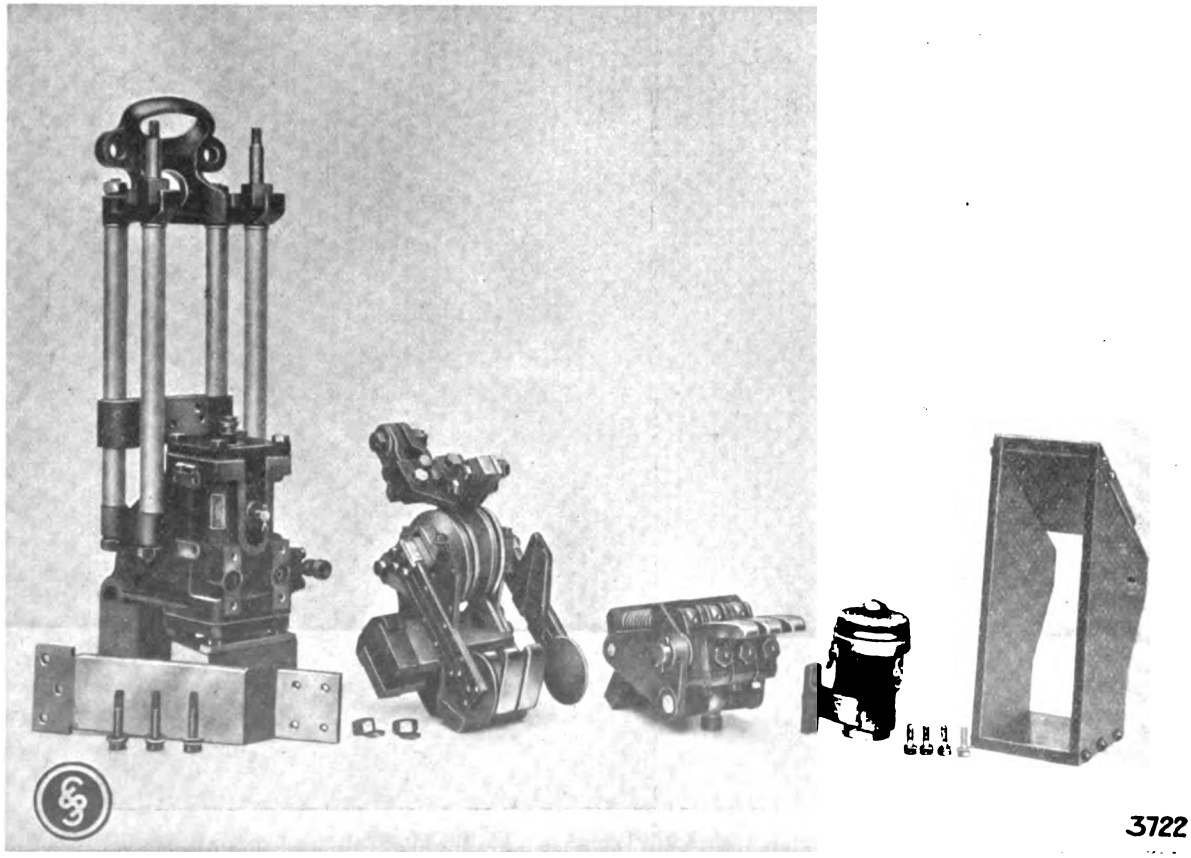


Abb. 23. Druckluftschütz der Talschnellzugslokomotive 1-Do-1, Reihe 1570 der ÖBB, zerlegt.

Digitized by Google

auf dem Führerstand. Die Bewegung wird über einen Wellenstrang und ein Planetengetriebe auf eine Auslösevorrichtung übertragen, die ihrerseits durch eine Kette mit der Ölschalterwelle verbunden ist. Die Auslösevorrichtung (Abb. 19) sitzt neben der Einrichtung für elektr. Zugheizung auf dem Transformator. Sie ist so konstruiert, daß sie entweder von Hand oder von einer Spule (letzteres beim Ansprechen eines der Überwachungsorgane) ausgelöst werden kann. Der Ölschalterkessel wird mit Hilfe einer Kette gesenkt, welche von einem ebenfalls auf der Auslösevorrichtung sitzenden Handrad bedient wird.

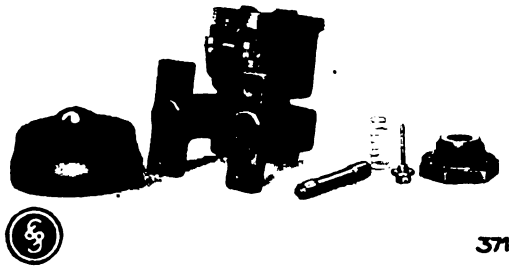


Abb. 24. Elektromagnetisches Druckluftventil, zerlegt.

Der Transformator hat eine Dauerleistung von 1550 kVA, wovon 50 kVA auf die Hilfsbetriebe entfallen. In der kalten Jahreszeit kann außerdem eine Heizleistung von 400 kW im Stillstand und von 200 kW während der Fahrt entnommen werden. Die 16 Anzapfungen der Sekundärwicklung liegen zwischen 90 und 100 V. Drei hievon (600, 800 und 1000 V) dienen gleichzeitig für die Zugheizung. Die Oberspannungsklemme und die beiden Erdungsklemmen sitzen am Deckel, die

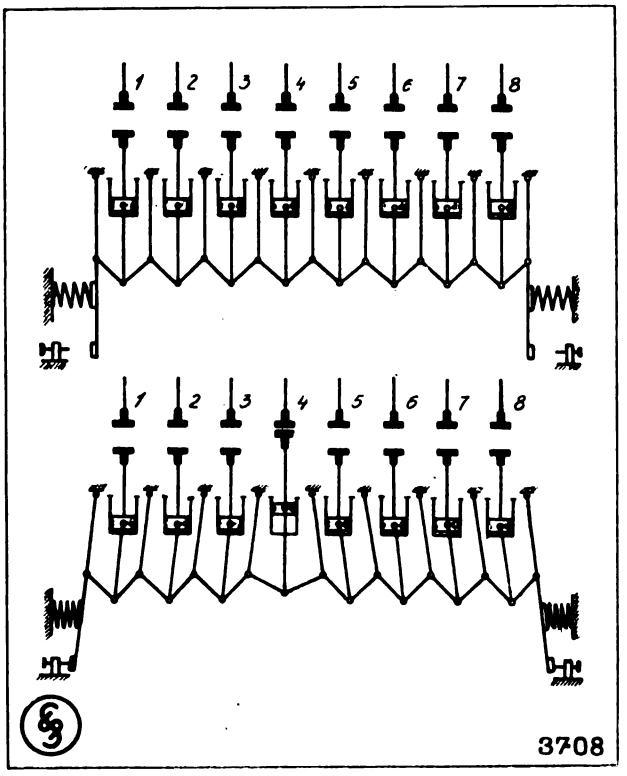


Abb. 25. Schaubild der mechanischen Verriegelung der Druckluftschützen (Patent ÖSSW).

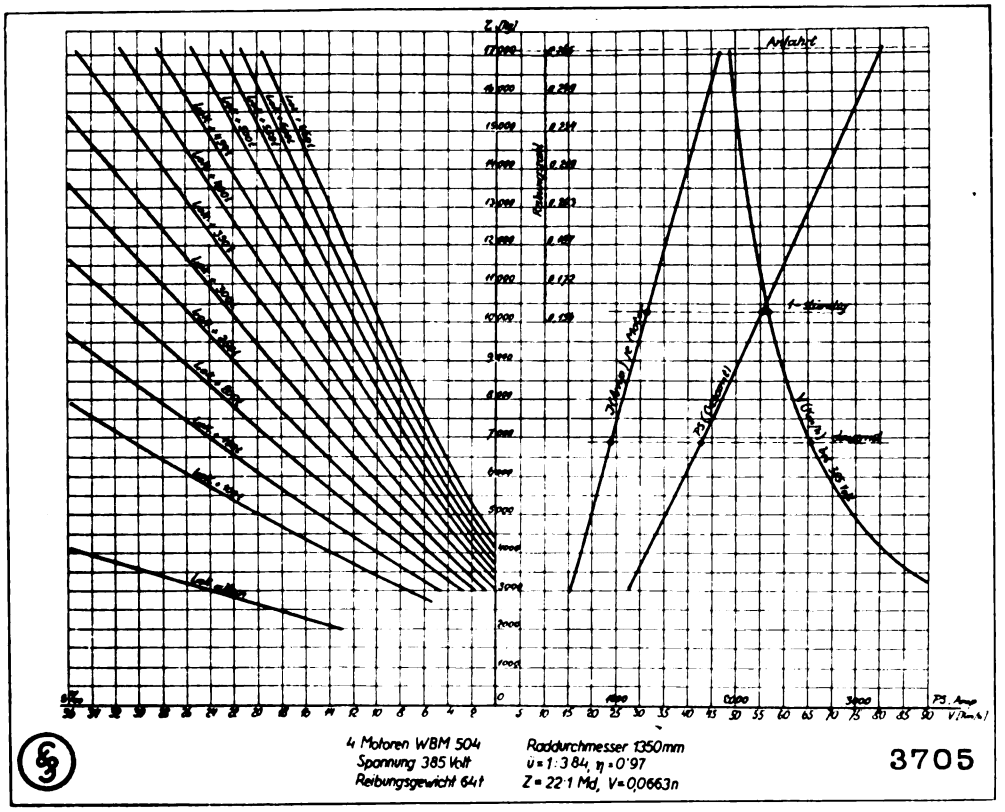


Abb. 26. Leistungsschaubild der Lokomotivreihe 1570.

Digitized by Google

Unterspannungsklemmen befinden sich in bewährter Ausführung in Gruppen zu je acht an den Seitenwänden des Kessels.

Der Transformator ist als Kerntype durchgebildet (Abb. 20), besitzt einen liegenden Kern mit kurzschlußsicher gebauter und versteifter Scheibenwicklung und Ölumlaufkühlung. Zwei Kesselwände haben Kühltaschen angeschweißt, die von einem Lüfterschacht umgeben sind (Abb. 21). In diese wird die Kühlluft von unten eingeblasen. Das Öl wird durch eine eigene, außerhalb des Rahmens auf einem Konsol sitzende Ölpumpe, angetrieben durch einen Einphasenmotor von 600 W Leistung und 1800 U/min, in Umlauf versetzt, steigt im Innern des Kessels auf und wird in den Kühltaschen absteigend gekühlt. Die Ölzu- und Ableitungen führen durch Ausschnitte im Rahmen zum Transformatorkessel.

Die elektropneumatischen Schütze haben Wälzkontakte mit hohem Kontaktdruck. Die Komtakte weisen selbst bei der am längsten in Betrieb stehenden Lokomotive (nach 130 000 km Laufleistung) noch keine nennenswerte Abnützung auf. Wie die Abb. 22 und 23 zeigen, ist das Schütz nach Lösen weniger Schrauben in seine Bestandteile zerlegbar. Abb. 24 läßt erkennen, daß auch bei dem elektromagnetischen Druckluftventil die Zahl der Teile auf ein Minimum reduziert wurde.

Je acht Schützen sind mechanisch untereinander so verriegelt, daß immer nur ein einziger eingeschaltet sein kann. Die in Abb. 25 schematisch dargestellte Verriegelung (Patent ÖSSW) beruht auf dem Prinzip, daß sich eine Gelenkkette nur um ein bestimmtes Maß (dem Hub eines Zylinders entsprechend) zwischen zwei Anschlägen strecken läßt. Die Ausschaltfedern wirken für alle acht Schützen gemeinsam auf die Gelenkkette; in Zylinder eingeschlossene, unkontrollierbare Federn konnten hiedurch gänzlich vermieden werden. Ein weiterer Vorteil der mechanischen Verriegelung ist darin gelegen, daß beim Überschalten von einer Stufe zur nächsten außer den Ausschaltfedern auch noch das einzuschaltende Schütz mit seiner vollen Kolbenkraft das benachbarte auszuschalten mithilft. Hiedurch konnten ohne übermäßig reichliche Dimensionierung der Ausschaltfedern und Kolben der einzelnen Schütze beim Überschalten sehr kurze Abschaltzeiten erzielt werden.

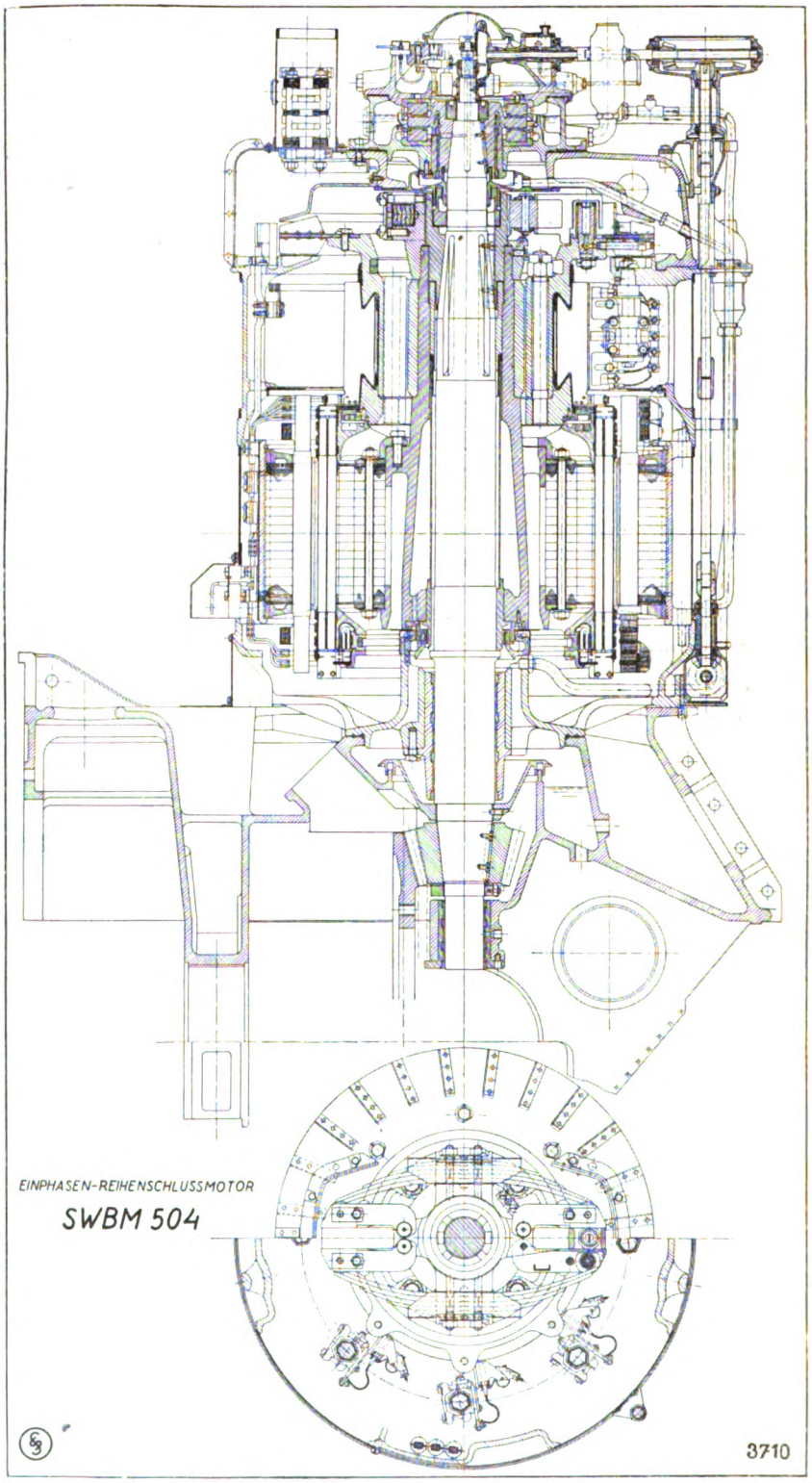


Abb. 27. Vertikalschnitt und Horizontalschnitt durch den Vertikalmotor, mit Federung.

Die acht Schützen jeder Gruppe sind auf einem Rahmen montiert, der, an den Transforma-

Digitized by Google

tor angesetzt, gleichzeitig zur Kesselversteifung dient (Abb. 21). Da die Schütze bei dieser Anordnung unmittelbar unter den zugehörigen Transformatorausführungen liegen, ergeben sich kürzeste Stromverbindungen. Von der beschriebenen Gelenkkette ist auch mit Hilfe der in Abb. 21 deutlich erkennbaren Welle die Verriegelung zwischen Schützen und dem mechanischen Fahrtwenderantrieb abgeleitet.

Die beiden Schützengruppen untereinander sind nicht mechanisch verriegelt, da eine Störung der richtigen Aufeinanderfolge der zwei jeweils eingeschalteten, verschiedenen Gruppen angehörigen Schütze keine Kurzschlüsse mit sich bringt. Es muß lediglich vermieden werden, daß der Spannungsteiler unzulässig hohe Spannungen erhält, wenn zwei nicht aufeinanderfolgende Schützen gleichzeitig eingeschaltet sind. Dies bewirkt ein an den Klemmen des Spannungsteilers liegendes, auf den Ölschalter einwirkendes Spannungserhöhungs-Relais. Der Spannungsteiler hängt in einem eigenen Kessel an der Rahmenaußenwand.

Auf einem der Rahmen für die Schützengruppen sind auch die beiden Trennschützen montiert.

Jeder Motorgruppe ist ein Fahrtwender zugeordnet, der mit einem durchgehenden Wellenstrang verbunden ist. In ähnlicher Weise wie der Ölschalter werden auch die Fahrtwender durch Drehen eines Handrades vom Führerstand aus mechanisch gesteuert. Jeder Fahrtwender hat drei Stellungen: *V*, *O* und *R*; in der Nullstellung ist jeder Fahrtwender vom Antrieb abtrennbar, wodurch die betreffende Motorgruppe abgeschaltet werden kann.

Die Motoren sind achtpolige, kompensierte Einphasen-Reihenschluß-Kollektormotoren, Bauart SSW, mit geshuntetem Wendefeld, ohne Widerstandsverbindungen, mit Schrägnuten, vollständig geschlossen und künstlich gekühlt. Jeder Motor erreicht bei Einhaltung der nach REM zulässigen Temperaturen folgende Leistungen:

	dauernd	durch 1 Stunde
Leistung	316 kW	410 kW
Drehmoment	310 mkg	465 mkg
Stromaufnahme	960 Amp.	1270 Amp.
Drehzahl	990 U/min.	855 U/min.

Aus dem Leistungsschaubild (Abb. 26) sind für alle Steigungen und Anhängelasten die zugehörigen Zugkräfte, Geschwindigkeiten, Stromstärken und Leistungen zu entnehmen. (Gültig für Beharrungszustände und für 385 V Motorspannung.)

Der Motor (Abb. 27) ist auf ein eigenes Stahlgußstück, das sogenannte Antriebsgehäuse, aufgesetzt, das zwischen die Rahmenplatten eingelassen ist. Die Welle ist dreifach gelagert. Das oberste Halslager ist mit dem Spurlager im Spurlagerkopf zusammengebaut, das zweite sitzt oberhalb des Ritzels im unteren Motorschild, das dritte unterhalb des Ritzels im Antriebsgehäuse. Als Spurlager wurde ein Kruppsches Segmentlager verwendet, daß sich ausgezeichnet bewährt hat. Es ist als Doppelspurlager gebaut und hat außer dem Läufergewicht auch den in einer Fahrtrichtung nach unten wirkenden Achsialschub der Kegelräder aufzunehmen. Der Läuferkörper ist auf der Welle zwischen Anschlägen verdrehbar; er überträgt das Drehmoment über eine aus Blattfedern bestehende, dämpfend wirkende, federnde Kupplung auf die Welle.

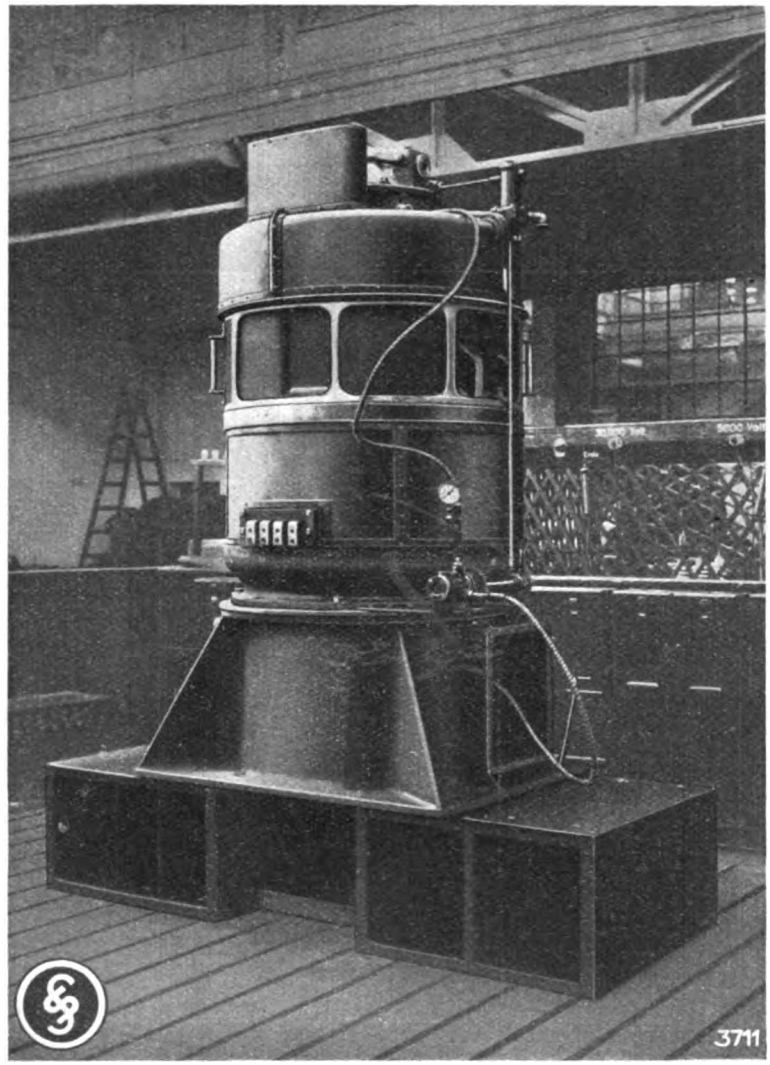


Abb. 28. Vertikalmotor für die Talschnellzugslokomotiven, am Prüfstand.

Auf die Abdichtung des Spurlagerkopfes gegen unten wurde besonderer Wert gelegt und es ist

Digitized by Google

diese Aufgabe auch in vollkommener Weise gelöst worden. Ein etwaiges Eindringen des Spurlageröles in das Motorinnere ist ausgeschlossen; Läufer und Ständer bleiben absolut trocken. Das

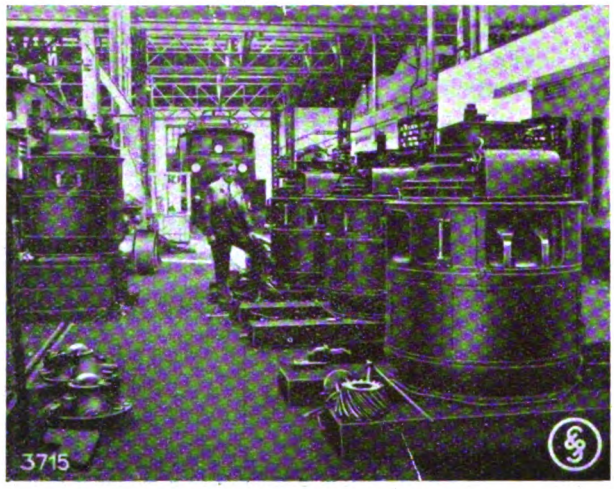


Abb. 29. Vier Vertikalmotoren, einbaubereit in der Montagehalle.

Öl im Spurlager und in den beiden dem Motor zugehörigen Halslagern wird durch eine eigene von der Motorwelle über Kegelräder angetriebene Drehkolbenschmierpumpe ständig in Umlauf versetzt. Die Pumpe saugt das Öl aus einem Sammel-

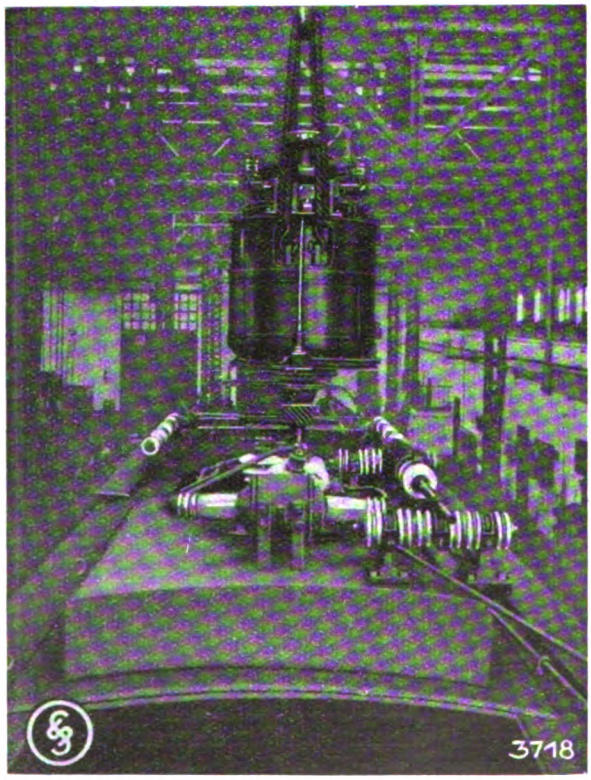


Abb. 30. Einheben eines Vertikalmotors durch die Dachöffnung der Schnellzugslokomotive.

raum im Antriebsgehäuse an und drückt es in einen Ringraum des Spurlagers, von wo es durch geeignete Bohrungen auf die Lauffläche gespritzt wird. Es läuft nach Bespülung des Lagers über einen Überlauf, der so gelegt ist, daß auch noch die obere Lauffläche des Spurtellers im Öl taucht, über, wird nach außen geführt, rinnt durch ein Schauglas und gelangt über das untere Halslager zurück in den Sammelraum. Ein Teil des Drucköles wird über eine einstellbare Tropföffnung dem oberen Halslager zugeführt; aus dem Sammelraume unterhalb des letzteren fließt es ebenfalls dem Schauglas zu. Das umlaufende Öl erreicht im Dauerbetrieb eine maximale Übertemperatur von 40° C.

Der von der Motorwelle abgeleitete Schmierpumpenantrieb treibt auch die Schmierpumpe für das unterste Halslager und für die Gelenkkupplung, sowie die Schmierpresse für die Hohlwellenlager an. Wird bei einem mechanischen Defekt eines Motors die Hohlwelle der betreffenden Achse ausgerückt, dann können die Schmierpumpen vom zugehörigen Motor abgetrennt und mit dem Antrieb des benachbarten Motors gekuppelt werden.

Die Kühlluft wird von unten in die Motoren eingeblasen und entweicht durch zwei senkrechte

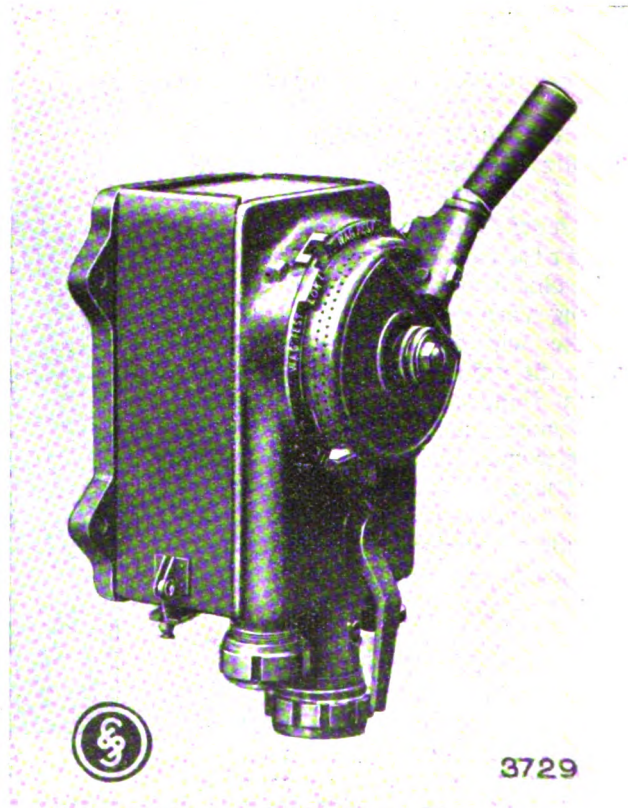


Abb. 31. Bremsschieberschalter.

teleskopartige Schächte und einen Dachaufbau ins Freie. Ein Hilfsflügel auf der Welle oberhalb des Kollektors unterstützt die richtige Luftführung und zieht den Kohlenstaub vom Kollektor ab. In den erwähnten Abluftschächten sind die Wendepolwiderstände untergebracht.

In der Höhe des Kollektors hat das Motorgehäuse große Öffnungen, welche durch einen Schuber freigelegt werden können, so daß Kollektor und Bürsten bequem zugänglich sind.

Digitized by Google

Die freistehende Anordnung der Motoren hat sich im Betrieb als sehr vorteilhaft erwiesen. Kollektor, Lager und Lüftung können während des Betriebes ständig bequem und völlig gefahrlos beobachtet werden. Auch bei Revisionen wird die Pflege des Motors durch die gute Zugänglichkeit erleichtert. Da die Dächer oberhalb der Motoren abnehmbar sind, kann jeder Motor nach Lösen der Anschlüsse und der Befestigungsschrauben nach oben ausgehoben werden. Der Ersatz eines schadhaften Motors durch einen Reservemotor erfordert nicht mehr als fünf Stunden.

Abb. 28 zeigt einen Motor am Prüfstand.

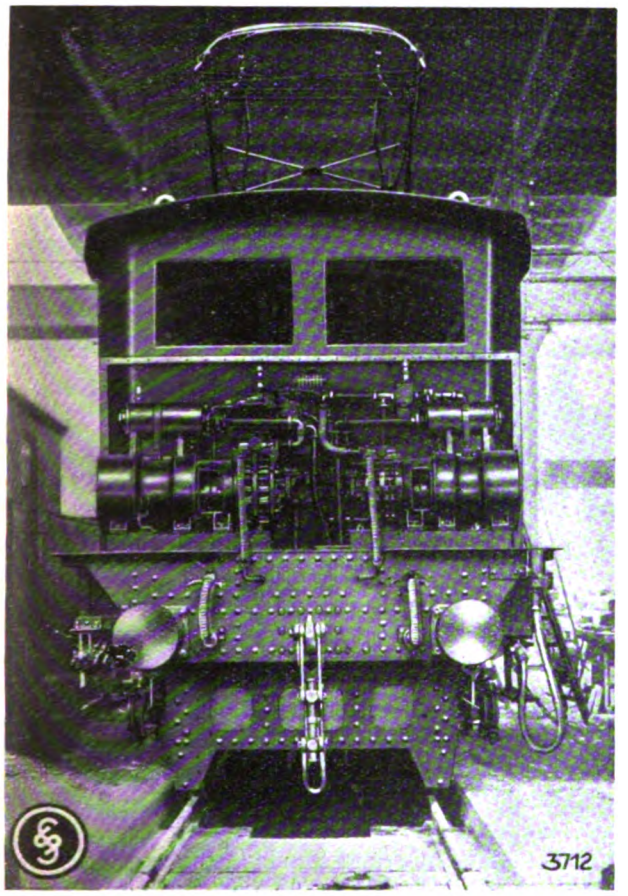


Abb. 32. Unterbringung der Vakuumpumpen mit Motoren im Vorbau der Talschnellzugslokomotiven, Reihe 1570.

Abb. 29 verdeutlicht die vier Motoren einbaubereit in der Montagehalle, Abb. 30 das Einheben eines Motors durch die Dachöffnung.

Der Motor wiegt 4900 kg.

Die nötige Kühlluft für Motoren und Transformator wird von zwei Lüfteraggregaten geliefert, die mit liegender Welle neben den Motoren sitzen. Jedes Aggregat besteht aus einem Einphasen-Reihenschlußmotor von 18·5 PS Dauerleistung bei 1800 U/min und zwei Sciroccoflügeln, fliegend auf den Wellenenden sitzend. Der eine Flügel versorgt zwei Motoren mit Luft, der andere eine Transformatorhälfte.

Für die Erzeugung der für Stromabnehmer, Sandstreuer, Pfeife und Steuerung nötigen Preßluft sind im vorderen Vorbau zwei Luftpresser von je 300 l minutlicher Ansaugeleistung aufgestellt. Für die Steuerung wird die mit 7½ at in den Hauptbehältern aufgespeicherte Luft auf 5½ at reduziert und einem eigenen Hilfsbehälter zugeführt. Die großen Hauptbehälter fassen 680 l; sie können durch Ventile vollständig abgesperrt werden, so daß die in ihnen während der Fahrt aufgespeicherte Preßluft auch bei längerem, selbst tagelangem Stillstehen erhalten bleibt. Die Lokomotive ist hiedurch jederzeit sofort betriebsbereit; die Handluftpumpe wird praktisch nur bei der ersten Indienststellung benötigt.

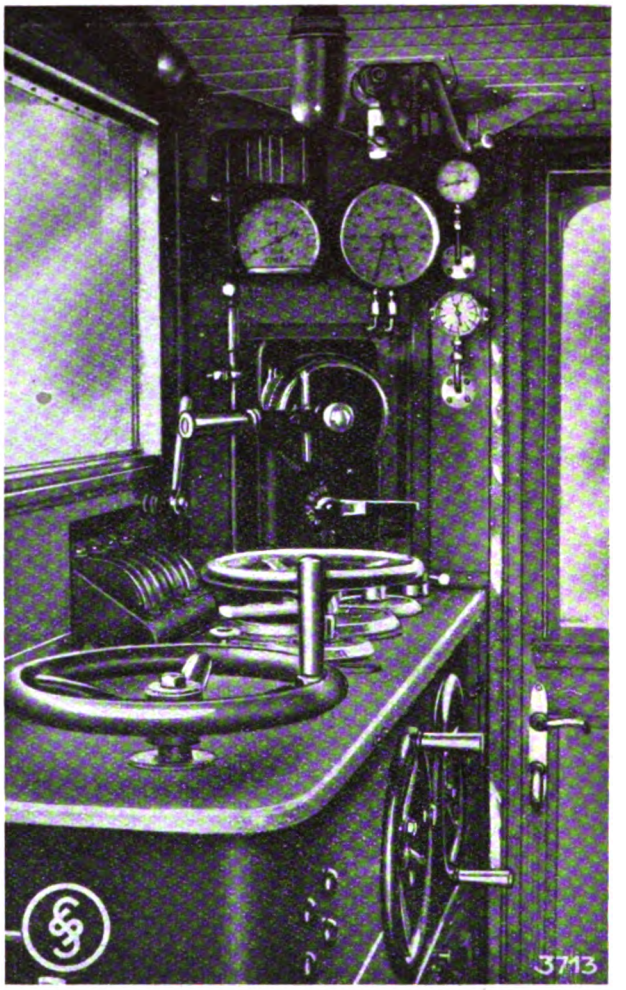


Abb. 33. Führerstand der Talschnellzugslokomotiven 1-Do-1, Reihe 1570, der ÖBB.

Zur Speisung der Beleuchtung und der Steuerung mit 24 V Gleichstrom ist ein Wechselstrom-Gleichstrom-Umformeraggregat vorhanden, dessen Gleichstromgenerator eine normale Zuglichtanlage System Dick (Patent ÖSSW), bestehend aus Regler und Akkumulatorenbatterie, zugeordnet ist. Zur wirksamen Kühlung der beiden Maschinen ist ein Kupplungsflansch als Lüfterflügel ausgebildet, der gleichzeitig das Durchgehen des Aggregates bei Entlastung des Generators verhindert. Die bei dieser Einrichtung auftretenden Drehzahlschwankungen werden vom Regler kompensiert.

Digitized by Google

Die Lokomotive besitzt Vakuumbremseinrichtung für Lokomotive und Wagenzug, Bauart Gebrüder Hardy. Die elektrische Ausrüstung hiefür besteht aus zwei Vakuumpumpen, P 45 und P 20, und dem Bremsschieberschalter (Abb. 31), der eine Kombination des Bremsschiebers mit dem Regelorgan für die Pumpen darstellt. Abb. 32 zeigt die Unterbringung der Vakuumpumpen samt Zubehör im Vorbau.

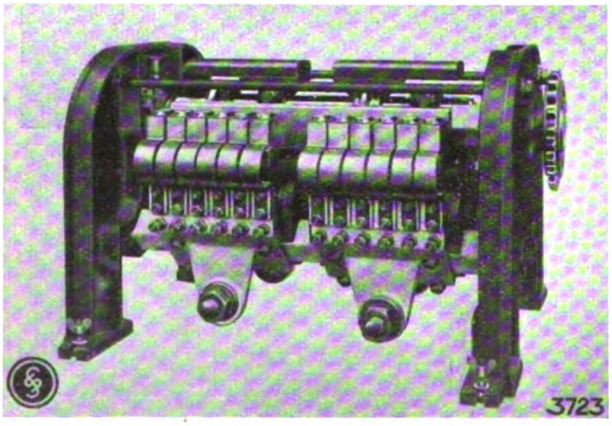


Abb. 36. Fahrtwender.

Der Führerstand vereinigt in übersichtlicher Weise alle notwendigen Steuerorgane (Abb. 33). Auf dem Pult befindet sich das Steuerschalterhandrad, die Griffe für Stromabnehmer und Sand, der Ölschalterdruckknopf, der Fahrtrichtungszeiger und im Vordergrund die Handbremse. An der Brustwand des Pultes sind die beiden Handräder für die mechanische Ölschalter- bezw. Fahrtwenderbetätigung zu sehen. Im Innern befinden sich die nötigen Verriegelungen zur Vermeidung von unbeabsichtigten Fehlschaltungen. Die Stromabnehmersteuerwalze hat drei Stellungen: Null, Tief und Hoch. In der Stellung „Null“

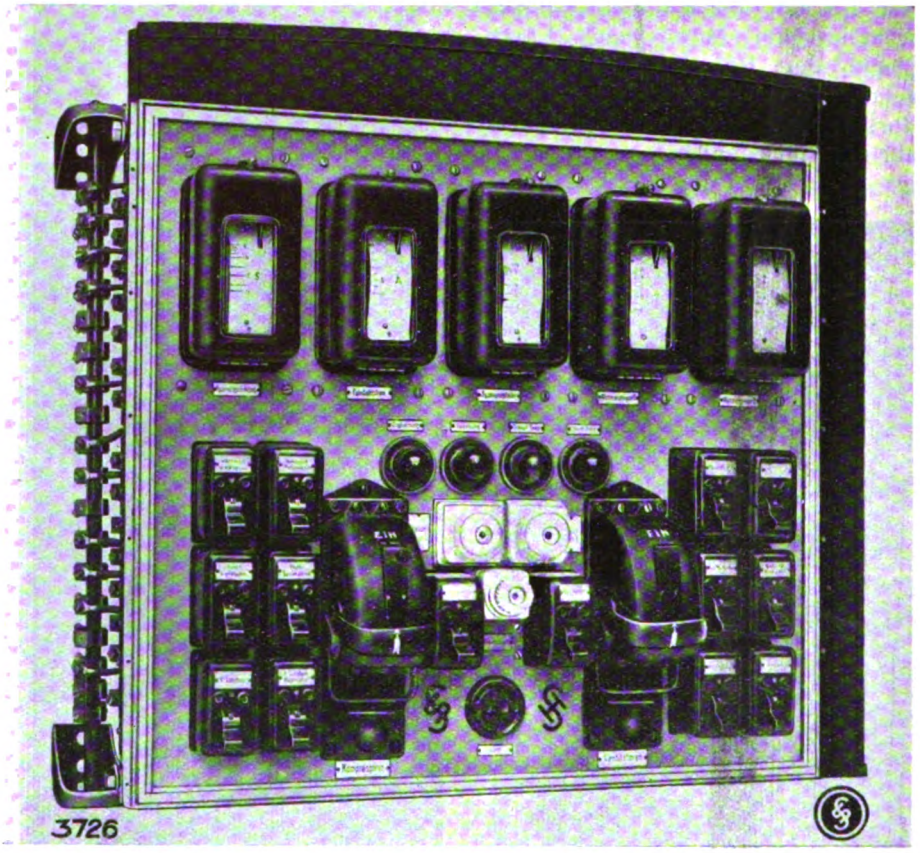


Abb. 34. Hilfsbetriebe-Schalttafel am Führerstand der Talschnellzugslokomotive.

sind sämtliche Steuerorgane gesperrt; der Hebel ist abziehbar. Durch Drehen des Hebels auf „Tief“ werden die Verriegelungen gelöst; es kann nun die gesamte Steuerung in spannungslosem Zustand der Lokomotive erprobt werden.

Stromabnehmer und Sanddüsen werden durch elektropneumatische Ventile ferngesteuert. Als Meßgeräte sind Profilinstrumente von Siemens und Halske (Ausführung Deutsche Reichsbahn) verwendet.

Der für die Motorstrommesser erforderliche Wandler speist auch gleichzeitig die Spulen der Überstromrelais, für welch letztere die bewährte Type RJa verwendet wurde. Als primäres Überwachungsorgan ist ein auf dem Lokomotivdach befindlicher, kurzschlußsicherer Einleiterstromwandler in Verbindung mit einem Überstromrelais gleicher Type vorhanden. Abb. 34 zeigt die Führerstandsschalttafel mit den Überwachungseinrichtungen und den Schaltern für die Hilfsbetriebe für Beleuchtung und Beheizung.

III. Betriebsergebnisse.

Die Lokomotiven wurden nach ihrer Ablieferung sofort in den regelmäßigen Turnus eingestellt und teilweise sehr stark beansprucht. Es wurden bisher Tagesleistungen von 630 km und

Digitized by Google

Monatsleistungen von 13 000 km erreicht. Die Lokomotiven zeichnen sich bis zur Höchstgeschwindigkeit durch ruhigen Lauf, insbesonders beim Einfahren in Kurven aus. Die Kegelräder laufen vollkommen geräuschlos und ruhig, nach 130 000 km war noch keine nennenswerte Abnützung festzustellen.

Die vorzüglichen Betriebsergebnisse haben die Österreichischen Bundesbahnen, wie bereits einleitend erwähnt, bewogen, für die Strecke Innsbruck-Salzburg 25 Stück Lokomotiven gleicher Bauart jedoch für 110 km Höchstgeschwindigkeit in Auftrag zu geben, deren Ablieferung im Frühjahr 1928 beginnen wird. Bei einem Gesamtgewicht von 96 t wird die eingebaute Stundenleistung 3100 PS betragen. Die Lokomotiven werden imstande sein, einen Zug von 550 t auf längeren Steigungen von 10% mit 75 km/St. zu fördern.

Zusammenstellung von Hauptangaben über die Talschnellzugslokomotive, Achsfolge 1 — D_0 — 1, Reihe 1570 der Ö. B. B.

Stromart	Einwellenstr. v. 16⅔ Hertz
Fahrdrahtspannung normal	15 000 Volt
„ niedrigste, bei welcher alle Leistungen noch erfüllt sein müssen	12 500 „
Zahl der Motoren	4
Dauerleistung der Lokomotive nach REM	1720 PS
Geschwindigkeit hiezu bei 385 Volt Klemmenspannung	66 km/St.
Stundenleistung der Lokomotive nack REM	2240 PS
Geschwindigkeit hiezu (385 Volt)	57 km/St.
Dauerzugkraft an den Triebrädern $\mu = 0{\cdot}107$	6 830 kg
Stundenzugkraft „ „ „ $\mu = 0{\cdot}16$	10 200 „
Höchstzugkraft „ „ „ $\mu = 0{\cdot}27$	17 000 „
Dauerleistung des Transformators	1550 kVA
Triebraddurchmesser bei 70 mm Radreifen	1 350 mm
Laufrad- „ „ 70 „ „	1 034 „
Gesamtradstand	11 000 „
Geführte Länge (Drehzapfenentfernung)	8 800 „
Fester Radstand des Drehgestelles	2 200 „
Länge über Puffer	14 000 „
Dachhöhe über S. O. K.	3 750 „
Größte Breite	2 990 „
Gesamtgewicht	91·6 t
Gewicht des elektr. Teiles	39·0 „
„ „ mech. „	52·6 „
Reibungsgewicht	63·6 „
Triebachsdruck	15·9 „
Laufachsdruck	14 „
Höchstgeschwindigkeit	85 km/St.
Schwerpunktslage des abgefederten Lokomotivteiles über S. O. K.	1725 mm
Schwerpunktslage der gesamten Lokomotive über S. O. K.	1587 „
Entwurf und elektr. Einrichtung	ÖSSW Wien
Mechanischer Teil	Lok.-Fabr. Krauss & Co. Linz a/D.

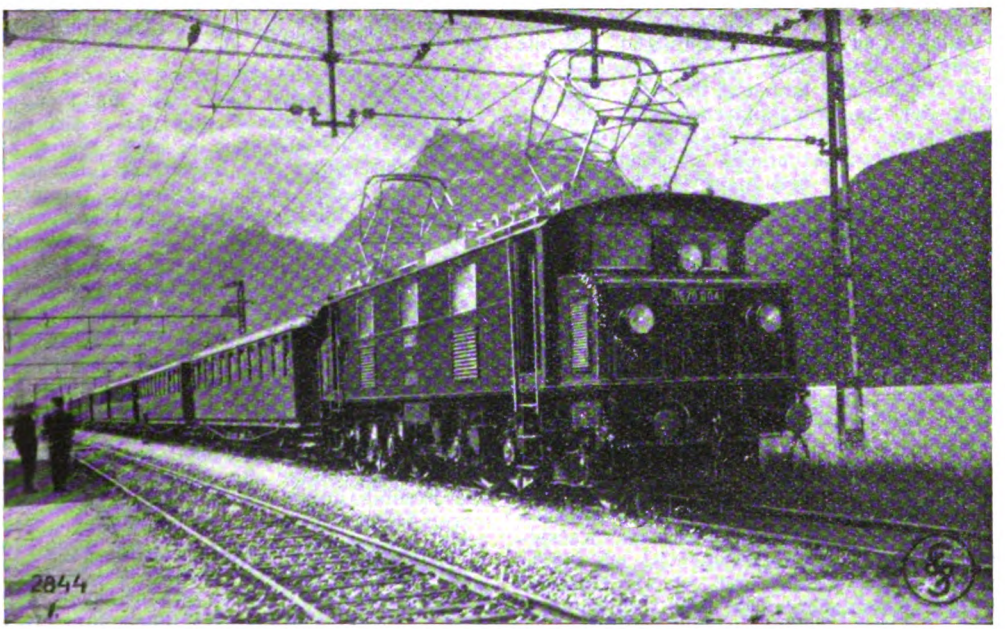


Abb. 35. Schnellzugslokomotive, Reihe 1570, mit Einzelachsantrieb, vor dem Zuge.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Waukeganwerk der Public Service Co. von Nord Illinois[1]) hat kürzlich einen 50 000 kW Satz in Betrieb genommen, womit die Leistung des Werkes auf 110 000 kW gebracht ist. Der Satz besteht aus einer für Dampf von 42 atü und 385° C bestimmten Zweizylinder-Überdruckturbine, mit einem 12 000 V Drehstromerzeuger von 60 000 kW bei cos $\varphi = 0{\cdot}85$ und 1800 U/min samt Erregermaschine gekuppelt. Zur Turbine gehört ein Oberflächenkondensator von 5300 m², dem das Kühlwasser von 320 000 l/min von zwei vertikalen durch 250 PS Kurzschlußankermotoren angetriebenen Kreiselpumpen zugeführt wird. Durch zwei mit 150 PS, 1750 U/min Induktionsmotoren gekuppelte Ventilatoren kann bis rund 4200 m³ Kühlluft/min im geschlossenen Kreislauf durch den Generator getrieben werden. Die vier neu aufgestellten Wasserrohrkessel von je 1330 m² Heizfläche und 66 m² Kühlfläche im Feuerraum können etwa je 90 000 kg Dampf/h von 44·5 atü erzeugen. Sie sind mit Überhitzern mit Kettenrosten von 43 m², mit schmiedeeisernen Vorwärmern von 650 m², sowie mit je zwei Luftvorwärmern für 180° C (anscheinend der Bauart Ljungström)[2]) von rund 7500 m² ausgerüstet. Zu jedem Kessel gehören zwei Unterwind- und ein Saugzuggebläse. Die ersten sind mit den Luftvorwärmern zusammengebaut und auch von den gleichen Motoren angetrieben. Für das Saugzuggebläse sind zwei Schleifringmotoren vorhanden, deren Drehzahl von 230 bis 490 bezw. von 490 bis 700 U/min veränderlich ist. Zwei Kesselspeisepumpen werden von Käfigankermotoren von 600 PS bei 1800 U/min angetrieben, die dritte von einer Dampfturbine. Die Anlaß- und Schaltvorrichtungen für alle Hilfsantriebe sind so ausgebildet, daß Bedienungsfehler möglichst wenig zur Geltung kommen. So wird nach Bedarf von einem der Saugzuggebläsemotoren auf den anderen umgeschaltet, auch der Geschwindigkeitswechsel bei den Kühlwasserpumpen geschieht selbsttätig. Alle Motoren von 50 und mehr PS werden mit 2300 V Spannung gespeist, die kleineren mit 440 V. Abgesehen von den Saugzuggebläsemotoren und den Rostantriebsmotoren, bei welchen die Drehzahl durch Bürstenverschiebung geregelt wird, sind nur Käfigankermotoren vorhanden und alle Motoren mit Ausnahme der 600 PS Motoren für die Kesselspeisepumpen werden bei voller Spannung angelassen. Die Turbine wird an vier Stellen bei 7, 2·9. 1·05 und 0·03 ata zur Speisewasservorwärmung angezapft. Bei Vollast mit einem Dampfverbrauch von 4·3 kg/kWh gehen 180 000 kg/h unmittelbar in den Kondensator und von dort in die Vorwärmer (drei geschlossene und ein offener), denen zusammen 35 500 kg/h Anzapfdampf zugeführt wird, so daß das Kondensat schließlich auf 130° erwärmt ist. Die weitere Temperaturerhöhung auf 190° geschieht im Kesselvorwärmer. Der dritte offene Vorwärmer ist mit einem Entlüfter verbunden. Bei Vollast und 84 vH Gesamtwirkungsgrad der Kesselanlage ist der wärmewirtschaftliche Wirkungsgrad der Anlage (in Form von Strom abgegebene Wärmemenge: in Form von Brennstoff zugeführte Wärmemenge) 23·7 vH. Wird von der Turbinenanzapfung kein Gebrauch gemacht, so ist der Dampfverbrauch je kWh 4 kg. Der Wärmeverbrauch beträgt je kWh an der Turbine 2683 WE, an den Stromerzeugerklemmen 3195 WE, einschließlich des Kraftbedarfes der Hilfsantriebe 3312 WE und je abgegebene kWh 3600 WE.

Im elektrischen Teil ist die für amerikanische Verhältnisse ungewöhnliche Schaltanlage bemerkenswert. Die Schalteinheiten, bisher sind sieben Panzerschaltkästen ausgeführt, sind in zwei parallelen Reihen angeordnet, zwischen denen, und zwar oberhalb, die Sammelschienen liegen, welche in Kompoundmasse isoliert und, wie auch alle anderen spannungsführenden Teile, mit Metall verkleidet sind. Jedes Hauptschaltfeld besteht aus drei Einzelschaltkästen für jede Phase, auf gemeinsamer Grundplatte, mit drei Trennschalterkästen auf beiden Seiten und den notwendigen Anschlüssen an Sammelschienen und Kabeln, und ist für 3000 A, 12 000 V und 1·5 Mill. kVA Abschaltleistung bemessen. Um Arbeiten zuverlässig nur an spannungsfreien Teilen vorzunehmen, sind die Schalter zweckentsprechend untereinander und auch mit dem Bedienungskran verriegelt. Die Schalter für die Hilfsbetriebe, für 600 A bemessen, haben die gleiche Bauweise wie die Hauptschalter, die gegenwärtig die größten ihrer Art auf der Welt sein sollen.
(Power, Bd. 66 ,Nr. 11, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 267.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 318, 810.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die wirtschaftlichste Verwendung von Dampfturbinen. Von A. R. Haynes. Sind in einem Kraftwerke mit stark veränderlicher Belastung mehrere Dampfturbinensätze verschiedener Größe mit verschieden großem Dampfverbrauche je kWh vorhanden, so kann für jede vorkommende Belastung des Werkes angegeben werden, mit welchem Maschinensatze oder mit welcher Kombination von Sätzen die kWh mit einem Mindestdampfverbrauch erzeugt werden kann. Hiezu ermittelt man aus den bekannten Dampfverbrauchswerten der einzelnen Turbinen für den ganzen Belastungsbereich des Werkes je nach dessen Größe, z. B. von 250 zu 250 oder von 1000 kW zu 1000 kW steigend, den Gesamtdampfverbrauch, wenn jede dieser Leistungen (soweit dies auf Grund der Turbinengröße möglich ist) von jedem der vorhandenen Sätze allein oder von allen Kombinationen zu zweien, zu dreien usw. (bei den verschiedenen Möglichkeiten der Verteilung der Belastung auf die einzelnen Sätze) aufgebracht werden soll, und dann auch aus dem Gesamtdampfverbrauch und der Leistung den zugehörigen Dampfverbrauch je kWh, wobei bei den Kombinationen immer eine bestimmte Lastverteilung auf die einzelnen Sätze den günstigsten Dampfverbrauch ergibt. Aus einer tabellarischen Zusammenstellung der gefundenen günstigsten Werte, übersichtlicher aber aus einer graphischen Darstellung, in der als Abszissen die Belastungen und als Ordinaten der jeweilige Dampfverbrauch je kWh aufgetragen sind, erhält man ein Bild, welche Einheit oder welche Einheiten-Kombination man bei einer bestimmten Belastung verwenden soll. Bei im wesentlichen gleichwertigen Sätzen, wo also für Vollbelastung die Dampfverbrauchswerte je kWh nur mit steigender Turbinengröße etwas abnehmen, ist dann bei kleinen Belastungen zunächst der kleinste Satz allein zu verwenden, sodann die größeren Sätze allein, hierauf die Kombinationen zweier Sätze, wieder mit den kleineren beginnend, usw., bis schließlich alle Sätze in Betrieb genommen werden müssen. Praktisch ist dieser Vorgang natürlich nicht genau in Übereinstimmung mit den gefundenen Werten oder Kurven einzuhalten, da doch für plötzliche Zusatzbelastungen immer ausreichende Reserve vorhanden sein muß. Außer durch die bevorzugte Verwendung der Sätze und Satzkombinationen mit geringerem Dampfverbrauche, sowie durch die richtige Aufteilung der Belastung auf die einzelnen Sätze kann Dampf erspart werden, wenn man bei parallel arbeitenden Werken die Belastung eines Werkes derart halten kann, daß dessen Betrieb mit den wirtschaftlichsten Sätzen oder Satzkombinationen geführt werden kann, ferner durch Abschalten von Sätzen, sobald dies mit Rücksicht auf etwaige plötzliche Zusatzbelastungen zulässig erscheint und schließlich durch die Verbesserung des Leistungsfaktors. Das Abschalten von Sätzen kann eher vorgenommen werden, wenn an Hand von Belastungskurven Schlüsse auf die voraussichtlichen Änderungen der Belastungen gezogen werden können. Außerdem steht für unerwartete Zusatzbelastungen zunächst doch das Öffnen der Überlastventile der Turbinen zur Verfügung, so daß bis zu dem Zeitpunkte, wo

Digitized by Google

ein neuer Satz in Betrieb genommen werden kann, jedenfalls eine ganz beträchtliche sofortige Reserve, allerdings mit höherem Dampfverbrauch, vorhanden ist. Die Herabminderung des Dampfverbrauchs durch die Verbesserung des Leistungsfaktors liegt außerhalb der Einflußsphäre des Kraftwerksleiters, bei Beachtung der anderen angeführten Betriebsmöglichkeiten können aber ganz beträchtliche Ersparnisse erzielt werden. J.

(Power, Bd. 66, Nr. 13 und 20, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Kohlensäure-Brandschutz für Generatoren. Die Fa. D. Siebenmann, Bern, hat einen Kohlensäure-Generatorbrandschutz entwickelt und in einer Anzahl Zentralen (in Österreich zuerst im Sillwerk) ausgeführt, von dem einige bemerkenswerte Einzelheiten wiedergegeben seien. Die Kohlensäure strömt im Brandfalle im flüssigen Zustand aus einem stopfbüchsenlosen Ventil in den Generator, wo sie verdampft und durch Entziehen von Verdampfungswärme gleichzeitig kühlt. Das Nachströmen von Kohlensäure, welches wegen stets vorhandener Undichtheiten möglich sein muß, wird im Gegensatz zu amerikanischen Ausführungen, welche die Kohlensäurebomben in zwei Gruppen teilen und durch einen Motorantrieb in bestimmten Zeitabständen nacheinander entleeren, durch eine Reserveflasche bewirkt, deren Entnahmerohr so geformt ist, daß eine verzögerte, langsame Entleerung stattfindet; die übrigen Flaschen dagegen entleeren ihren flüssigen CO_2-Inhalt von 30 kg je Flasche unter einem Druck von 65 at bereits in 4 sek, so daß der CO_2-Gehalt der Generatorluft nach 1 bis 2 sek etwa 20 bis 30 vH beträgt. Der flüssige CO_2-Inhalt der lagernden Flaschen wird durch Wägung mit einer speziellen, der Firma patentierten Schnellwage nachkontrolliert.

Die Betätigung des Brandschutzes erfolgt, außer von Hand, automatisch mittels der Brandschutzwinde. Durch einen Stoßmagneten wird eine Klauenkupplung gelöst, so daß ein gewichtsbelastetes Drahtseil, welches auf einer mit der einen Kupplungshälfte verbundenen Trommel aufgewickelt ist, abläuft und dadurch einerseits die Luftklappen der Generatorkühlung schließt, andererseits die CO_2-Ventile öffnet. Die elektrische Auslösung des Stoßmagneten erfolgt durch einen über die Wickelköpfe des Generators gespannten Schmelzdraht oder durch ein Widerstandsthermometer in Brückenschaltung oder auch durch das Relais des Differentialschutzes; auch Handauslösung der Winde ist vorgesehen. Die Anwendung des CO_2-Brandschutzes beschränkt sich natürlich nicht auf Generatoren, sondern erstreckt sich auch auf den Schutz der Ölschalterzellen und anderer, durch Brand gefährdeter Teile der Anlagen. Die Einrichtung hat sich in vielen Brandfällen stets mit gleicher Sicherheit bewährt. Frd.

„Reparatur" oder „Ersatz" alter Transformatoren. M. D. Smith entwickelt, unter Zugrundelegung amerikanischer Verhältnisse, eine Methode, um voraus bestimmen zu können, ob es wirtschaftlicher ist, einen defekt gewordenen Transformator noch zu reparieren oder durch einen neuen zu ersetzen.

Es ist sehr wichtig, vor Inangriffnahme einer Reparatur zu entscheiden, ob die Eisenverluste eine noch zulässige Größe haben. Bei der Rentabilitätsberechnung müssen berücksichtigt werden: 1. Die Kosten eines neuen Transformators, 2. der Altmaterialwert des alten Transformators, 3. die jährlich festgesetzten, größten auflaufenden Kosten, 4. die Betriebskosten (verursacht durch die Eisenverluste) und 5. die zulässigen Reparaturkosten.

Als Beispiel wird ein 50 kVA Transformator angenommen; die Eisenverluste des neuen Transformators sind 212 W, die eines alten 350 W. Die Differenz der totalen jährlichen Betriebskosten (Punkt 1 bis 4) und der Kosten nach Punkt 4 für den alten Transformator geben die zulässigen Reparaturkosten im Jahre. Letztere können für Transformatoren gleicher Leistung mit verschiedenen Eisenverlusten (verschiedenem Alter) ermittelt und in Kurven zusammengefaßt werden, welche für verschiedene Leistungen ermittelt werden können und für die Bestimmung, Reparatur oder Ersatz des Transformators ein sehr nützliches Hilfsmittel geben. Die Methode ergibt keine absolute korrekte Lösung der Frage, aber für praktische Zwecke hinreichend genaue Resultate. T.

(Power, Bd. 66, Nr. 15, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, Form WV und WV_2. Der Induktionszähler, Form WV, welcher zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstrom-Zweileiteranlagen bestimmt ist, und der analoge Dreileiterzähler, Form WV_2, hergestellt von der Firma Herczka, Uxa & Cie., Elektrizitätszählerfabrik in Wien, wird für Stromstärken von 1·5 bis 50 A, für Spannungen bis 500 V und für Frequenzen von 25 bis 60 Per/s als Ausführungsform des Elektrizitätszählersystems IX zur eichamtlichen Behandlung zugelassen. Der Zähler (Abb. 1) ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker *a* aus Aluminium durch einen Dauermagneten *m* gebremst wird. Das Triebeisen *t* hat drei Zinken, von denen der mittlere die Spannungsspule, die beiden äußeren an ihren zum Mittelzinken geneigten Enden die Stromwicklung tragen. An der Stelle der Abbiegung der Stromzinken befindet sich der magnetische Nebenschluß *c*, der in Form eines U-förmigen Blechpaketes das Spannungseisen umgibt. Die unterste Blechlamelle läuft in

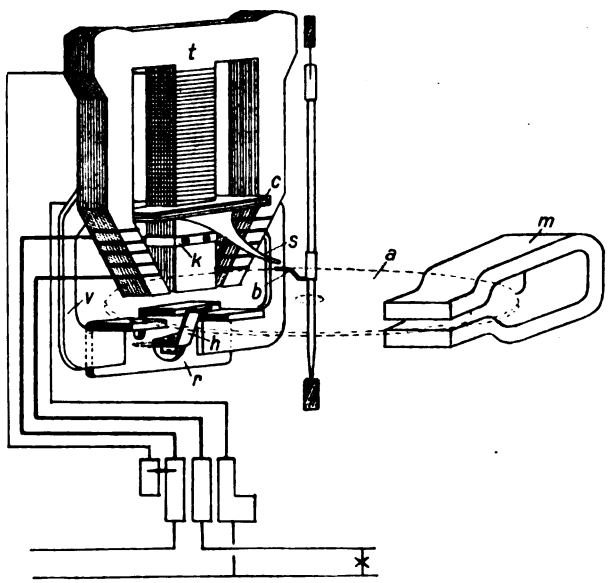


Abb. 1.

den Streupol *s* aus, in dessen Bereich sich die an der Zählerachse angebrachte Hemmfahne *b* zur Verhinderung des Leerlaufes bewegt. Auf das Ende des Spannungszinkens ist zur genauen Einstellung der 90°-Verschiebung der Kurzschlußring *k* aufgeschoben. Gegenüber dem Triebeisen befindet sich auf der anderen Seite der Ankerscheibe ein dreiteiliger Rückschlußbügel *r*, welcher beidseitig durch bogenförmige Verbindungsstücke *v* mit den Außenzinken verbunden ist. Der an dem Rückschlußbügel drehbar befestigte Anlaufhebel *h* dient zur Überwindung der Reibung. Der Deckel des Zählers wird mit zwei Schrauben an der Grundplatte befestigt.

Bei den Dreileiterzählern wird die Stromspule des einen Außenzinkens in den einen Außenleiter, die des anderen Außenzinkens in den zweiten Außenleiter geschaltet. Die Spannungsspule ist hiebei zwischen die beiden Außenleiter geschaltet.

Zur Justierung des Zählers werden an dem Zähler, dessen Magnet senkrecht zur Grundplatte eingestellt ist und dessen Lager geölt sind, nach halbstün-

Digitized by Google

diger Belastung der Spannungsspule mit der Nennspannung folgende Einstellungen vorgenommen: *a)* Die Beseitigung von Vor- und Rücklauf bei unbelasteter Hauptstromspule erfolgt durch Drehen des Anlaufhebels *h* in der Stellung der Ankerscheibe, in welcher sich die Hemmfahne außer dem Bereich des Streupoles *s*, des Triebeisens und des Magneten, also gegen den Beobachter gerichtet, befindet. *b)* Zur Einstellung der Phasenverschiebung zwischen dem wirksamen Strom- und Spannungsfeld wird die Hauptstromspule mit Nennstrom belastet und dieser Strom um 90° induktiv gegen die Spannung verschoben. Durch Verschieben des Kurzschlußringes *k* wird ein schwacher Vorlauf eingestellt, der so gering ist, daß die Hemmfahne beim Passieren des Streupoles *s* oder des Bremsmagneten die Scheibe zum Stehen bringt. *c)* Die Einstellung der richtigen Ganggeschwindigkeit bei induktionsfreier Nennbelastung erfolgt mittels des Bremsmagneten *m*. *d)* Bei induktionsfreier Belastung mit ein Zehntel Nennstrom wird der Anlaufhebel *h* durch Drehen so eingestellt, daß der Zähler einen Fehler von etwa + 1 v. H. zeigt. (Im Punkte *a)* handelte es sich um eine Voreinstellung zur Ermöglichung der Einstellung der 90°-Verschiebung.) *e)* Etwa vorhandener Leerlauf bei Steigerung der Spannung um 20 v. H. wird durch Einstellen der Hemmfahne *b* beseitigt. *f)* Der Anlauf wird bei 0·3 v. H. der Nennstromstärke kontrolliert. Hält der Bremsmagnet die Hemmfahne zurück, so wird diese gegen die Systemachse gebogen. Danach muß etwa eingetretener Leerlauf durch Nachbiegen des Streupoles *s* behoben werden, worauf nochmals der Anlauf zu kontrollieren ist.

An einem untersuchten Musterzähler ergab sich: Drehmoment bei Nennlast und 50 Per/s 4·0 cmg, Anlauf bei induktionsloser Belastung mit 0·5 vH des Nennstromes, Ankergewicht 24·0 g, Drehzahl des Zählers bei Nennlast rund 61 U/min, Eigenverbrauch der Spannungsspule bei 220 V Nennspannung und 50 Per/s rund 0·61 W.

(Aus „Mitteilungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen", Eichschrift Nr. 41 vom 13. Jänner 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Befestigung der Freileitungen bei großen Spannweiten. Von O. Scheller. Mit der Verringerung der Zahl der Stützpunkte sinken im allgemeinen die Kosten einer Freileitung, es steigen aber wesentlich die Kosten für die Abspann- und Winkelmaste. Um aber auch bei diesen Masten Ersparnisse zu erzielen, empfiehlt der Verfasser eine Abspannung der Leiterseile, durch die die schweren Maste wie Tragmaste ausgeführt werden können. Es wird nämlich ein Leiter, statt am Querarm abgespannt zu werden, über eine dort angebrachte Rolle isoliert gegen den Boden geführt und über eine in der Erde verankerte Rolle herumgeführt und sodann am Mast in der Höhe der Mastrolle abgespannt. Durch geeignete Wahl jenes Winkels, welchen das von der Mastrolle ablaufende Seil mit der Wagrechten einschließt, kann die Mittelkraft aus dem wagrechten Seilzug und dem Verankerungszug eine rein lotrechte werden, so daß der Mast nur auf Knickung und nicht, wie sonst, auch auf Biegung beansprucht wird. Der Abspannwinkel $\alpha = 26^0\ 30'$, entsprechend $\cos\alpha = 0{\cdot}5$, ergibt sich dann aus dem Kräftediagramm: Lotrechte Mittelkraft, wagrechter Leitungszug und Verankerungszug, der doppelt so groß wie der Leitungszug ist, da die Verankerungsrolle als bewegliche Rolle aufzufassen ist.

Eine weitere Ausbildung dieser Bauart besteht darin, daß man alle Leiterseile durch eine gemeinsame Rolle abfängt, wobei nur ein sehr starkes Ankerseil notwendig wird. Weiters kann man die bei einem Leiterriß auftretenden Verdrehbeanspruchungen dadurch beseitigen, daß man die symmetrisch zum Mast liegenden Seile paarweise mit einem gemeinsamen Seil über die Verankerungsrolle führt, so daß sie gar nicht erst wieder am Mast abgespannt werden müssen. Mit dem Reißen des einen Seiles wird dann gleichzeitig das andere entspannt. Die Verankerung der Rolle kann leicht sehr einfach und doch außerordentlich widerstandsfähig ausgebildet werden. Durch diese Bauart könnten, so weit es sich überblicken läßt, bedeutende Kosten an Baueisen und Mastgründung erspart werden, Schwierigkeiten könnten nur durch bauliche Einzelheiten entstehen. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 52, 1927.)

Gleichrichter.

Elektrische Vakuummeßeinrichtung für Großgleichrichter. Von Dr. H. Jungmichl und Dr. J. v. Issendorff. Die Siemens-Schuckert-Werke verwenden jetzt allgemein in den Vakuumraum eingebaute Hitzdrähte, die den einen Zweig der Meßbrücke bilden, während die anderen Brückenwiderstände vom Vakuum unbeeinflußt bleiben[1]). Um von der Außentemperatur unabhängig zu sein, wird einer der Brückenwiderstände aus demselben Werkstoff hergestellt wie die Hitzdrähte und alle vier Zweige der Brücke werden derselben Raumtemperatur ausgesetzt. Besonders bewährt haben sich Nickeldrähte, die auf gewöhnlichen Glühlampengestellen befestigt sind. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit werden mehrere Hitzdrähte von möglichst kleinem Durchmesser parallel geschaltet und als Vakuumsonde in eine Glasbirne eingebaut, die wieder vakuumdicht in ein eisernes Gehäuse eingesetzt ist. Um das Anzeigegerät möglichst einfach zu gestalten, wird die Anordnung mit Gleichstrom gespeist: bei Ortsanzeige aus einer kleinen Hilfsbatterie, die über einen Ladewiderstand ständig an der als Hilfsspannung für die Zündung und Erregung des Gleichrichters ohnehin zur Verfügung stehenden Gleichspannung von 75 V liegt, bei Fernanzeige aus einer Batterie von 24, 110 oder 220 V. Bei Eichung der Brücke derart, daß das Anzeigegerät bei Atmosphärenspannung stromlos ist und bei höchstem Vakuum den vollen Ausschlag hat, steht für den hauptsächlich in Betracht kommenden Teil der Anzeigeteilung von $0 - 13 \times 10^{-3}$ mm Hg annähernd die Hälfte der ganzen Teilung zur Verfügung und dies ist viel günstiger als bei der früher verwendeten Einrichtung mit Thermoelementen, wo für den gleichen Bereich nur etwa ein Viertel der ganzen Teilung zur Verfügung stand. Die beschriebene Einrichtung weist weiters den Vorteil auf, daß sie tatsächlich das Vakuum im Gleichrichter anzeigt, weil sie unmittelbar am Gleichrichterkessel angeordnet wird und die sonst üblichen Verbindungsleitungen fehlen. J.

(Siemens-Zeitschrift, 7. Jg., 1927, H. 12.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Bestimmung der Funkenkonstante. Von Max Toepler. Es handelt sich um eine Zusammenfassung und Erweiterung der Grundlagen zur Bestimmung der Funkenkonstante. I. Entladungsverlauf mit Berücksichtigung des Funkenwiderstandes. Die Funkenkonstante k ergibt sich aus dem Toeplerschen Gesetze

$$Q \,.\, W_F = k \,.\, F \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

Q = geflossene Elektrizitätsmenge, W_F = Momentanwert des Funkenwiderstandes, F = Schlagweite zwischen Kugelelektroden. Im Nachstehenden bezeichnen ferner P_F die Funkenspannung, P_1 bis P_5 die Potentiale an den angegebenen Stellen der Abb. 2 bis 4, C, C_F Kapazitäten, W einen Ohmschen Widerstand, i_1, i_2 Stromstärken.

Alle Leitungen der Abb. 2 bis 4 sind selbstinduktions- und widerstandsfrei gedacht; die nicht eingezeichnete Gleichstromquelle ist durch große Ohmsche Widerstände für kurzdauernde Vorgänge in den Schaltsystemen abgeriegelt. Bei symmetrischer Stromzuführung ist

$$P_1 = -P_3 = p \,.\, P_F/4 \quad \ldots\ldots\ldots (2),$$

$$P_2 = -P_4 = q \,.\, P_F/4 \quad \ldots\ldots\ldots (3).$$

Der Verlauf von p gibt demnach die Gestalt der Spannungswelle an der Funkenstrecke, jener von q die am

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 96.

Digitized by Google

Widerstande W an. Zur Abkürzung wird noch gesetzt:

$$a = P_F/k \,.\, F; \quad a = C \,.\, W \,.\, a/2 = C \,.\, W \,.\, P_F/2\,k \,.\, F \quad (8).$$

Für Abb. 1 erhält man die Gleichung:

$$i_1 = 2\,P_1/W_F = 2\,P_1\,C_F(P_F - 2\,P_1)/k \,.\, F = -\,2\,C_F \,.\, d\,P_1/d\,t$$

und nach Auflösung der Differentialgleichung:

$$p = 2/(1 + e^{\alpha t}) \backsim (1 - \sin \alpha\, t/2) \;\ldots\; (a_1).$$

(Für Zeitzählung von $p = 1$, das ist von der zeitlichen und elektrischen Funkenmitte aus.) Innerhalb der „Funkendauer" $T_F = 2\pi/\alpha$ fließen 92 vH der Ladung ab. Es ist ferner

$$(d\,p/d\,t)_{max} = -\,\alpha/2; \quad (d\,P_1/d\,t)_{max} = -\,P^2_F/8\,k \,.\, F \quad (a_3).$$

Für Abb. 2 gelten die Gleichungen:

$$i_1 = 2\,P_1/W_F = P_1\,C\,(P_F - 2\,P_1 + 2\,P_2)/k \,.\, F =$$

$$= -\,C \,.\, d\,(P_1 - P_2)/d\,t; \quad i_2 = 2\,P_2/W = C \,.\, d\,(P_1 - P_2)/d\,t$$

und hieraus nach Auflösung der Differentialgleichung mit Zeitzählung von $p = 1$ an:

$$e^{\alpha t} = (2 - p) \,.\, (2 + a\,p)^a/(2 + a)^a\,p^{a+1} \;\ldots\; (b_1),$$

$$q = -\,a\,p\,(2 - p)/(2 + a\,p).$$

Der zeitliche Verlauf von p ist nicht mehr symmetrisch zur Funkenmitte. Durch den Widerstand W ändert sich der Ablauf der Spannung P_1 aus (a_1) in (b_1); es findet eine angebbare Steuerung des Funkens durch diesen Widerstand statt. In Tabellen und Schaulinienbildern wird der Verlauf von p und q für mehrere a zwischen 0 und ∞ dargestellt.

Die wichtigste Größe für Wanderwellen ist

$$(d\,p/d\,t)_{max} =$$

$$= -\,(a/2) \,.\, 8\,A\,(9\,a - 3\,A - 3\,A\,a - A^2)/27\,a^3\,(a - 1);$$

$$(d\,P_1/d\,t)_{max} = (P_F/4)\,(d\,p/d\,t)_{max} \;\ldots\; (b_3),$$

worin $A = a - 1 + \sqrt{a^2 + a + 1}$ ist. An Stelle von k in (a_3) tritt jetzt k_w gleich k mal einem Zahlenfaktor, die

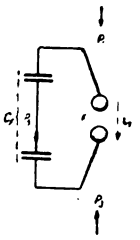


Abb. 2.

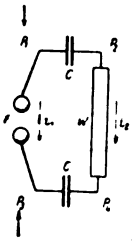


Abb. 3.

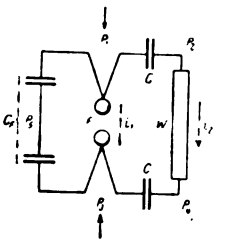


Abb. 4.

scheinbare Funkenkonstante. Das Verhältnis k_w/k wird „Verflachung" von p genannt; diese ist hier allein durch W bedingt. Nachstehend einige Werte:

a	0	0·1	1	2	4	10	100	∞
Verflachung von p	1	1·041	1·305	1·420	1·523	1·610	1·678	1·688
„ „ q	∞	—	4·85	3·20	2·28	1·92	1·73	1·688

Die der Abb. 4 entsprechenden Gleichungen sind:

$$i_1 = 2\,P_1/W_F =$$

$$= (2\,P_1/k\,F) \,.\, [(2\,C_F + C)\,(P_F - 2\,P_1) + 2\,C\,P_2] =$$

$$= -\,2\,C_F \,.\, d\,P_1/d\,t - C \,.\, d\,(P_1 - P_2)/d\,t,$$

$$i_2 = 2\,P_2/W = C \,.\, d\,(P_1 - P_2)/d\,t.$$

Nur im Grenzfalle, wenn C_F sehr groß ist, wurde eine Lösung gefunden; für p gilt dann die Gleichung (a_1); es ist also

$$P_1 = p \,.\, P_F/4 = P_F/2\,(1 + e^{\alpha t}); \quad (d\,P_1/dt)_{max} = -\,P^2_F/8\,k F;$$

ferner erhält man aus der Gleichung für i_2:

$$q = [(p/(2 - p)]^{1/a} \int_2^p [(2 - p)/p]^{1/a}\,d\,p.$$

Das Integral ist für $a = 1$ und $a = 2$ geschlossen, für höhere a durch Reihenentwicklung auswertbar; der Verfasser hat die berechneten Werte von q in einer Tabelle zusammengestellt.

II. Beginn des Funkens, Funkendauer. Dem eigentlichen Funken mit fallender Charakteristik geht ein schwacher Leuchtfaden mit steigender Charakteristik voran. Der Beginn des Funkens zählt vom Einsetzen der fallenden Charakteristik an, das heißt nach den Messungen des Verfassers mit $C = 1$ ESE; bei einer Schlagweite von 1 cm entspricht dies einem Funkenwiderstande $W_F = k\,F \,.\, 3 \,.\, 10^9 = 1{\cdot}45 \,.\, 10^9$ Ohm und der Stromstärke von 20 mA, während der Leuchtfaden oder Büschellichtbogen erst unter 1 mA erlischt; hiebei erfordert er 1700 V/cm und besitzt einen Widerstand von $1{\cdot}7 \,.\, 10^6$ Ohm je cm. Der Funken beginnt in Schaltungen nach Abb. 2 und 4 bei der Zeit, von der Funkenmitte aus gezählt, $t_0 = -\,(1/\alpha) \,.\, \ln (3 \,.\, 10^9\,C_F\,P_F)$.

III. Wirkung von Antennen; Wanderwellen. *A)* Kapazitätsarme Antennen. Eine Beeinflussung (Steuerung) der Funkenstrecke durch kapazitätsarme Antennen findet nicht statt; ist $P_F = f(t)$ der Potentialverlauf im Anschlußpunkte der Antenne und c_0 die Laufgeschwindigkeit in der Antenne, so ist die Spannung im Punkte x:

$$P_x = f(t - x/c_0).$$

Die Wellenneigung ist $d\,P_x/d\,x$. Die Wellengestalt wird bei den Schaltungen 1 und 3 je nach dem Anschlußpunkte durch p oder q gegeben. Bei Schaltung Abb. 2 ist bei Anschluß im Punkte P_1:

$$P_{1x} = P_F/2\,(1 + e^{\alpha\,(t - x/c_0)});$$

$$(d\,P_{1x}/d\,x)_{max} = (1/c_0) \,.\, P^2_F/8\,k \,.\, F.$$

Bei Abb. 3 gilt dieselbe Gleichung, wenn man für k nunmehr k_w einsetzt. Wird jedoch die Antenne an das Ende von W angeschlossen, so ist $q = f(t)$ zu setzen und es wird

$$P_{2x} = (P_F/4) \,.\, f(t - x/c_0); \quad d\,P_{2x}/d\,x = -\,(P_F/4\,c_0) \,.\, d\,q/d\,t.$$

Bei Abb. 4 mit großem C_F entstehen bei Anschluß in P_1 oder P_3 Wellen wie bei Abb. 2; bei Anschluß in P_2 oder P_4 solche nach den für Abb. 3 angeführten Gleichungen, jedoch mit der der Abb. 4 entsprechenden Funktion $q = f(t)$.

B) Antennen mit Kapazität, unendlich lang. Ist $\gamma = \sqrt{L_a/C_a}$ der Wellenwiderstand der Antenne, so fließt mit der Wanderwelle ein gleichphasiger Strom J, der den Funkenverlauf durch Elektrizitätsabgabe beeinflußt. Es ist $J = P/\gamma$. Bei schwachem Zuströmen reißt der Funken schließlich ab; bei starkem geht er in einen Büschel- oder gewöhnlichen Lichtbogen über. An die Funkenstrecke angeschlossene Antennen werden mit dieser von der Spannungsquelle aufgeladen und wirken fast wie eine Gleichstromquelle. Antennen an W werden erst nach dem Entstehen des Funkens aufgeladen, entziehen also C und C_F dauernd Elektrizität; diese Abgabe ist jedoch von begrenzter Dauer und hört mit der Entladung von C und C_F auf. So lange der echte Funken nach Gl. (1) andauert, ist zum Beispiel für Abb. 3

$$a = C \,.\, W' \,.\, P_F/2\,k \,.\, F; \quad W' = W \,.\, \gamma/(W + \gamma)$$

zu setzen und hiemit k_w zu berechnen. Die scheinbare Funkenkonstante nimmt mit wachsendem Wellenwiderstande ab. Bei Abb. 4 mit großem C_F kommt der Antennenstrom erst in Betracht, wenn er gegenüber dem Entladestrome aus C_F nicht mehr klein ist. Der ungestörte Höchstwert des letzteren ist $J_{max} = C_F \,.\, P^2_F/4\,k \,.\, F$; der Strom aus einer an W angeschlossenen Antenne dagegen $J_a = P_F\,(2 - p)/2\,\gamma$. Bei $C_F = 4500$ cm, $F = 1$ cm, $P_F = 30$ kV, $k = 0{\cdot}48 \,.\, 10^{-3}$ ist $J_{max} = 2330$ A; dagegen bei $\gamma = 500$ Ohm, $J_a = 25$ A, also bezüglich $(d\,P/d\,t)_{max}$ vernachlässigbar.

C) Antennen endlicher Länge mit reflektierendem Ende haben bei geringer Länge nur geringe Kapazität, also geringen Einfluß auf den Funken; längere Antennen veranlassen durch Endreflexion Schwingungen.

Unter IV. „Zur Kritik meiner Messungen der Funkenkonstante" werden die Einflüsse besprochen, die bei den Messungen des Verfassers zu berücksichtigen waren; ferner wird die wahre Funkenkonstante aus diesen Messungen abgeleitet. Es ergeben sich die Werte $k \,.\, 10^3 = 0{\cdot}27$, $0{\cdot}32$, $0{\cdot}30$; also im Mittel $k = 0{\cdot}30 \,.\, 10^{-3}$. R. H.

(Arch. f. Elektrot. Bd. 18, 1927, H. 6.)

Digitized by Google

Literaturberichte.

3643 **Der Transformator im Betrieb.** Von Dr. techn. Milan Vidmar, ordentl. Professor an der jugoslavischen Universität Ljubljana, VIII und 310 Seiten, mit 126 Abb. im Text. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1927. Geb. Mk. 19·—.

Mit dem vorliegenden Buch will Vidmar die Grundlage für die Behandlung der vom Betriebsingenieur zu erledigenden Probleme geben. Es ist dabei zugleich eine Ergänzung des bereits in zweiter Auflage vorliegenden bekannten Lehrbuches „Die Transformatoren", das sich wesentlich nur mit der Berechnung und Konstruktion befaßt. Inhaltlich zerfällt das Buch in acht Kapitel: Der Preis und der Wirkungsgrad des Transformators, die Wirtschaftlichkeit des Lichttransformators, der Leerlaufstrom, Schaltungen, Überströme, Überspannungen, die Kühlung, verschiedene Betriebsprobleme.

Ein Buch Vidmars über Transformatoren zu loben, ist überflüssig. Es genügt festzustellen, daß auch dieses Werk, von dem manche Abschnitte bereits in dieser Zeitschrift separat behandelt wurden, ebenso anregend geschrieben ist wie das große Lehrbuch „Die Transformatoren".

In einzelnen Punkten ist Vidmar von seiner ursprünglichen Meinung abgerückt. Während er früher ein eifriger Verteidiger des Trockentransformators war, hebt er heute seine Nachteile: große Eisenverluste und geringe Überlastbarkeit, ausdrücklich hervor und weist auf die bezüglichen vorteilhaften Eigenschaften des Öltransformators hin. Bei den Schaltungen wäre ein Hinweis auf die zusätzliche (tertiäre) Dreieckswicklung für Transformatoren in YY-Schaltung (insbesondere bei Manteltypen) und ihre vorteilhaften Eigenschaften empfehlenswert. Die im Kapitel „Überströme" befindliche Bemerkung, daß ein Windungsschluß bei Hochspannungstransformatoren vom Überstromschutz nicht früh genug erfaßt wird, ist zwar richtig; es gibt aber heute schon Mittel, derartige Defekte im Entstehen festzustellen. Der Differentialschutz durch hochempfindliche wattmetrische Relais signalisiert sie schon früh; für Transformatoren mit Konservatoren — und größere Transformatoren sind heute wohl immer mit Ölausdehnungsgefäß versehen — ist der Buchholzschutz einwandfrei entwickelt und anwendbar. Nach den Betriebserfahrungen der letzten Zeit werden alle überhaupt möglichen Defekte an und in Transformatoren, welche mit einem grob eingestellten Stromdifferentialschutz und mit Buchholzrelais versehen sind, in so kurzer Zeit erfaßt, daß Beschädigungen, welche große Reparaturkosten verursachen würden, überhaupt nicht zustande kommen können. Es würde sich vielleicht empfehlen, in diesem Kapitel auch die Ausgleichserscheinungen, welche beim Zuschalten eines weiteren Transformators entstehen, zu behandeln. Das hiebei mitunter beobachtbare Wiederherausfallen des eingeschalteten Transformators, zusammen mit den übrigen der Station und anderen, macht heute noch immer manchem Betriebsleiter Kopfzerbrechen. Die von Kuhlmann schon vor vielen Jahren gegebene Erklärung dieser Erscheinung ist noch vielfach unbekannt. Im Kapitel „Überspannungen" wird der Vorkontaktschalter sehr gelobt und ihm für die Zukunft Unentbehrlichkeit nachgesagt, im Gegensatz zur derzeitigen Praxis, welche das Bestreben zeigt, die Vorstufenölschalter in Anlehnung an die amerikanische Praxis wieder wegzubringen. Die unvermeidlichen Beanspruchungen, denen ein eingeschalteter Transformator ausgesetzt ist, gehen wohl oft über die nicht allzu unangenehmen Schaltbeanspruchungen hinaus und es ist durchaus berechtigt, jedes komplizierende Element, und ein solches ist die Vorstufe, wegzubringen. Das Problem der Schutzdrosselspule ist ausführlich behandelt. Ein Hinweis auf den Überspannungsschutz der Eingangsisolation durch Kapazitätsringe an den Wicklungsenden und eine Erklärung der Wirkungsweise dieser Einrichtung wäre vielleicht nicht unangebracht.

Viel Dank würde sich Vidmar erwerben, wenn er sich doch entschließen könnte, die zahlreiche Literatur des Gegenstandes etwas ausführlicher zu zitieren. Es würde so dem gerne tiefer ausholenden Leser eine sehr erwünschte Anleitung gegeben sein.

Wenn wir hier einige Wünsche geäußert haben, so geschah dies in der sicheren Erwartung, daß der Verfasser zu ihrer Befriedigung in einer neuen Auflage bald Gelegenheit haben wird. Vidmars Buch wird leicht den großen Leserkreis finden, den es verdient und den man ihm wünschen muß. E. Groß.

3630 **Der Drehstrom-Induktionsregler.** Von Dr. sc. techn. H. F. Schait, Professor am kantonalen Technikum in Winterthur. VI und 356 Seiten mit 165 Abbildungen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 25·50.

Der Drehstrom-Induktionsregler ist sonderbarerweise in der Literatur bisher ziemlich stiefmütterlich bedacht worden, insbesondere hat eine ausführliche zusammenhängende Darstellung darüber gefehlt. Das Buch von Schait füllt diese Lücke aus und bietet eine eingehende Monographie über diese Maschine. Das Werk bringt im ersten Abschnitt die Berechnung, im zweiten die Vektordiagramme und im folgenden die Erwärmung und Kühlung des Induktionsreglers. Dann folgt ein Ausführungsbeispiel und den Abschluß bildet ein (fünftes) Kapitel über Bau und Betrieb dieser Maschine. Der Verfasser behandelt alle Abschnitte mit im allgemeinen großer Ausführlichkeit und berücksichtigt die verschiedenartigsten Bedingungen und Verhältnisse. Es sind jedoch im Gegensatz hiezu manchmal Formeln und Beziehungen angeführt (zum Beispiel bei der Streuung, über die doch verschiedene Theorien bestehen), ohne daß zumindestens auf die einschlägige Literatur verwiesen wäre. Auch bei den grundlegenden Betrachtungen über die Erwärmung vermißt man Literaturhinweise auf frühere Arbeiten, wie zum Beispiel auf diejenigen von Vidmar in seinem Buch „Die Transformatoren", II. Aufl., Berlin, Springer 1925. Bei einer Neuauflage würde eine Ergänzung in dieser Hinsicht zur Vollständigkeit des Stoffes empfehlenswert sein. Auch dürfte es für das allgemeine Verständnis der Leser zweckmäßiger sein, wenn der zweite Abschnitt des Buches, der die Vektordiagramme behandelt, als erster und zwar vor dem jetzigen ersten Kapitel, der genauen Berechnung, angeordnet wäre. Das Buch wird sicher für jeden, der mit dem Induktionsregler näher zu tun hat, wertvoll sein.

B. Gerstmann.

Eingelaufene Bücher.

2823 Werkstattbücher. Herausgegeben von E. Simon. Heft 33. Der Vorrichtungsbau von F. Grünhagen. I. Teil. 64 S. mit 230 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1928. Preis Mk. 1·80.

In gleicher Art wie in den früher erschienenen Werkstattbüchern[1]) werden in dem Hefte außer der Einteilung der Vorrichtungen ihre Wirkungsweise und ihre Elemente, sowie das Wesen und die Grundsätze beim Entwurf von reinen Spann-, von Bohrspann- und von Arbeitsvorrichtungen besprochen. Das sehr klar geschriebene Heft bedeutet neben den größeren Werken von Müller, Lich und anderen eine willkommene Bereicherung des einschlägigen Schrifttums und es kann besonders zur Einführung in den Vorrichtungsbau empfohlen werden. —k.

3665 Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Fachheft Österreich (Heft 22/23 von 1927). 96 S. mit vielen Abb. und 7 Tafeln. C. W. Kreidels Verlag, München.

In 25 Aufsätzen wird von den leitenden Ingenieuren der österreichischen Bundesbahnen der heutige Stand der Anlagen und Einrichtungen geschildert — darunter natürlich auch die Elektrisierung und deren Einzelheiten, wie Kraftwerke und Unterwerke, Leitungsanlagen, Triebfahrzeuge und Zugförderungsanlagen — und außerdem werden auch verschiedene Zweige des Betriebes besprochen. Für den Elektrotechniker sind von beson-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 2, S. 59.

Digitized by Google

derem Interesse ein Aufsatz von Ing. Eichberg „Über die Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen auf den elektrisierten Linien der Bundesbahnen", außerdem ein Aufsatz von Ing. Rumpf über „Neuerungen auf dem Gebiete des Signalwesens." —ll—.

3640 Wirtschaftlichste Isolierstärke bei Wärme- und Kälteschutzanlagen und Wärmeabgabe isolierter Rohre bei unterbrochener Betriebsweise. Von Dr. Ing. J. S. Cammerer. 90 S. mit 22 Abb. und 14 Zahlentafeln. Industrieverlag von Hernhaussen A.-G., Berlin, o. J. (1928). Preis geb. Mk. 6·—.

Die Schrift enthält eine einfache, unter Verwendung umfangreicher theoretischer und praktischer Arbeiten des Verfassers aufgestellte Berechnungsmethode mit Zahlentafeln zur Ermitllung der wirtschaftlichsten Stärken von Wärme- und Kälteschutzmitteln bei Dauerbetrieb und gibt auch die Grundlagen für die Berechnung bei unterbrochenem Betrieb. Schließlich wird auch auf den Einfluß der Dampfverwertung auf die Isolierstärke eingegangen. Die Schrift wird den Dampftechnikern gute Dienste leisten. Der Preis ist im Verhältnis zum Umfange hoch. —k.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die neuen polnischen Zölle. Durch die Zollvalorisation in Polen wird auch die österreichische elektrotechnische Industrie hart betroffen. Der Menge nach stand mehrere Jahre lang Polen in der Ausfuhr an erster Stelle. Allerdings ist im Jahre 1926 der Export in dieses Land ganz außerordentlich gesunken. Die Tabelle I zeigt sehr deutlich, wie im allgemeinen von Jahr zu Jahr das Geschäft mit Polen, das einst einen wesentlichen Teil der österreichischen Ausfuhr an Elektromaterialien bedeutet hatte, auf ein Minimum zurückgegangen ist.

Von der neuen Zollvalorisation werden vor allen Dingen die nachfolgenden Positionen betroffen, bei denen die Erhöhung 72 vH beträgt:

Tarif Nr. 169/20/d: Kathodenlampen.

Tarif Nr. 169/29: Apparate für Radiostationen, und zwar für fertige Apparate und Teile von Apparaten.

Bei allen anderen Apparaten kommt eine 30 prozentige Zollerhöhung in Frage.

Für den Handel ist auch außerordentlich erschwerend, daß Ursprungszeugnisse beigebracht werden müssen, aus denen hervorgehen soll, daß die betreffenden Waren nicht aus Deutschalnd stammen. Während im allgemeinen Polen für Österreich in wesentlich größerem Maßstab als Lieferant wie als Käufer in Frage kommt, ist dies bei der Elektrizitätsgruppe aus begreiflichen Gründen nicht der Fall. Einzig und allein im Jahre 1923 wurde ein Posten von rund 150 dz Elektroden aus polnischem Gebiet nach Österreich geliefert. E. H.

Die englische elektrotechnische Industrie verzeichnet nach einem Berichte in „Engineering" (Heft 3 von 1928) für das Jahr 1927 sowohl im Inland als auch bei der Ausfuhr unerwartet günstige Ergebnisse[1]). Einen Maßstab hierfür bildet zunächst die Kupfereinfuhr, die in einzelnen Monaten rund 1½ mal so groß war als im letzten Friedensjahr und die Zahl der Beschäftigten, die in elf erfaßten Bezirken gegen 1913 ebenfalls um etwa die Hälfte auf einen bisher noch nicht erreichten Wert gestiegen ist. Gegen das Ende des Berichtsjahres ist ein schwacher Rückgang zu bemerken, der offenbar mit den ungeklärten Verhältnissen in der weiteren Entwicklung der englischen Stromversorgung zusammenhängt. Der Wert der Erzeugung der elektrotechnischen Industrie (einschließlich einiger Hilfsindustrien) betrug im Jahre 1927 rund 75 Mill. Pf. gegen 69·9 i. J. 1924 und 13·9 i. J. 1907. Auf einen Beschäftigten entfällt bei einem Durchschnittseinkommen von 166·5 Pf. ein Betrag von 213 Pf. als Wert der Jahreserzeugung (Unterschied zwischen Verkaufspreis und Materialkosten). Die Ausfuhr von elektrischen Maschinen von über 3400 t im Monatsdurchschnitt mit einem Werte von 165 Pf./t ist gegen 1913 der Menge nach um rund die Hälfte, dem Werte nach auf etwa das Doppelte gestiegen, die Einfuhr dagegen mit 466 t im Monat auf etwa die Hälfte gesunken, allerdings stieg der Wert der Einfuhr jetzt auf über das Doppelte gegen 1913. Der Inlandsbedarf an Maschinen und dgl. wurde zu etwa neun Zehntel von der einheimischen Erzeugung gedeckt. Einen Vergleich über die Ausfuhr Englands und der anderen wichtigsten Staaten an elektrischen Maschinen gibt die folgende Zahlentafel, welche die bezüglichen Werte in 1000 Pf. enthält.

Ausführendes Land	1913	1924	1925	1926	1927 (geschätzt)
England	2 269	5 353	5 762	5 817	6 788
Frankreich . . .	838	3 368	2 883	2 902	2 064
Deutschland . .	3 148	2 374	2 558	2 685	3 448
Schweden . . .	243	1 063	1 169	1 526	1 715
Schweiz	804	997	1 125	1 067	1 118
Verein. Staaten .	1 694	5 935	5 067	5 452	4 690
Zusammen . .	8 996	19 090	18 564	19 449	19 823

England ist, wohl infolge seines überragenden Einflusses in den Kolonien und Dominions bei ziemlich unveränderter Gesamtausfuhr an die erste Stelle gerückt, was umso bemerkenswerter ist, als doch die elektrotechnische Industrie anderer Länder und nicht die Englands in technischer und wissenschaftlicher Beziehung führend ist. —k.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 879.

Tabelle I:
Ausfuhr-Statistik.

Zolltarif Nr.	Bezeichnung	Menge in Meterzentnern 1926	1925	1924	1923	1922
442—443	Elektrische Maschinen	1 381	4 128	3 978	5 553	9 159
444—445	Schwachstrom-Apparate	168	303	288	386	717
446	Meß- und Zählapparate	8	48	28	27	111
447	Lampen	45	48	191	1 386	1 894
448	Starkstrom-Apparate	815	1 433	2 261	2 080	2 315
450	Leitungsmaterial	1 375	6 108	2 975	2 914	7 585
451	Akkumulatoren	67	196	95	27	529
452	Elektr. Kohlen	68	407	71	556	82
449	Isolierrohre	27	70	55	223	—
453	Isolationsbestandteile	31	100	69	104	135
	Gesamtsumme . . .	3 985	12 841	10 011	13 256	22 528

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.)

Zusammenlegung der Internationalen Technischen Kongresse.

Die Zahl der internationalen Kongresse und Tagungen, die sich mit der Behandlung technischer Fragen beschäftigen, nimmt ständig zu und damit auch die Möglichkeit überflüssiger Parallelarbeit. Man hat das zwar schon seit langem erkannt, aber bis jetzt nichts Ernstliches dagegen unternommen.

Bei der letzten Tagung der I. E. C. im September des vorigen Jahres in Italien gab die gleichzeitige Abhaltung anderer technischer, internationaler Kongresse die Veranlassung dazu, daß Vertreter von sieben internationalen technischen Organisationen unter dem Vorsitz von Prof. G. Semenza, dem damaligen Präsidenten der I. E. C., zu einer inoffiziellen Aussprache zusammentraten.

Bei dieser Beratung wurde erkannt, daß es sehr empfehlenswert wäre, die verschiedenen Organisationen durch ein Zentralkomitee miteinander in Verbindung zu setzen und die I. E. C., als Initiator des Gedankens, wurde aufgefordert, dieses inoffizielle Komitee zur Beratung der gemeinsamen Angelegenheiten einzuberufen.

Dieses Komitee, das sich „Verständigungs-Komitee (comité d'entente)" nennt, hat im Jänner d. J. unter dem Vorsitz des neuen Präsidenten der I. E. C., Prof. Cl. Feldmann, seine erste Sitzung in London abgehalten. An der Beratung nahmen die Vertreter folgender internationaler Organisationen teil:

Internationale Beleuchtungstechnische Kommission.
Weltkraftkonferenz.
Internationales Beratendes Komitee für die Telephonie auf große Entfernungen.
Internationale Union für die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie.
Internationale Normen-Kommission (in Bildung begriffen).
Internationale Elektrotechnische Kommission.

In dieser Sitzung wurden vorerst Tag und Ort und — in einigen Fällen — das voraussichtliche Programm der zukünftigen Tagungen besprochen. Man erkannte, daß eine etwa einmal im Jahr stattfindende Mitteilung über den Zeitpunkt, den Ort und das Programm der Tagungen zwangsweise und allmählich zu einer sehr wertvollen Zusammenarbeit führen würde, die für die Delegierten der einzelnen Organisationen von großem Vorteil wäre und sicherlich Wert und Bedeutung der Tagungen selbst steigern würde.

Auch die Frage des Zusammenarbeitens zwischen internationalen Organisationen durch ein gemeinsames Komitee oder durch die Bestellung von Beobachtern (observers) wurde besprochen und endlich beschlossen, das inoffizielle Komitee vorläufig beizubehalten und die I. E. C. zu veranlassen, dasselbe nach Ablauf eines Jahres zu einer neuen Sitzung einzuberufen. Bis dorthin werden die verschiedenen Organisationen sich darüber im Klaren sein, ob sie der dauernden Aufstellung eines solchen Verständigungs-Komitees ihre Zustimmung geben werden. Man hofft, daß dies der Fall sein wird; man nimmt auch an, daß andere technische Körperschaften mit internationalem Charakter mit der Zeit an dieser Zusammenarbeit interessiert sein werden. Denn durch dieses Verständigungs-Komitee wird die Freiheit der einzelnen Organisationen in keiner Weise beschränkt, aber eine Art Vermittlungsstelle geschaffen, durch die Informationen ausgetauscht und administrative Maßnahmen auf freundschaftlichem Wege besprochen werden können.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Elektrotechnischer Verein in Wien.

Mittwoch, den 18. April d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Ing. Günther Oberdorfer über: **„Einige Erdschluß-Grundprobleme in symmetrischer Darstellung."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Einführung in die Theorie des Rechnens mit symmetrischen Komponenten, Operator „a", Mit-, Gegen- und Nullsystem, symmetrische Zusammensetzung und Zerlegung; der Erdschluß im ungeschützten Netz, Einfluß des Lichtbogenwiderstandes, der Erdschluß im geschützten Netz bei Anschluß einer Nullpunktsdrossel bzw. eines Pollöschers.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Wien, VI., Theobaldgasse 12.

Donnerstag, den 12. April 1928, um ½7 Uhr abends, im Hörsaal II des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Wien IV., Gußhausstraße 25, Vortrag des Herrn Ing. Fritz Reiter (Wien) über: **„Neuzeitliche Beleuchtung in gewerblichen und industriellen Betrieben".** (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Der I. Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Österreichischer Verein Deutscher Ingenieure.

AWB Ausschuß für wirtschaftliche Betriebsführung — ÖVDI.

Montag, den 16. April, 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dipl. Ing. Friedrich Meyenberg, Professor der Betriebswissenschaft an der Technischen Hochschule Braunschweig, „Grundfragen des industriellen Rechnungswesens" im Festsaal des Industriehauses, Wien III., Schwarzenbergplatz 4.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrage eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	26. III. 1928	28. III. 1928	30. III. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	82–87	83–88	83–88

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 30. März 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	18	9	62	0	0
Standard 3 Monate .	62	0	0	62	1	3
Zinn:						
Engl. ingots	239	0	0	240	0	0
Standard Kassa . .	239	0	0	239	2	6
Standard 3 Monate .	238	0	0	238	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	0	0	24	18	9
Remelted	25	10	0	—	—	—
English Swansea . .	25	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 55/Pf. 60 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 15. April 1928 | Heft 16

Zur Entwurfstheorie des Transformators.

Von Dr. techn. Milan **Vidmar**, ord. Professor an der Universität Ljubljana[1]).

Zusammenfassung. Der Entwurf des Transformators ist als wissenschaftliches Problem in der Literatur schon vielfach behandelt worden. Zweifellos müssen die meisten Lösungsversuche deshalb als mißlungen bezeichnet werden, weil die Rechnungen mit den Hauptabmessungen des Transformators die Mitberücksichtigung der unzuverlässigen Füllfaktoren notwendig haben.

Die vorliegende Arbeit umgeht die unbeständigen Füllfaktoren, indem sie unmittelbar mit den Gewichten rechnet. Sie erreicht dabei trotzdem die Berücksichtigung des Eisen- und des Kupferquerschnittes, ohne ungenau zu werden.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit dem günstigsten Entwurf bei vollständig frei wählbarer Liniendichte im Eisen und ebenso freier Stromdichte im Kupfer. Sie kommt dabei zu alten Gesetzen, die den vollständig ebenmäßigen Aufbau, das heißt gleiche Kosten für Eisen und Kupfer und ebenso gleiche Verluste im Eisen und im Kupfer fordern. Sie zeigt, daß bei vorgeschriebener Verlustaufteilung die Teilkostengleichheit immer den billigsten Entwurf gibt.

Der zweite Teil der Arbeit ist dem praktischen Entwurf gewidmet, er berücksichtigt deshalb die Notwendigkeit, die Liniendichte mit Rücksicht auf den Magnetisierungsstrom zu beschränken und außerdem die Stromdichte so weit zu treiben, wie es der Kühlapparat irgendwie gestattet.

Der ganzen Arbeit sind vorgeschriebene Gesamtverluste eine verläßliche Grundlage. Das Endergebnis gibt wertvolle Verhältniszahlen für die Teilkosten, Teilgewichte und Teilverluste. Es gestattet eine sichere wirtschaftliche Beurteilung eines jeden Entwurfes.

Die eingeführten Variationsmethoden sind der Entwurfstheorie ein wertvolles Werkzeug, das zu ihrem weiteren Ausbau gut dienen wird können. Insbesondere werden sie noch die Lösung des Jochverstärkungsproblems, das in der vorliegenden Arbeit nicht mitgelöst werden konnte, leicht ermöglichen.

Das Problem, einen Transformator gegebener Leistung mit dem kleinsten Baustoffaufwand zu entwerfen, hat bereits seine Literatur. Sie ist noch keineswegs erschöpfend. Sie ist auch insoferne ausbaubedürftig, als sie noch keineswegs imstande ist, dem entwerfenden Konstrukteur klare und wirklich brauchbare Lösungen in die Hand zu geben.

Der erfahrene Konstrukteur beobachtet theoretische Erörterungen über den günstigsten Aufbau eines Transformators immer mit einem gewissen Mißtrauen. Er glaubt an die alten Entwurfsgesetze, die gleiche Kosten für den Eisenkern und für die Wicklung fordern. Er weiß, daß die günstigste, die wirtschaftlichste Verlustaufteilung bei gleich großen Verlusten im Eisen und im Kupfer erreicht ist. Er weiß aber ebenso gut, daß Kupfer und Eisenblech nicht alles ist, daß heute die Isolierstoffe sehr viel ausmachen, er weiß, daß er heute die Verluste im Eisen erheblich kleiner machen muß als die Verluste im Kupfer, und schließlich, in die Enge getrieben, wird er sagen müssen, daß er von verwickelten analytischen Rechnungen, mit den Hauptabmessungen der Konstruktion als Unbekannten, nichts hält.

Alle Versuche, durch Höchst- oder Mindestwertrechnungen aus den Ansätzen für die Gewichte des Eisenkernes und der Wicklung, die man durch Einführung der Hauptabmessungen des Transformators als Unbekannten und durch Zuhilfenahme der sogenannten Füllfaktoren als Rechnungskonstanten gewinnt, müssen schließlich an zwei Tatsachen scheitern, die vom Verfasser schon verschiedentlich als außerordentlich gefährlich bezeichnet wurden. Einerseits verlaufen nämlich alle für die Wirtschaftlichkeit des Entwurfs maßgebenden Größen, wie die Einzelgewichte und die Einzelverluste, in der Nähe des vermeintlichen Zieles sehr schleichend, sie ändern sich nur sehr wenig, wenn man die Entwurfform merklich ändert. Andererseits sind die sogenannten Füllfaktoren alles, nur nicht wirklich unveränderlich. Wollte man in dieser unangenehmen Sachlage dadurch alles retten, daß man auch noch die Veränderlichkeit des Kupferfüllfaktors und des Eisenfüllfaktors berücksichtigen würde, so käme man zu derart umständlichen Rechnungen, daß man sie kaum durchführen könnte.

Die Entwurftheorie des Transformators ist gleichzeitig die Entwurfstheorie der elektrischen Maschine. Als es deshalb der Verfasser vor Jahren unternahm, in seinem Buche „Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine" (J. Springer, Berlin 1918) das beschriebene Problem ganz allgemein zu lösen, verließ er mit guter Begründung die Rechnung mit den Hauptabmessungen. Mit Erfolg führte er die Einzelgewichte der Konstruktion, wie zum Beispiel das Eisenkerngewicht, das Wicklungsgewicht, sodann

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 7. März 1928.

Digitized by Google

weiter das Jocheisengewicht, das Säuleneisengewicht, das Spulenkopfgewicht usw. als Unbekannte ein.

Der Erfolg des Kunstgriffes liegt klar zu Tage. Die störenden Füllfaktoren fallen von selbst dabei aus der Rechnung. Statt der Einzelabmessungen kommen sozusagen räumliche Abmessungen auf, aus denen schließlich auf die Einzelabmessungen ohne Gefahr zurückgeschlossen werden kann.

In dem angeführten Buch, das bezeichnenderweise Übersetzungen in andere Sprachen erlebte, wurden alte, aber auch zahlreiche neue, außerordentlich einfache und scharfe Entwurfgesetze gewonnen. Alles spricht dafür, daß der eingeschlagene Weg der richtige ist. Es gilt nur, diese einfache Theorie soweit auszubauen, daß sie auch heute, bei der unverkennbaren Verschiebung des wirtschaftlichen Machtverhältnisses zwischen Eisen und Kupfer im Transformator eine verläßliche Führerin des entwerfenden Ingenieurs sein kann.

Es ist aber zunächst noch, bevor wir in die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit eintreten, unbedingt notwendig, eine grundsätzliche Klärung der Entwurfsunterlagen vorzunehmen. Suchen wir wirklich jeweils die günstigste Konstruktion für eine vorgeschriebene Leistung? Ist die Leistung nicht von ganz anderer Bedeutung für den Betriebsingenieur als für den Konstrukteur?

Sieht man genauer zu, so entdeckt man sofort, daß die wirkliche Leistung der Konstruktion überhaupt nicht ihren Stempel aufdrückt. Der Betriebsingenieur weiß lediglich, wieviel Kilovoltampere er vom Transformator haben kann. Wir bauen eben unsere Maschinen für eine gewisse Spannung und für einen gewissen Belastungsstrom.

Aber auch die Spannung und der Strom sind eigentlich nicht die wahren Unterlagen des Entwurfes. Wenn wir die Hauptbaustoffe, das Kupfer und das Eisen, nur bis zu einer gewissen Grenze belasten können, so ist es nicht etwa die Stromdichte oder die Liniendichte, die uns letzten Endes hindert, weiterzugehen. Die Energieverluste im Eisen und im Kupfer setzen schließlich der Belastbarkeit ein Ziel. Wohl ist es wahr, daß die Liniendichte vom Magnetisierungsstrom, den wir niederhalten müssen, stark beeinflußt wird. Aber meist würde man auch aus anderen Gründen das Eisen nicht höher sättigen, als es der Magnetisierungsstrom erlaubt.

Die Energieverluste sind nach all dem die richtige Hauptgröße des Entwurfs und zwar bei der heute fast ausschließlich in Betracht kommenden Ölkühlung die Gesamtenergieverluste des Transformators. Die Aufgabe lautet ureigentlich nicht, die günstigste Konstruktion für eine vorgeschriebene Leistung zu finden, sondern für vorgeschriebene Gesamtverluste.

Die Entwurfsvorschriften werden im Transformatorenbau meist noch weiter ausgebaut. Richtet man sich nämlich bei der Bemessung der Gesamtverluste, die man einem Entwurf zugrunde legen will, einerseits danach, wie man bei der in Betracht kommenden Leistung die Wirtschaftlichkeit der Transformation einstellen will, andererseits danach, was die zur Verfügung stehende Kühleinrichtung leisten kann, so muß man bei der Aufteilung der Gesamtverluste auf Eisen und Kupfer die Wirtschaftlichkeit der Transformation entschieden auch zum Wort kommen lassen.

In seinem Buch „Der Transformator im Betrieb" (J. Springer, Berlin 1927) hat der Verfasser den Einfluß der Höhe der Gesamtverluste sowie auch den Einfluß der Verlustaufteilung auf Eisen und Kupfer auf die Wirtschaftlichkeit der Transformation ausführlich besprochen. Er kann sich deshalb hier auf den Standpunkt stellen, daß der Entwurf von gegebenen, richtig gewählten Gesamtverlusten und von gegebenem, ebenfalls sorgfältig angenommenem Aufteilungsverhältnis ausgehen kann.

Es ist bekannt, daß sich die Verluste des Eisenkernes und der Wicklungen sehr einfach durch die Gewichte des Eisens und des Kupfers und durch die Liniendichte, bezw. durch die Stromdichte bestimmen lassen. Ein G_e Kilogramm schwerer Eisenkern entwickelt, von einem Kraftfluß mit durchwegs gleicher Höchstliniendichte $\mathfrak{B}$ Gauß durchflossen,

$$V_e = k_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2 \cdot G_e \text{ Watt} \quad \ldots (1)$$

Energieverluste. Die spezifische Verlustziffer beträgt bei der üblichen Periodenzahl 50, wenn der Eisenkern aus vorzüglichem Blech aufgebaut wird, bei Berücksichtigung aller durch die unvermeidliche Blechbearbeitung hinzukommenden Zusatzverluste etwa

$$k_e = 1{\cdot}7\,\frac{\text{Watt} \times 10^8}{\text{Gauß}^2 \times \text{kg}}.$$

Enthält andererseits eine Wicklung G_k Kilogramm Kupfer und wird sie durchwegs mit der Stromdichte c (A/mm²) belastet so entwickelt sie

$$V_k = k_k \cdot c^2 \cdot G_k \text{ Watt} \quad \ldots\ldots (2)$$

Verluste.

Die spezifische Verlustziffer k_k beträgt für betriebswarmes Kupfer und bei Berücksichtigung der üblichen zusätzlichen Wirbelstromverluste

$$k_k = 2{\cdot}5\,\frac{\text{Watt} \times \text{mm}^4}{\text{Amp.}^2 \times \text{kg}}.$$

Kleine Verwicklungen entstehen sehr oft bei der Berechnung der Verluste dadurch, daß das Joch des Eisenkernes einen größeren Querschnitt bekommt als die Säulen, so daß mit zweierlei Liniendichten gerechnet werden muß. Andererseits haben die Hoch- und die Niederspannungswicklung nicht immer gleiche Stromdichten. Es ist aber verhältnismäßig einfach, diesen kleinen Schwierigkeiten zu entgehen. Man muß eben die Teilverluste noch einmal unterteilen, das heißt, man muß die Verluste im Säuleneisen für sich, die Verluste im Jocheisen wieder für sich berechnen, auf der

Digitized by Google

anderen Seite aber ebenso die Verluste in der Primärwicklung von den Verlusten in der Sekundärwicklung trennen.

Die Gesamtverluste des Transformators, die jedem Entwurf als Grundgröße vorgelegt werden, lassen sich nach all dem durch die Teilgewichte und durch die elektromagnetischen Beanspruchungen ausdrücken:

$$V = k_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 \cdot G_e + k_k \cdot c^2 \cdot G_k \quad \ldots (3).$$

Vorgeschrieben sei ferner das Teilverlustverhältnis:

$$\xi = \frac{V_k}{V_e} = \frac{k_k \cdot c^2 \cdot G_k}{k_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 \cdot G_e} \quad \ldots (4).$$

Das Entwurfsproblem steht dann so, daß bei gegebenem V und ξ jene Teilgewichtsverbindung G_e und G_k zu suchen ist, die bei den sich dabei ergebenden elektromagnetischen Beanspruchungen die gewünschte Transformatorleistung ergibt.

Man sieht leicht ein, daß die beiden Gleichungen (3) und (4) jederzeit die Liniendichte $\mathfrak{B}$ und die Stromdichte c bestimmen, wenn die Teilgewichte G_e und G_k angenommen werden. Die beiden wahren Unbekannten des Problems sind demnach die beiden Teilgewichte.

Selbstverständlich strebt man jederzeit die niedrigsten Herstellungskosten des Transformators an. Die angefangene Rechnung kann nur den Kosten des Eisenkernblechs und des Wicklungskupfers nachgehen. Wohl kann man durch richtig bemessene Aufschläge auf die reinen Einheitspreise der beiden Baustoffe auch die Arbeitskosten der Werkstätte gut mitnehmen und bis zu einem gewissen Grade auch die Kosten der Isolierstoffe mitberücksichtigen. Das Öl und der Ölkessel bleiben jedenfalls unbeachtet.

Führen wir also die Einheitspreise p (Mk./kg) für das Wicklungskupfer und p_e (Mk./kg) für das Eisenkernblech ein, so werden wir den Preis:

$$P = G_k p_k + G_e p_e \text{ Mark} \quad \ldots (5)$$

immer möglichst zu drücken versuchen. Für die Entwurfsrechnung ergibt sich dadurch auf jeden Fall eine Bedingungsgleichung, die die gesuchten Teilgewichte verbindet.

Die letzte, noch ausständige Bestimmungsmöglichkeit gibt dann die Einführung der gewünschten Leistung. Wohl sieht es auf den ersten Blick so aus, als ob über die Teilgewichte G_e und G_k kein Weg, wenigstens kein unmittelbarer, zu der Leistung führen würde. Man weiß nämlich, daß die Leistung — in Voltampere natürlich — durch das Produkt der Linienzahl des Eisenkernkraftflusses mit der Amperezahl der Wicklungsdurchflutung, die man erhält, wenn man die ganze Wicklung als eine einzige Windung betrachtet und den diese Windung durchfließenden Gesamtstrom einführt, gegeben ist. Aber man braucht dann die Querschnitte und nicht die Gewichte des Eisenkernes und der Wicklung, um sie mit der Linien- bezw. mit der Stromdichte zu multiplizieren. Wie man um diese Schwierigkeit herumkommt, wird sich im Laufe der folgenden Untersuchung von selbst ergeben.

Wir greifen auf Gl. (4) zurück und schreiben:

$$\frac{c^2}{\left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2} = \frac{\xi k_e G_e}{k_k G_k}.$$

Mit einer beliebigen Konstanten K erhält man daraus

$$c^2 = K \xi k_e G_e$$

und

$$\left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 = K k_k G_k.$$

Die so bestimmten Quadrate der Beanspruchungszahlen führen wir nun mit Vorteil in Gl. (3) ein:

$$V = K \cdot k_e k_k G_e G_k + \xi K \cdot k_e k_k G_e G_k$$

und stellen fest, daß das Produkt der Teilgewichte:

$$G_e \cdot G_k = \frac{V}{(1+\xi) K \cdot k_e k_k} \quad \ldots (6)$$

eine besondere Rolle spielt. Nach Festlegung der Konstanten K kommen bei vorgeschriebenen Ge-

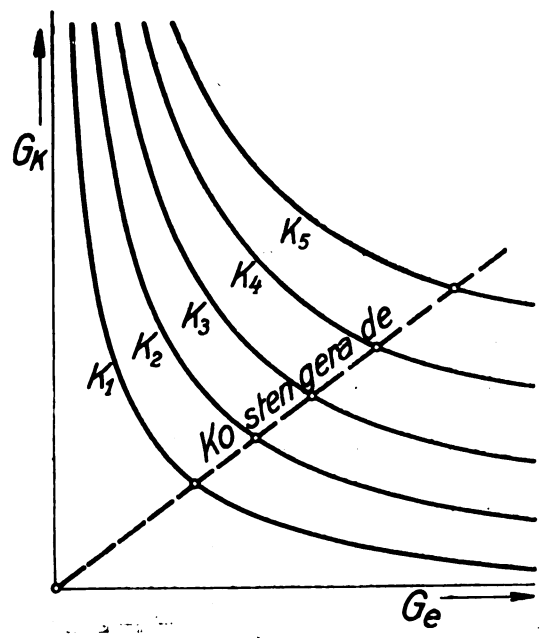


Abb. 1.

samt- und Teilverlusten nur noch solche Entwürfe in Betracht, die an einem fest gegebenen Produkt der Gewichte des Eisenkernes und der Wicklung festhalten.

Das vorläufige Ergebnis darf nicht mißverstanden werden. Es ist kein Zweifel möglich, daß es eine unendliche Menge von möglichen Kombinationen der Teilgewichte gibt, die alle die vorgeschriebenen Teilverluste erreichen, solange die Leistung nicht berücksichtigt wird. Noch mehr. Es gibt auch eine unbegrenzte Menge von zulässigen Produkten der Teilgewichte, weil doch jede Konstante K gestattet ist.

Digitized by Google

Aber die Einführung des Parameters K bringt doch wesentliche Vorteile. Er ordnet die zweifach unendliche Mannigfaltigkeit der möglichen Entwürfe nach Gruppen, deren Anzahl natürlich unbegrenzt bleibt, innerhalb deren sich das Produkt der Teilgewichte nicht ändert. Stellt man die Zuordnung der Teilgewichte bildlich dar, indem man nach Abb. 1 in einem rechtwinkeligen Achsensystem z. B. die Eisengewichte G_e als Abszissen, die Kupfergewichte G_k als Ordinaten einführt, so hat man vor der Einführung des Parameters K einfach alle Punkte der $G_e G_k$ - Ebene als mögliche Entwurfspunkte zur Verfügung. Nach der Einführung des Parameters K ordnen sich alle diese Entwurfspunkte zu Hyperbeln, deren einige in der Abb. 1 den einzelnen Werten K_1, K_2 . . . K des Parameters entsprechend eingezeichnet sind.

Wir greifen irgend eine Entwurfspunktgruppe, irgend eine Hyperbel also, z. B. diejenige, die dem Sonderwert des Parameters K_2 entspricht, heraus. Die Hyperbel hat mit

$$c_n = \frac{V}{(1+\xi) K_n k_e k_k}$$

die Gleichung:

$$G_e G_k = c_n.$$

Der billigste Entwurfspunkt dieser Hyperbel muß den niedrigsten Preis:

$$P = G_k p_k + G_e p_e$$

unter der Nebenbedingung:

$$G_e . G_k = c_n$$

erreichen.

Leicht kommt man zum Ergebnis:

$$G_k p_k = G_e p_e$$

und

$$P_{\min} = 2 G_k p_k = 2 G_e p_e.$$

Auf die Gleichheit der Teilkosten $G_k p_k$ und $G_e p_e$ hat ersichtlicherweise die Konstante c_n und damit der Parameter K nicht den geringsten Einfluß. Auch das Verlustaufteilungsverhältnis kann offenbar nicht eingreifen. Die Abb. 1 kann durch die Gerade:

$$G_k = G_e \frac{p_e}{p_k}$$

auf der die günstigsten Entwurfspunkte liegen, ausgiebig vervollständigt werden.

Von größter Bedeutung ist zweifellos die klar und deutlich festgelegte Tatsache, daß man jederzeit, unbekümmert um die Höhe der Gesamtverluste und die Höhe der Leistung, einerlei wie sich die Verluste auf das Eisen und auf das Kupfer aufteilen, gleiche Kosten für Kupfer und Eisen anstreben muß. Diese Gleichheit verbürgt immer den kleinsten Baustoffaufwand.

Es ist ein sehr altes, sehr bewährtes, sehr bekanntes Entwurfsgesetz, das durch die vorangehende Untersuchung noch einmal gewonnen wurde. Immer hat es den Konstrukteur verläßlich geleitet, immer wieder findet man es in ausgeführten Konstruktionen bestätigt.

Nur scheinbar genügt es nicht, um die gesuchte Form der Konstruktion festzulegen. Alle Punkte der Kostengeraden

$$G_k = G_e \frac{p_e}{p_k}$$

nach Abb. 1 sind scheinbar noch mögliche Entwurfspunkte. Scheinbar müßte man sogar auf dieser Kostengeraden möglichst dem Koordinatenursprung entgegenrücken. Natürlich würde der Fall

$$G_e = G_k = 0$$

die allergeringsten Kosten verursachen. Er würde die vorgeschriebenen Verluste mit ungeheueren elektromagnetischen Beanspruchungen erreichen. Aber wir dürfen nicht vergessen, daß noch eine Größe bestimmend eingreift und den endgiltigen Entwurfspunkt auf der Kostengeraden festlegt — die Leistung.

Es ist sehr leicht sich davon zu überzeugen, daß die Entwurfspunkte der $G_e G_k$ - Ebene zwar durchwegs die vorgeschriebenen Verluste im Eisen und im Kupfer festhalten, daß aber die Leistung von Punkt zu Punkt sich ändert. Irgend ein Gewichtspaar $G_e G_k$ legt die Stromdichte $\mathfrak{c}$ und die Liniendichte $\mathfrak{B}$ fest, die zu den einzuhaltenden Verlusten führen. Mit den Beanspruchungen und den Querschnitten des Eisen- und des Kupferkörpers ist aber die Leistung gegeben.

Gerade das Eingreifen der Querschnitte scheint aber die vorliegende Entwurfstheorie insofern zu schwächen, als wohl doch wieder die Einzelabmessungen einziehen müssen. Die unangenehmen Füllfaktoren scheinen wieder unentbehrlich zu werden.

Es ist aber doch möglich, auch über diese, scheinbar unüberwindliche Schwierigkeit hinwegzukommen. Es muß nur außer dem alten Gesetz gleicher Kosten des Eisenkernes und der Wicklung noch ein zweites Entwurfgesetz herangezogen werden, das der Verfasser in seinem eingangs angeführten Buch zuerst entwickelt hat und das hier, der Vollständigkeit halber, noch einmal kurz herausgearbeitet werden soll, das sogenannte Jochgesetz.

Wir können im folgenden auch nicht ohne die hauptsächlichsten Wachstumsgesetze auskommen, die ebenfalls vom Verfasser zuerst aufgestellt worden sind. Mit ihnen fangen wir an und kommen dann ganz einfach zum Jochgesetz.

Vergrößern wir alle Abmessungen eines Transformators, ohne die Liniendichte im Eisen und die Stromdichte im Kupfer zu ändern, x-mal, so werden alle Querschnitte x^2-mal, alle Teilgewichte x^3-mal größer. Der Kraftfluß wird x^2-mal, die Wicklungsdurchflutung ebenfalls x^2-mal stärker. Die Leistung — in kVA — wächst auf den x^4-fachen Wert.

Für die folgende Untersuchung brauchen wir vor allem die Tatsache, daß die Leistung mit der

Digitized by Google

vierten, die Teilverluste, die Teilgewichte und die Teilkosten mit der dritten Potenz der linearen Abmessungen ansteigen.

Nun betrachten wir irgend einen Transformator, dessen Wicklungskupfer G_k, dessen Säuleneisen G_e' und dessen Jocheisen G_e'' Kilogramm wiegt. Seine Leistung sei N (kVA). Wir berechnen uns die Teilkosten:

$$\text{der Wicklung } P_k = G_k p_k,$$
$$\text{des Säuleneisens } P_e = G_e' p_e,$$
$$\text{und des Jocheisens } P_0 = G_e'' p_e.$$

Verlängern wir nun die Säulen x-mal, wobei auch die Wicklung x-mal länger wird, ohne die übrigen Abmessungen irgendwie anzurühren, so steigt selbstverständlich bei unveränderten elektromagnetischen Beanspruchungen die Leistung auf den Wert xN. Der Preis der Konstruktion ist offenbar auf

$$P_x = P_0 + x(P_e + P_k)$$

angewachsen.

Nur scheinbar wird die Konstruktion mit jeder Verlängerung der Säule billiger. Nach den Hauptwachstumsgesetzen wird nämlich der auf die Leistung bezogene Preis immer mit steigender Leistung niedriger. Erst der kleinste Wert von

$$\frac{P_x}{(x.N)^{3/4}} = \frac{P_0 + x(P_e + P_k)}{N^{3/4}.x^{3/4}}$$

bringt den wahren Erfolg. Man findet ihn leicht bei

$$3P_0 = x(P_e + P_k),$$

was man besser in der Form:

$$P_0 = \frac{P_0 + x(P_e + P_k)}{4}$$

bringt.

Das Jocheisen soll beim billigsten Entwurf genau ein Viertel der Gesamtkosten übernehmen. Es kostet dann wegen der notwendigen Gleichheit der Kosten des Eisenkernes und der Wicklung ebensoviel wie das Säuleneisen. Andererseits muß das Säuleneisen genau die Hälfte der Kosten der auf ihm sitzenden Wicklung erreichen.

Aus all dem läßt sich leicht das Ergebnis ableiten, daß alle Entwurfspunkte der Kostengeraden nach Abb. 1 geometrisch ähnlichen Konstruktionen entsprechen müssen. In der Tat kann man das Produkt der Teilgewichte, wenn man nach dem Kostenaufteilungsgesetz ihr Verhältnis und außerdem auch noch das Jochgesetz beachtet, nur so ändern, daß man die einmal erhaltene geometrische Form beibehält.

Diese Feststellung zeigt endlich ganz klar, daß man ganz gewiß nicht für die Leistung entwirft, daß man vielmehr die richtige geometrische Form sucht und ihre absolute Größe nur einfach zum Schluß der gewünschten Leistung anpaßt. Wie das zu machen ist, zeigen die Wachstumsgesetze unmittelbar.

Wir wählen auf der Kostengeraden nach Abb. 1 irgend einen Punkt. Ihm entspricht ein Gewichtspaar G_k und G_e und die Konstante K. Den vorgeschriebenen Gesamtverlusten V und dem gewünschten Verlustaufteilungsverhältnis ξ genügt ein ganz bestimmtes Dichtenpaar $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{c}$. So ergibt sich eine Leistung N.

Die angestrebte Leistung N_0 ist natürlich im allgemeinen anders. Um sie zu erreichen, müssen wir alle Abmessungen des ersten Entwurfs

$$\frac{N_0}{N} = x \text{ mal}$$

vergrößern. Bei unveränderten Beanspruchungszahlen würde dabei die Leistung allerdings x^4-mal größer werden. Da aber die Teilgewichte natürlich x^3-mal höher geworden sind, muß sowohl die Linien- als auch die Stromdichte $x^{1/2}$-mal niedriger gewählt werden. Die Maßregel ist also richtig.

Der Entwurf des Transformators erscheint nun sehr einfach, viel einfacher allerdings, als er in Wirklichkeit ist. Man wählt z. B. ganz beliebig irgend einen Säulendurchmesser. Es ist bekannt, daß man normal 70 bis 75 vH des geometrischen Säulenquerschnittes nutzbar, als Eisenquerschnitt, ausnützen kann. Der so erhaltene Eisenquerschnitt bestimmt schon für die Einheitslänge von etwa 100 mm das Einheitsgewicht des Säuleneisens und natürlich auch den entsprechenden Säuleneinheitspreis.

Die auf der Säule sitzende Wicklung muß die doppelten Kosten erreichen. Als mitterer Wicklungsdurchmesser ergibt sich so meist ungefähr der anderthalbfache Säulendurchmesser. Dieser Wert schwankt wohl ein wenig mit der Hochspannung, für die der Transformator gebaut werden soll, man kann sich aber doch zunächst sehr gut an ihn halten. Sofort ist damit der Wicklungskupferquerschnitt, der auf die gewählte Säuleneinheitslänge entfällt, gegeben. Die notwendige Jochlänge ist gleichzeitig mitgegeben. Damit ist aber auch die endgiltige Säulenlänge nach dem Jochgesetz bestimmt. Bemerkt muß hier noch werden, daß die unbewickelten Teile der Säulenenden zum Joch zählen, was sich aus der oben gegebenen Ableitung des Jochgesetzes unschwer ergibt.

Die vorgeschriebenen Verluste bestimmen nun die Liniendichte und die Stromdichte. So ergibt sich die Windungsspannung, aus ihr die Windungszahlen und mit ihrer Hilfe die Windungsquerschnitte. Entsprechen die sich aus den Windungsquerschnitten und der Stromdichte sich ergebenden Ströme der angestrebten Leistung, so ist der Entwurf schon in Ordnung. Sonst aber muß die Leistung durch Vergrößerung oder Verkleinerung aller Abmessungen erst eingestellt werden.

Man sieht sofort, daß sich der gefürchtete Wicklungsfaktor von selbst zur Geltung bringt. Je schlechter in axialer Richtung der Wickelraum ausgenützt wird, um so höher muß die Säule bewickelt werden, damit nach dem Jochgesetz das richtige Kostenverhältnis Wicklung-Säuleneisen herauskommt. Das Isolationsproblem greift auf diese Weise ein.

Natürlich wird man auch nicht immer starr

Digitized by Google

an den vorgeschriebenen Gesamtverlusten festhalten. Meist wird der Übergang vom ersten Entwurf, der nicht die richtige Leistung gegeben hat zur endgültigen Konstruktion mit einer Änderung der Gesamtverluste verbunden sein. Überhaupt ist es klar, daß die Erfahrung des Entwerfenden zur Geltung kommen muß. Die Entwurfstheorie soll den Konstrukteur nicht behindern, sondern lediglich leiten.

Die Entwurfstheorie des Transformators darf den Einfluß der Verlustaufteilungszahl ξ auf die Kosten der Konstruktion nicht übersehen. Die Untersuchung muß demnach nach dieser Richtung ausgedehnt werden. Sie bringt, wie wir sehen werden, sehr wichtige Ergebnisse.

Aus dem Vorangehenden geht unzweifelhaft hervor, daß zu jeder Verlustenergie V bei gegebenem Verlustaufteilungsverhältnis ξ eine einzige genau bestimmte Leistung N gehört, die wohl von der dem Transformator zugedachten Spannung abhängig ist, sobald eine der beiden Beanspruchungszahlen $\mathfrak{B}$ oder c gewählt wird. Der Preis der entsprechenden Konstruktion, im Sinne der vorliegenden Untersuchung genommen, ist gegeben.

Schließen wir an die oben durchgeführte Rechnung an, so arbeiten wir zunächst am besten mit einem angenommenen Wert des Parameters K, statt gleich vom Anfang an die Liniendichte oder die Stromdichte festzulegen.

Das den Gesamtverlusten V und der Verlustaufteilungszahl ξ entsprechende Produkt der Teilgewichte

$$G_e . G_k = \frac{V}{(1+\xi) K k_e . k_k}$$

nach Gl. (6) läßt im Verein mit dem Verhältnis der Teilgewichte, wie es sich aus dem Kostenhauptgesetz ergibt,

$$\frac{G_e}{G_k} = \frac{p_k}{p_e}$$

die Berechnung der Teilgewichte zu. Es ist:

$$G_e = \sqrt{\frac{V p_k}{(1+\xi) K k_e k_k p_e}}$$

und

$$G_k = \sqrt{\frac{V p_e}{(1+\xi) K k_e k_k p_k}}.$$

Der Gesamtpreis der wirksamen Baustoffe des Transformators läßt sich daraus zu

$$P = 2 G_e p_e = 2 G_k p_k = 2 \sqrt{\frac{p_e p_k}{k_e k_k} \frac{V}{K(1+\xi)}} \quad . (7)$$

berechnen.

Das Ergebnis widerspricht nur scheinbar allen Erwartungen und Erfahrungen. Es legt eben zunächst nur den Preis einer genau bestimmten Leistung N fest, die dem gewählten Parameter K entspricht, die wir dabei nicht kennen.

Wir wissen bereits, daß wir bis zur richtigen, gewünschten Leistung N_0 durch

$$\frac{N_0}{N}\text{-fache}$$

Vergrößerung aller Abmessungen vordringen können. Da nun dabei der Preis

$$\left(\frac{N_0}{N}\right)^3\text{-mal}$$

steigt, werden wir wohl immer trachten müssen, von vornherein die Leistung N möglichst groß zu machen, oder aber den zu N gehörigen Preis möglichst herunterzudrücken. Da greift die Verlustaufteilungskonstante ξ ein.

Sehr alt ist schon die Erkenntnis, daß ein gegebener Transformator mit dem Kupfergewicht G_k und dem Eisengewicht G_e bei vorgeschriebenen Gesamtverlusten dann die größte Leistung gibt, wenn die Verluste im Kupfer den Verlusten im Eisen gleich gemacht werden. Die Leistung ist bei gegebenen Abmessungen des Transformators zweifellos dem Produkt der Linien- und der Stromdichte proportional. Es wird tatsächlich

$$\mathfrak{B} . c$$

am größten im Rahmen der Bedingungsgleichung

$$V = k_k c^2 . G_k + k_e \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 G_e,$$

wenn

$$k_k c^2 . G_k = k_e \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 G_e$$

gemacht wird, wie man sich leicht überzeugen kann.

Bei einem Verlustaufteilungsverhältnis ξ ist

$$\frac{V}{1+\xi} = k_e \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 G_e$$

und

$$\frac{\xi V}{1+\xi} = k_k c^2 G_k.$$

Es ist also

$$\frac{\mathfrak{B}}{10000} . c = V \sqrt{\frac{\xi}{(1+\xi)^2} \cdot \frac{1}{k_e k_k G_e . G_k}}$$

oder mit Berücksichtigung der Gl. (6)

$$\frac{\mathfrak{B}}{10000} . c = \sqrt{K . V \frac{\xi}{1+\xi}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Die vorletzte Gleichung läßt erkennen, daß bei gegebener Konstruktion und gegebenen Gesamtverlusten tatsächlich mit

$$\xi = 1,$$

das heißt mit gleichmäßiger Verlustaufteilung auf Eisen und Kupfer die größte Leistung zu erzielen ist.

Aber die letzte Gleichung für das Produkt der Beanspruchungen $\mathfrak{B}$ und c muß vorsichtig angewendet werden. Sie gibt nicht ohneweiters das richtige Maß für die Höhe der erzielbaren Leistung. Mit dem Produkt der Teilgewichte G_e und G_k, das von ξ abhängig ist, ändert sich natürlich auch das Produkt der Querschnitte des Eisenkernes und der Wicklung, das selbstverständlich auch an der Bestimmung der Leistung teilnimmt.

Das Kostengesetz und das Jochgesetz binden uns an geometrisch ähnliche Konstruktionen. Wie immer wir ξ, die Verlustaufteilungszahl, ändern,

Digitized by Google

immer bewegen wir uns nur auf der Geraden:

$$G_k = G_e \frac{p_e}{p_k}$$

der Abb. 1.

Nach Gl. (6) ist das Produkt $G_e G_k$ der Teilgewichte $1+\xi$ umgekehrt proportional. Bei geometrisch ähnlichen Konstruktionen wird deshalb das Produkt des Eisenquerschnittes und des Wicklungsschnittes

$$\frac{1}{(1+\xi)^{2/3}}$$

proportional sein. Ziehen wir noch Gl. (8) heran, so stellen wir leicht fest, daß die Leistung, bei gegebenem Parameter K, der Funktion

$$\frac{\xi^{1/3}}{(1+\xi)^{1/3}} \cdot \frac{1}{(1+\xi)^{2/3}} = \frac{\xi^{1/3}}{(1+\xi)^{7/6}}$$

der Verlustaufteilungszahl ξ proportional sein wird.

Wir haben nun oben ermittelt, daß bei jeder Bewegung des Entwurfspunktes auf der Kostengeraden der Abb. 1 der Preis mit der dritten Potenz der Leistung wächst oder fällt. Der wahre Einfluß der Verlustaufteilungsziffer ξ drückt sich deshalb erst in dem Verhältnis

$$\frac{P}{N^3}$$

aus.

Nehmen wir also die Gl. (7) zu Hilfe, so haben wir den Kleinstwert von:

$$\frac{\frac{1}{(1+\xi)^{1/3}}}{\left[\frac{\xi^{1/3}}{(1+\xi)^{7/6}}\right]^3} = \left(\frac{1+\xi}{\xi^{1/2}}\right)^3$$

zu suchen. Er ergibt sich für

$$\xi = 1$$

zu:

$$\left(\frac{1+1}{1^{1/2}}\right)^3 = 8.$$

Sofort ergibt sich daraus die jeweilige wahre Verteuerung der Konstruktion für das beliebige Verlustverhältnis ξ im Vergleich zum günstigsten Fall gleicher Teilverluste zu

$$\left(\frac{1+\xi}{2\,\xi^{1/2}}\right)^3.$$

Die Konstruktion strebt mit außerordentlicher Kraft zu vollkommen ebenmäßigem Aufbau, zu vollkommen gleichmäßiger Verteilung der Kosten und Verluste auf die einzelnen Teile des Transformators. Dies konnte der Verfasser schon in seinem oben angeführten Buch feststellen.

Aber hier erst müßte nun die wirkliche Entwurfstheorie einsetzen, denn die schönen Gesetze, die gleiche Kosten für Eisenkern und Wicklung, gleiche Verluste im Eisen und Kupfer, ja auch gleiche Verluste im Säulen- und im Jocheisen fordern, sind leider nicht befolgbar. Zwangsläufig ergeben sich offenbar bei jedem Entwurfsversuch bestimmte Werte für die Liniendichte und für die Stromdichte. Aber der Entwurf verträgt nicht beliebige Beanspruchungszahlen, auch dann nicht, wenn der Ölkessel die angenommenen Verluste ganz richtig abzuführen imstande ist.

Die Liniendichte ist es vor allem, die außerordentlich vorsichtig behandelt werden muß. Sie legt den Magnetisierungsstrom fest. Wir wissen aus Erfahrung, daß wir nicht gut wesentlich über 13 000 Gauß hinausgehen dürfen.

Nichts zeigt so klar, in welche Schwierigkeiten der vollständig ebenmäßige Aufbau führen kann als die Tatsache, daß bei gleichen Teilverlusten,

$$k_e G_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 = k_k G_k c^2$$

und bei gleichen Teilpreisen,

$$p_e G_e = p_k G_k$$

die Beanspruchungszahlen in einem festen Verhältnis

$$\frac{c}{\frac{\mathfrak{B}}{10000}} = \sqrt{\frac{k_e p_k}{p_e k_k}}$$

stehen müssen, das sich für hochlegiertes Blech mit

$$\frac{p_k}{p_e} = 3$$

zu

$$c = \frac{\mathfrak{B}}{10000} \cdot 1{\cdot}43 \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

bestimmen läßt.

Wir können bei begrenzter Liniendichte nicht einmal 2 A/mm² im Wicklungskupfer überschreiten, ohne die Ebenmäßigkeit zu zerstören. Aber wir wollen uns deshalb nicht einschränken. Die Ölkühlung gestattet doch Stromdichten bis 3 A/mm², die Wasserkühlung 5, auch 6 A/mm². Die Materialausnützung ist zu wichtig, um unbeachtet bleiben zu dürfen.

Der einzige Ausweg, der zu Entwürfen mit möglichen, hohen Gesamtverlusten bei zulässigen Magnetisierungsströmen führt, ist die Zerstörung der Ebenmäßigkeit. Wir müssen offenbar die Verluste im Kupfer überwiegen lassen, können aber auch die Eisenteilkosten gleichzeitig größer werden lassen als die Kupferteilkosten. Das gäbe den Ansatz:

$$\xi k_e \cdot G_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10000}\right)^2 = k_k G_k \cdot c^2,$$

$$p_e G_e = \psi p_k G_k$$

und das Ergebnis:

$$c = \frac{\mathfrak{B}}{10000} \sqrt{\xi \cdot \psi \frac{k_e p_k}{k_k p_e}} \quad \ldots \quad (10).$$

Die Entwurfstheorie hätte demnach festzustellen, ob man das Kostengesetz oder das Verlustgesetz, ferner ob man nicht beide aufgeben soll. Sie hat von gegebenen Gesamtverlusten, von vorgeschriebener Liniendichte und von der zulässigen Kupferstromdichte auszugehen.

Wahr ist es wohl, daß eigentlich nur die obere Grenze der Liniendichte feststeht, daß anderer-

Digitized by Google

seits die Stromdichte ebenfalls nur nach oben begrenzt ist, insoferne, als sie den Temperaturunterschied vom Kupferinneren zum Ölbad bestimmt. Aber es ist klar, daß jede Ermäßigung der Beanspruchungen unter das zulässige Höchstmaß die Konstruktion verteuern würde. So kommt es schließlich doch zu bestimmten Beanspruchungszahlen.

Man kann von vornherein dem Problem nicht mutwillig einen Freiheitsgrad nehmen und z. B. die Teilkosten gleich halten. Es ist ganz gut möglich, daß jetzt, bei veränderter Problemstellung das Teilkostengleichgewicht fallen muß. Unangenehm erscheint die Problemerweiterung nur deshalb, weil mit dem Verlassen der Kostengeraden der Abb. 1 die geometrische Ähnlichkeit der in Betracht kommenden Entwurfsformen fällt.

In der Tat taucht sofort wieder die Schwierigkeit auf, daß die Bewegung des Preises durch die Bewegung der Teilgewichte gegeben ist, daß aber

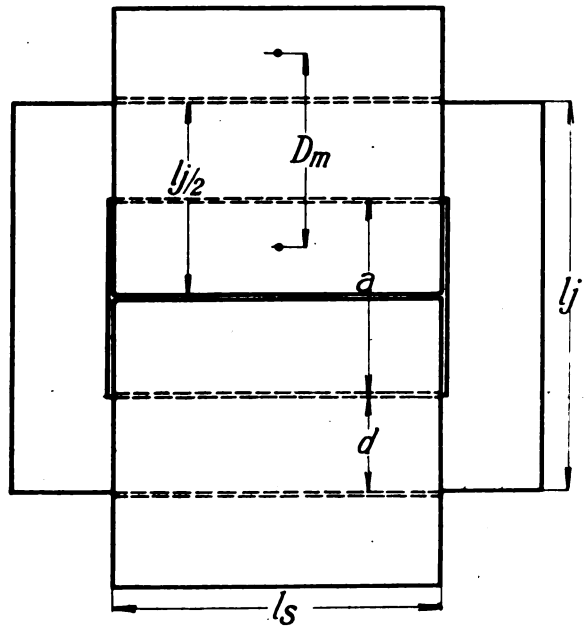


Abb. 2.

die Leistung die Einführung der Querschnitte des Eisenkernes und der Wicklung gebieterisch verlangt. Die ganze Untersuchungsmethode scheint zusammenzustürzen.

Es läßt sich aber doch eine neue Ordnung der unendlichen Mannigfaltigkeit der Teilgewichte G_e und G_k finden, die es auch jetzt der Rechnung gestattet, nur mit den Gewichten zu arbeiten. Es gibt nämlich Variationen der Entwurfsform, bei denen sich die Teilgewichte ebenso ändern wie die entsprechenden Querschnitte, so daß dabei die jeweilige Leistung dem Produkt der Teilgewichte und dem Produkt der Beanspruchungen proportional bleibt.

Um dies nachzuweisen, sehen wir uns die Skizze eines einphasigen Transformators nach Abb. 2 genauer an. Der mittlere Wicklungsdurchmesser D_m ist immer, bei beliebigem Verhältnis des Säulendurchmessers d zur Fensterbreite a, durch die Jochlänge l_j gegeben. Es ist nämlich, wie man sich leicht überzeugen kann

$$D_m = \frac{l_j}{2} = a + d.$$

Wenn wir somit bei unveränderter Jochlänge l_j und unveränderter Säulenlänge l_s (Abb. 2) den Säulendurchmesser auf Kosten der Fensterbreite verändern, werden sich bestimmt die Gewichte der Wicklung und des Eisenkernes ganz genau so ändern wie die Querschnitte der Wicklung und des Eisenkernes.

Nur scheinbar stört bei dieser Art von Variation der Kupferfüllfaktor. Es ist wahr, daß bei verschieden hoher Bewicklung der eisernen Säule die Raumausnützung verschieden ausfällt. Es ist auch wahr, daß mit dem Säulendurchmesser die Windungsspannung schwankt, daß deshalb die notwendige Windungszahl fließt und mit ihr der mögliche Drahtdurchmesser, was auf die Raumausnützung zurückwirkt. Aber dies alles ist ganz nebensächlich. Wie immer schließlich der Kupferquerschnitt ausfällt, immer hat er sich genau so geändert wie das Kupfergewicht, denn die mittlere Windungslänge bleibt allen Variationen des Säulendurchmessers und des Kupferfüllfaktors zum Trotz doch unverändert.

Die wertvolle Änderungsmöglichkeit der Entwurfsform ist erst dann ganz einwandfrei, wenn der Jochquerschnitt jederzeit genau so geändert wird wie der Säulenquerschnitt. Aber diese zusätzliche Variation ist ohneweiters möglich, sie greift in keiner Weise in die übrigen Beziehungen der Entwurfsgrößen ein.

Es steht nach all dem fest, daß wir auch dann noch einfach mit den Teilgewichten rechnen können, wenn wir die geometrische Ähnlichkeit der einzelnen Entwurfsformen aufgeben. Der Weg zur Untersuchung des Einflusses der Verlustaufteilungszahl ξ und der Kostenaufteilungszahl ψ auf den auf die Leistung bezogenen Preis bei festgelegter Liniendichte ist endlich frei.

Entfallen von den vorgeschriebenen Gesamtverlusten V (Watt) auf das Eisen:

$$V_e = \frac{V}{1+\xi} \text{ Watt},$$

so gilt zunächst die Beziehung

$$\frac{V}{1+\xi} = k_e G_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2.$$

Das Eisengewicht läßt sich demnach bei gegebenen Gesamtverlusten und gegebener Liniendichte als Funktion der Verlustaufteilungszahl ξ darstellen:

$$G_e = \frac{V}{k_e \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2} \cdot \frac{1}{1+\xi} \quad \ldots (11).$$

Das Kupfergewicht ist für die Kostenaufteilungszahl

$$\psi = \frac{G_e p_e}{G_k p_k}$$

Digitized by Google

sofort als Funktion der beiden Aufteilungszahlen ξ und ψ mitbestimmt:

$$G_k = \frac{p_e}{p_k} \cdot \frac{V}{k_e \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2} \cdot \frac{1}{\psi(1+\xi)} \quad . \quad (12).$$

Aus den Verlusten im Kupfer:

$$V_k = V \frac{\xi}{1+\xi}$$

und aus dem Kupfergewicht G_k läßt sich aber, da

$$V_k = k_k \, . \, G_k \, . \, c^2$$

ist, die Stromdichte leicht als Funktion von ξ und ψ geben. Es ist

$$c = \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right) \cdot \sqrt{\frac{p_k k_e}{p_e k_k} \cdot \xi \, . \, \psi}$$

in Übereinstimmung mit Gl. (10).

Für den Preis erhalten wir nach all dem den Ausdruck:

$$P = \frac{V}{k_e \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2} \cdot p_e \cdot \frac{1+\psi}{(1+\xi) \, . \, \psi} \quad . \quad (13)$$

und wissen ferner, daß die zugehörige Leistung des Transformators dem Produkt:

$$G_e \, . \, G_k \, . \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right) . \, c$$

proportional ist. Mit einer Konstanten K_1 können wir also schreiben:

$$N = K_1 \, . \, G_e \, . \, G_k \, . \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right) . \, c$$

oder

$$N = K_1 \, . \, \frac{V^2}{k_e \, . \left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)^2} \, . \, p_e \, . \sqrt{\frac{\xi \, . \, \psi}{p_e \, . \, p_k \, . \, k_e \, k_k}} \cdot \frac{1}{(1+\xi)^2 \, . \, \psi} \quad . \quad (14).$$

Das Ziel des Entwurfes ist natürlich der Kleinstwert von

$$\frac{P}{N} = \frac{1}{K_1 \, . \, V} \cdot \sqrt{p_e \, . \, p_k \, . \, k_e \, . \, k_k} \cdot \frac{(1+\xi)(1+\psi)}{\sqrt{\xi \, . \, \psi}} \quad (15).$$

Geht man ihm zunächst ganz unbefangen nach und betrachtet ihn als freie Funktion der beiden Verlustaufteilungszahlen ξ und ψ nach Gl. (15), so kommt man schnell zu den Kleinstwertforderungen

$$\xi = 1, \quad \psi = 1.$$

Es ist also doch wieder der ebenmäßige Aufbau, den der Entwurf gebieterisch verlangt und der neue Untersuchungsweg scheint wieder dort zu landen, wo die ursprüngliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit endete.

Es steckt aber mehr in der Gl. (15) als die einfache, obwohl wertvolle Bestätigung des wirtschaftlichen Wertes des ebenmäßigen Aufbaues des Transformators. Die Tatsache, daß der Kleinstwert von

$$\frac{P}{N}$$

von den Beanspruchungen $\mathfrak{B}$ und c unabhängig erscheint, ist ein Fingerzeig, daß wir genauer zusehen müssen.

Wir sind bei den durchgeführten Variationen insoferne von einer gegebenen Größe des Transformators ausgegangen, als wir eine bestimmte Jochlänge l_j und eine ebenso bestimmte Säulenlänge l_s nach Abb. 2 annahmen. Diese beiden Größen verstecken sich in der Konstanten K_1. Jedem Wertepaar l_j und l_s, jeder Konstanten K_1 also, entspricht deshalb ein Beanspruchungszahlenpaar $\mathfrak{B}$ und c, das durch die Beziehung der Gl. (10) aneinander gebunden ist. Die Gesamtverluste V bestimmen es.

Nun zeigt aber Gl. (15), daß wir die Konstruktion sofort verbilligen können, wenn wir die Gesamtverluste V erhöhen, was schließlich, bei festliegender Liniendichte, darauf hinauskommt, daß c erhöht wird. Wir werden natürlich c so hoch hinaufsetzen, wie wir können.

Ein Blick auf Gl. (10) zeigt, daß nun bei gegebener Liniendichte $\mathfrak{B}$ ein bestimmtes Produkt der Aufteilungszahlen

$$\psi \, . \, \xi$$

angestrebt wird. Es handelt sich somit um den Kleinstwert von

$$\frac{(1+\xi)(1+\psi)}{\sqrt{\xi \, . \, \psi}}$$

bei gegebenem $\xi \, . \, \psi$.

Der neue Kleinstwert liegt, wie man sich leicht überzeugen kann bei

$$\xi = \psi.$$

Damit ist die allgemeine Lösung des Entwurfsproblems des Transformators, in der auch die ursprüngliche, das vollständige Ebenmaß fordernde, enthalten ist, gefunden. Man kann sie zu folgendem Gesetz zusammenfassen:

Der Aufwand des Transformators an wirksamen Baustoffen wird am kleinsten, wenn die Kosten des Eisenkernes die Kosten der Wicklung in dem gleichen Verhältnis überwiegen, in dem die Verluste des Kupfers größer sind als die Verluste im Eisen.

Das vollständig exakt ermittelte Hauptentwurfsgesetz wurde vom Verfasser schon in seinem Buch „Die Transformatoren" (2. Auflage, Berlin, J. Springer 1925, S. 405) ohne Beweis angegeben. Es hat sich praktisch selbstverständlich durchaus bewährt und ermöglicht endlich einen wissenschaftlich vollständig einwandfreien Entwurf.

Eine wirksame Verschärfung des Hauptentwurfsgesetzes gibt das Jochgesetz, das oben abgeleitet wurde und das natürlich immer noch giltig ist. Das Verhältnis der Säulenlänge zur Jochlänge wurde doch bisher nicht festgelegt, erst das Jochgesetz schafft auch nach dieser Richtung volle Klarheit.

Man überzeugt sich leicht, daß in jedem Falle ein Viertel der Gesamtkosten der beiden wirksamen Baustoffe auf das Jocheisen entfallen muß.

Digitized by Google

Folgende Kostenaufteilung ergibt sich so für die einzelnen Teile der Konstruktion: Eisenkern und Wicklung beanspruchen zusammen 100 vH. Auf den Eisenkern entfallen

$$100\,\frac{\psi}{1+\psi}\ \text{vH},$$

auf die Wicklung

$$\frac{100}{1+\psi}\ \text{vH},$$

was zusammen wirklich

$$100\,\frac{\psi}{1+\psi}+\frac{100}{1+\psi}=100\ \text{vH}$$

der Gesamtkosten gibt.

Dem Jocheisen weist das Jochgesetz 25 vH der Gesamtkosten zu. Dem Säuleneisen bleiben dann noch

$$100\,\frac{\psi}{1+\psi}-25=25\,\frac{3\psi-1}{\psi+1}\ \text{vH},$$

es wird demnach

$$\frac{3\psi-1}{\psi+1}\ \text{mal}$$

schwerer als das Jocheisen und im gleichen Verhältnis wird die Säulenlänge größer als die Jochlänge. Dies gilt natürlich nur für einphasige Transformatoren. Bei dreiphasigen Typen wird das Verhältnis für die Gesamtlänge aller Säulen, bezw. beider Joche gelten.

Die hier entwickelte Entwurfstheorie mit ihren klaren, genau geltenden Gesetzen führt nicht unmittelbar zum endgültigen Entwurf. Sie muß vielmehr dem Konstrukteur zunächst die Aufgabe überlassen, nach seinen Erfahrungen einen Versuchsentwurf auszuarbeiten. Dann aber greift sie wirksam ein. Sie verlangt vor allem die Berechnung des Entwurfsfaktors

$$\varepsilon=\frac{c}{\left(\frac{\mathfrak{B}}{10\,000}\right)}\cdot\sqrt{\frac{p_e\,.\,k_k}{p_k\,.\,k_e}},$$

für die der Versuchsentwurf alle nötigen Angaben liefert und läßt dann sofort die Bewertung des Versuchsentwurfes zu, der

1. ein Kostenverhältnis $\frac{\text{Eisenkern}}{\text{Wicklung}}=\varepsilon$ bezw.
2. ein Gewichtsverhältnis $\frac{\text{Eisen}}{\text{Kupfer}}=\varepsilon\,\frac{p_k}{p_e}$,
3. ein Verlustverhältnis $\frac{\text{Kupfer}}{\text{Eisen}}=\varepsilon$,
4. ein Längenverhältnis $\frac{\text{alle Säulen}}{\text{beide Joche}}=\frac{3\varepsilon-1}{\varepsilon+1}$

zeigen muß.

Sie läßt unmittelbar erkennen, in welcher Richtung der erste Entwurf noch geändert werden muß, damit die günstigste Ausnützung der Baustoffe erreicht werden kann.

Nur auf die angedeutete Weise ist ein wirklich ganz einwandfreier, wissenschaftlich gesicherter Entwurf möglich, nur so entgeht man allen zwecklosen Rechnungen mit Füllfaktoren und Entwürfen, die nicht allen Anforderungen genügen.

Die Entwurfstheorie hat die Aufgabe zu lenken und zu helfen, nicht aber zu zwingen und zu beengen. Wirtschaftliche Rücksichten sind gewiß ganz außerordentlich wichtig, allein entscheidend sind sie nicht.

Die vorliegende Entwurfstheorie berücksichtigt die Möglichkeit verstärkter Jochquerschnitte in keiner Weise, sie ist demnach gewiß nicht vollständig. Sie muß sogar in der angedeuteten Richtung noch ausgebaut werden. Aber sie ist insoferne schon abgeschlossen, als sie nun endlich einen ganz verläßlichen Weg zeigt, auf dem auch noch bis zur Lösung des Jochverstärkungsproblems vorgestoßen werden kann.

Die Elektrizitätsversorgung in Deutschland.

Von Dr. A. **Reithinger**, Berlin.

Die Elektrizitätsindustrie hat als einer der ersten Industriezweige in Deutschland bewußt gewisse planwirtschaftliche Gedanken verwirklicht. Das treibende Moment dieser Entwicklung liegt dabei nicht so sehr in den wirtschaftlichen Bedingtheiten als in dem technischen Fortschritt, der die Voraussetzung ihrer Verwirklichung war. Insbesondere seit die moderne Fernleitungstechnik es ermöglicht, hochgespannte Ströme über weite Entfernungen hin zu übertragen und von einem Kraftzentrum aus weite Gebiete zu versorgen, hat sich mit dem raschen Zusammenwachsen benachbarter Versorgungsgebiete eine immer weiter verzweigte Verkoppelung der großen Kraftwerke vollzogen. So sehen wir heute Westen, Süden und Mitte des Reiches von ausgedehnten Starkstromleitungssystemen überspannt, die unter sich und mit den Provinzialversorgungsnetzen im Norden und Osten den Zusammenschluß zu einem einheitlichen deutschen Elektrizitätsversorgungsnetz erstreben und im äußersten Süden ihre Fühler bereits über die Reichsgrenze hinaus vortreiben[1]).

Trotzdem ist dieses zunächst aus den bescheidenen Anfängen lokaler Lichtversorgung heraus erwachsene und noch im Aufbau befindliche großzügige System einer planmäßigen Reichselektrizitätsversorgung dem beträchtlich stärkeren Kern der systemlosen Selbstversorgung der Industrie nur übergelagert, die heute noch als die Grundlage der deutschen Energiewirtschaft angesehen werden muß. Die gesamte Stromerzeugung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung reicht in Deutschland noch nicht an die Größe der in den industriellen Werkszentralen produzierten elektrischen Arbeit heran und die von der Industrie darüber hinaus noch erzeugten und verbrauchten Mengen von nicht in Elektrizität umgewandelter me-

[1]) Vgl. van Heys, Einiges über Großkraftwerkwirtschaft in Deutschland, Glasers Annalen 1925, H. 3 ff.

Digitized by Google

chanischer Energie bleiben gleichfalls hinter der Energieerzeugung der allgemeinen Elektrizitätsversorgung nicht zurück. Für die Intensivierung der deutschen Elektrizitätsversorgung sind diese Verhältnisse deshalb von Bedeutung, weil die der industriellen Selbstversorgung übergelagerte öffentliche Elektrizitätsversorgung, vom kleinen und mittleren Gewerbe ausgehend, in der Nachkriegszeit auch in der Großindustrie teilweise Fuß gefaßt hat und sich dort weiter ausbreitet.

Das Bedürfnis einer Klärung dieser in ihren Auswirkungen große Teile der Wirtschaft berührenden Probleme hat in den letzten Jahren zu einer verstärkten statistischen Beobachtung der gesamten Energiewirtschaft geführt. Von seiten der amtlichen Reichsstatistik wurden zunächst anläßlich der gewerblichen Betriebszählung des Jahres 1925 allgemeine Erhebungen über Zahl, Leistungsfähigkeit und Verwendungszweck des vorhandenen Kraftmaschinen- und Kraftfahrzeugbestandes durchgeführt[2]), denen sich eine Erhebung über Elektrizitätsproduktion und Verbrauch für das gleiche Jahr anschloß. Daneben sind von dem auf energiewirtschaftlichem Gebiet besonders rührigen bayerischen statistischen Landesamt noch Spezialdarstellungen veröffentlicht worden, die sich vorwiegend mit wasserwirtschaftlichen Fragen befassen[3]). Schließlich hat sich auch der Ausschuß zur Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft in ausgiebigem Maße mit elektrizitätswirtschaftlichen Fragen befaßt. Wenn die Ergebnisse dieser reichhaltigen Erhebungen auch erst zum kleinsten Teil der Öffentlichkeit übergeben sind[4]), so fügt sich aus den bisher vorliegenden Teilergebnissen doch bereits ein umfassendes Bild von dem Stand der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Reich und in seinen einzelnen Wirtschaftsgebieten zusammen.

Nach den Ergebnissen der letzten Erhebungen sind im Jahre 1925 in Deutschland in rund 7500 Kraftwerken[5]) bei einer installierten Leistung der Stromerzeuger von 8·7 Mill. kW rund 20·3 Milliarden kWh elektrischer Energie erzeugt worden. Davon entfallen auf

	Werke	vH	Mill. kWh	vH
Elektrizitätswerke . . .	1370	15·7	9 915	48·8
Industrielle Anlagen .	6122	70·2	10 413	51·2
Reine Verteilerwerke .	1234	14·1	—	—

Diese 20 Milliarden kWh Energieerzeugung stellen jedoch nur den elektrischen Teil der deutschen Energiebilanz dar. Die Größe der außerdem noch erzeugten und verbrauchten mechanischen Energie läßt sich zwar nicht auf direktem Wege statistisch erfassen, aber auf Grund der von der Zählung beschafften Unterlagen mit ziemlicher Sicherheit berechnen. Neben der für die Erzeugung elektrischer Energie verwendeten primären Maschinenleistung von rund 12 Mill. PS steht nämlich der deutschen Wirtschaft noch eine weitere regelmäßig im Betrieb befindliche Maschinenleistung von rund 7 Mill. PS zur Verfügung[6]), die ausschließlich zur mechanischen Arbeitsleistung verwendet wird. Unter Zugrundelegung einer durchschnittlichen jährlichen Benutzungsdauer dieser Maschinenleistung von 2000 Stunden in der Industrie und von etwa 500 Stunden in der Landwirtschaft kann somit die Erzeugung und der Verbrauch an mechanischer Energie mit weiteren 10 Milliarden kWh[7]) angesetzt werden. Damit berechnet sich die Größe der stationären Energieerzeugung in Deutschland auf insgesamt rund 30 Milliarden kWh, die sich aus drei annähernd gleichen Teilen zusammensetzt.

Stromerzeugung der Elektrizitätswerke	9·9	Milld. kWh
Stromerzeugung der Industriezentralen	10·4	„ „
Mechanische Energieerzeugung	9·8	„ „
Gesamterzeugung	30·1	Milld. kWh

Zu dieser stationären Energieerzeugung kommt noch die Verkehrsleistung der Kraftfahrzeuge, die bei rund 37 Mill. PS[8]) ermittelter Nennleistung mit nochmals etwa 15 bis 20 Milliarden kWh anzunehmen ist, so daß die gesamte Energieerzeugung in Deutschland sich heute der Größe von etwa 50 Milliarden kWh nähern dürfte[9]).

Ein nicht weniger interessantes Bild als die Seite der Energieerzeugung zeigt in der deutschen Energiebilanz die Seite des Energieverbrauches[10]). Der weitaus größte Teil der erzeugten Energiemengen wird von der deutschen Industrie aufgenommen, die für ihren Produktionsprozeß nahezu 25 Milliarden kWh — 14·7 Milliarden kWh elektrische und 9·6 Milliarden kWh mechanische Energie — verbraucht. Von diesen 25 Milliarden werden nicht weniger als 18·3 Milliarden kWh oder rund 75 vH — 9·6 Milliarden mechanische und 8·7 Milliarden elektrische kWh — heute noch in den eigenen Werkszentralen der Verbraucher erzeugt und nur 6 Milliarden kWh oder rund 25 vH durch Fremdstrombezug aus der öffentlichen Elektrizitätsversorgung oder von anderen

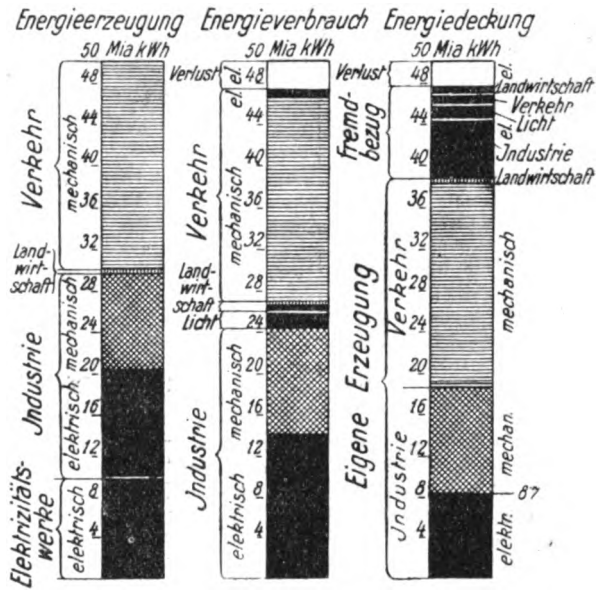


Abb. 1. Die deutsche Energiewirtschaftsbilanz.

[2]) Vgl. ETZ 1927, 28. Heft, S. 1000 ff., Reithinger: „Was bringt die amtliche Kraftmaschinenstatistik des Jahres 1925 für die Elektrowirtschaft" und VDI-Nachrichten 1927, Nr. 29, Reithinger: „Neue Methoden der amtlichen Kraftmaschinenstatistik".

[3]) Vgl. Heft 105 der Beiträge zur Statistik Bayerns: Reithinger, „Die volkswirtschaftliche Bedeutung der bayerischen Wasserkräfte". Heft 107 der Beiträge zur Statistik Bayerns: Lang, „Die bayerischen Wasserkraftanlagen zu Beginn des Jahres 1927."

[4]) Vgl. „Wirtschaft und Statistik" 1927, Heft 7, 8, 11, 13, 15, 18, 20 und den im Laufe des Jahres 1928 erscheinenden Band 414 zur „Statistik des Deutschen Reiches" (Verwendung von Kraftmaschinen).

[5]) Für weitere 837 Betriebe, die wegen ihrer Kleinheit vernachlässigt werden können, waren Unterlagen nicht zu erhalten.

[6]) Davon 6·4 Mill. PS in der Industrie und 0·5 Mill. in der Landwirtschaft,

[7]) $6{\cdot}4 \times 2000 + 0{\cdot}5 \times 500 = 12{\cdot}8 + 0{\cdot}25 = 13{\cdot}05$ Milliarden PSh = rund 9·8 Milliarden kWh.

[8]) Davon 27·4 Mill. PS der Deutschen Reichsbahngesellschaft.

[9]) Der Aus- und Einfuhrhandel mit elektrischer Energie ist noch gering. Die Einfuhr betrug im Jahre 1925 rund 302 Mill. kWh, die Ausfuhr rund 78 Mill. kWh.

[10]) Die Ergebnisse der Erhebung sind hier von besonderer Wichtigkeit, weil sie erkennen lassen, daß auch sorgfältige Schätzungen von fachkundiger Seite bei der Undurchsichtigkeit der ganzen Probleme ohne umfassende primärstatistische Materialbeschaffung nur bedingt zuverlässig sind; vgl. dazu Reindl: Deutsche Energiewirtschaft in E. u. M., „Das El.-Werk" 1926, Heft 43, S. 107, und die von ihm zitierten Quellen.

Digitized by Google

industriellen Eigenversorgern gedeckt. Der Verkehr beansprucht außer den erwähnten 15 bis 20 Milliarden kWh mechanischer Energie noch rund 1 Milliarde kWh elektrischer Energie, deren Deckung größtenteils aus der öffentlichen Elektrizitätsversorgung erfolgt. Neben den elektrifizierten Strecken der Reichsbahn in Südbayern, Sachsen, Baden und Niederschlesien kommen dabei vor allem die großstädtischen Untergrund- und Straßenbahnen in Betracht. Der Lichtverbrauch der Haushaltungen und der Stromverbrauch des Kleingewerbes tritt mit nur 1·67 Milliarden kWh gegenüber diesen beiden stärksten Verbrauchergruppen in den Hintergrund und insbesondere der Energieverbrauch der Landwirtschaft ist mit 0·6 Milliarden kWh vorerst noch verschwindend gering[11]).

Die anschließende Übersicht sowie die Abb. 1 zeigen den Anteil der einzelnen Verbrauchergruppen am gesamten deutschen Energieverbrauch, getrennt nach elektrischer Energie einerseits und mechanischer Energie andererseits, sowie die Art der Deckung des Energiebedarfs, durch Eigenerzeugung oder Fremdstrombezug.

Tabelle I.

Der Energieverbrauch beträgt:

Verbrauchergruppe	im ganzen Milld. kWh	davon elektrisch Milld. kWh	davon elektrisch vH	davon mechanisch Milld. kWh	davon mechanisch vH
Industrie	24·3	14·7	60·5	9·6	39·5
Verkehr	21·0	1·0	4·8	20·0	95·2
Lichtbedarf u. Kleingew.	1·7	1·7	100·0	—	—
Landwirtschaft	0·6	0·4	66·7	0·2	33·3
Selbstverbrauch u. Verlust	2·7	2·7	—	—	—

Die Deckung des Energiebedarfs erfolgt durch:

Verbrauchergruppe	Selbsterzeugung im ganzen Milld. kWh	Selbsterzeugung im ganzen vH	Selbsterzeugung davon elektr. Milld. kWh	Selbsterzeugung davon elektr. vH	Fremdstrombezug Milld. kWh	Fremdstrombezug vH
Industrie	18·3	75·3	8·7	35·8	6·0	24·7
Verkehr	20·2	96·2	0·2	1·0	0·8	3·8
Lichtbedarf und Kleingewerbe	0·3	17·6	0·3	17·6	1·4	82·4
Landwirtschaft	0·2	33·3	0·01	1·7	0·4	66·7

Im Nachfolgenden wird nunmehr in der Hauptsache ein Überblick über den Stand der Elektrizitätsversorgung in Deutschland gegeben und die Lage der Versorgung der Wirtschaft mit mechanischer Energie nur insoweit berührt werden, als ihr Zusammenhang mit der Elektrizitätswirtschaft dies wünschenswert erscheinen läßt.

Die Struktur der deutschen Elektrizitätswirtschaft läßt in ihrem größenmäßigen Aufbau deutlich die überragende Bedeutung der Großkraftanlagen sowohl für die öffentliche Elektrizitätsversorgung als auch für die industrielle Eigenversorgung erkennen. Die 434 größten Werke von mehr als 10 000 kW installierter Maschinenleistung erzeugen allein mehr als 15 Milliarden kWh elektrische Arbeit, während die gesamte Stromerzeugung der 5751 kleinen und mittleren Kraftanlagen unter 500 kW Maschinenleistung noch nicht 1 Milliarde kWh erreicht. Den zahlreichen kleinen und mittleren Anlagen kommt insbesondere in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung neben der geringen Zahl der großen Kraftwerke vorwiegend örtliche, in den Standortsverhältnissen liegende Bedeutung zu. Dementsprechend spielen bei den Klein- und Mittelkraftanlagen auch Wasser und Öl als Kraftquelle eine bedeutendere Rolle, die allerdings erst bei einer Darstellung der einzelnen Wirtschaftsgebiete deutlicher in Erscheinung tritt.

[11]) Der Energieverbrauch der Landwirtschaft dürfte trotz der etwas reichlich gerechneten Größe des mechanischen Energieverbrauches (0·2 Milliarden kWh) durch den Umstand, daß eine Reihe kleinerer Elektrizitätswerke vernachlässigt worden sind (vgl. Anmerkung 5) mit 0·6 Milliarden kWh etwas zu gering angesetzt sein.

Tabelle II.

Größenklassen kW	Kraftanlagen Zahl	Kraftanlagen vH	Stromerzeugung Milld. kWh	Stromerzeugung vH
bis 100	3 698	49·4	259·7	1·3
101 „ 500	2 053	27·4	685·7	3·4
501 „ 1 000	519	6·9	524·7	2·6
1 001 „ 2 000	307	4·1	660·5	3·2
2 001 „ 5 000	298	4·0	1 402·1	6·9
5 001 „ 10 000	183	2·4	1 794·3	8·8
über 10 000	434	5·8	15 001·0	73·8
Summe:	7 492	100·0	20 328·0	100·0

Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse der Erhebung über die Grundlagen der Stromerzeugung, weil sie zeigen, in welchem Ausmaß die einzelnen Kraftquellen und Arten von Antriebsmaschinen an der Gewinnung elektrischer Arbeit beteiligt sind[12]). Rund drei Viertel der gesamten Stromerzeugung werden aus Kohle gewonnen, der Rest größtenteils aus Wasserkraft und Gas. Öl und sonstige Kraftquellen spielen als Energieträger für die deutsche Elektrizitätswirtschaft eine ganz untergeordnete Rolle. Die Gegenüberstellung des Anteils der einzelnen Antriebsmaschinen und der von ihnen erzeugten Strommengen (Tabelle III und Abb. 2) zeigt die verschiedenartige Ausnutzung der einzelnen Maschinenarten. Die Dampfkraftmaschinen sind mit 81·2 vH an der gesamten Maschinenleistung,

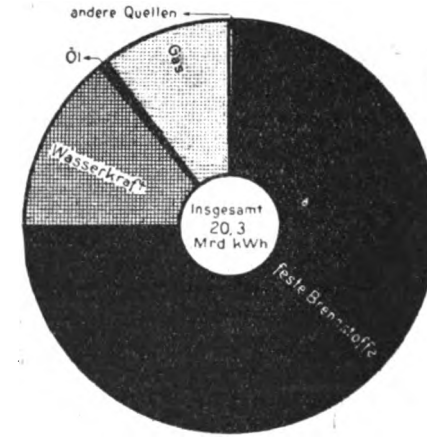


Abb. 2. Erzeugung von elektrischem Strom nach Kraftquellen 1925.

aber nur mit 75·1 vH an der gesamten Energieerzeugung beteiligt, während die Wasserkraftmaschinen bei 11·5 vH der Maschinenleistung 15 vH der Stromerzeugung bestreiten und die Gaskraftmaschinen bei nur 5 vH der Maschinenleistung sogar auf 10·1 vH der Energieerzeugung kommen. Am höchsten ist demnach die Ausnutzung bei der hauptsächlich in den kontinuierlichen Betrieben der Hüttenindustrie verwendeten Gaskraftmaschine, wobei auf jedes kW installierter Maschinenleistung 4630 erzeugte kWh entfallen. Die vorwiegend in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung genutzten Wasserkraftmaschinen weisen eine durchschnittliche Energieerzeugung je kW Maschinenleistung von nicht ganz 2800 kWh, die Dampfkraftmaschinen von etwas über 2100 kWh auf.

Tabelle III.

Antriebsmaschinen	Gesamte Nennlstg. in 1000 kW	Gesamte Nennlstg. vH	Stromerzeugung i. Mill. kWh	Stromerzeugung vH
Dampfkraftmaschinen	7 189·4	81·2	15 256·0	75·1
Wasserkraftmaschinen	1 020·1	11·5	2 851·8	14·0
Gaskraftmaschinen	444·4	5·0	2 057·4	10·1
Ölkraftmaschinen	198·9	2·3	153·6	0·8

Die Länge der verlegten[13]) Hochspannungsleitungen über 500 V, in denen die erzeugten Strommengen — so

[12]) Vgl. auch Reindl: Deutsche Energiewirtschaft, E. u. M., „Das El.-Werk" 1926, Heft 43, S. 105.

[13]) Länge der Linienführung, nicht des verwendeten Drahtes.

Digitized by Google

weit sie nicht im eigenen Betrieb zur Verwendung kommen — den Abnehmern zugeführt werden, hatte Ende des Jahres 1925 nahezu 200 000 km erreicht. Davon entfallen auf Hochspannungsleitungen:

	insgesamt km	davon Kabelleitung km
von 500 bis 35 000 V	182 178	35 283
„ 35 000 „ 100 000 V	10 455	28
über 100 000 V	4 174	—

So weit die allgemeine Elektrizitätsversorgung in Betracht kommt, befindet sie sich zum überwiegenden Teil und zumeist mit ihren bedeutendsten Anlagen im Besitz der öffentlichen Hand. Von den 1470 Elektrizitätswerken sind 630 Betriebe mit einer Stromerzeugung von 4·3 Milliarden kWh in Händen des Reiches, der Länder, Gemeinden oder sonstiger öffentlicher Körperschaften. An weiteren 167 gemischtwirtschaftlichen Elektrizitätswerken mit einer Gesamterzeugung von 4·2 Milliarden kWh besitzt die öffentliche Hand durchschnittlich Mehrheitsbeteiligung, dem rechnungsmäßig ein Anteil von rund 3·2 Milliarden kWh entsprechen würde. Der Einfluß der öffentlichen Hand erstreckt sich somit auf rund 76 vH der Energieerzeugung der allgemeinen Elektrizitätsversorgung. Von den reinen Verteilerwerken befindet sich gleichfalls etwa die Hälfte im Besitz der öffentlichen Hand. Von welcher Tragweite dieses starke Übergewicht der öffentlichen Hand für die Elektrizitätspolitik in Deutschland ist, braucht nicht besonders betont zu werden[14]). An der Stromerzeugung der industriellen Eigenanlagen haben Reich und Länder in geringem Ausmaß durch die staatlichen Betriebe und die Beteiligung an gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen — zum Beispiel in der Aluminiumfabrikation — Anteil.

[14]) Vgl. dazu Reindl, Elektrizitätswirtschaft und Energiewirtschaft, E. u. M., „Das El.-Werk" 1926, S. 47.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Verminderung der Leitungsverluste durch Dieselmaschinenkraftwerke. Von S. A. Hadley. Der Vorteil einer besseren Ausnutzung einer großen Kraftanlage mit ausgedehntem Verteilungsnetze gegenüber der Versorgung kleinerer Gebiete durch eigene Kraftwerke wird bei langen und schwach belasteten Übertragungsleitungen durch die Verluste in diesen Leitungen oft wettgemacht. Bei der Anlage großer Dampfkraftwerke ist man außerdem besonders im Hinblick auf den Wasserbedarf an ganz bestimmte Örtlichkeiten gebunden, so daß eine etwaige andere Lage eines großen Dampfkraftwerkes zur Herabminderung der Leitungsverluste nicht in Frage kommt. Viel günstiger ist es aber in dieser Hinsicht bei Dieselmaschinenwerken bestellt. Solche Werke sollen an jenen Stellen ausgedehnter Netze angelegt werden, wo die Leitungen nur mehr geringe Leistungen zu übertragen haben, das heißt im allgemeinen an den Ausläufern des Netzes. Es wird dadurch möglich, nicht nur die Leitungsverluste zu vermindern, sondern auch die Spannungsverluste zu beheben, die sich sonst gerade in diesen Teilen des Netzes besonders geltend machen oder besondere Zusatzeinrichtungen erfordern. Ferner ist für die in Betracht kommenden Teile des Netzes erhöhte Sicherheit für den Strombezug gegeben. Schließlich können die Maschinen eines solchen Nebenwerkes, falls sie nicht zur Stromlieferung benötigt werden, als Phasenschieber zur Verbesserung des Leistungsfaktors des Netzes herangezogen werden. An welchen Stellen und in welcher Größe Dieselmaschinenwerke im einzelnen Falle errichtet werden sollen, muß durch eine alle Anlage- und Betriebskosten, auch der Hauptwerke und Leitungen, berücksichtigende Rentabilitätsrechnung festgestellt werden. Jedenfalls spielen dabei die höheren Betriebskosten der Dieselmotoren nicht die maßgebendste Rolle. In Frage kommen natürlich derartige Werke auch bei Erweiterungen bestehender Netze, ferner verweist der Verfasser auch auf die für Europa allerdings kaum in Betracht zu ziehende Möglichkeit, ein Dieselmotorenwerk mit verhältnismäßig geringen Kosten an eine andere Stelle verlegen zu können. Derartige Hilfswerke sind unter anderem bereits von der Texas Power & Light Co. verwendet worden. J.

(Power, Bd. 66, Nr. 7, 1927.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Zwischenüberhitzung mit Frischdampf. Während bei den ersten drei Sätzen des Crawford-Werkes in Chicago besondere Zwischenüberhitzerkessel vorgesehen wurden[1]) und beim vierten Satze Zwischenüberhitzung überhaupt nicht angewendet wurde, erhielt bald nach der Bestellung des 90 000 kW Satzes bei der General Electric Co. im Frühjahr 1926 die Superheater Co. einen Auftrag auf einen mit Frischdampf von 38·5 at und 385° geheizten Zwischenüberhitzer, der bis 225 000 kg Dampf/h zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckteil der Turbine wieder auf 240 bis 250° erhitzen soll, um eine Expansion im Niederdruckteil in den Bereich des nassen Dampfes und die damit verbundenen Übelstände zu vermeiden. Der Überhitzer besteht aus einem senkrechten, außen isolierten, zwischen den beiden Turbinenteilen aufgestellten und daher mit diesen nur durch kurze Leitungen verbundenen Blechzylinder von 2440 mm Durchmesser und 9750 mm Höhe, in welchen zentral ein fast bis zum oberen Boden reichendes Rohr von rund 1000 mm Durchmesser eingebaut ist. In dem Zwischenraum zwischen den beiden Mänteln liegen gleichachsig zu diesen von oben nach unten verlaufende Rohrschrauben, durch welche der oben eintretende und unten austretende Frischdampf geleitet wird. Der zu überhitzende Dampf tritt unten in den Raum zwischen den beiden Mänteln, strömt längs der beheizten Rohrschrauben nach oben und dann durch das innere Rohr nach unten, das in einem Viertelkreiskrümmer nach außen mündet. Letzterer ist innerhalb des Apparates doppelwandig ausgeführt, um zu vermeiden, daß der wiederüberhitzte Dampf beim Austritt durch den um den Krümmer zuströmenden, erst zu überhitzenden Dampf wieder abgekühlt wird. Da bei größeren Belastungen der Dampf mit höherem Drucke und höherer Temperatur den Hochdruckteil der Turbine verläßt als bei kleinen Belastungen und daher im ersteren Falle weniger WE je kg Dampf für die Zwischenüberhitzung erforderlich sind, rechnet man damit, daß die Temperatur des aus dem Apparat austretenden Dampfes — gleiche Spannung und Temperatur des Frischdampfes vorausgesetzt — bei allen Belastungen höchstens um 5° C schwanken wird. —k.

(Power, Bd. 66, Nr. 8, 1927.)

Verbrennungskraftmaschinen.

Eine englische Großdieselmaschine. Im Shorts Garden Kraftwerk der Charing Cross Electricity Supply Ltd. ist kürzlich eine mit einer 1200 kW Gleichstrom-Nebenschlußmaschine für 180 bis 220 V gekuppelte, stehende Sechszylinder-Viertaktmaschine von 1750 PS Normalleistung (und 10 vH Überlast) in Betrieb genommen worden. Der mit 300 U/min laufende Satz, der größte Dieselsatz, der bisher in England gebaut wurde, stammt zur Gänze aus den Werkstätten der (englischen) General Electric Co. Er hat den gleichen Platzbedarf wie ein 400 kW Satz, als dessen Ersatz er eingestellt wurde, ist aber nicht so hoch wie dieser. Die Anordnung

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 835, 895; Das El.-Werk 1925, S. 63.

Digitized by Google

ist so getroffen, daß zu beiden Seiten des Reglers, der Brennstoffpumpen und der an dieser Stelle angeordneten Preßluftlaschen je drei Zylinder stehen; auf dem einen Wellenende sitzt der Stromerzeuger, am anderen der dreistufige Kompressor. In der Mitte der Maschine ist auch der Bedienungsstand mit allen Hebeln und den Meßgeräten. Die über den Zylindern angeordneten Brennstoff-, Luft- und Auslaßventile mit lotrechten Achsen werden von einer längs allen Zylindern verlaufenden wagrechten eingekapselten Steuerwelle angetrieben. Für die Zylinder, Zylinderköpfe und Auslaßventile ist Wasserkühlung, für die Kolben Ölkühlung vorgesehen, beides als Umlaufkühlung mit außerhalb der Maschine liegenden Kühl- und Filtervorrichtungen für die Kühlmittel und mit elektrischen Antrieb. Beim Sinken des Öldruckes unter ein bestimmtes Maß macht ein Zeichen den Maschinenwärter aufmerksam. Bleibt es unbeachtet, so wird die Brennstoffzufuhr selbsttätig abgestellt. Beim Überschreiten der normalen Drehzahl um 10 vH sperrt ein Hilfsregler die Brennstoffzufuhr zu den Zylindern und gibt sie erst frei, wenn die normale Drehzahl wieder erreicht ist. Die Leichtmetallkolben von 550 mm Durchmesser laufen in gedichteten und gehärteten Stahlbüchsen, die auch eine gute Kühlung der Laufflächen sichern. Der gewährleistete Brennstoffverbrauch der Maschine ist 177 g je PShe und der Ölverbrauch 2·25 g. Der thermische Wirkungsgrad, bezogen auf die induzierte Leistung ist mit 0·46 errechnet worden. J.

(The El. Review, Bd. 101, Nr. 2612, 1927.)

Zeit in sek:	0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10.
Druck in vH:	100,	80,	67,	87,	108,	100,	90,	101,	98,	94,	98.
Druck in m Wassersäule:	890,	710,	595,	775,	960,	890,	800,	895,	870,	835,	850.

Allgemeiner Maschinenbau.

Steuerorgan für Rohrleitungen in Pumpspeicheranlagen. Die Pumpspeicherung des Kraftwerkes Tremorgio[1]), die 1926 als 13 500 PS Pumpengruppe zur Aufstellung kam, besteht aus zwei gleichen, jedoch voneinander vollständig unabhängigen Kreiselpumpen, die mit einem Motorgenerator gekuppelt sind. Wie Dipl.-Ing. G. Kühne, Oberingenieur von Escher, Wyss u. Co., berichtet, ist jede Pumpe für 410 l/s bei 920 m Förderhöhe und 1000 U/min gebaut. Durch die Zweiteilung wird erreicht, daß der Wirkungsgrad, der sich bei Verwendung einer einzigen Pumpe bei Vollast auf 80, bei Halblast auf 62·5, bei Viertellast auf 36·5 vH stellen würde, bei Halblast auf 80, bei Viertellast auf 62·5 vH zu stehen kommt. Um beim Abschalten einer oder beider Pumpen Stöße in der Rohrleitung zu vermeiden, wurde von den L. v. Rollschen Eisenwerken ein eigenes Getriebe ersonnen, das in Abb. 1 dargestellt ist. Die in Doppelaufhängung gelagerte Klappe 1 ist durch das Federgestänge 2 im Hube begrenzt. Die Umlaufleitung 3 wird durch den Schieber 4 in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustande der Pumpe gesteuert. Während die Pumpe Druck erzeugt, öffnet sich der Schieber, und erst beim Rückgang des Druckes in der Pumpe setzt die Schließbewegung der Umlaufleitung ein. Die Umlaufleitung gestattet ein Rückfließen des Wassers aus der Druckleitung in die Pumpe, wodurch Druckstöße hintangehalten werden. Zur Sicherheit sind in der Klappe Rückströmdüsen 5 angeordnet. Im Rohrstrange ist außerdem ein von Hand bedienbarer entlasteter Ringschieber 6 eingebaut, dessen kolbenförmiger Schieber an der Sitzfläche 7 dichtet, sonst aber durch die Schlitze 8 die Durchströmung gestattet. Infolge des unvermeidlichen Leckwassers drängt der Kolbenschieber ständig der Schlußstellung zu. Die Betätigung des Kolbenschiebers erfolgt durch den Steuerkolben 9, der durch Steuerschieber 10 und über das Handrad 11 gesteuert wird. Der Leerlaufschieber 12 wird durch den Steuerapparat 13 so beeinflußt, daß bei geschlossenem Hauptschieber der Leerlauf ständig geöffnet ist, um eine übermäßige Erwärmung der Pumpe zu vermeiden. Beim Fördern der Pumpe schließt sich der Leerlaufschieber von selbst. Beim Abschalten zweier Pumpen mit insgesamt 10 200 kW Energieaufnahme ergibt sich folgende Abhängigkeit des Druckes in der Rohrleitung von der Zeit:

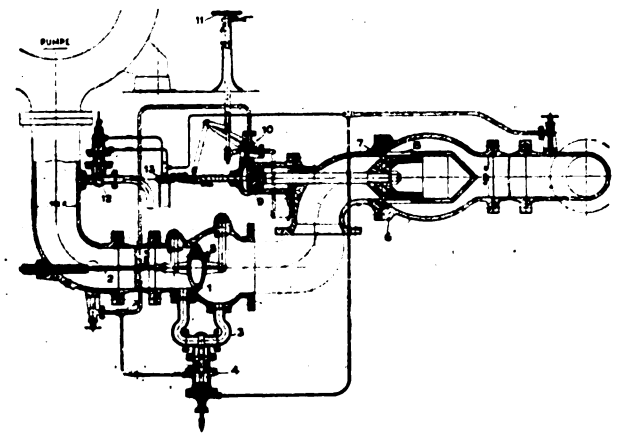


Abb. 1. Steuerschema der Abschlußorgane einer der Pumpen des Kraftwerkes Tremorgio.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 238.

β.

(Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 23. Jg., H. 4, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Ausspannversuche mit Stahlaluminiumseilen. Dr. Ing. G. Berling der Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G., Köln-Mühlheim, berichtet über Versuche zur Ermittlung der Festwerte und Berechnungsgrundlagen von Stahlaluminiumseilen, über deren Ergebnisse unter anderem bereits im Heft 293 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens[1]) Angaben veröffentlicht wurden. In der vorliegenden Arbeit werden das 100 m lange Versuchsspannfeld mit den zugehörigen Meßeinrichtungen, sowie der Vorgang bei der Durchführung der einzelnen Versuche näher beschrieben. Ermittelt wurden die Elastizitätsmaße und Wärmedehnungszahlen von je drei Stahlaluminiumseilen und Kupferseilen mit Querschnitten gleicher Leitfähigkeit. Nachstehend sollen nur einige bei den Versuchen festgestellte Tatsachen von allgemeinem Interesse angeführt werden. — Beim erstmaligen Ausspannen der Seile tritt zufolge des allmählichen Ausgleiches der Fabrikations-Unregelmäßigkeiten in den ersten Tagen eine mit einer Durchhangsvergrößerung verbundene Reckung ein, für deren Größe sich allgemein gültige Werte nicht angeben lassen. Diese Längenvergrößerung betrug bei den untersuchten Seilen 0·08 bis 0·25 vH und sollte eigentlich bei Aufstellung der Durchhangstabellen für die Seilmontage berücksichtigt werden. Auch bei Spannungsänderungen in den bereits vorgereckten Seilen stellt sich der richtige neue Durchhang erst nach mehreren Stunden ein, was damit erklärt wird, daß die Moleküle zunächst noch unter der Wirkung der alten Spannung stehen und sich erst allmählich der neuen Spannung in ihrer gegenseitigen Lagerung anpassen. Diese elastische Nachwirkung spielt besonders bei Reinaluminiumseilen eine große Rolle, weil dieser Vorgang dort sehr träge verläuft und daher oft mehr Zeit benötigt als die besonders im Sommer auftretenden Temperaturschwankungen, so daß an manchen Orten eine stete Durchhangsvergrößerung der Aluminiumleitungen während der Sommerperiode festgestellt werden kann. Das Elastizitätsmaß der Seile wurde sowohl bei normaler als auch bei erhöhter Temperatur von 50 bis 60° C ermittelt. Der Unterschied ist jedoch vernachlässigbar gering. Für die Bestimmung der

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 93.

Digitized by Google

Wärmedehnungszahl wurden die Seile bei gleichbleibender Spannweite elektrisch geheizt und die jeweils der Temperaturdifferenz entsprechende Längenänderung aus Durchhangsmessungen bei Berücksichtigung des Einflusses der gleichzeitig aufgetretenen Spannungsänderung auf die Seillänge rechnerisch ermittelt. Zum Schlusse werden Angaben über die Wechselstromleitfähigkeit von Stahlaluminiumseilen gemacht. Die Widerstandszunahme derselben bei Wechselstrom gegenüber Gleichstrom beträgt bei Seilen mit gleicher Schlagrichtung der beiden Aluminium-Decklagen je nach der Stromstärke bis zu 45 vH, während bei sonst gleichen Seilen mit kreuzweise entgegengesetzter Schlagrichtung der Decklagen kein Unterschied zwischen Wechselstrom- und Gleichstromwiderstand festgestellt werden konnte. Diese Tatsache muß bei der Herstellung der Stahlaluminiumseile genau beachtet werden. Krtt.

(Carlswerk-Rundschau, Heft 2, Nov. 1927.)

Zur Wirtschaftlichkeit von Hochspannungs-Kabelleitungen. H. Smolinski. Die Fortschritte in der Kabeltechnik haben einerseits eine Verbilligung der Kabel, andererseits eine bedeutende Hinaufsetzung der Übertragungsspannungen gezeitigt, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit mit den Freileitungen, vornehmlich im bebauten Gelände, bedeutend gestiegen ist. Unter anderem ist es bei Einleiterkabeln gelungen, die Verluste in der Eisenbewehrung durch Verwendung besonderer Eisensorten von ungefähr 18 vH der Kupferverluste auf 6 vH herabzudrücken. Die Wirtschaftlichkeit von Kabelleitungen ist bedingt durch den Kabelpreis und die Verluste im Kabel. Trägt man nun die für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals jährlich aufzuwendenden Kosten (Anlagekosten) des Kabels für verschiedene Spannungen in Abhängigkeit vom Durchmesser auf, so sieht man, daß mit wachsendem Durchmesser die Kosten sich verringern, daß diese außerdem bei Einleiterkabeln mit höherer Spannung kleiner werden, während bei Dreileiterkabeln in diesem Punkte bei 55 kV eine Unstetigkeit besteht, derart, daß die Kosten für 55 kV-Kabel zwischen die von 25 kV und 35 kV zu liegen kommen, was wohl auf rein kaufmännische Erwägungen zurückzuführen sein dürfte. Stellt man in einem weiteren Schaubilde die Anlagekosten je kW und km in Abhängigkeit von der übertragenen Leistung auf, so erkennt man, daß mit steigender Leistung die Kosten je kW fallen. Dabei stellt sich heraus, daß 35 kV-Kabel in jeder Hinsicht billiger sind als solche für 25 kV, während die Überlegenheit von Kabeln höherer Spannung erst von 95 mm² ab zur Geltung kommt. Berücksichtigt man noch die Verlegungskosten, so erhält man ein dem früheren im wesentlichen ähnliches Bild, nur daß der Preisvorteil des Einleiterkabels nicht mehr so deutlich ist. Die jährlichen Kosten betragen zum Beispiel bei 10 000 kW Übertragung und 25 kV bei Dreileiterkabeln 0·3 Mk. je kW und km, beim Einleiterkabel hingegen 0·28 Mk.; bei 25 000 kW und 66 kV stellen sie sich auf 0·28 und 0·27 Mk. Die jährlichen Anlagekosten, vermehrt um die der Verluste, in Abhängigkeit von der Leistung ergeben nur mehr ganz geringe Unterschiede zwischen Drei- und Einleiterkabeln, da erstere weniger hoch belastet werden können. Bildet man schließlich die Summe von jährlichen Anlagekosten, Verlegungskosten und den Kosten der Verluste und bringt sie in Abhängigkeit von der Leistung, so ergibt sich eine leichte Überlegenheit der Dreileiterkabel, und zwar stellen sich die Kosten bei 10 000 kW und 25 kV auf 0·46 und 0·44 Mk. je kW und km für Ein- und Dreileiterkabel, bei 20 000 kW und 50 kV sind die Kosten mit 0·29 Mk. für beide fast gleich; 40 000 kW können nur mehr durch Einleiterkabel mit 0·17 Mk. je kW und km übertragen werden. Aus all dem ergibt sich, daß dort, wo man für gleiche zu übertragende Leistung zwischen zwei Spannungen wählen kann, es bis 18 000 kW immer günstiger ist, 35 kV statt 25 kV zu wählen; von 25 000 kW ab ist es dagegen immer am günstigsten 66 kV zu wählen. Außer den hier angeführten rechnerischen Vorteilen ergeben sich zugunsten der Einleiterkabel dann bedeutende Vorteile, wenn man eine Reservehaltung an verlegten Kabeln in Rechnung ziehen muß. V. H.

(ETZ, Bd. 48, Heft 48, 1927.)

Die Bestimmung der dielektrischen Verluste erweist sich nach T. N. Riley als sicherer Führer bei der Auswahl der Bauart, des Herstellungsprozesses und der Rohmaterialien für Hochspannungskabel, falls darauf Rücksicht genommen wird, daß ein solches Kabel im Betrieb nicht nur hohen Spannungsbeanspruchungen, sondern auch Temperaturschwankungen unterworfen ist. Dieses Wärmerwerden und nachherige Abkühlen des Kabels im Betrieb kann zur Folge haben: 1. Eine Ausdehnung der imprägnierten Flüssigkeit, welche den Bleimantel des Kabels über die elastische Grenze dehnt; 2. eine Verschiebung der Verteilung der Tränkmasse; 3. eine Verschiebung von isolierten Adern und Zwickeln gegeneinander.

Ein gutes Kabel muß so gebaut sein, daß es sich trotz aller dieser möglichen Bewegungen elektrisch möglichst wenig ändert. Von diesem Gesichtpunkt aus gesehen haben Durchschlagsversuche oder Spannungsproben relativ wenig Bedeutung, während der Verlustwinkel imstande ist, auch kleine Änderungen in der Kabelstruktur anzuzeigen. Dies wird an dem bekannten Beispiele der Gegenüberstellung von normal verseiltem Dreileiterkabel mit Gürtelisolation und H-Kabel durch Vergleich von Verlustwinkelmessungen vor und nach dem Erwärmen erhärtet. Während ein 33 kV-Gürtelisolationskabel nach dem Erwärmen schlechte Kurven ergibt, ist das H-Kabel nach dem Erwärmen vollkommen unverändert geblieben[1]). Im Herstellungsprozeß zeigt sich, daß ein imprägniertes, jedoch nicht genügend vorgetrocknetes Kabel einen relativ höheren Verlustwinkel hat, der mit steigender Temperatur rasch zunimmt. Aus den angegebenen Verlustwinkelkurven für die verschiedenen getrockneten Papiersorten und für gereinigte Tränkmassen kann man die für Hochspannungskabel geeignetesten Materialien leicht heraussuchen. Bei den Ölen hält es der Autor für richtig, nicht ihr anfängliches Verhalten, sondern ihr Verhalten nach vielstündigem Erhitzen bei 100° C als Maßstab für die Güte heranzuziehen. Konst.

(Electrical World, Bd. 91, Nr. 3, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Erfahrungen bei der Illinois Central Railroad. Der elektrische Betrieb der in Chicago einmündenden Bahn umfaßt 45 km Gleis, wozu noch zwei Abzweigungen von 6 und 8 km kommen. Der Betrieb wird mit 130 Motorwagenzügen, bestehend aus einem Motorwagen und einem Anhängewagen, bewältigt, die mit 1500 V Gleichstrom betrieben werden. Jedes der beiden Drehgestelle der Motorwagen wird von zwei Motoren zu 250 PS Einstundenleistung und 190 PS Dauerleistung im Übersetzungsverhältnis 60 : 21 angetrieben. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 90 km/h, die Regelung ist elektropneumatisch mit 32 V, der Kontroller hat 7 Serien- und 5 Parallelstufen. Der Strom wird von sieben Unterstationen der Chicago Commonwealth Edison Co. geliefert, die 33 000 kW in Synchronumformer und 39 000 kW in Quecksilbergleichrichter enthalten. Jede Einheit besteht aus 3000 kW-Sätzen, die in je 1500 kW-Umformer in Reihenschaltung zerfallen und an einem Transformator angeschlossen sind. Über die im ersten Betriebsjahr erzielten Ergebnisse berichtet W. M. Vandersluis. Es ergab sich ein Überschuß von 530 000 Doll. gegenüber einem Verlust beim Dampfbetrieb. Die eigene Zugzahl stieg von 400 auf 470 Züge im Tag, wozu noch 86 Züge der die gleiche Strecke benützenden Chicago South Shore und South Bend-Bahn kommen. Die Einnahmen aus dem Personenverkehr stiegen um 25 vH; besonders der Verkehr außerhalb der Spitzenzeit ist angestiegen, was nicht nur für die Beliebtheit des elektrischen Betriebes spricht, sondern sich auch in einer Belastungszahl von 0·3 auswirkt. Durch Anfahrbeschleu-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 450, 661, 834.

Digitized by Google

nigungen von 0·66 m/s² und Bremsungen von 0·77 m/s² konnte die Fahrzeit um 11 bis 28 vH, je nach der durchfahrenen Strecke, verbessert werden, trotzdem neue Haltestellen eingefügt wurden. Die Leistungsfähigkeit der Endbahnhöfe stieg beim Triebwagenverkehr infolge Entfalls der Umstellung der Lokomotiven und des rascheren Anfahrens und Bremsens. Die Stromverteilung wird seitens der Bahn mittels eines Überwachungssystems beobachtet. Von dem Jahresverbrauch von 57½ Mill. kWh wurden für Zugsförderung und Heizung 92·7 vH, für Licht und Kraft 6·1 vH und für Signale 1·2 vH verbraucht. Wl.

(Electrical World, Bd. 90, Heft 27, 1927.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Untersuchungen an elektrisch und anders beheizten Backofen. Nach einem Berichte von Ing. Zangger[1]) wurden eine Reihe im Betrieb stehender, elektrisch, Dampf- und unmittelbar beheizter Kohlen- und Holzbacköfen untersucht. Um ein einheitliches Bild zu gewinnen, wurde der Heizstoff in kWh nach der Formel: Kal. je kg, geteilt durch 800 ausgedrückt. Für das Backgut wurde aus dem Mehlverbrauch unter Zugrundelegung eines ideellen Brotes (100 kg Mehl für 134 kg Brot) die Brotmenge in kg errechnet. Untersucht wurden die folgenden Werte: Die mittlere Beheizung der Backfläche, gleich der im Jahre zugeführten Energie in kWh, geteilt durch 8760 h und durch die Backfläche des Ofens in m². Sie war bei den elektrischen Öfen kleiner als bei den übrigen; im Mittel 1·06 kW/m² gegen 2·9 bis 3·17 kW/m². Sodann die mittlere Ausnützung der Backfläche gleich: kg Brot, geteilt durch 312 Backtage und durch die Fläche des Ofens in m². Sie war verhältnismäßig klein bei den elektrischen Öfen, und zwar 34·5 gegen 45 bis 56 bei den anderen, was sich daraus erklärt, daß die Backöfen im allgemeinen zu groß bemessen sind, da sie, um der billigen Nachtenergie teilhaftig zu werden, selten mehr als zwei bis drei Schüsse machen. Außerdem zwingt der Energiepreis und die höhere Brotmenge an Samstagen zu größeren Bauarten. Da es auch im Interesse der Elektrizitätswerke liegt, kleinere, aber besser ausgenützte Öfen angeschlossen zu haben, wäre ein Entgegenkommen der Elektrizitätswerke im Energiepreis an Samstagen angebracht. Der spezifische Energieverbrauch gleich den kWh geteilt durch kg Brot ist bei den elektrischen Öfen am kleinsten, nämlich 0·87 kWh/kg gegen 1·44 bis 2 kWh/kg bei den anders beheizten. Er ist aber nicht so klein, als er bei günstiger Ausnützung sein könnte, bei der höchstens 0·5 kWh/kg gerechnet werden. Die spezifischen Backkosten, das sind die gesamten Jahresausgaben geteilt durch die Brotmenge sind bei den elektrischen Öfen etwas größer als bei den anderen Ofenarten (3·3 Rappen gegen 3 bis 3·4 Rp., normale Kohlen- und Holzpreise einschließlich Zufuhr usw. und ein Energiepreis von 3 bis 3·8 Rp./kWh eingesetzt). Bei besserer Ausnützung der elektrischen Öfen könnten die Kosten aber noch erniedrigt werden. Der Rechnung nicht zugänglich sind aber die Vorteile des elektrischen Ofens, wie sauberer, bequemer Betrieb, leichte Regelbarkeit usw.

Über eine andere Versuchsreihe berichtet Dr. Ing. Hensel[2]). Es wurde der Wärmespeicherbackofen der Firma Debag, der in der Ausstellung „Das Bayrische Handwerk" in München 1927 aufgestellt war, untersucht. Der Ofen war dreiherdig, mit zwei Herden von 2·75 × 1·80 m für Weiß- und Schwarzbrot mit 17 kW und einem seitlichen Herd mit 1·6 × 1·6 m Grundfläche für Zuckerbäckerwaren mit 9 kW Leistungsaufnahme. Für Warmwasser zum Waschen standen drei Speicher mit je 500 l Inhalt zur Verfügung. Die Verluste des Ofens wurden mit rund 45 vH festgestellt, wovon 30 vH auf die drei Einschießtüren und 15 vH auf die Oberflächenausstrahlung entfallen. Da der Zuckerbäckerofen bei den Hauptversuchen nicht betätigt werden konnte, wurden die hierdurch verursachten Temperaturverluste durch Wärmezufuhr ersetzt. Während der Backversuche blieb die Raumtemperatur mit 23° ungefähr gleich, die Herdtemperaturen, gemessen in der Mitte des Herdes, schwankten zwischen 280° und 220°. Der Strom war von 22 h bis 6 h eingeschaltet, die Einschüsse fanden von 6 h bis 17 h statt. Es wurden an den zwei Versuchstagen in je sechs Stunden rund 800 kg Brot, aus 75 vH Roggen- und 25 vH Weizenmehl bestehend, gebacken. Auf 100 kg Brot entfielen 113 kg Teig. An zwei weiteren Tagen wurde Kleingebäck mit je 50 g Gewicht, und zwar insgesamt 27 000 Stück aus 1660 kg Teig mit 1330 kg Fertiggewicht gebacken. Die Wasserentnahme betrug bei jedem der beiden Versuche 1500 l, das von 12 auf 37° erwärmt worden war. Das Backgut war von ausgezeichneter Güte. Der spezifische Energieverbrauch betrug beim großen Gebäck 0·335 kWh/kg. Unter Abzug der zum Wassererwärmen verbrauchten Energie und des Einflusses des nicht beheizten Zuckerbäckerofens wurde ein Wirkungsgrad von 52 vH ermittelt, wobei ein theoretischer Wärmeverbrauch von 150 kal/kg zugrundegelegt wurde. Beim Kleingebäck ergab sich ein Energieverbrauch von 0·381 kWh/kg mit einem Wirkungsgrad von 61 vH. Diese Werte sind wesentlich niedriger als diejenigen der Schweizer Versuche, doch ist zu bedenken, daß letztere Jahresdurchschnittswerte sind, während die Münchner Werte aus sorgfältig vorbereiteten Versuchen stammten, bei denen die Anheizwärme und die Abkühlungsverluste bei Stillständen nicht mitenthalten waren. V. H.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Den Zusammenhang zwischen Funken, Büschellichtbogen und Bogen behandelt Max Toepler auf ionentheoretischer Grundlage. Die Gleichungen der Charakteristik sind:

1. Büschellichtbogen:
$$P = K_1 - K_2 . F/\sqrt{i} \quad \text{(Toepler)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$
2. Lichtbogen:
$$P = K_3 - K_4 . F/i \quad \text{(Ayrton)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$
3. Funken:
$$Q . W = k . F \quad \text{(Toepler)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Aus Gl. (3) erhält man, bei Zählung der Zeit von der Funkenmitte $P = P_F/_2$ aus, die explizite Gleichung der Charakteristik

$$P = (P_F/_2) . (1 \pm \sqrt{1 - 4 k F i / P^2_F C_F}).$$

Alle drei Entladungsformen besitzen also fallende Charakteristik. (In diesen Gleichungen ist: P = laufende Spannung, P_F = Anfangsspannung, F = Funkenlänge, i = Stromstärke, k = Funkenkonstante, A = abgeflossene Elektrizitätsmenge in Cb, W = momentaner Funkenwiderstand in Ω, C_F = entladene Kapazität, K_1 bis K_4 Konstanten.)[1]) Für 1 cm freie Funkenbahn mit Ausschluß der unmittelbaren Nähe der Elektroden, wie im Nachstehenden angenommen, ist $F = 1$ und K_1 sowie K_2 gleich Null zu setzen. Ist nun n die Anzahl der Ionenpaare in der Entladungsbahn, $+ \Delta n$ die Anreicherung durch Stoßionisation, $- i\,dt/2\varepsilon$ der Ionenverlust durch den Strom i und $- b^2 n^2 dt$ der Ionenverlust durch Molisation (Wiedervereinigung), so ist die Gleichung der Ionenbilanz

$$dn = \Delta n - i\,dt/2\varepsilon - b^2 n^2 dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Im Funken überwiegt die Stoßionisation derart, daß ihr gegenüber die beiden anderen Glieder verschwinden und $dn = \Delta n$ wird. Setzt man in Gl. (3)

$$Q = \int i . dt; \quad W = 1/\varepsilon u_1 n,$$

worin u_1 die Summe beider Ionengeschwindigkeiten im Felde eins bezeichnet, so erhält man

$$i . dt = - (k . W^2) . (dW/dn)\, dn;$$
$$dn = \Delta n = i . dt/\varepsilon u_1 . k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3^x),$$

das heißt, die durch Stoßionisation erzeugte Ionenmenge ist der jeweiligen Strom-

[1]) Bulletin Schweiz. El.-Vereines, Bd. 18, Heft 11, 1927.

[2]) Elektrizitätswirtschaft, Heft 449, 1928.

[1]) Vgl. M. Toepler, Ann. d. Phys. 21, S. 219, 1906; vgl. a. E. u. M. 1925, S. 917.

Digitized by Google

stärke proportional. Setzt man im elektrostatischen Maße $u_1 = 3300$ und $k = 0{\cdot}48 \cdot 10^{-3}/300$, so ist $1/u_1 k \sim 700$ und es befinden sich zu Ende der Funkenströmung etwa 1400 mal mehr Ionen in der Funkenbahn, als zur Strömung verbraucht wurden. Die nachträgliche Molisation dieser Ionen erzeugt die Funkenwärme. Wird der Wert von Δn aus Gl. (3x) in Gl. (4) eingesetzt, so erhält man

$$dn = [(2 - k u_1)/2 \varepsilon u_1 k] \cdot i\, dt - b^2 n^2\, dt \quad \ldots (5).$$

Für einen Dauerzustand ist dann $dn = 0$ zu setzen, also

$$b^2 n^2 = i \cdot (2 - u_1 k)/2 \varepsilon u_1 k = A^2 i \quad \ldots (6).$$

Für 1 cm Büschellichtbogen ist $P_1 = K_2/\sqrt{i}$ und mit $i = n \varepsilon u_1 P_1$

$$b^2 = [(2 - k u_1)/2 k] \cdot u_1 K_2^2/i^2 = B^2/i^2 \quad \ldots (1^x).$$

Die Molisationskonstante b_0 bei schwacher, lichtloser Strömung in Gasen ist

$$b_0 = \sigma \cdot 4 \pi u_1 \beta_0^2.$$

($4 \pi u_1 \beta_0^2$ = Begegnungszahl der Moleküle für $n = 1$; $\sigma < 1$ = Zahlenfaktor.) Bis zu einer Atmosphäre ist σ proportional, jedoch u_1 umgekehrt proportional der Gasdichte, b_0 also von ihr unabhängig. b_0 soll indeß mit der Temperatur stark ansteigen. Auch im Büschellichtbogen besteht diese Unabhängigkeit, da K_2 proportional der Quadratwurzel aus dem Luftdrucke und daher $u_1 K_2^2$ von ihm unabhängig ist. Die Temperaturabhängigkeit von b ist unbekannt, dagegen läßt sich die Abhängigkeit von der Jouleschen Wärme ermitteln. Rechnet man aus $P_1 = K_2/\sqrt{i}$ den Scheinwiderstand $W = P/i$ des Büschellichtbogens, so ist nur ein als Reibungswiderstand vom Luftdrucke unabhängiger Teil W_R davon in die Formel $i^2 W_R$ für die Joulesche Wärme einzusetzen. Es ist daher b^2, weil im Büschellichtbogen umgekehrt proportional zu i^2, auch umgekehrt proportional der Jouleschen Wärme. Im Bogen ist

$$b^2 = [(2 - k u_1)/2 k] \cdot \varepsilon u_1 K_4^2/i^2,$$

also nur $1/i^2$ gegen früher $1/i^3$. Während u_1, das der Gasdichte umgekehrt proportional ist, welche letztere sich im Funken wegen der Trägheit und im Büschellichtbogen wegen der niedrigen Temperatur nicht ändert, bisher als konstant betrachtet werden konnte, ist dies bei den hohen Temperaturen im Bogen nicht mehr zulässig. Da Büschellichtbogen und Bogen beides Gasentladungen sind, ist für b^2 bei beiden die gleiche Abhängigkeit von der Stromstärke vorauszusetzen, was beim Bogen Proportionalität von u_1 mit i erfordert. Der Verfasser will diese Ausführungen nur als einen ersten tastenden Versuch angesehen wissen. R. H.

(Arch. f. Elektr., Bd. XVIII, H. 6, 1927.)

Durchschlag von Porzellan bei hohen Temperaturen behandeln Lydia Inge und Alexander Walther, Leningrad. Sie zeigen, daß man es im Temperaturbereiche von 200 bis 313° C mit einem reinen Wärmedurchschlage zu tun hat. Die Prüfplatte mit 20 cm² Fläche befand sich zwischen zwei mit dünner Aluminiumfolie umhüllten und durch massive Kupferblöcke angepreßten „Elektrodenplatten" aus Porzellan von je 6 bis 7 cm² Fläche im elektrischen Ofen. Die Aluminiumfolie war so dünn, daß ihre Wärmeleitung nicht in Betracht kam; die Wärmeableitung von der Oberfläche der Prüfplatten war daher von der Dicke der Elektrodenplatten abhängig. Die Prüfplatten waren 1·85, 4·60 und 9·0 mm, die Elektrodenplatten 3·1 und 9·1 mm dick. Die Prüfplatten nahmen infolge der Stromwärme und der durch die Elektrodenplatten verzögerten Wärmeableitung desto höhere Temperaturen an, je dicker die Elektrodenplatten gewählt wurden, mit ihrer wachsenden Dicke sank daher auch die Durchschlagsspannung. Sie sank ferner aus der gleichen Ursache mit der Dauer der Spannungseinwirkung; je dicker die Elektroden waren, desto länger währte es, bis eine konstante Durchschlagsspannung, also gewissermaßen ein Beharrungszustand, erreicht war. Während dies bei den 3·1 mm Elektroden schon nach 6 bis 7 sec eintrat, hätten die 9·1 mm Elektroden längere Exposition erfordert. Da diese wegen der dann eintretenden zusätzlichen Erwärmung der Kupferblöcke nicht zulässig war, mußte die als wahre Durchschlagsspannung zu betrachtende konstante Durchschlagsspannung extrapoliert werden. Es wurden folgende Werte erhalten (d = Dicke des Prüflings, δ = Dicke der Elektroden, E = Durchschlagsspannung in V):

d	E bei 312° C		E bei 262° C		E bei 208·5° C	
	$\delta = 9{\cdot}1$	$\delta = 3{\cdot}1$	$\delta = 9{\cdot}1$	$\delta = 3{\cdot}1$	$\delta = 9{\cdot}1$	$\delta = 3{\cdot}1$
1·85	590	750	1070	1310	2350	2850
4·60	810	1050	1450	1830	3400	4200
9·00	1090	1370	1930	2350	—	—

Der spezifische Widerstand folgte der Formel $\varrho = \varrho_0\, e^{b/T}$ mit $\varrho_0 = 0{\cdot}50$ und $b = 8820$. Der Wert von b ist auf 1 bis 2 vH genau, während ϱ_0 um mehr als 10 bis 15 vH unsicher ist. Von V. Fock wurden auf Grund der Wärmetheorie Formeln und Tabellen zur Berechnung der absoluten Werte der Durchschlagspannungen beim reinen Wärmedurchschlag aus den Materialkonstanten des Isolators angegeben. Für Porzellan wurde von den Verfassern angenommen $\varkappa = 0{\cdot}0023$ cal/grad, cm s (Tabellenwert) als Wärmeleitfähigkeit des Prüflings und der Elektroden; ferner die oben angegebenen Werte für ϱ_0 und b. Hiemit wurde erhalten:

d	E bei 313° C				
	$\delta = 3{\cdot}1$ mm		$\delta = 9{\cdot}1$ mm		
	beobacht.	berechnet	beobacht.	berechnet	reduziert
1·85	750	525	590	320	528
4·60	1050	770	810	495	818
9·00	1370	1000	1090	660	1090

In der letzten Spalte erscheinen die für $\delta = 9{\cdot}1$ mm berechneten Werte mit 1·65 multipliziert, um den gleichen Gang mit den entsprechenden beobachteten Werten besser hervorzuheben. Die dessenungeachtet in den absoluten Beträgen bestehenden Abweichungen werden von den Verfassern einerseits auf die Unsicherheit bezüglich der nicht gemessenen, sondern nur aus Tabellen entnommenen Wärmeleitfähigkeit, die 20 bis 30 vH betragen kann, andererseits auch darauf zurückgeführt, daß die Abfuhr der Stromwärme nicht nur durch die Elektrodenplatten, sondern auch durch Konvektion vom Prüfling unmittelbar gegen die Ofenwandung erfolgt. (Ferner dürfte auch die Wärmeleitungsfähigkeit parallel der elektrischen Leitfähigkeit mit steigender Temperatur zunehmen. D. Ber.) R. H.

(Arch. f. Elektrot. Bd. 18, H 6, 1927.)

Unfälle.

Unfälle bei elektrischen Installationen. Obering. Alvensleben veröffentlicht einige wichtige statistische Daten und Erfahrungen aus seiner Tätigkeit bei der „Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrizität in Deutschland". Auffallend häufig sind Unfälle bei der Benützung von Leitern, teilweise durch schlechte Aufstellung, teilweise durch Bruch der Sprossen. Von im Jahre 1925 gemeldeten 4052, darunter 13 tödlichen Unfällen entfallen 603 auf das Herabfallen von Leitern, im Jahre 1926, in welchem 3249 Unfälle, darunter 9 tödliche, vorkamen, entfallen 536 auf Leiterunfälle. Die Monteure benützen leider fast immer geborgte Leitern, die sie vor Gebrauch nicht untersuchen. Auch soll eine Anlegeleiter stets von einem Gehilfen gehalten werden. An Zahl geringer, aber folgenschwerer sind Unfälle beim Transport, insbesondere von Maschinen und Masten. Beim Auswechseln letzterer wird häufig die Vorschrift für Unfallsverhütung vernachlässigt, daß der Mast, der meist angefault ist, vor dem Lösen der Drähte allseitig abgestützt werden muß.

Weniger häufig kommen bei Installationen rein elektrische Unfälle durch Berührung stromführender Teile vor. Da fast alle Anlagen entweder einen geerdeten Nulleiter oder mehr oder weniger Erdschluß haben, so sollte sich jeder Installateur, besonders da Arbeiten unter Spannung nicht immer zu vermeiden sind, daran gewöhnen, trockene Bretter oder Decken als Unterlage und zum Schutz gegen benachbarte Eisenteile zu benützen. Gummihandschuhe sind unverläßlich und deshalb verboten. Durch Kurzschluß ereigneten sich

Digitized by Google

215 Unfälle im Jahre 1925 und 189 Unfälle im Jahre 1926. Sie sind zum Teil durch Arbeiten unter Spannung, zum Teil durch Fallenlassen von Werkzeug und Draht verursacht worden. Der Umstand, daß das unerlaubte Prüfen der Spannung durch Berührung mit den Fingern meist ohne Schaden geschieht, verleitet viele Monteure zur Annahme, Niederspannung sei stets gefahrlos. Dabei wird vergessen, daß die Stromstärke vom Berührungswiderstand abhängt, so daß die Gefahr beim Stehen auf trockenem Bretterboden ungleich geringer ist als beim Stehen auf feuchtem Kellerboden. Besonders groß ist die Gefahr, wenn der Stromweg in der Nähe des Herzens verläuft. Von einer gewissen Stromstärke an setzt in diesem Falle der Herzschlag aus und es treten Zuckungen auf, das sogenannte Flimmern, bei welchem der Blutkreislauf stillsteht. Dauert die Stromwirkung nur etwa 15 sec, so setzt meist die normale Herztätigkeit ein, dauert sie länger, so tritt der Tod ein[1]). Aus diesem Grunde müssen die Wiederbelebungsversuche sofort am Unfallort einsetzen. Die Wiederbelebungsapparate erfordern zum Anlegen zuviel Zeit und sind deshalb zu vermeiden. Das auf den bekannten Plakaten abgebildete Verfahren von Sylvester wirkt auf das Herz und ist das vorteilhafteste. Es soll aber darauf gedrungen werden, daß jeder dasselbe kennt, denn im gegebenen Moment ist es zu spät, zum Plakat zu laufen und zu studieren. Ho.

(VEI, 5. Jahrg., Heft 46, 1927.)

Energiewirtschaft.

Verstärkte Werbemaßnahmen für Stromabsatz unter besonderer Berücksichtigung des Haushaltes. Über dieses Thema hielt im Dezember v. J. Herr Dipl.-Ing. Aschoff der Thüringer Elektrizitätslieferungsgesellschaft auf der Vollversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke, Landesverband Oberösterreich-Salzburg, einen Vortrag, in dem er einleitend auf die Schwierigkeiten des Stromverkaufes hinwies, weil in den Konsumentenkreisen vielfach die Auffassung besteht, die Elektrizität sei für alle Zwecke zu teuer. Es ist daher wesentlich, daß der Konsument aus dem Aufbau der Tarife das Bestreben der Elektrizitätswerke erkennt, die angeschlossenen Konsumenten auf das beste zu bedienen. Der Konsument ist weiters dahin aufzuklären, daß die Elektrizitätswerke auch bemüht sind, die von den verschiedenen Erzeugerfirmen gelieferten Apparate bestmöglich ausgestalten zu helfen und deren Konstruktion so zu überprüfen, daß der Konsument vor Schaden bewahrt wird. Vielfach besteht noch eine Unkenntnis darüber, was mit der Elektrizität alles geschaffen werden kann; hierüber Aufklärung zu geben, ist eine dringende Pflicht der Elektrizitätswerke. Um die Abnehmer von den Vorteilen der Elektrizität zu überzeugen, kann in verschiedenster Weise vorgegangen werden:

a) Durch das Zeitungsinserat. Durch Voranstellung von interessanten Schlagworten, welche durch Bilder unterstützt werden sollen, ist auf den vielfältigen Gebrauch der Elektrizität hinzuweisen. Gleichzeitig ist es angezeigt, eine Erfolgskontrolle einzuführen, welche feststellt, ob und in welchem Ausmaße nach Erscheinen der Inserate ein Anschluß gewünscht wird oder Apparate gekauft werden.

b) Durch Werbebriefe. Der Erfolg dieser Werbungsform besteht erfahrungsgemäß darin, daß 5 bis 6 vH Anfragen an das Werk gelangen, häufig jedoch nur 1·5 bis 2 vH. Es hängt allerdings sehr von der geschickten Stilisierung des Inhaltes eines solchen Werbebriefes ab, der auf keinen Fall langatmig sein darf, ob dieser Prozentsatz gesteigert wird.

c) Durch Nachrichtenblätter. Verschiedene Elektrizitätswerke in Deutschland geben eigene Nachrichtenblätter heraus, die monatlich kostenlos an die Abnehmer verteilt werden. Die Kosten werden im wesentlichen durch Inserate bezahlt.

d) Durch Propagandafilme. Durch die Vorführung von humoristischen und Trickfilmen lassen sich weitere Kreise für die Anwendung der Elektrizität gewinnen. Eine Verbindung mit einem Kino ist angezeigt, das Trickfilme vor der Vorführung an Stelle oder in Ergänzung der jetzt üblichen Reklameinserate laufen läßt. Es empfiehlt sich, am Schlusse des Films einen kurzen Text anzufügen.

e) Durch Verkaufshäuser bezw. Verkaufsräume. Durch Vorführung der verschiedensten elektrischen Hausgeräte kann das konsumierende Publikum auf die verschiedensten Zweige der Anwendung der Elektrizität im Haushalt aufmerksam gemacht werden. In Deutschland bestehen ganze Verkaufshäuser, in welchen alle zur Verwendung kommenden Apparate im Betriebe vorgeführt werden und durch gleichzeitige Messung des Stromverbrauches, Aufstellung von Stromverbrauchstabellen usw. der Konsument selbst zur Beurteilung des Stromverbrauches herangezogen wird. Es ist auch zweckmäßig, durch kurze Zeitungsartikel zu passenden Zeiten auf diese Vorführungen und Ausstellungen hinzuweisen.

f) Durch persönliche Werbung. Bei der Werbetätigkeit in der Stadt wird diese in Gebiete eingeteilt und einer bestimmten Anzahl von Installationsinspektoren unterstellt und zugewiesen und das Gebiet systematisch bearbeitet, wofür, wie die Erfahrung gezeigt hat, technisches Personal, das aus dem Monteurstande hervorgegangen ist, sich am besten bewährt hat. Mit der Werbetätigkeit auf dem Lande sind größere Unkosten verbunden. Auch hier ist durch entsprechende Einteilung, durch die landwirtschaftliche Auffassung berücksichtigende Vorträge, die womöglich am Abend in einem Gasthaus erfolgen, durch Filmvorführungen oder Radioapparate den gegebenen Verhältnissen Rechnung zu tragen.

g) Maßnahmen zur Unterstützung der Werbetätigkeit. Durch Einstellung von Mieteraten auf Apparate, auf 12, 24 Monate oder auch länger, je nach den lokalen Verhältnissen, ist es möglich, Konsumenten zu werben. Die Monteure erhalten alle sechs Wochen Instruktionen, werden im Gebrauch und der Konstruktion der Apparate unterwiesen und über ihre Werbetätigkeit belehrt. Der Werber ist außerdem auf ein verhältnismäßig niedriges Entgelt gestellt und bezieht Provisionen für alle hereingebrachten Aufträge, die zur Ausführung gelangen. Es ist ferner planmäßig nachzusehen, ob die Apparate zur Verwendung herangezogen werden, was sich aus der Stromverbrauchskarte ohne weiteres ersehen läßt. Es empfiehlt sich, für diesen Zweck eine eigene Kartothek anzulegen, in welcher der Stromverbrauch aus den Zählerbüchern eingetragen wird und aus denen errechnet werden kann, ob eine Strombewegung vor und nach dem Ankauf von Apparaten eingetreten ist und in welchem Ausmaße. Auf der Vorderseite dieser Verbrauchskarten sind die Apparate verzeichnet, auf der Rückseite das Ausmaß des Stromverbrauches.

Kr.

Die Tätigkeit der britischen Elektrizitätskommissäre. Der in „The Electrical Review" vom 30. Dezember 1927 und ff. sowie in „The Electrician" vom 23. Dezember 1927 besprochene Bericht für das mit dem 31. März 1927 endende Jahr[1]) führt 367 in öffentlicher Verwaltung stehende Stromlieferungsunternehmen und 251 private an, die zusammen 570 Kraftwerke besitzen. Von den öffentlichen Werken wurden im Berichtsjahr 4574 Mill. kWh erzeugt, von den privaten 2488, ferner 623 Mill. von den Bahn- und 358 Mill. von den Straßenbahnunternehmungen, schließlich 322 Mill. von nicht autorisierten Unternehmungen, das sind zusammen 8366 Mill. kWh. An Kohle und Koks wurden 8·7 Mill. t verbraucht und 145 911 t flüssige Brennstoffe. 7 Werke erzeugten jährlich über 200 Mill. kWh.

[1]) Vgl. E. u. M. 1918, S. 357. 476.

[1]) Vgl. die früheren Berichte: „Das El.-Werk" 1926, S. 53, 1927, S. 38.

Digitized by Google

18 Werke über 100 Mill. kWh. Über 90 vH der gesamten Erzeugung wurde von 152 Werken geliefert, deren Einzelerzeugung 100 Mill. kWh jährlich übersteigt. Verkauft wurden von allen Unternehmungen 5724 Mill. kWh (+ 3·6 vH gegen das Vorjahr), bezw. 130 kWh je Kopf der Bevölkerung (125 kWh i. Vj.), wobei allerdings der Bahnstrom und der in industriellen Werken erzeugte Strom unberücksichtigt ist. An allgemeinen Arbeiten der Kommissäre sind die Vorbereitungen zur Vereinheitlichung der Stromversorgung des ganzen Landes zu erwähnen, die bekanntlich zunächst in einem Teile Schottlands durchgeführt werden soll[1]). An neuen Maschinenanlagen wurden während des Berichtsjahres 775 604 kW (585 700 i. Vj.) genehmigt, seit dem Beginn der Tätigkeit der Kommissäre, das heißt seit 7 Jahren rund 3·6 Mill. kW, davon waren 19·7 vH Neuanlagen und der Rest Erweiterungen bestehender Werke. Im Berichtsjahre wurden 19 Bewilligungen zur Errichtung neuer Werke mit einer gesamten derzeitigen Maschinenleistung von 236 100 kW erteilt. Die größte Einzelmaschinenleistung ist 30 000 kW. Unter den am Schlusse des Berichtsjahres noch in Verhandlung stehenden Ansuchen war auch eines für ein neues Werk der London Power Co. mit 450 000 kVA Leistung bei Vollausbau in sechs Einheiten von je 75 000 kVA und Kesseln von 110 000 kg stündlicher Dampfleistung, dessen Errichtung mit vorläufig zwei Maschinensätzen und vier Kesseln im Oktober 1927 genehmigt wurde. Unter den genehmigten 67 Erweiterungen mit zusammen 539 504 kW ist die eines Londoner Werkes um 125 000 kW zu erwähnen. Gesuche um Bewilligung zur Errichtung von Übertragungsleitungen wurden 67 gegen 42 i. Vj. eingereicht, darunter 33 für 33 kV Leitungen. Dazu kommen noch eine Reihe von Gesuchen, die Stromverteilungsanlagen betreffen. Gesuche um Aufnahme von Leihgeldern wurden insgesamt im Betrage von 15·38 Mill. Pf. bewilligt (+ 60 vH gegen das Vj.) und in den letzten 7 Jahren insgesamt 84·7 Mill. Pf., wovon 45 vH auf die Errichtung der Krafterzeugungsanlagen, 37·5 vH auf die Leitungs- und Verteilungsanlagen und der Rest auf Grundstücke, Gebäude, Meßgeräte, Ankauf von Werken entfielen. Dabei haben die Kommissäre auch der Rückzahlung der Gelder in verhältnismäßig kurzer Zeit (bisher durchschnittlich 15 Jahre) ihr Augenmerk zugewendet, besonders mit Rücksicht auf den immer näher rückenden Zeitpunkt, in dem die Vereinheitlichung der Stromversorgung des ganzen Landes durchgeführt sein wird. Denn bis dahin sollen alle Anlagen, die nicht mehr oder nicht in ihrer jetzigen Gestalt bestehen bleiben, offenbar nicht mehr durch Auslagen für Kapitalsrückzahlung und Verzinsung belastet sein. Die Vereinheitlichung der Stromversorgung machte sich auch bemerkbar bei der Zahl der Gesuche um Bewilligung zur Änderung der Spannung und des Stromsystems bestehender Anlagen (19), um Bewilligung der gegenseitigen Stromaushilfe (32), der Stromlieferung nach außerhalb des genehmigten Versorgungsgebietes liegenden Orten (119) usw. Schließlich ist noch zu erwähnen, daß in 22 Fällen Vorschriften zum Schutze der Öffentlichkeit und der Telephon- und Telegraphenleitungen bei der Errichtung neuer Anlagen erlassen wurden.

Die Stromerzeugung der Vereinigten Staaten im Jahre 1926. Nach den von der „Nela" verfaßten Aufstellungen war die Gesamtzahl aller unmittelbaren Stromabnehmer am Jahresschlusse 19·97 Mill. und der Zuwachs während des Jahres 1·65 Mill. Abgegeben wurden insgesamt 55 310 Mill. kWh und hiefür 1463 Mill. Doll. eingenommen. Die Stromabgabe verteilt sich (in Mill. kWh) auf Licht- und anderen Strom für Wohnungen 6345, Industriestrom (Licht und Kraft) 42 775, Straßenbeleuchtung 1182, Bahnen aller Art 4787 und verschiedene Abnehmer 219. An städtische Stromlieferungsunternehmen, sowie an andere Erzeugungsgesellschaften wurden einschließlich der Stromausfuhr außerdem noch rund 10 Milliarden kWh verkauft. Von der gesamten Erzeugung entfallen (in Mill. kWh) 42 956 auf Dampfkraftanlagen, 24 527 auf Wasserkraftanlagen und 290 auf Verbrennungskraftmaschinen. Dazu kommt noch der Einfuhrüberschuß aus Kanada mit 821·6 Mill. kWh, sowie die Stromlieferung aus verschiedenen Bundesstaats- und Bezirkswerken, sowie aus industriellen Anlagen mit 776 Mill. kWh. In 1753 Kraftwerken, für welche Angaben geliefert wurden, waren 1716 Dampfturbinen mit 14 Mill. kW Leistung aufgestellt, ferner 808 Dampfmaschinen mit 420 000 kW, 1827 Wasserkraftmaschinen mit 5 Mill. kW und 469 Verbrennungskraftmaschinen mit 87 000 kW. Die Gesamtleistung aller 3875 Werke in den V. St. A., welche Strom für den allgemeinen Bedarf erzeugen, beträgt 23·733 Mill. kW, davon entfallen 17·32 Mill. auf Dampfmaschinen und -Turbinen und 6·235 Mill. kW auf Wasserkraftmaschinen. (Hiezu kommen noch die Bahnwerke mit 1·834 Mill. kW, die im Besitze öffentlicher Körperschaften befindlichen Werke mit 320 000 kW und jene Industrieanlagen, die Strom auch für den allgemeinen Bedarf liefern mit 316 000 kW). Etwa 82 vH der Maschinenleistung der angeführten 1753 Werke erzeugt Drehstrom von 60 Per/s, 13 vH solchen von 25 Per/s, 4 vH entfallen zusammen auf 30, 33, 40 und 50 Per/s und weniger als 1 vH auf Gleichstrom. Der gesamte Brennstoffverbrauch aller erfaßten Werke war 33·183 Mill. t Normalkohle von 7000 WE/kg (wobei also die Mengen der anderen Brennstoffe entsprechend dem Heizwerte umgerechnet sind). Damit wurden 36 996 Mill. kWh erzeugt bezw. 1 kWh mit 0·81 kg Normalkohle. Die berichtenden Gesellschaften verfügen zusammen über etwa 205 000 km Übertragungsleitungen (insgesamt beträgt die Länge aller Übertragungsleitungen im Lande 210 000 km). Davon sind rund 1700 km für 220 kV, 1750 km für 165 und 140 kV, 6900 für 132 kV, 15 400 für 110 kV, 3000 km für 120 und 88 kV, 24 000 km für 66 kV, 3100 km für 60, 55 und 44 kV und über 35 000 km für 33 kV. Für Erweiterungen der Anlagen (Kraftwerke, Unterwerke, Leitung und Verteilung des Stromes) wurden im Jahre 1926 772·5 Mill. Doll. verausgabt, für das Jahr 1927 war ein fast gleich großer Betrag vorgesehen.

(The Nela-Bulletin, Bd. 15, 1928, H. 1.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 112.

Literaturberichte.

3150 **Elektrotechnische Lehrhefte, III. Gleichstrommaschinen.** (Bibl. d. ges. Technik, Bd. 353.) Von Prof. Dipl. Ing. G. Haberland. Verlagsbuchhandlung Dr. M. Jänecke, Leipzig 1927. Preis Mk. 1·95.

Nach den beiden an dieser Stelle bereits besprochenen Bänden[1]) über die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt das dritte Heft die Gleichstrommaschinen. Die ersten drei Abschnitte geben die Einführung über die Wirkungsweise, die Berechnung und den Aufbau. Der vierte und fünfte Abschnitt behandelt ausführlich die Eigenschaften der Gleichstromgeneratoren und der Gleichstrommotoren. Zahlreiche ziffernmäßig durchgerechnete Beispiele geben die notwendige Ergänzung zu den Erläuterungen, die außerdem durch vorbildlich klare und deutliche Zeichnungen unterstützt werden. In einer Neuauflage könnte die graphische Bestimmung der Anlaßwiderstände, die übrigens wesentlich übersichtlicher ist als die auf den Seiten 94 u. ff. vorgeführte rein rechnerische, Aufnahme finden. Der letzte Abschnitt gibt noch das Schaltbild eines Gleichstromwerkes. Druck und Ausstattung sind gut. F. Fritz.

[1]) E. u. M. 1927, Heft 2, S. 38; 1928, Heft 2, S. 59.

3653 **Accumulateurs électriques.** Von A. Castex, Professor am Institut Polytechnique in Grenoble. (Bibliothèque de l'Ingénieur Electricien-Mécanicien.) 296 Seiten mit 222 Abb. Verlag Albin Michel, Paris; Preis Fr. 30·—.

Die elektrischen Akkumulatoren haben in diesem Buch eine eingehende Behandlung gefunden. Das Werk

Digitized by Google

beschränkt sich zum größten Teil auf die Bleiakkumulatoren, die für die meisten Anwendungsgebiete noch immer die geeignetsten elektrischen Sammler sind, nur am Schlusse des Buches wird dem Stahlakkumulator ein kurzes Kapitel gewidmet, das mit Rücksicht auf die steigende Bedeutung dieser Art für bestimmte Zwecke wohl ausführlicher gehalten sein könnte. Nach Abschnitten über die chemische Theorie und die charakteristischen Eigenschaften des Bleiakkumulators folgt eine genaue Beschreibung der Einzelteile in den verschiedensten Ausführungen. Es werden dabei die Platten, der Elektrolyt, die Gefäße und die Zusammensetzung dieser zu den Zellen gründlich durchgenommen. Den Schluß des beschreibenden Teiles bilden Angaben über Konstruktionseigenheiten der verschiedenen französischen Marken von Akkumulatoren. Der zweite Teil enthält die Anwendungen der Akkumulatoren und zwar: in Zentralen, im Spezialfall davon als Pufferbatterien und schließlich in ihrer Verwendung als transportable Batterien. Die einzelnen Kapitel sind dabei immer sehr ausführlich ausgearbeitet; die verschiedenen Schaltungen für die Ladung, zum Puffern usw. werden genau beschrieben, ihre charakteristischen Eigenschaften werden abgeleitet und die Vor- und Nachteile erfahren eine entsprechende Würdigung. Außerdem werden die zu den Akkumulatorenschaltungen gehörigen elektrischen Maschinen und Apparate besprochen. Man kann somit in diesem Buch so ziemlich alles finden, was auf Akkumulatoren Bezug hat. B. Gerstmann.

3366 **Die elektrische Telegraphie mit Drahtleitung II.** — Die Typendrucktelegraphen. Von Prof. J. Herrmann, Stuttgart. Sammlung Göschen. Verlag Walter de Gruyter & Comp. Berlin und Leipzig 1927. 126 Seiten mit 76 Abb. im Text und 18 Abb. auf 16 Tafeln. Preis Mk. 1·50.

Das vorliegende Bändchen bildet die Fortsetzung einer früheren, von dem gleichen Verfasser stammenden Darstellung der Morsetelegraphie[1]). Nach einer Einleitung, in welcher kurz die Grundlagen besprochen werden, auf denen die im Folgenden behandelten Apparate aufgebaut sind, kommen der Reihe nach der Ferndrucker von Siemens und Halske, der Typendrucktelegraph von Hughes, der automatische Typendruck-Schnelltelegraph von Siemens und Halske, der Typendruck-Schnelltelegraph von Baudot und endlich der in den V. St. A. neuestens vielfach in Verwendung gekommene Typendrucker von Morkrum-Kleinschmidt zur Darstellung. — An der Hand zahlreicher, recht guter Abilldungen wird zunächst die allgemeine Wirkungsweise der Apparate, sodann die Ausführung und das Zusammenwirken der einzelnen Bestandteile dem Verständnis des Lesers nahe gebracht. Dr. Stecher.

3501 **Sechs Rechentafeln für elektrische Apparate.** Von Dipl. Ing. P. Leybold. NBW-Verlag, Geislingen-Stg. (Württemberg). Preis einschließl. Ableseschiene Mk. 7·50.

Die sechs einseitig bedruckten Blätter behandeln: 1. Wärmemenge Q und elektrische Leistung aus Temperaturerhöhung °C, Zeit t und Wassergewicht x in Gramm; 2. Widerstand und elektrische Leistung aus Spannung e, Stromstärke i, Widerstand-Drahtlänge in m; 3. Gewichtsmengen verschiedener Stoffe und wärmegleiche Wassermengen, ferner Wattverbrauch von Glühlampen aus Kerzenstärke, Watt pro HK und Spannung; 4. Durchmesser von Widerstandsdrähten aus spezifischem Widerstand ϱ und Widerstand pro m (Ω/m); 5. Widerstandszunahme $\Delta\Omega$ aus Temperaturzunahme ($t = 15°$). Temperaturkoeffizient α und Widerstand bei 15° C (Ω_{15}); 6. ausgestrahlte Wärmemenge pro Stunde aus absoluter Temperatur T, Oberfläche F/cm² sowie Strahlungszahl C. Bezüglich Handlichkeit, Genauigkeit und Ausstattung kann nur wiederholt werden, was bei Besprechung einer früher herausgegebenen Tafelserie gesagt wurde[1]). Insbesonders technische Schulen und Betriebe sollten sich die Gelegenheit, mit Hilfe dieser Tafeln rasch zu arbeiten, nicht entgehen lassen.

J. Ondracek.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 612.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 287.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 18. April d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Ing. Günther Oberdorfer über: **„Einige Erdschluß-Grundprobleme in symmetrischer Darstellung."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Einführung in die Theorie des Rechnens mit symmetrischen Komponenten, Operator „a", Mit-, Gegen- und Nullsystem, symmetrische Zusammensetzung und Zerlegung; der Erdschluß im ungeschützten Netz. Einfluß des Lichtbogenwiderstandes, der Erdschluß im geschützten Netz bei Anschluß einer Nullpunktsdrossel bzw. eines Pollöschers.

Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Dienstag, den 17. April 1928, um ½7 Uhr abends, Vortrag von Herrn Ministerialrat Ing. Rudolf Heider der Generaldirektion für das Post-, Telegraphen- und Fernsprechwesen über „Ausnutzung der Fernkabel für Telegraphie und Telephonie". (Lichtbilder und Versuche.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	2. IV. 1928	3. IV. 1928	4. IV 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134³/₄	134³/₄	134³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	83–88	83–88	83–88

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 4. April 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	17	6	61	18	9
Standard 3 Monate .	61	18	9	62	0	0
Zinn:						
Engl. ingots	238	15	0	239	15	0
Standard Kassa . .	238	10	0	238	15	0
Standard 3 Monate .	239	5	0	239	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	18	9	25	0	0
Remelted	25	10	0	—	—	—
English Swansea . .	25	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. Platin: Pf. 55/Pf. 60 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 22. April 1928 | Heft 17

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Die vom Regulativkomitee des Vereines (Obmann Direktor Ing. L. Kallir) beschlossenen „Vorschriften für das Rundfunkwesen: Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschluß-Empfänger) — EVW 17" haben die angesuchte behördliche Anerkennung erhalten.

Wir veröffentlichen im nachfolgenden die bezügliche Zuschrift des Bundesministeriums für Handel und Verkehr sowie den Runderlaß dieses Bundesministeriums an die Herren Landeshauptmänner, bzw. an den Herrn Bürgermeister der Landeshauptstadt Wien.

Der Geltungstermin der Vorschriften wurde mit 15. März d. J. festgelegt.

Wien, im März 1928.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 76.422-6/1928.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. Rundfunk-Netzanschlußempfänger, EVW 17.

An den

Elektrotechnischen Verein

in Wien.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr beehrt sich angeschlossen eine Abschrift des unter einem an alle Herren Landeshauptmänner ergehenden Runderlasses über die behördliche Anerkennung der vom Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegebenen

„Vorschriften für das Rundfunkwesen:

Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschluß-Empfänger) — EVW 17", zu übermitteln.

Für den Neudruck der „EVW 17" wolle das Gültigkeitsdatum auf 15. März 1928 abgeändert werden.

8. März 1928.

Für den Bundesminister:

Gelse e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 76.422-6/1928.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen, Rundfunk-Netzanschlußempfänger, EVW 17.

An

alle Herren Landeshauptmänner

(einschließlich des Herrn Bürgermeisters als Landeshauptmann von Wien).

In den mit h. o. Erlaß vom 12. August 1927, Zl. 107.782-6, verlautbarten „Vorschriften für das Rundfunkwesen: Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte) EVW 16", sind im Punkt *a*) Netzanschlußgeräte für Gleichstrom, bei denen Empfangs- und Anschlußgeräte nicht organisch zusammengebaut sind, als nicht zulässig erklärt. Für organisch zusammengebaute derartige Geräte wurden ergänzende Sondervorschriften in Aussicht gestellt.

Der Elektrotechnische Verein in Wien hat nunmehr diese vom Regulativkomitee des Vereines ausgearbeiteten, nach dem mitfolgenden Abdruck unter der Bezeichnung:

„Vorschriften für das Rundfunkwesen:

Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschluß-Empfänger) EVW 17" zusammengefaßten Vorschriften, behufs behördlicher Anerkennung anher vorgelegt. Sie stimmen im wesentlichen mit den vom Verein Deutscher Elektrotechniker (VDE) im Gegenstande herausgegebenen Vorschriften überein.

Einvernehmlich mit dem Bundeskanzleramt anerkennt das Bundesministerium für Handel und Verkehr diese Vorschriften mit Gültigkeit ab 15. März 1928. Herr Landeshauptmann werden eingeladen, hievon die unterstehenden politischen Behörden zu verständigen.

Neudrucke von „EVW 17" in Form und Druck der neuen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" sind beim Elektrotechnischen Verein, Wien, VI., Theobaldgasse 12, erhältlich.

8. März 1928.

Für den Bundesminister:

Gelse e. h.

Digitized by Google

Ein Elektrodynamometer mit fast gleichmäßig geteilter Skala.

Von Dr.-Ing. **Bubert**, Hannover, Technische Hochschule.

Übersicht: Es wird eine Spulenform angegeben, mit der es möglich ist, unter Verwendung eines normalen elektrodynamischen Meßwerkes Strom- und Spannungsmesser mit fast gleichmäßig geteilter Skala herzustellen. Ferner werden die Daten eines solchen Versuchsinstrumentes mitgeteilt.

Während das Präzisionsmeßgerät (Klasse *E*) für Gleichstrom, das Deprez-Instrument, eine proportionale Skalenteilung besitzt, ist dies bei dem Wechselstrompräzisionsmeßgerät, dem Elektrodynamometer (soweit es sich nicht um Leistungsmesser handelt), nicht der Fall. Beim Leistungsmesser macht die Erzielung einer gleichmäßigen Teilung keine großen Schwierigkeiten; ist es doch im Laufe der Zeit fast allen Meßinstrumentenfabriken gelungen, ihre Spulen so zu gestalten, daß der Ausschlag des Meßgerätes proportional der Leistung ist[1]). Nicht so einfach liegen die Verhältnisse bei den dynamometrischen Strom- und Spannungsmessern. Bei einem Betriebsspannungsmesser, wofür jedoch ein Dynamometer kaum in Frage kommt, würde allerdings eine am Anfang stark zusammengedrückte Skala nicht stören, da die Netzspannung praktisch konstant ist; hingegen bei Spannungsmessern, die im Prüffeld und im Laboratorium benutzt werden sollen, und bei Strommessern ist eine gleichmäßige Teilung der Skala durchaus anzustreben. Es sind daher auch schon viele Konstruktionen bekannt geworden, durch die eine gleichmäßige Skalenteilung erreicht werden sollte[2]). Von all diesen Konstruktionen hat aber wohl nur diejenige von Dr. Bruger (DRP Nr. 156456, H. & B.) eine praktische Bedeutung erlangt. Bei diesem Instrument sind die feste und die bewegliche Spule Flachspulen, die in der Nullstellung einen möglichst geringen Abstand voneinander haben. Die Bauart dieses Instrumentes[3]) weicht aber ganz erheblich von der der normalen Elektrodynamometer ab und es wird außerdem jetzt nur noch mit Fadenaufhängung gebaut, da das Drehmoment bei Spitzenlagerung zu gering ist, wenn der Wattverbrauch sich einigermaßen in normalen Grenzen halten soll.

In nachstehenden soll nun eine Form für die festen Spulen bei elektrodynamischen Strom- und Spannungsmessern mitgeteilt werden, die mit einer normalen beweglichen Spule eine fast gleichmäßige Skalenteilung gibt, ohne daß der Wattverbrauch übermäßig groß wird, wenn man ein für Spitzenlagerung ausreichendes Drehmoment erzielen will.

Es möge zunächst kurz auf die Bedingungen eingegangen werden, die die festen Spulen erfüllen müssen, damit bei Verwendung einer normalen beweglichen Spule eine gleichmäßige Skalenteilung erreicht wird. Bei den elektrodynamischen Strom- und Spannungsmessern ist der Strom in der beweglichen Spule dem Strom in der festen Spule entweder genau gleich oder ihm proportional. Da nun das von der festen Spule erzeugte Feld proportional dem Strom ist und andererseits das auf die bewegliche Spule ausgeübte Drehmoment proportional Strom mal Feld ist, so ist für eine bestimmte Stellung des beweglichen Organes das elektrisch erzeugte Drehmoment proportional dem Quadrat der zu messenden Größe. Wird die Richtkraft durch eine Feder bewirkt und ist das wirksame Feld[4]) der festen Spulen für den ganzen Bewegungsbereich der beweglichen Spule von der gleichen Größe, so ist die Skalenteilung eine quadratische. Abweichungen von dieser Teilung entstehen — und das ist fast immer der Fall —, wenn die Feldverteilung eine andere ist als die genannte. Soll die Skalenteilung bei Federrichtkraft gleichmäßig sein, so ist dies, wenn ein normales bewegliches System verwendet wird, nur durch geeignete Verteilung des Feldes der festen Spulen möglich. Die Gesetzmäßigkeit, nach der sich in diesem Fall das wirksame Feld der festen Spulen für die verschiedenen Stellungen des beweglichen Systemes ändern muß, ergibt sich aus der folgenden Überlegung. Das von der Feder ausgeübte Drehmoment (D_f) ist proportional dem Verdrehungswinkel (α), also

$$D_f = a \cdot \alpha,$$

worin a die Federkonstante ist. Zwischen der zu messenden Größe (zum Beispiel i) und dem Verdrehungswinkel soll die Beziehung

$$i = c \cdot \alpha$$

erzielt werden, worin c eine Konstante ist. Man denke sich nun den Strom $i_1 = c \cdot \alpha_1$ konstant gehalten und das System in die Stellung α_x gebracht. Beim Strom $i_x = c \cdot \alpha_x$ wäre dann, da für Gleichgewichtslage des beweglichen Systemes sich der Zeiger auf den Ausschlag α_x einstellt, das elektrisch erzeugte Drehmoment

$$D_x = D_f = a \cdot \alpha_x.$$

Ist nun der Strom nicht $c \cdot \alpha$, sondern $c \cdot \alpha_1$, so ist dann das elektrisch erzeugte Drehmoment in der Stellung α_x, entsprechend dem Quadratgesetz,

$$D_{x1} = \frac{a \cdot \alpha_x \cdot c^2 \cdot \alpha_1^2}{c^2 \cdot \alpha_x^2} = \frac{a \cdot \alpha_1^2}{\alpha_x} = \frac{A}{\alpha_x}.$$

Hierin bedeutet D_{x1} das Drehmoment in der Stellung α_x bei dem Strom i_1 und A eine Konstante. Dann ist

$$D_{x1} \cdot \alpha_x = A.$$

[1]) Vgl. z. B. Österr. Patenschrift Nr. 58693, 94008; Britische Patentschrift Nr. 13844.

[2]) Vgl. z. B. D. R. P. Nr. 85719, 136137, 135717, 156456, 182961.

[3]) Vgl. ETZ. 1904, S. 822.

[4]) Erklärung des Begriffes „wirksame Feldstärke" siehe Bubert, „Über Einstellsicherheit bei elektrischen Meßgeräten", Die Meßtechnik 1927, H. 11.

Digitized by Google

Dies ist die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel und besagt, daß, um eine gleichmäßig geteilte Skala zu erhalten, das elektrisch ausgeübte Drehmoment für konstanten Strom und damit das wirksame Feld der festen Spulen nach einer gleichseitigen Hyperbel mit der Verdrehung des beweglichen Systemes abnehmen muß. Hieraus ergibt sich, daß es unmöglich ist, ein Dynamometer (soweit es sich um Strom- und Spannungmesser

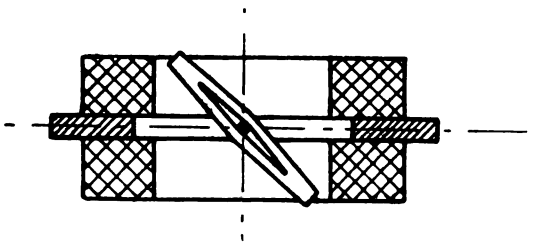


Abb. 1. Spulenanordnung bei einem gewöhnlichen Elektrodynamometer.

handelt) mit ganz gleichmäßiger Teilung von Nullstellung bis Endstellung zu erhalten, sondern die Skala wird in der Nähe des Nullpunktes immer zusammengedrückt sein, da es unmöglich ist, in der Anfangsstellung des beweglichen Systemes ein Feld von unendlich großer Stärke zu erzeugen.

Die hier abgeleitete Bedingung für eine gleichmäßig geteilte Skala ist an sich nichts Neues und es sind, wie schon erwähnt, Formen für die feste und bewegliche Spule bekannt, die den gewünschten Skalenverlauf ergeben. Sie erfordern aber teil-

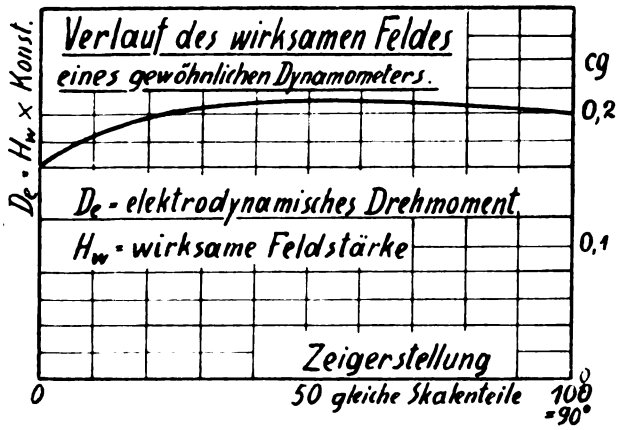


Abb. 2. Relativer Verlauf des wirksamen Feldes bei einem gewöhnlichen Elektrodynamometer.

weise einen ziemlich komplizierten Aufbau und gestatten nicht, Teile der gewöhnlichen Dynamometer zu verwenden, so daß ein solches Instrument erheblich teurer wird.

Bei den gewöhnlichen Dynamometern mit einer Spulenanordnung wie in Abb. 1 ist das wirksame Feld der festen Spulen für die verschiedenen Stellungen des beweglichen Systemes angenähert das gleiche; die Feldverteilungskurve verläuft etwa wie in Abb. 2 angegeben. Die oben erwähnte, nach einer gleichseitigen Hyperbel verlaufende Feldverteilung kann man nun, wie durch Versuche des Verfassers gefunden wurde, durch eine verhältnismäßig einfache, in Abb. 3 dargestellte Form der festen Spulen erzielen. Die der Anfangs- und der Endstellung der beweglichen Spule entsprechenden beiden Spulenseiten (*A* und *E*) sind nicht gleich ausgebildet, sondern die Anordnung ist so getroffen, daß mehr als die Hälfte der Windungen der festen Spulenseite *E*, die der Endstellung der beweglichen Spule entspricht, auf einer Fläche *b* verteilt ist, die sich sehr eng an die von der beweglichen Spule beschriebene Rotationsfläche anschließt (DRP angemeldet). Dadurch ist die Zahl der auf das bewegliche System wirkenden Amperewindungen in der Anfangsstellung am größten und nimmt nach der Endstellung hin ab. Um die Skalenteilung möglichst gleichmäßig zu gestalten, ist es nötig, die Anzahl der auf den Spulenteil *b* verteilten Windungen größer zu wählen als für den Teil *c*, wobei es günstig ist, die Windungszahl pro Längeneinheit (gemessen in der Pfeilrichtung), an der Stelle *u* am größten zu machen und nach *v* hin abnehmen zu lassen. Zur Erzeugung des hohen wirksamen Feldes in der Anfangsstellung ist es außerdem angebracht, die Spulenseite *A*, die der Anfangsstellung des beweglichen Systems ent-

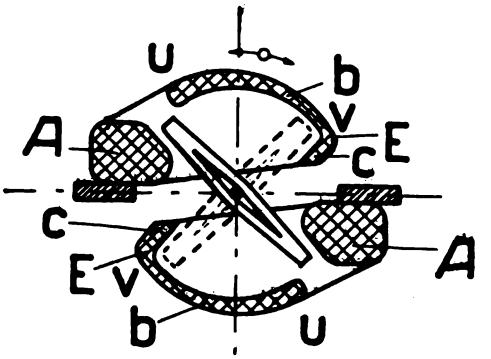


Abb. 3. Prinzipielle Form der festen Spulen des Elektrodynamometers nach Bubert. (D. R. P. ang.)

spricht, so zu gestalten, daß die von ihr erzeugten Kraftlinien senkrecht zur Bewegungsrichtung der beweglichen Spule verlaufen.

Der Verlauf der Skala wird also hauptsächlich durch die Verteilung der Windungen der Spulenseite *E* bedingt. Je stärker die Windungen nach der Anfangsstellung *u* zusammengedrängt werden, desto mehr zieht man die Skala am Anfang auseinander, ohne jemals von Null aus Proportionalität zu erreichen. Da das Auseinanderziehen der Skala in der Nähe des Nullpunktes nur durch Erhöhung des Wattverbrauches zu erreichen ist, so ist hier bald eine Grenze gesetzt, wenn man bei Spitzenlagerung bleiben will.

Ein auf Grund der vorstehenden Erörterungen hergestelltes Meßgerät zeigt Abb. 4. Bei dieser Probeausführung wurde ein ganz normales Meßwerk der „Norma" Instrumenten-Fabriks-Gesellschaft m. b. H., Wien benutzt, wie es von dieser Firma für Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser verwendet wird. An Stelle der normalen festen Spulen wurden die oben beschriebenen, besonders geformten Spulen angebracht. In der Abb. 4 ist die

Digitized by Google

vordere feste Spule abgenommen, so daß die bewegliche Spule sichtbar ist. Das Instrument wurde für 150 V bei 100 mA Stromverbrauch gebaut. Der Widerstand des Meßwerkes beträgt 87 Ohm in kaltem Zustande, so daß der Leistungsverbrauch etwa 0·9 W beträgt. In Abb. 5 ist die Skala wiedergegeben. Sie hat zwei Teilungen, eine 150-er für den Spannungsbereich 150 V und eine zweite, um das System allein als Strommesser bis 100 mA be-

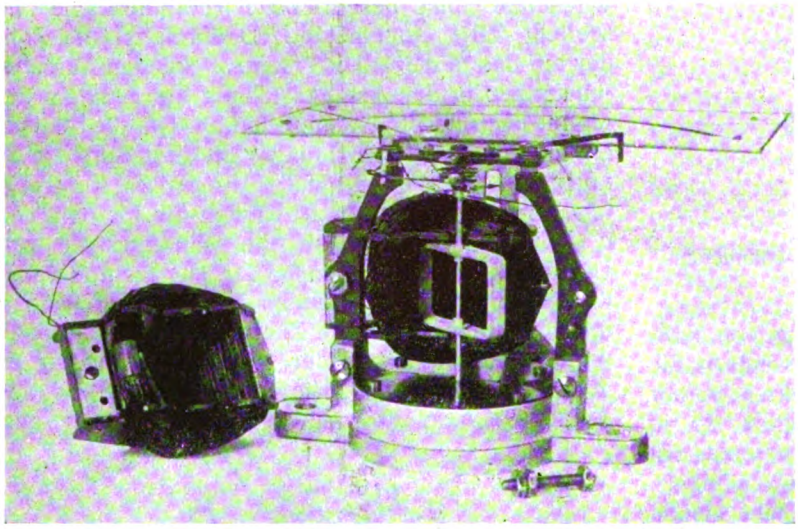


Abb. 4. „Norma"-Meßwerk mit festen Spulen nach Bubert.

nutzen zu können. Die Feinteilung beginnt bereits beim 15. bezw. 20. Teil des Endwertes, und vom 10. Teil des Endwertes etwa ist die Skalenteilung fast ganz gleichmäßig. In Abb. 6 ist die Skala in Kurvenform wiedergegeben und zum Vergleich ist der Verlauf der Skalen des Bruger schen und eines gewöhnlichen Dynamometers hinzugefügt.

Die weiteren Daten des Instrumentes sind:

Drehmoment der Federn (zusammen)	0·11 cg
Gewicht des beweglichen Systemes	2·45 g
AW der festen Spulen	172·5
AW der beweglichen Spule	15

Aus der Eichkurve eines Dynamometers läßt sich nun in einfacher Weise die Feldverteilung ermitteln. Es sei angenommen, daß der Strom für Endausschlag fließe und konstant bleibe. Das Drehmoment ist dann proportional dem Felde, so daß die wirksame Feldstärke sich nur durch eine Konstante von dem elektrisch erzeugten Drehmoment unterscheidet.

Es möge nun das elektrisch erzeugte Drehmoment für die verschiedenen Stellungen des beweglichen Systemes bei dem konstanten Strom für Endausschlag vermittels der Eichkurve errechnet werden. Wird zum Beispiel das bewegliche System so verdreht, daß der Zeiger auf Skalenteil 50 einer in 150 gleiche Teile geteilten Skala (Abb. 7) zeigt, so ist das Drehmoment der Feder

$$D_{f\,50} = \frac{0{\cdot}11 \,.\, 50}{150}\ \text{cg} = 0{\cdot}0367\ \text{cg}.$$

Nach der Kurve würde der Zeiger sich bei 57·0 V auf Teilstrich 50 einstellen. Also ist bei 57 V das bei Zeigerstellung $\alpha = 50$ Sklt. elektrisch erzeugte Drehmoment $D_{e\,50} = 0{\cdot}0367$ cg. Ist nun bei $\alpha = 50$ Sklt. die angelegte Spannung nicht 57 V, sondern 150 V, so ist das elektrisch erzeugte Drehmoment

$$D_{e\,50}{}_{150} = \frac{0{\cdot}0367 \,.\, 150^2}{57^2} = 0{\cdot}254\ \text{cg}.$$

Auf diese Weise sind für die verschiedenen Zeigerstellungen die elektrisch erzeugten Drehmomente für die konstante Spannung von 150 V errechnet worden, woraus sich die Kurve $D_{e\,150}$ in Abb. 7 ergibt. Es sei zu dieser Kurve noch bemerkt, daß der Punkt für $\alpha = 0$ experimentell ermittelt wurde und sehr gut in die errechnete Kurve hineinpaßt. Da die wirksame Feldstärke proportional dem elektrisch erzeugten Drehmoment ist, so gibt die $D_{e\,150}$-Kurve gleichzeitig den relativen Verlauf der wirksamen Feldstärke an. Sie ist angenähert eine gleichseitige Hyperbel. Wie früher bereits hervorgehoben, kann die Kurve in der Nähe des Nullpunktes natürlich nicht ins Unendliche gehen.

Das Drehmoment der Federn von zusammen 0·11 cg ist gegenüber dem Federdrehmoment der gewöhnlichen Dynamometer klein, aber dennoch ausreichend. Für die Einstellsicherheit eines Meßgerätes gibt das Federdrehmoment allein ja nur einen ungefähren Anhalt und dies tritt bei dem vorliegenden Instrument ganz besonders kraß in Erscheinung. Maßgebend für die Einstellsicherheit ist das Einstellmoment (auch spezifisches Drehmoment genannt)[5]), also der Ausdruck $\frac{dD_w}{d\alpha^0} \cdot 90^0$,

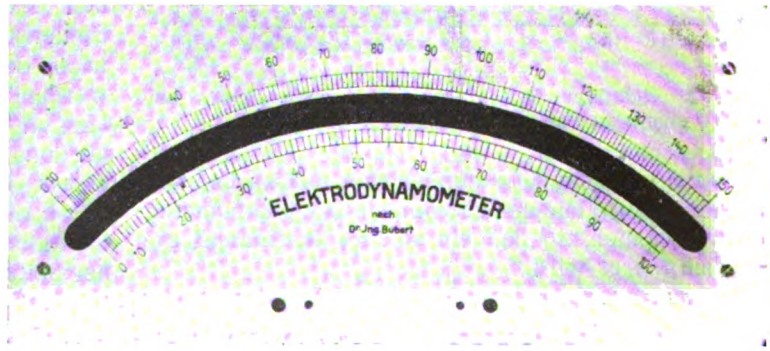


Abb. 5. Skala eines elektrodynamischen Strom- und Spannungsmessers nach Bubert.

worin unter D_w das wirksame, aus dem Federdrehmoment D_f und dem elektrisch erzeugten

[5]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 138.

Digitized by Google

Drehmoment D_e resultierende Drehmoment zu verstehen ist. Nun ist

$$D_w = D_f + D_e,$$

wobei für die Gleichgewichtslage $D_f = -D_e$ ist. Wenn das elektrisch erzeugte Drehmoment nach einer gleichseitigen Hyperbel verliefe, was für eine proportionale Teilung der Dynamometerskala erforderlich wäre, dann wäre für eine beliebige Zeigerstellung α_x bei einem Strom $i_1 = c \cdot \alpha_1$ nach früherer Rechnung

$$D_w = a \cdot \alpha_x - \frac{a \cdot \alpha_1^2}{\alpha_x},$$

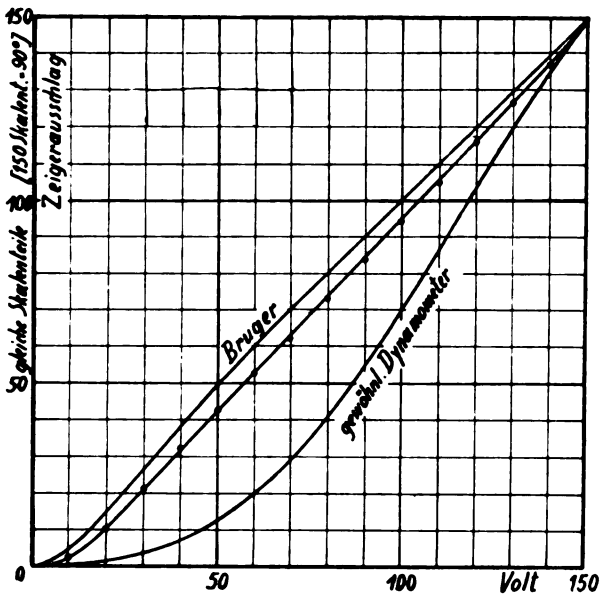


Abb. 6. Eichkurven.

worin a wie in der früheren Rechnung die Federkonstante ist, und es würde der Differentialquotient

$$\frac{d D_w}{d \alpha} = a + \frac{a \cdot \alpha_1^2}{\alpha_x^2}.$$

An der Stelle der Gleichgewichtslage, wo $\alpha_1 = \alpha_x$ ist, wird dann

$$\frac{d D_w}{d \alpha} = 2a,$$

das heißt, das resultierende Drehmoment würde sich pro Winkelgrad um den doppelten Betrag des Drehmomentes der Federn ändern. Da bei dem vorliegenden Instrumente die Kurve D_e in Abhängigkeit von der Stellung des beweglichen Systemes nur angenähert eine gleichseitige Hyperbel ist und sich in keine mathematische Form bringen läßt, muß die Ermittlung des Einstellmomentes auf graphischem Wege vorgenommen werden[6]). Man erhält für das beschriebene Instrument die Kurve in Abb. 8. Die Einstellsicherheit ist also im Nullpunkt am kleinsten; es wirkt hier nur das Drehmoment der Federn. Bedenkt man,

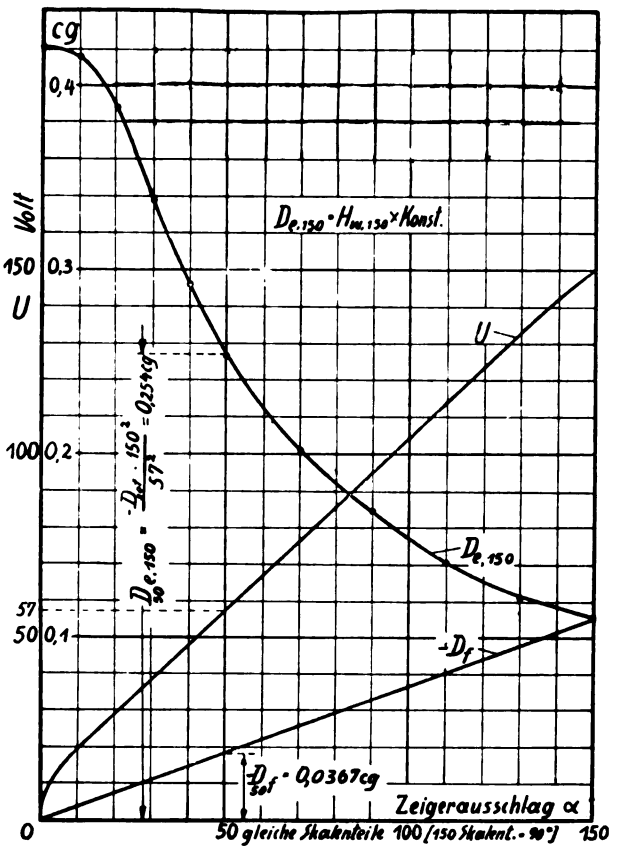


Abb. 7. Ermittlung des elektrodynamischen Drehmomentes [$D_{e,150}$] und der wirksamen Feldstärke [$H_{w,150}$] für 150 V.

daß das Einstellmoment eines gewöhnlichen Dynamometers im Mittel dem Drehmoment der Federn entspricht (es ist jedoch im unteren Teil der Skala

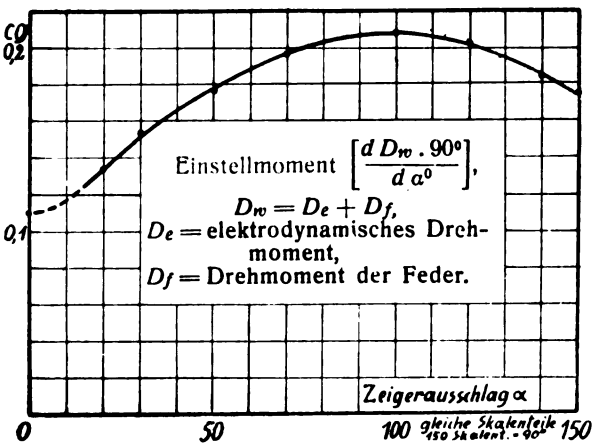


Abb. 8.

meistens kleiner, geht bis auf 75 vH des Drehmomentes der Federn herunter, während es ganz am Ende der Skala oft wesentlich größer ist als

[6]) Eine einfache Methode hierfür ist angegeben in dem Aufsatz: Bubert, „Über Einstellsicherheit bei elektrischen Meßgeräten", Die Meßtechnik 1927, H. 12.

Digitized by Google

das Federdrehmoment), so kann man wohl sagen, daß das vorliegende Instrument dieselbe Einstellsicherheit besitzt wie ein gleichwertiges gewöhnliches Dynamometer mit einem Federdrehmoment von 0·16 bis 0·18 cg.

Das sehr große Drehmoment, das bei Maximalstrom in der Nullstellung erzeugt wird, bewirkt, daß das bewegliche System sehr schnell in seine neue Gleichgewichtslage gedreht wird, und da das von der „Norma" hergestellte Meßwerk außerordentlich gut gedämpft ist (das Dämpfungsverhältnis beträgt etwa 10), beträgt die Beruhigungszeit nur 1·6 Sekunden. Beim Abschalten wirkt natürlich nur die Federkraft, so daß das Zurückdrehen in die Nullstellung langsamer erfolgt und hierfür die Beruhigungszeit zu drei Sekunden ermittelt wurde.

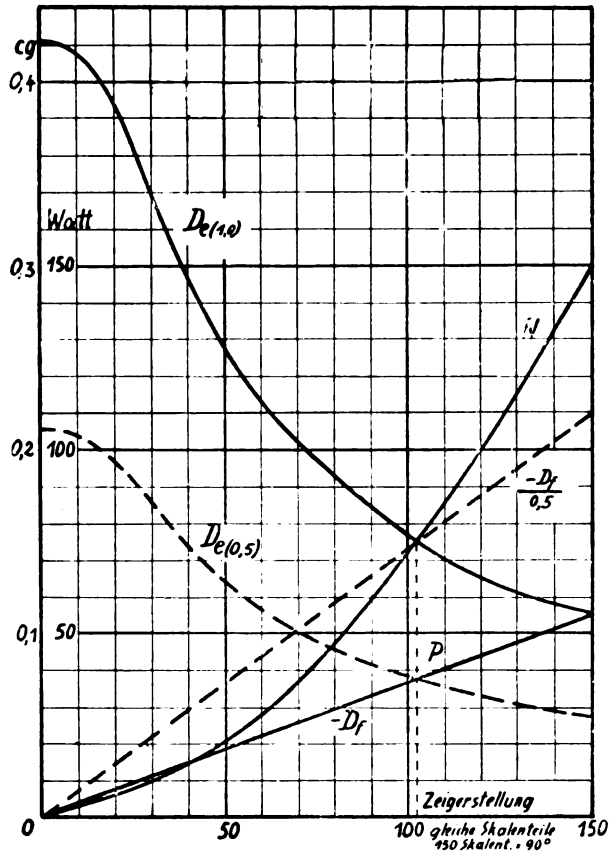


Abb. 9. Ermittlung der Eichkurve (N) des Leistungsmessers.

Der Selbstinduktionskoeffizient des Meßwerkes beträgt für die Nullstellung des Zeigers 0·042 H, für Endausschlag 0·048 H, also im Mittel 0·045 H. Der hierdurch entstehende Unterschied in der Anzeige bei Gleichstrom und bei Wechselstrom ist bei dem 150 V-Bereich kleiner als 0·1 vT.

Würde das vorstehend beschriebene Meßgerät als Leistungsmesser ausgeführt, so würde sich eine Skala ergeben, die in der Nähe des Nullpunktes stark auseinandergezogen und nach dem Ende zu stark zusammengedrückt ist. Ein solches Instrument würde in Frage kommen, wenn man mit demselben Meßgerät sowohl bei sehr kleinem als auch bei sehr großem Leistungsfaktor messen will. Die Skala eines solchen Leistungsmessers läßt sich sehr leicht aus der Kurve des elektrodynamischen Drehmomentes ermitteln, was im nachstehenden durchgeführt sein möge.

Das Feld der festen Stromspule ist proportional dem Strom. Da nun bei konstanter Spannung die Leistung proportional dem Strom ist, so ist für eine bestimmte Zeigerstellung die Leistung proportional dem wirksamen Felde und damit proportional dem elektrodynamischen Drehmoment. Stellt also die Kurve $D_{e(1,0)}$ in Abb. 9 die Abhängigkeit des elektrodynamischen Drehmomentes bei einer Leistung, die dem Skalenendwert entspricht, dar, so wird diese Kurve bei der halben Leistung nach $D_{e(0,5)}$ verlaufen. Im Punkte P ist dann $D_{e,0,5)} = -D_f$, der Zeiger wird sich also auf 103 Skalenteile einstellen.

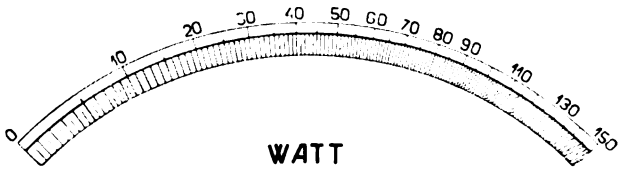


Abb. 10. Skala des Leistungsmessers.

Weitere Skalenpunkte würde man finden, indem man für verschiedene Leistungen die entsprechenden D_e-Kurven zeichnet, was geschieht, indem man die Abszissen der Punkte der $D_{e(1,0)}$-Kurve im Verhältnis der Leistungen verkleinert. Auf diese Weise erhält man eine Schar von D_e-Kurven, die mit der Kurve $-D_f$ zum Schnitt zu bringen wären. Man kann sich aber das unbequeme Zeichnen der D_e-Kurven ersparen, wenn man, anstatt die $D_{e(1,0)}$-Kurve im Verhältnis der Leistungen zu verkleinern, den Maßstab der $-D_f$-Kurve umgekehrt proportional der Leistung ändert. Auf diese Weise erhält man die Eichkurve N für den Leistungsmesser (Abb. 9), woraus sich die Skala in Abb. 10 ergibt.

Das vorliegende Meßgerät läßt sich anstatt mit Spitzenlagerung auch mit Bandaufhängung ausführen, wozu das Meßwerk wegen seines ganz symmetrischen Aufbaues besonders geeignet ist. Der Wattverbrauch kann dabei bis auf den 20. Teil und nötigenfalls noch weiter herabgedrückt werden.

Die „Norma" Instrumenten-Fabriks-Gesellschaft m. b. H., Wien XVI, hat die Fabrikation von Meßgeräten mit der in diesem Aufsatz beschriebenen Spulenform aufgenommen.

Digitized by Google

Wassermengenvorhersage im Kraftwerksbetrieb.

Von Direktor Ing. Adolf **Kvetensky**[1]), Linz a. D.

Der möglichst vollkommenen Ausnützung der zufließenden Wassermengen in Wasserkraftwerken kann auch ein Wassermengenprognosendienst dienen, der beispielsweise etwa folgendermaßen eingerichtet werden kann[2]).

Über das ganze Einzugsgebiet des Kraftwerkes wird ein Netz von Beobachtungsstationen für Niederschläge und Temperaturmessungen derart verteilt, daß — je nach der Größe des Gesamtgebietes — auf je 50 oder 100 km² eine derartige Station entfällt. Des weiteren sind im Oberlauf des ausgenützten Flusses und an den wichtigsten Zubringern Pegel zu errichten und ständig zu beobachten. Es ist selbstverständlich, daß selbstschreibende Instrumente für die Wasserstände, die Temperaturen und Regenmessungen den nur fallweise beobachteten Apparaten vorzuziehen sind.

Alle diese Beobachtungen, zu deren Vornahme zweckmäßiger Weise die vorhandenen Beobachter des staatlichen meteorologischen oder hydrographischen Dienstes heranzuziehen sind, werden nun fortlaufend einem Sammelpunkt gemeldet, dessen Lage sich in erster Linie nach den vorhandenen telephonischen und telegraphischen Verbindungsmöglichkeiten richtet (Abb. 1). Denn es ist selbstverständlich von der Raschheit und Verläßlichkeit der Übermittlung der Meldungen der Erfolg eines derartigen Prognosedienstes weitgehend abhängig.

Beim Sammelbeobachter ist ferner eine kleine meteorologische Station mit eigenem, selbstschreibenden Barometer, Thermometer und Feuchtigkeitsmesser einzurichten, um derart diesen Beobachter auch unmittelbar für den Dienst auszunützen. Der Sammelbeobachter soll seinen Sitz aber auf alle Fälle im Einzugsgebiet des Kraftwerkes, für welches die Prognose dienen soll, haben. Denn es ist außerordentlich wichtig, daß die Prognose nicht vom grünen Tisch aus gemacht wird, sondern in ständiger und unmittelbarer Fühlungsnahme mit dem Witterungszustand des Einzugsgebietes.

An Hand von Beobachtungen, Erfahrungen und Überlegungen wird es dem Sammelbeobachter auf Grund der bei ihm einlaufenden Meldungen nach erlangter Übung und bei einiger Einfühlung in das Einzugsgebiet und vor allem auch bei einem gewissen Fleiß nun möglich sein, für eine kürzere oder längere Zeit mit einer hinreichenden Sicherheit den Verlauf des Abflußvorganges zunächst unter Ausschaltung des Einflusses weiterer Niederschläge vorauszusagen. Denn innerhalb begrenzter Zeiträume verläuft der Abfluß unter Einhaltung ähnlicher Formen für die Trockenwetter-Auslaufkurve.

Ein zweiter Schritt ist sodann die Berücksichtigung jener Faktoren, welche im Sinne einer Steigerung des Abflusses wirken, insbesondere also des Regens und bei verschneitem Einzugsgebiet auch des Tauens. Eine wichtige Rolle spielt hier die Bestimmung des jeweiligen Abflußkoeffizienten, das heißt des Verhältnisses zwischen dem gefallenen Niederschlag und der durch ihn entstandenen Vermehrung des Abflusses; ferner die Ermittlung einer Zahl, welche angibt, um wieviel sich bei Schneebedeckung die abfließende Wassermenge unter dem Einfluß einer Temperatursteigerung um 1° C erhöht. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß auch die Luftdruckschwankungen eine gewisse Bedeutung für den Abfluß besitzen. Es ist ferner selbstverständ-

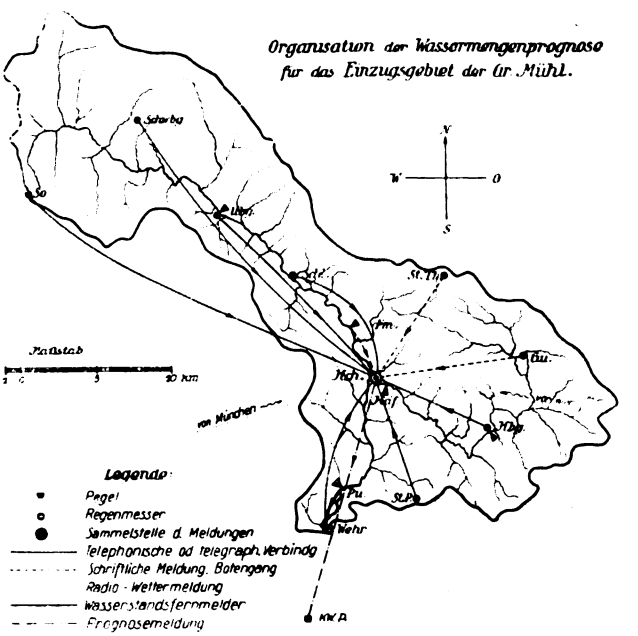


Abb. 1.

lich, daß sich der Sammelbeobachter in jeder Weise des Rundfunks und sonstiger Behelfe für die Erlangung der Wetterberichte zu bedienen hat.

Von dieser Zentrale aus erfolgt nun die Verständigung mit der Werksbetriebsleitung. An Hand der Vorhersage über die Wassermenge stellt sie für jenen Zeitraum von einen oder mehreren Tagen, für welchen das Zutreffen der Prognose angenommen werden kann, ihren Stromwirtschaftsplan auf, wodurch eine möglichst günstige Wasserwirtschaft erzielt wird.

Während die hier geschilderte, kurzfristige Wassermengenprognose, welche sich auf die Beobachtung des Ablaufes, die Berücksichtigung der tatsächlichen Niederschläge und die Beurteilung des Wetters im Rahmen der amtlichen Wettervor-

[1]) Auszug aus einem am 9. November 1927 im Elektrotechnischen Verein in Wien gehaltenen Vortrag über „Entwicklung der österreichischen Sammelleitung". Vgl. E. u. M. 1928, Heft 13, S. 272.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 22, 487.

Digitized by Google

hersage stützt, hauptsächlich für die Laufkraftwerke und Kraftwerke mit geringer Speicherfähigkeit von Bedeutung ist, aber für Werke mit Speichervermögen zurücktritt, ist die langfristige Wassermengenprognose nicht nur für die erstgenannten Kraftwerksarten, sondern vielleicht noch mehr für die mit jahreszeitlicher Speicherung von Wichtigkeit und wird es noch mehr werden, wenn die Anwendung des Gedankens der Wassermengenprognose sich in der Verbundwirtschaft durchgesetzt hat.

Es liegen hier bisher zwei Hauptrichtungen vor, nach welchen sich die Bestrebungen zur Aufstellung langfristiger Abflußprognosen teilen. Die erste Methode, welche von dem Schweden Axel Wallén und dem Amerikaner

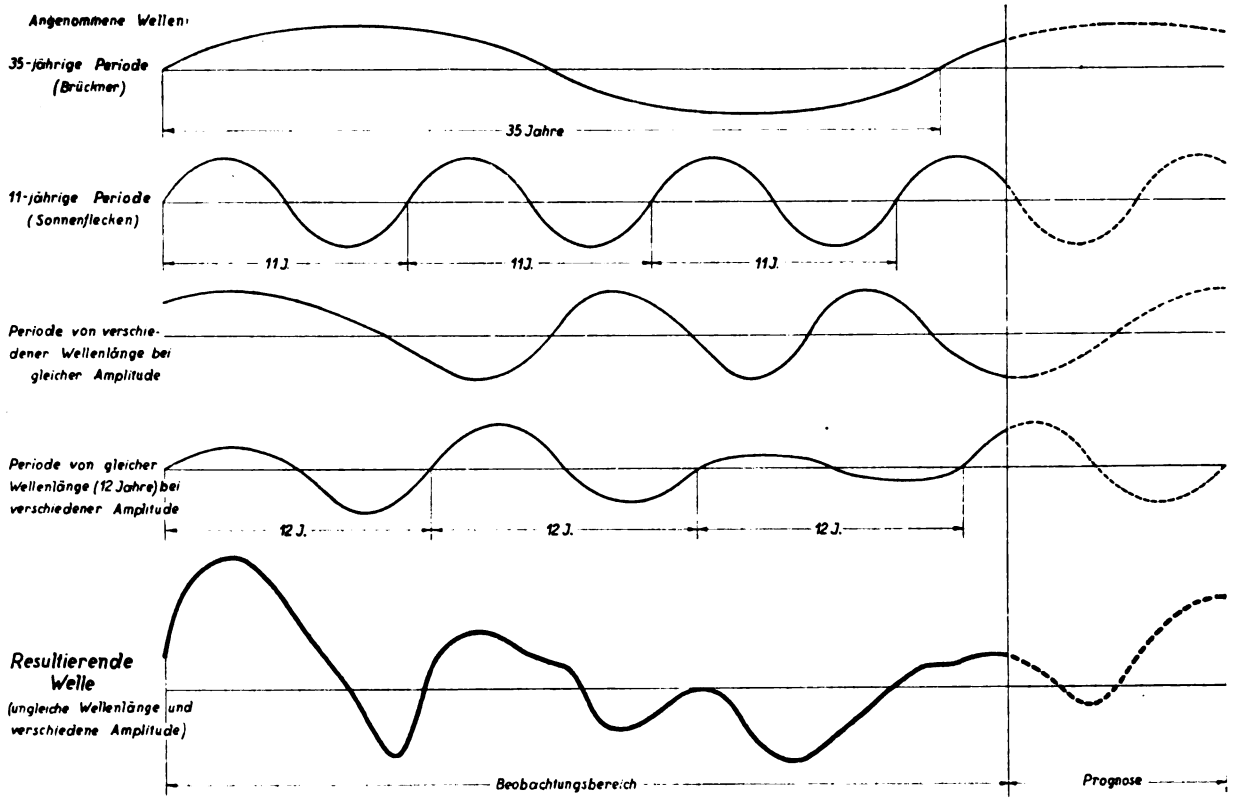


Abb. 2.

Streiff ausgebildet wird (Abb. 2), stützt sich auf den wellenförmigen Verlauf gewisser meteorologischer Erscheinungen. Trägt man zum Beispiel die Niederschlagshöhe, den Luftdruck, die Temperatur oder ein ähnliches meteorologisches Element unter Ausschaltung zufälliger Einzelstörungen auf, so erhält man eine zunächst ganz willkürlich anmutende Linie, aus welcher sich jedoch bei Anwendung entsprechender Analysationsmethoden bestimmte Wellen herausschälen lassen. So ist zum Beispiel mit Sicherheit die sogenannte „Brücknersche Welle" von rund 35 Jahren Wellenlänge und eine mit den Sonnenflecken gehende 11-jährige Welle festgestellt worden. Diese größeren Wellen sind nun überlagert von mehreren Wellensystemen kürzerer Länge, aber größeren Ausschlages. Leider ist das tatsächliche Bestehen dieser Wellen nicht ebenso sicher erwiesen wie das der vorerwähnten beiden Wellen; aber man konnte in gewissen Fällen auch Wellen von nur einigen Jahren Wellenlänge herauslösen. Gelingt es nun, für irgend eine Erscheinung, wie zum Beispiel für den Abfluß eines Flusses, die wichtigsten Wellen herauszubekommen, so kann man nun jede dieser Wellen für sich für ein kurzes Stück in die Zukunft verlängern, also extrapolieren; und damit besteht auch die Möglichkeit, diese Wellen zusammenzusetzen und so den sehr unregelmäßigen Verlauf des tatsächlichen Abflusses gleichfalls vorher zu bestimmen, das heißt darüber eine Vorhersage aufzustellen. Die Methode hat unter einfachen Verhältnissen, wo der verwirrende Einfluß örtlicher klimatischer Verhältnisse ausgeschaltet erscheint, also zum Beispiel bei Abflüssen aus großen Systemen von Seen, wie sie etwa in Nordamerika und Schweden vorkommen, Aussicht auf Erfolg und hat ihn auch schon gehabt. Nur hat unser bisheriger Einblick in diese Kenntnisse zutage gefördert, daß scheinbar einzelne, insbesondere die kürzeren Wellen eine veränderliche Wellenlänge besitzen, von der Veränderlichkeit der Amplitude ganz zu schweigen; so daß auch die Zusammensetzung dieser Wellen eben nicht in alle Ewigkeit vorgenommen werden kann, wie etwa die Vorausbestimmungen und die Rückrechnungen der Astronomen sich über Jahrtausende erstrecken; sondern es wird nötig, die Wellenlänge fallweise neu zu bestimmen, so daß eine Prognose nur im

Digitized by Google

engen Bereich bekannter und als gleichbleibend anzunehmender Wellenlänge und Amplitude mit Aussicht auf Erfolg gegeben werden kann.

Grundsätzlich anders verfährt die zweite Methode, über welche hier noch berichtet werden soll. Sie macht sich die Korrelationsmethode zur Aufstellung von zwei Arten Beziehungen nützlich, wie dies von Kesslitz für Verhältnisse in Steiermark sehr schön gezeigt wurde:

Zuerst erfolgt die Ermittlung des Zusammenhanges von Niederschlag und Abfluß in der Weise, daß jene Niederschlagsmonate und die zugehörigen Faktoren ermittelt werden, welche für einen bestimmten Bezugsmonat hinsichtlich seines Abflusses den größten Einfluß haben; es sind also im allgemeinen einige Vormonate und dann der Monat selbst zu beobachten. Im Winter entfällt meist die Bedeutung des Niederschlages des betreffenden Monates, da die Niederschläge in fester Form fallen, während im Frühjahr dann der Niederschlagsreichtum oder die Niederschlagsarmut der Wintermonate sich geltend macht. In allen Fällen — und es ist dies die Mehrzahl —, in welchen aber der Niederschlag des Bezugsmonates ausschlaggebend ist, muß dieser Niederschlag entweder eingeschätzt werden, was sehr rohe Näherungen ergibt, oder es wird versucht, seine Höhe unter Heranziehung unserer Kenntnis von den Aktionszentren der Wetterlage vorher zu bestimmen. Es ist nämlich der Meteorologie gelungen festzustellen, daß gewisse ausgezeichnete Beobachtungspunkte unserer Erdoberfläche eine weitreichende räumliche und zeitliche Bedeutung aufweisen, in dem Sinne, daß bestimmte Beziehungen zwischen der Wetterlage der Aktionszentren in den Vormonaten zum nachfolgenden Wetterverlauf an weitab gelegenen Orten bestehen, die nach der Korrelationsmethode wenigstens teilweise erfaßbar sind. Verwendet man nun diese Korrelationsgleichungen zwischen den Wetter-Aktionsgebieten zum Bezugsgebiete für die Bestimmung des voraussichtlichen Niederschlages im Bezugsmonate und führt diese Niederschlagshöhe in die Korrelationen zwischen Niederschlag und Abfluß ein, so ergibt sich eine geschlossene, langfristige Wassermengenprognose der mittleren Abflußverhältnisse, zum Beispiel für einen Monat, wobei jedoch dieser Zeitraum auch anders begrenzt werden kann.

Es scheint uns, daß einer Verbindung beider Methoden Erfolg beschieden sein wird. Aber wir bewegen uns hier auf einem Gebiete, auf dem bisher nur vereinzelte Erfahrungen vorliegen und ein abschließendes Urteil ist noch nicht möglich. Es muß aber hervorgehoben werden, daß unter gewissen Voraussetzungen die Einführung der Wassermengenprognose für ein Werk oder eine Verbundwirtschaft sehr große technische und wasserwirtschaftliche Vorteile bringen kann, die sich ganz unmittelbar auch im Ertrag des Werkes äußern, weshalb es wohl nicht überflüssig ist, auch im Rahmen einer Betrachtung der österreichischen Verbundwirtschaft solche Bestrebungen zu erwähnen.

Die Verwendung der Elektronenröhren in Biologie und Medizin.

Von F. **Scheminzky**, Wien.

a) Die Elektronenröhre als Schwingungserzeuger.

Die durch die aufstrebende Radiotechnik zu so vollkommener Entwicklung gebrachte Elektronenröhre hat begreiflicherweise auf den verschiedenen Gebieten der Wissenschaft Anwendung gefunden. Besonders zahlreich sind die Fragestellungen und Forderungen auf dem Gebiet der Biologie und Medizin, die mit Hilfe von Elektronenröhren erfolgreich bearbeitet werden können. Die Stellung der Probleme und ihre Lösung bietet auch für den Techniker Interessantes. Es soll daher im folgenden die Benützung von Elektronenröhren in Schwingschaltungen für die genannten Zwecke näher betrachtet werden.

Bekanntlich lassen sich mit Hilfe der Rückkopplung mit den Elektronenröhren elektrische Schwingungen gewinnen, die langdauernd in Frequenz und Amplitude konstant bleiben und deren Schwingungszahl leicht in fast beliebigem Ausmaß eingestellt werden kann. Es werden sowohl nieder- wie hochfrequente Schwingungen verwendet.

Ein Problem, das sich mit Hilfe der Elektronenröhren unter übersichtlichen Verhältnissen hat untersuchen lassen, ist die Reizbarkeit lebender Gebilde durch Wechselstrom. Es ist bekannt, daß bei geeigneter Versuchsanordnung zum Beispiel ein Muskel durch einen elektrischen Reiz zur Kontraktion gebracht werden kann. Zwischen Gleich- und Wechselstrom besteht freilich ein gewisser Unterschied, derart, daß der erstere im allgemeinen nur beim Ein- und Ausschalten wirksam ist, während der letztere für die Dauer seiner Einwirkung eine Kontraktion hervorruft. Bestimmt man die geringste Stromstärke, die noch eine Reizwirkung bedingt (Schwellenwert), so zeigt sich, daß diese mit zunehmender Frequenz ansteigt. Während für niederfrequente Wechselströme von etwa 50 Per/s der Schwellenwert des Stromes nur Bruchteile eines Milliampere beträgt, kann er bei hochfrequenten Strömen mehrere Ampere betragen, ja bei genügend hoher Frequenz wird der Reiz schließlich unwirksam, so daß sehr starke Ströme ohne jede Reizwirkung durch ein Lebewesen geleitet werden können. Auf diesem Prinzip beruht ja die Diathermie, die beim Menschen als Wärmetherapie angewendet wird: Entsprechend hochfrequente Wechselströme werden durch den zu behandelnden Körperteil hindurchgeschickt, wobei das Produkt $i^2 . R$ als Wärme zur Auswirkung kommt. Ströme von 1 bis 2 A werden dabei oft verwendet. Während die alten Diathermieapparate zur Erzeugung der hochfrequenten Wechselströme von 1 Mill. Hertz Funkenstrecken benützten, ist man neuerdings auf die Verwendung richtiger Senderöhren übergegangen. Solche Apparate sind bereits im Handel erhältlich und bieten, abgesehen vom geräuschlosen Betrieb und dem Wegfall der Funkenstreckenzerstörung, auch den Vorteil einer besseren Stromausnützung.

Die geringe Reizwirkung hochfrequenter Wechselströme ist darauf zurückzuführen, daß die Reizung erst durch chemische Veränderungen in den vom Strom durchflossenen Organen zustande kommt. In geringem

Digitized by Google

Grad sind es die Ionenverschiebungen, in höherem auch die Entladung der Ionen, welche als Reiz wirken. Diesen Vorgängen kommt eine gewisse Trägheit zu; je rascher ein Strom seine Richtung wechselt, um so geringer sind die von ihm hervorgerufenen Veränderungen und seine Reizwirkung. Nernst (1899) hat die Gesetze abgeleitet, nach denen die Wechselströme wirksam sind. Bei den vielfachen Versuchen, die Nernstsche Formel nachzuprüfen, wurden die Wechselströme — insbesondere bei Hochfrequenz — mit Funkenstrecken erzeugt, wobei jedoch schwer zu entscheiden war, inwieweit eine Reizwirkung auf die Grundschwingung oder auf die durch die Dämpfung des Einzelfunkens bedingte überlagerte niedere Frequenz zu beziehen sei. In viel reinerer Weise ist natürlich eine Nachprüfung mit einem Röhrensender möglich, der bei geeigneter Schaltung wirklich reine elektrische Schwingungen liefern kann; man muß nur darauf Rücksicht nehmen, daß der geradlinige Teil der Charakteristik nicht überschritten wird, daß man also im Gebiet der Schwingungen erster Art bleibt. Bei Schwingungen zweiter Art ist ja das Auftreten von Oberwellen höherer Frequenz unvermeidlich und damit der Versuch nicht rein.

Ein Beispiel für eine zu Reizzwecken verwendete Schwingschaltung zeigt Abb. 1. In den Kreis der Elektronenröhre sind zwei Transformatoren T' und T'' eingeschaltet. T' besorgt die Rückkopplung, während T'' die Schwingungsenergie nutzbar macht. Innerhalb der gegebenen Grenzen läßt sich die Frequenz der Schwingungen mit dem Drehkondensator C einstellen. Von der Sekundären des Transformators T'' sind die Leitungen über ein Telephon T zu den beiden Elektroden a und a' geführt, die dem Nerven N anliegen. Zur Einstellung der Stromstärke wird die variable Kopplung zwischen Primär- und Sekundärseite von T'' benützt, sowie ein Parallelwiderstand R zum Nerven. Die mit dieser Anordnung jeweils erzielbaren niederfrequenten Schwingungen werden mit dem Telephon T abgehorcht und durch Vergleich mit einem Satz geeichter Stimmgabeln die Schwingungszahl bestimmt.

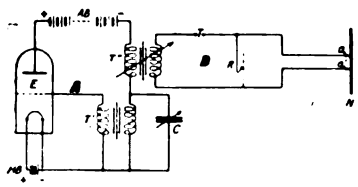


Abb. 1. Schwingschaltung nach Wyzz (1925).

Werden so erzeugte elektrische Schwingungen mit einem akustischen Umwandlungsgerät hörbar gemacht, so haben wir in einer derartigen Anordnung eine einfache und bequeme Versuchsanordnung für akustische Untersuchungen. Je nach dem Umwandlungsgerät wird jedoch nicht immer ein reiner Ton bei Erregung durch eine reine elektrische Schwingung hervorgebracht. Insbesonders die gebräuchlichen elektromagnetischen Telephone entstellen das Klangbild durch Hinzufügung höherfrequenter Teiltöne. Wo es daher auf reine Töne ankommt, wendet man neuerdings das Thermophon[1]) (zum Beispiel Zwaardemaker, 1925) an; auch das Reisz-Kondensatortelephon (Reisz 1926) dürfte hier in Frage kommen. Mit solchen Anordnungen können mannigfache physiologische Probleme gelöst werden. So hat man die Frage nach der Schallokalisation einerseits dadurch untersucht, daß ein derartiger Schallsender an verschiedenen Punkten eines Raumes zur Aufstellung kam oder aber auch dadurch, daß den beiden Ohren Schallwellen phasenverschoben dargeboten wurden. Weiters läßt sich so die Empfindlichkeit des Ohres, die ja bekanntlich für verschiedene Frequenzen verschieden ist, genau untersuchen und so besonders bei Ohrerkrankungen eine verminderte Empfindlichkeit oder Tonlücken viel leichter nachweisen als etwa mit den früher benützten Stimmgabelreihen. Es erlauben ja die elektrischen Schallsender eine lückenlose Tonfolge dem Ohre darzubieten. Für exakte Versuche ist hier unbedingt mit Umwandlungsgeräten, die reine Töne liefern können, zu arbeiten; es müssen auch Elektronenröhren mit entsprechend langer Charakteristik zur Verwendung kommen, so daß auch bei großer Leistung Schwingungen zweiter Art sicher vermieden werden. Es sind so besonders von der Western Electric Co., Delaware, verschiedene Hörprüfungsgeräte unter dem Namen „Audiometer" in den Handel gebracht worden. Die Ergebnisse einer solchen mit elektrischen Schallsendern und Thermophonen durchgeführten Untersuchung des menschlichen Ohres zeigt Abb. 2 nach

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 42.

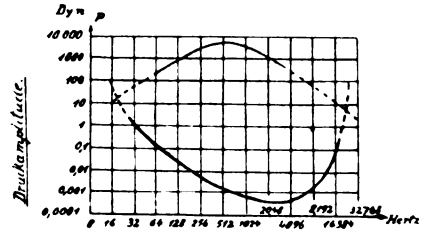


Abb. 2. Obere und untere Hörgrenze nach Fletcher (1923).

Fletcher (1923). Wie schon aus früheren Untersuchungen von M. Wien (1903) bekannt, liegt die größte Empfindlichkeit des Ohres, entsprechend der kleinsten Reizenergie, zwischen 1000 und 5000 Hertz (untere Kurve). Steigert man die Reizintensität, die Tonstärke, so nimmt bis zu einer oberen Grenze die Empfindung — die Lautstärke (Druckamplitude) — zu, um schließlich in einen Schmerzeindruck überzugehen (obere Kurve). Die von der Minimum- und Maximumkurve eingeschlossene Fläche entspricht dem Gebiet der Hörempfindung, die beiden strichlierten — extrapolierten — Äste schneiden sich etwa bei 20 und bei 20 000 Hertz. Diese Frequenzen stellen die untere und obere Hörgrenze dar, die so erstmalig exakt festgestellt werden konnten.

Abb. 3 zeigt eine von Schaefer und Gruschke entwickelte Schwingungsanordnung zur Hörprüfung. Das Spulensystem L dient zur Rückkopplung; das mit dem Drehkondensator, der zur Einstellung der Frequenz dient, verbundene Spulensystem macht bei W die erzeugten Wechselströme nutzbar. Da mit der Belastung bei W sich zum Teil die Frequenz ändert und andererseits die zur Erregung der akustischen Umwandlungsgeräte notwendigen Ströme meist unter der Empfindlichkeitsgrenze der üblichen Meßanordnungen liegen, so haben die Autoren von vornherein Wechselströme größerer Intensität erzeugt und das Prüftelephon über einen Satz von Widerständen mit dem Röhrengenerator in Verbindung gebracht. Diese Anordnung zeigt Abb. 4. Der Hauptkreis der Meßanordnung besteht aus einem Vorschaltwiderstand R, einem Hitzdraht-Milliamperemeter M, einem Satz geeichter Widerstände von S_1 bis S_{20} und einem Gleitdraht Gl. In diesem Hauptkreis wird durch R eine bestimmte Stromstärke eingestellt. Der Nebenkreis, der das Telephon F enthält, wird einerseits durch den Kurbelschalter K_2 angekoppelt, der eine grobe Regulierung gestattet, während über den Schiebekontakt K_1 am Gleitdraht eine Feineinstellung möglich ist. Der Nebenkreis kann durch den Schalter T geschlossen werden. Ein Serienwiderstand V kann bei Bedarf großer Lautstärken durch einen Schalter U kurzgeschlossen werden. Da der im Neben-

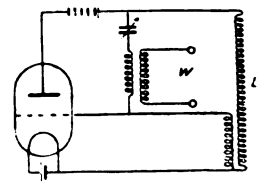


Abb. 3. Schallsender zur Hörprüfung nach Schaefer und Gruschke (1921).

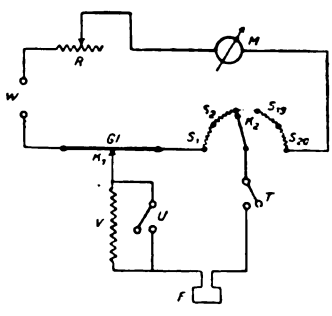


Abb. 4. Meßkreis zu Abb. 3.

Digitized by Google

kreis fließende Strom gegenüber dem Hauptstrom sehr schwach ist, spielt die Veränderung von K_1 und K_2 praktisch keine Rolle. Da die Stromstärke durch das Instrument *M* angezeigt wird und der Widerstand des Gleitdrahtes und die Widerstände S_1 bis S_{20} bekannt sind, so läßt sich nach bekannten Formeln jederzeit die im Nebenkreis wirksame Spannung bezw. Stromstärke rechnen.

Schwingschaltungen lassen sich auch dazu verwenden, um Kapazitätsänderungen winziger Kondensatoren nachzuweisen. Steht der Kondensator mit anderen veränderlichen Körpern in Verbindung, so lassen sich mittelbar zum Beispiel kleine Längenänderungen feststellen. Mit solchen Methoden ist eine Reihe von interessanten physikalischen Messungen ausgeführt worden, wobei die Empfindlichkeit der für solche Messungen üblichen Geräte weit unterschritten wurde. Eine sehr interessante Einrichtung dieser Art ist das Ultramikrometer von Dowling (1923) mit dem zum Beispiel die Wachstumsvorgänge an Pflanzen sich verfolgen und registrieren lassen[2]). Abb. 5 zeigt die dabei benützte Schaltung. Mit der Spule *XYZ* in Verbindung mit dem Kondensator *C* wird die Elektronenröhre zum Schwingen gebracht. Durch entsprechende Wahl des Röhrendurchgriffes, der Anodenspannung und einer eventuellen Gittervorspannung wird der Arbeitspunkt des Gitters auf den unteren Kennlinienknick verlegt, so daß diese Anordnung Schwingungen zweiter Art liefert. Bei diesen ist bekanntlich der mittlere Anodenstrom von der Frequenz abhängig. Der Anodenkreis ist über den Widerstand *R* geschlossen, parallel zu ihm liegt ein Spiegelgalvanometer *G*, das durch den Widerstand *S* gedämpft ist. Durch die Batterie *E* kann der einer gegebenen Frequenz entsprechende Anodenstrom vom Galvanometer abgehalten werden. Bei geeigneter Wahl der Schaltelemente bedingt jedoch jede Veränderung des mittleren Anodenstromes einen Ausschlag des Galvanometers *G*. Frequenzänderungen kommen durch Änderung des Kapazitätswertes von *C* zustande. Diese Kapazitätsänderungen werden durch Distanzänderungen der beiden Kondensatorplatten bewirkt. Bei geeigneter Stellung des Schiebekontaktes *Y* und des Ruhekapazitätswertes *C* besteht zwischen der Distanzänderung der Kondensatorplatten und der Änderung des mittleren Anodenstromes eine geradlinige Proportionalität. Die vom Spiegelgalvanometer in üblicher Weise auf einem photographischen Film registrierte Kurve stellt dann direkt eine vergrößerte Abbildung der Distanzänderungen am Kondensator vor. Dowling (1923) hat zum Beispiel eine solche Kondensatorplatte mit einem wachsenden Bohnenkeimling in Verbindung gebracht und so eine Wachstumskurve registriert. Diese ist in Abb. 6 abgebildet und stellt die Längenänderungen des Keimlings in Abhängigkeit von der Zeit während ungefähr 12 min dar. Durch Ausbau dieser Anordnung von Seiten der Pflanzenphysiologen sind gewiß interessante Einblicke in die Wachstumsvorgänge zu erwarten.

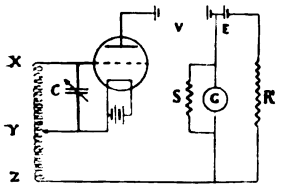


Abb. 5. Schaltung des Ultramikrometers von Dowling (1923).

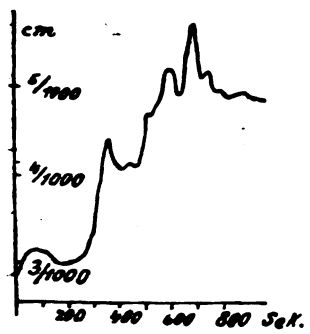


Abb. 6. Wachstumskurve eines Bohnenkeimlings nach Dowling.

In ähnlicher Weise können Frequenzänderungen festgehalten werden, die in einem Schwingungskreis mit einem leicht gebauten Kondensator auftreten, wenn dieser von Schallwellen getroffen wird und durch die Schalldruckamplitude die Distanz der Kondensaterbelegungen sich ändert. Einer solchen Einrichtung hat sich Trendelenburg (1924, 1925) bei seinen schönen Versuchen über die Registrierung von Sprachklängen sowie neuerdings auch bei der Aufschreibung der Schallkurven von Herztönen und Lungengeräuschen (1927) bedient. Abb. 7 stellt die von Trendelenburg benützte Anordnung zur Schallregistrierung mit Kondensatormikrophon und Hochfrequenzsendern dar. Zwei Röhrensender *A* und *B* sind lose (durch je eine Windung) mit der Spule *C* eines Gleichrichters G_1 gekoppelt. Die Sender sind ungefähr auf eine Wellenlänge von 50 m abgestimmt, doch so in ihrer Frequenz verschieden, daß eine Überlagerungsschwingung von etwa 60 000 Hertz entsteht. Der Sender *B* enthält das Kondensatormikrophon *M*, dessen Kapazität durch den Schall verändert wird, so daß die vom Gleichrichter G_1 empfangene Überlagerungsschwingung entsprechend dem Schalldruck Frequenzänderungen erfährt. Der Gleichrichter G_1 ist wieder mit dem Schwingungskreis *S* gekoppelt, der so eingestellt ist, daß die Ruhefrequenz der Überlagerungsschwingung etwa auf die Mitte einer der seitlichen Äste seiner Resonanzkurve fällt. Da unter diesen Bedingungen die Stärke des in *S* induzierten Stromes mit Zunahme der Frequenz steigt, mit Abnahme sinkt oder umgekehrt, so werden durch diesen schalttechnischen Kunstgriff die Frequenzänderungen in proportionale Amplitudenänderungen übergeführt, wenn die Resonanzkurve in dem benützten Teil als geradlinig angesehen werden kann. Die so modulierten Hochfrequenzschwingungen werden von *S* einem mehrstufigen Hochfrequenzverstärker *H* übermittelt und schließlich von einem Gleichrichter G_2 auf eine Oszillographenschleife übertragen, welche zwar nicht auf die hochfrequenten Stromstöße, wohl aber auf die niederfrequente Modulation reagiert. Es gelang so dem Autor, Schallkurven weitgehend klanggetreu und verzerrungsfrei zu registrieren. Abb. 8 zeigt zum Beispiel die Schallkurve eines „R", die Trendelenburg registriert hat.

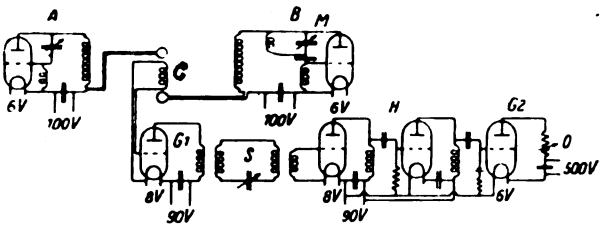


Abb. 7. Schallregistrierung nach Trendelenburg (1924).

Diese Schaltung stammt aus einer Zeit, in der die Niederfrequenzverstärkung wegen der durch die damals üblichen Transformatoren bedingten Verzerrungserscheinungen umgangen werden mußte. Trendelenburg hat später seine Methode durch Benützung eines widerstandsgekoppelten Verstärkers vereinfacht. Ein Röhrensender wird lose mit einem Empfänger gekoppelt, in dessen Schwingungskreis das Kondensatormikrophon eingeschaltet ist und der so abgestimmt wird, daß die Hilfsschwingung auf die Mitte des seitlichen Astes der Resonanzkurve fällt. Es entstehen so beim Besprechen des Kondensatormikrophons gleichfalls Amplitudenmodulationen, die direkt auf einen widerstandsgekoppelten Verstärker übertragen werden können.

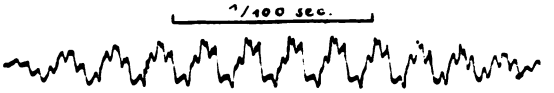


Abb. 8. Schallkurve eines „R". Registriert mit der Schaltung in Abb. 7.

Weitere Anwendungsgebiete für Schwingschaltungen sind zum Beispiel Leitfähigkeitsbestimmungen und sonstige Messungen an der Wechselstrombrücke, wobei die Elektronenröhre in einfachster Weise als Wechselstromgenerator benützt werden kann. Gleichfalls inter-

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1921, S. 326.

Digitized by Google

essant ist eine Verwendung der elektrischen Schwingungen, die auf Höber (1910, 1912) zurückgeht, die mit den heutigen Methoden der Röhrensender jedoch in viel eleganterer Weise möglich ist. Es handelt sich dabei um die Bestimmung der inneren Leitfähigkeit lebender Gewebe. Aus der Leitfähigkeit des Inhaltes von Eizellen zum Beispiel lassen sich nicht nur Schlüsse auf den physikalischen Zustand, sondern auch auf verschiedene Veränderungen im Innern solcher Zellen ziehen. Das Einführen von Elektroden, ja auch schon das Eröffnen der Eihaut kann Veränderungen bewirken, die die ganze Messung zwecklos machen können. Die von Höber angegebene und seinerzeit mit Funkensendern ausgebildete Methode beruht darauf, daß die Dämpfung von Spulen durch Einbringen leitender Körper in das Innere eine Veränderung erfährt. Wird eine Spule mit einem Kondensator zu einem Schwingungskreise verbunden, so ändert sich nach Einbringen eines Röhrchens mit Eizellen, zum Beispiel ins Spuleninnere, die Dämpfung, wie zum Beispiel mit einem Resonanzkreis, Detektor und Galvanometer leicht nachgewiesen werden kann. Rechnerisch läßt sich dann die Leitfähigkeit des zu prüfenden Gebildes festlegen.

Niederfrequent schwingende Elektronenröhren als Schallsender sind in Verbindung mit Blockierungsröhren mit großer negativer Vorspannung auch zur Entscheidung der Frage herangezogen worden, wie viele Schwingungen eines Tones dem Ohre dargeboten werden müssen, damit die Tonhöhe noch erkannt werden kann. Kucharski (1924) hat bei einer solchen Anordnung durch die Entladung eines Gitterkondensators vorübergehend die negative Vorspannung aufgehoben und so kurzzeitig den niederfrequenten Wechselströmen einen Durchtritt durch die Blockierungsröhre gestattet. Bei solchen Versuchen ließ sich nachweisen, daß schon eine einzige Schwingung zur Erkennung der Tonhöhe genügt.

Hochfrequenzsender mit ganz kurzen Wellenlängen gewinnen auch nach den Versuchen von Gosset, Gutmann, Lakhovsky und Magrou (1925) dadurch biologische Bedeutung, daß diese Autoren die Zerstörung krebsartiger Wucherungen bei Pflanzen mit ihnen erreichen konnten. Die Pflanzen selbst wurden nicht geschädigt. Freilich handelt es sich bei der Bildung von Pflanzenkrebsen um andere Vorgänge als bei den Krebserkrankungen des Menschen, so daß eine Übertragung dieser Erfahrungen in die Medizin derzeit noch undenkbar ist.

Es konnte im Vorhergehenden natürlich keine Vollständigkeit angestrebt werden, da der Umfang des Gebietes für einen kurzen Bericht zu groß ist. Immerhin können diese Beispiele die Art und Weise zeigen, wie solche Schwingschaltungen mit Vorteil für biologische und medizinische Zwecke zu benützen sind.

b) Die Elektronenröhre in Widerstands- und Ventilschaltung.

Der durch eine Elektronenröhre fließende Strom ist, abgesehen von den elektrischen Eigenschaften der Röhre, von der Anodenspannung, der Gitterspannung und der Heizung abhängig. Verändert man die beiden letzten Faktoren, so kann man bis zum Höchstwert eine fast beliebige Stromstärke einstellen. Da die Feinregulierung sowohl der Gitterspannung als auch der Heizung in einfachster Weise möglich ist, so bildet die Elektronenröhre einen leicht regelbaren Widerstand, der von einem praktisch unendlich großen Wert bis auf etwa 3000 bis 6000 Ohm, je nach dem Mindestwert für die betreffende Röhre, veränderlich ist. Derartige Schaltungen gewinnen für biologische Zwecke besondere Bedeutung, da ja die Ströme für Reizung von Nerven, Muskeln und dergleichen sehr geringfügig sind und daher stets hochohmige Vorschaltwiderstände benötigt werden. So beträgt beispielsweise die zur Reizung eines Froschmuskels notwendige Stromstärke bei Gleichstrom etwa 10 bis 20 Mikroampere.

Die Organe, die gereizt werden sollen, sind aber meist sehr empfindlich, so daß schon eine wenige Sekunden dauernde Durchströmung eine Veränderung der Reizbarkeit zur Folge hat. Da solche schwache Ströme nur mit den empfindlichsten Glavanometern nachgewiesen werden können, die meist eine ziemlich große Schwingungsdauer aufweisen, so sind derartige Messungen wegen der für den Ausschlag notwendigen längeren Durchströmungszeit mit manchen Fehlern behaftet. Dabei ist die für die Reizung notwendige Stromflußzeit oft nur von der Größenordnung einiger Tausendstel Sekunden, so daß, geeignete Meßeinrichtungen vorausgesetzt, längere Stromflußzeiten vermieden werden könnten. Steinhausen (1920) hat nun für derartige Versuche eine recht interessante Schaltung angegeben, die im Prinzip darauf beruht, daß für eine gegebene Heizung und eine gegebene Anodenspannung eine bestimmte Stromstärke im Anodenkreis durch eine bestimmte Gitterspannung mit großer Genauigkeit eingestellt werden kann. Abb. 9 zeigt die von dem genannten Autor benützte Anordnung. Auf der Gitterseite einer Elektronenröhre *E* befindet sich eine 6 V-Batterie *Sp*, die mit einem Potentiometer *Z* überbrückt ist. Die jeweils vom Potentiometer abgegriffene Spannung, die am Voltmeter *V* abgelesen werden kann, wird über einen Stromwender *W* im positiven oder negativen Sinn auf das Gitter einwirken gelassen. Im Anodenkreis befindet

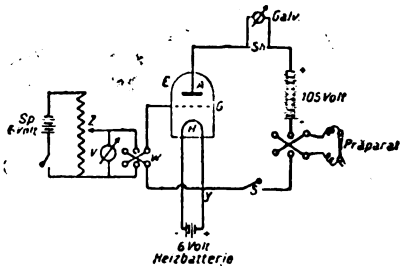


Abb. 9. Widerstandsschaltung nach Steinhausen (1920).

sich ein Galvanometer, die Anodenbatterie, das Präparat — das über einen Stromwender angeschaltet ist, da auch die Stromrichtung für die Reizung Bedeutung hat — und ein Schalter *S*. Schließt man das Präparat zunächst kurz, um es zu schützen, so läßt sich für eine derartige Anordnung eine Eichkurve aufnehmen, die für jede beliebige Gitterspannung den im Anodenkreis fließenden Strom, gemessen durch das Galvanometer, angibt. Man kann nach der Eichungskurve für eine bestimmte Stärke des Reizstromes — des Anodenstromes — die zugehörige Gitterspannung *Z* einstellen, ohne daß das Präparat bei diesem Vorgang von Strom durchflossen sein muß. Erst durch kurzdauerndes Schließen des Schalters *S* wird das Präparat tatsächlich unter Strom gesetzt. (Der geringe Fehler, der durch die Zuschaltung des Präparates in den Anodenkreis entsteht, läßt sich leicht rechnerisch festlegen oder von vornherein durch Einschalten eines dem Präparat gleichen Widerstandes in den Anodenkreis während der Aufnahme der Eichungskurve vermeiden.) Diese Anordnung bietet somit den Vorteil, daß die Reizstromstärke von Anfang an gemessen, bezw. angegeben werden kann, ohne das empfindliche Organ dem Strom selbst auszusetzen.

Die besprochene Anordnung ist durch die Verwendung mehrerer Batterien, mehrerer Meßinstrumente und Widerstände etwas kompliziert. Man kann jedoch nach dem Vorschlag des Verfassers (1926) für sehr viele Zwecke mit einer vereinfachten Anordnung auskommen, wobei Gitter und Anode kurzgeschlossen werden und die Regelung der Stromstärke durch die Veränderung der Heizung erfolgt. Da es sich bei den hier in Betracht kommenden Verwendungsarten nur um außerordentlich schwache Ströme handelt, so kann man sehr oft gleichzeitig die Heizbatterie als Anodenbatterie verwenden, wobei je nach der Lage des Heizwiderstandes entweder die volle Spannung der Batterie oder auch nur die Heiz-

Digitized by Google

spannung allein zur Auswirkung kommt. Verwendet man die Elektronenröhre zum Beispiel in Verbindung mit dem Iro-Universal-Verstärkersockel, der den Heizwiderstand eingebaut enthält, so bekommt man ein sehr einfaches Schaltelement. Befestigt man diesen Sockel mit einem Hartgummibrettchen an einer Schraubzwinge, so kann ein derartiges „Einheitsgerät" in gleicher Weise wie ein Schalter, ein Stromwender oder Widerstand an den Arbeitstisch angeschraubt werden. Es stellt dann einen durch den Heizwiderstand regelbaren Hochohmwiderstand vor, wie er bis jetzt für physiologische Zwecke in so einfacher und billiger Weise nicht hergestellt werden konnte. Abb. 10 zeigt ein solches fertig zusammen-

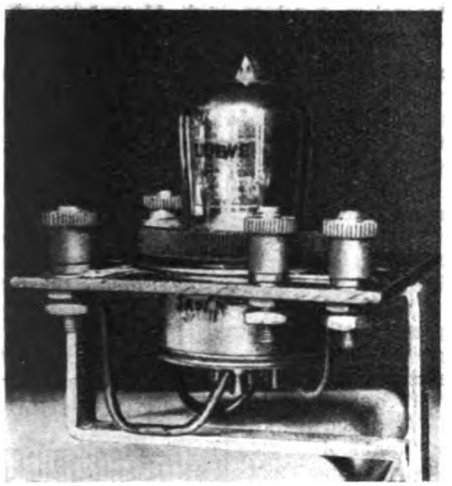


Abb. 10. Röhreneinheitsgerät nach Schemlnzky (1926).

gebautes Schaltelement mit den vier Anschlußklemmen für Heizkreis, Gitter und Anode.

Die Einschaltung einer Elektronenröhre in einen Reizkreis bietet aber — worauf Fabre und Desgrez (1926) hingewiesen haben — noch einen besonderen Vorteil. Fließt nämlich ein Gleichstrom durch ein Lebewesen oder eines seiner Organe, so bewirkt er chemische Zersetzungen, die ein Gegenpotential, eine Polarisationsgegenspannung, bedingen. Leitet man daher einen Strom gegebener Stärke durch ein solches Organ, so wird durch das Auftreten der genannten Gegenspannung die Stärke des Reizstromes immer mehr verkleinert. Die Einschaltung einer Elektronenröhre verhindert jedoch diese Erscheinung. Ist nämlich die Anodenspannung so groß, daß alle erzeugten Elektronen zur Anode angezogen werden, so herrscht bekanntlich der „Sättigungsstrom"; der unterste Grenzwert der Anodenspannung, der diese Stromstärke gerade noch hervorruft, ist dann die Sättigungsspannung. Eine Erhöhung der Anodenspannung über die Sättigungsspannung kann aber begreiflicherweise auch nicht mehr als alle erzeugten Elektronen zur Anode ziehen. Schwankungen der Anodenspannung, die sich über der Sättigungsspannung abspielen, bewirken daher keine Veränderung des Anodenstromes. Für die notwendigen Reizströme ist die Sättigungspannung gewöhnlich kleiner als 1 bis 2 V. Verwendet man daher als Anodenspannung etwa 10 V, so spielt die Verminderung dieser Spannung durch die im gereizten Organ auftretenden Gegenkräfte keine Rolle. Trotz Auftretens der Polarisation bleibt also die Stärke des Reizstromes unverändert, was bis jetzt auf andere Weise gar nicht erzielt werden konnte.

Eine weitere wichtige und einfache Schaltung benützt gleichzeitig die Ventilwirkung der Elektronenröhre, die ja darin besteht, daß im Sinn der konventionellen Bezeichnungsweise der Strom nur von der Anode zum Glühfaden, aber nicht umgekehrt, fließen kann. Für Reizzwecke verwendet man nun sehr oft auch den faradischen Strom. Dieser entsteht bekanntlich in einem Transformator mit einem nichtgeschlossenen Eisenkern durch Ein- und Ausschalten eines in die Primärspule eingeleiteten Gleichstromes. In der Sekundärspule treten dann Schließungs- und Öffnungsstromstöße auf, die aber infolge der Selbstinduktion eine ungleiche Kurvenform haben. Dem steiler verlaufenden Öffnungsstrom entspricht auch eine größere physiologische Wirkung. Ein mit faradischen Strömen gereizter Muskel macht daher bei Stromöffnung eine größere Zuckung. In Abb. 11, die von rechts nach links zu lesen ist, sind solche Muskelzuckungskurven, auf einer berußten Trommel registriert, zu sehen. Die untere Kurve zeigt den Verlauf des Primärstromes mit einem elektromagnetischen Schreiber registriert, Einschalten des Stromes bewirkt Ausschlag nach unten, Ausschalten des Stromes nach oben. Die Muskelzuckungen, die den Öffnungsströmen entsprechen, sind deutlich größer (rechte Hälfte der Abb. 11). Bei langdauernden Reizversuchen schaltet man den Schließungsstrom meist durch einen mit der

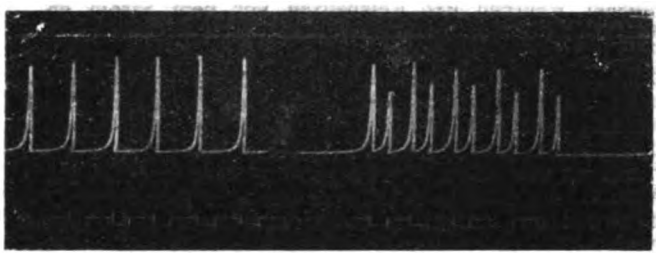


Abb. 11. Muskelzuckungen bei Reizung mit faradischen Strömen (oben) und Verlauf des Primär-Gleichstromes (unten).

primären Unterbrechungsvorrichtung synchron arbeitenden mechanischen Abblender aus, der jedoch leicht versagen kann. Nach meinem Vorschlag (1926) lassen sich solche Abblender durch Einschalten einer Elektronenröhre, etwa in Form des in Abb. 10 gezeigten Einheitsgerätes, ohne weiteres ersetzen. Die Röhre ist nur so zu polen, daß der Öffnungsstromstoß positiv in Bezug auf die Anode der Röhre ist. Abb. 11 zeigt in der linken Hälfte das Fehlen der Schließungszuckung des Muskels, da durch die Röhre ja nur mehr der Öffnungsstrom durchfließen kann.

Eine weitere Anwendung findet die Elektronenröhre in Widerstandsschaltung infolge der Eigenschaft der Sättigungsströme, von Spannungsschwankungen zum Teil unabhängig zu sein, in einer vom Verfasser (1926) angegebenen Schaltung zur rhythmischen Reizung mit Kondensatorentladungen. Hittorf hat gezeigt, daß sich mit Hilfe von Glimmentladungen rhythmische Auf- und Entladungen eines Kondensators erzielen lassen. Mit den heutigen Glimmlampen und Glimmstrecken mit Edelgasfüllung lassen sich solche Anordnungen schon mit niedrigen Spannungen betreiben. Die Hittorfsche Schaltung beruht darauf, daß ein Kondensator über einen hohen Widerstand langsam aufgeladen wird. Parallel zum Kondensator liegt eine Glimmlampe, über die die Ladung des Kondensators abfließen kann, wenn sie nach Erreichen der Zündspannung ionisiert. Die Entladung reißt aber ab, wenn die Spannung am Kondensator den Wert der Löschspannung erreicht hat. Da inzwischen der Kondensator neu aufgeladen wird, so wiederholt sich dieses Spiel. Schaltet man mit der Glimmröhre einen Transformator in Serie, so läßt sich der Entladungsstromstoß für Reizzwecke verwenden. Eine derartige Anordnung erfordert aber eine besondere Batterie hoher Spannung, die das Arbeiten umständlich macht und bei Verwendung einer Trockenbatterie auch eine wiederholte Neuanschaffung erfordert. In ähnlicher Weise, wie Geffcken und Richter (1924) bei ihrer Glimmbrücke die Aufladung des Kondensators über eine Elektronenröhre erfolgen lassen, wird bei der von mir angegebenen Reizanordnung der Aufladewiderstand gleichfalls durch eine solche ersetzt. Man kann aber in diesem Fall den Apparat an ein gewöhnliches Lichtnetz anschalten, wobei die Röhre nur so stark geheizt wird, daß Sättigungsströme fließen. Spannungsschwankungen am Netz machen sich jetzt nicht in Form von Frequenz-

Digitized by Google

änderungen bemerkbar. Die Schaltung einer derartigen Reizanordnung zeigt Abb. 12, die wohl ohne weiteres verständlich ist. Der Muskel *P* wird an die Sekundärseite des Transformators angeschaltet. Ein ihm parallel liegender Schalter S_2 erlaubt, durch Kurzschluß den

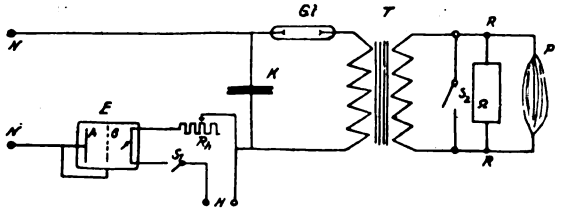


Abb. 12. Anordnung zur rhythmischen Reizung von Nerven, Muskeln und dergl. mit intermittierenden Glimmentladungen nach Schaminzky (1926).

Muskel während der Reizpausen vor dem Strom zu schützen. Die richtige Stromstärke läßt sich durch einen Parallelwiderstand Ω einstellen. Die Verwendung der Elektronenröhre *E*, zum Beispiel als Röhreneinheitsgerät nach Abb. 10, erlaubt weiters in dieser Schaltung eine äußerst feine Regelung des Aufladewiderstandes mittels des Feinstellheizwiderstandes. Da die Röhre *E*, die die Frequenz von Netzschwankungen unabhängig macht, bei Anschluß an Wechselstromnetze nur eine Phase durchläßt, und zur Aufladung des Kondensators *K* nutzbar macht, kann eine solche Reizanordnung auch bei Wechselstrom Verwendung finden; sie stellt somit eine ziemlich universell brauchbare Einrichtung zur rhythmischen Reizung dar. Die Frequenz wird durch entsprechende Heizung mit dem Widerstand R_h eingestellt.

In die Gruppe der hier besprochenen Schaltungen gehört auch das Mecapion von S. Strauß (1926), das schon in dieser Zeitschrift beschrieben und besprochen worden ist[3]). Seine Wirkung beruht darauf, daß dem Gitter einer Verstärkerröhre automatisch eine so große negative Vorspannung erteilt wird, daß es zu einer völligen Drosselung des Anodenstromes kommt. Schaltet man dem Gitterkondensator einen Widerstand parallel, so kann die Ladung je nach der Größe des Widerstandes rasch oder langsam abfließen, wobei jedoch immer wieder durch die Eigenart der betreffenden Schaltung der Gitterkondensator negativ aufgeladen wird. Jede Aufladung ist in einem eingeschalteten Telephon als Knall hörbar und die so erkennbare Ladungszahl steht zur Größe des Widerstandes in Beziehung. Bei Verwendung einer Ionisationskammer an Stelle des genannten Widerstandes lassen sich Röntgenstrahlen messen, der Apparat läßt sich daher als Röntgendosimeter verwenden. In Verbindung mit einer lichtelektrischen oder Selenzelle lassen sich die verschiedensten Lichtmessungen und kolorimetrischen Bestimmungen ausführen. Der vortreffliche Apparat dürfte eine weitgehende biologische und medizinische Verwendung finden.

Gleichfalls auf dem vorübergehenden Entladen eines blockierten Gitters beruht die auch biologisches Interesse verdienende Schaltung von Greinacher (1924) zum Nachweis von α- und β-Partikelchen. Abb. 13 stellt die Schaltung dar. Das Gitter der Elektronenröhre ist mit einer empfindlich gemachten Spitze in der Ionisationskammer *K* verbunden; die Spitze ist gegen das Gehäuse gut isoliert. Das letztere wird mit dem positiven Pol eines Hochspannungsgleichrichters *G* verbunden, dessen Spannung durch das Elektrometer *E* angezeigt wird. Tritt ein α- oder β-Partikelchen durch die vordere Öffnung der Zählkammer in das Innere ein, so wird das gewöhnlich durch den Elektronenzustrom negativ geladene Gitter durch die Spitzenentladung

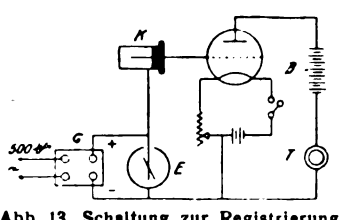


Abb. 13. Schaltung zur Registrierung von α- und β-Teilchen nach Greinacher (1924).

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 348 ff.

plötzlich positiv. Dadurch steigt der Anodenstrom plötzlich an, was sich zum Beispiel als Knall in einem im Anodenkreis eingeschalteten Telephon *T* hörbar macht. Da durch Elektronenzustrom das Gitter sofort wieder negativ wird, so ist die Spitze wieder für eine neue Entladung bereit. An Stelle des Telephons kann ein Niederfrequenzverstärker angeschlossen werden, der mit einem Lautsprecher jedes einzelne Partikelchen auch in einem großen Raum hörbar macht. Wird an Stelle des Telephons jedoch ein Galvanometer eingeschaltet, so lassen sich die einzelnen Partikelchen auch registrieren, wobei die α-Teilchen sich durch wesentlich größere Ausschläge von den β-Teilchen unterscheiden[4]). Es lassen sich so nicht nur die von einem Präparat ausgehenden Strahlenarten untersuchen, sondern auch Absterbevorgänge und dergleichen messend verfolgen.

Wie schon früher erwähnt, ruft in Lebewesen und ihren Organen ein Gleichstrom eine Polarisationsspannung hervor. Diese ist nicht leicht zu messen, da sie wenigstens bei den für Reizzwecke notwendigen geringen Stromstärken in der Größenordnung von wenigen Millivolt liegt und auch die angesammelte Elektrizitätsmenge sehr klein ist, so daß schon durch den Stromverbrauch für den Ausschlag des Meßinstrumentes eine Verminderung und ein beträchtlicher Meßfehler zustande kommt. Strohl und Iodka (1924) haben diese Schwierigkeiten durch eine in Abb. 14 gezeichnete Schaltung umgangen. Eine Hautpartie *H* wird zum Beispiel von einer Batterie *B* über den Widerstand *R* bei entsprechender Stellung des Schalters *U* durchströmt. Soll nach einiger Zeit die Polarisationsspannung in *H* gemessen werden, so wird der Schalter *U* aus der vertikalen in die schräge Lage gebracht. Die Elektronenröhre läßt nur dann einen durch das Galvanometer *G* anzuzeigenden Anodenstrom durch, wenn die Anode positiv gegenüber dem Heizfaden ist. Die Anodenspannung wird über das Potentiometer *P* von der Batterie *B* abgenommen. Dieser Spannung wirkt die in *H* entwickelte Polarisationsspannung entgegen. Verschiebt man den Kontakt des Potentiometers *P* von rechts nach links, so wird zunächst das Potential in *H* überwiegen, die Anode daher eine relativ negative Ladung aufweisen. Schließlich wird eine Stellung des Schiebekontaktes erreicht, wo die Polarisationsspannung und die von *P* abgegriffene Spannung numerisch gleich sind, die Anodenspannung also Null ist, während eine weitere kleine Verschiebung nach links durch Überwiegen des von *P* abgegriffenen Potentiales die Anode ein klein wenig positiv macht. In diesem Moment wird aber bereits ein minimaler Anodenstrom einsetzen. Die Polarisationsspannung von *H* ist dann annähernd gleich dem in diesem Moment abgegriffenen Potential von *P*. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit erhält das Gitter durch die Batterie *GB* eine positive Vorspannung. Die Polarisationsspannung wird so nicht vermindert. Mit solchen Anordnungen konnte nachgewiesen werden, daß die Polarisationsspannung bis 80 oder 90 vH der polarisierenden Spannung bei einer Stromflußzeit von nur wenigen Tausendstel Sekunden betragen kann.

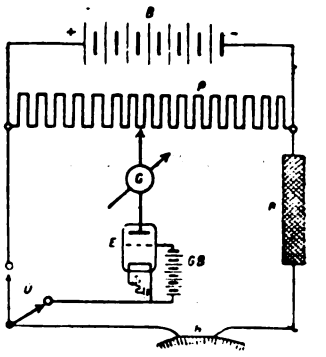


Abb. 14. Messung von Polarisationsspannungen nach Strohl und Iodka (1924).

Infolge ihrer besonderen Eigenschaften haben so die Elektronenröhren eine Reihe von Anwendungen gefunden, die mit der ursprünglichen Haupteigenschaft, der Verstärkerwirkung, fast nichts mehr zu tun haben. Bei der raschen Ausbreitung derartiger Methoden ist mit Sicherheit anzunehmen, daß die Elektronenröhren in nicht verstärkenden Schaltungen bald eine ebensolche Bedeu-

[4]) Vgl. Stetter, E. u. M. 1927, S. 383.

Digitized by Google

tung erhalten werden wie in ihrem ursprünglichen Anwendungsgebiet.

Eine nähere Ausführung und Besprechung der hier gestreiften Schaltungen findet man in der Monographie des Verfassers über die Elektronen- und Ionenröhren (1928).

Angeführte Literatur:

Dowling John: Phil. Mag. Bd. 61, S. 81/100, 1923.

Fabre Ph. und H. Desgrez: Journ. de radiol. et d'électrol., Bd. 10, S. 459/462, 1926.

Fletcher H.: Journ. of the Franklin Inst., Bd. 196, S. 289, 1923.

Geffcken H. und Richter H.: Zeitschr. f. techn. Phys., Jg. 5, Nr. 11, S. 511/514, 1924; vgl. a. Die Radiotechnik 1925, S. 43.

Gosset A., Gutmann A., Lakhovsky G. und Magrou J.: Compt. rend. de la Soc. de Biol., Bd. 91, S. 626/628, 1925.

Greinacher H.: Zeitschr. f. Physik, Bd. 23, H. 6, S. 361/378, 1924; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 382.

Höber R.: Pflügers Archiv, Bd. 133, S. 237, 1910 und Bd. 148, S. 189, 1912.

Kucharski Paul: Compt. Rend. de la Soc. de Biol., Bd. 90, S. 1028/29, 1924.

Nernst W.: Göttinger Nachr. Mathem.-physikal. Kl. 1899.

Reisz E.: D. R. P. Nr. 65920 vom 10. Februar 1926.

Schaefer K. L. und Gruschke G.: Beiträge zur Anatomie, Physiologie, Pathologie und Therapie des Ohres, der Nase und des Halses. Bd. 16, S. 56/61, 1921.

Scheminzky F.: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 213, H. 1/2, S. 119/130, 1926.
Derselbe: „Elektronen- und Ionenröhren" in Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. III, Teil A, Urban & Schwarzenberg, Wien 1928.

Steinhausen W.: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 185, H. 1/3, S. 70, 1920.

Strauß S.: E. u. M. 1926, S. 348 ff.

Strobl A. und Jodka H.: Compt. Rend. de la Soc. de la Biol., Bd. 91, Nr. 22, S. 183/184, 1924.

Trendelenburg Ferd.: Wissensch. Veröff. aus dem Siemens-Konzern, Bd. 3, S. 43/66, 1924, ebenda Bd. 4, S. 1/13, 1925, ebenda Bd. 5, S. 175/181, 1927; vgl. a. E. u. M. 1925, S. 1000; Die Radiotechnik, 1927, S. 20.

Wyzz Oskar: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 210, S. 586/97, 1925.

Zwaardemaker H.: Acta Oto-Laryngolog., Bd. 8, S. 463/71, 1925.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Kraftwerk Vernayaz der Schweizerischen Bundesbahnen. C. Giudici. In der westlichen Kraftwerksgruppe der SBB Barberine[1])—Vernayaz nützt das Kraftwerk Vernayaz die zweite Stufe des Baches Eau Noire aus, ferner das Abwasser des Kraftwerkes Barberine (1. Stufe) und den Triègesbach. Eine Zuleitung von 7890 m führt das Wasser zu einem Ausgleichsbecken (35 000 m³), das mit dem Wasserschloß durch einen 2300 m langen Druckstollen in Verbindung steht. Vom Wasserschloß führen zwei Rohrstränge von 1540 m Länge 14 m³/sec auf 630 m Gefälle zu den sechs Turbinensätzen (derzeit vier aufgestellt). Fünf Maschinensätze bestehen aus Peltonturbinen 19 300 PS, 333⅓ U/min, gekuppelt mit Einphasengeneratoren, während die sechste gleichgroße Turbine sowohl mit einem Einphasengenerator als auch mit einem Drehstromgenerator wird gekuppelt werden können. Baulich ist die Trennung in getrenntes Maschinenhaus und Schalthaus vorgenommen. Außerdem ist neben dem Kraftwerk ein eigenes Unterwerk gebaut, das mit 15 kV die Strecken Martigny, Vernayaz und St. Maurice speist.

Die beiden von BBC—Baden gelieferten Einphasengeneratoren[2]) geben bei 15 000 V eine Dauerleistung von 11 000 kVA, bei 16⅔ Per/s und 333⅓ U/min. Der Wirkungsgrad bei ⁴/₄-Last und cos $\varphi = 1$ beträgt 94·2 vH, bei cos $\varphi = 0{\cdot}75$, 92·2 vH. Das Gesamtgewicht beträgt 239 t, das Läufergewicht 90 t, das Schwungmoment 480 t/m², der Kühlluftbedarf 35 m³/sec. Anschließend an Nennlast bei cos $\varphi = 0{\cdot}75$ vertragen die Generatoren durch 1·5 Stunden 14 000 kVA und durch 10 min 17 100 kVA. — Das Gehäuse ist zweiteilig und hat zwei abnehmbare Füße, nach deren Entfernung das Gehäuse um vier in der Grube untergebrachte Rollen gedreht werden kann. Der Läufer hat Blankkupferwicklung und in den Polschuhen eine kräftige Dämpferwicklung. Zur Temperaturmessung sind in der Ständerwicklung zwölf Thermoelemente eingebaut, ferner zwei Widerstandselemente, deren Meßleitungen über Schutztransformatoren geführt sind. Jeder Generator ist mit einer Kohlensäurelöschvorrichtung, System Siebenmann[3]), ausgerüstet.

[1]) E. u. M. 1924, S. 182; 1925, S. 975.

[2]) Über die von der M. F. Oerlikon gelieferten Generatoren vgl. E. u. M. 1928, S. 200.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 343.

Die Erregermaschinen sind als Nebenschlußmaschinen mit Wende- und Regulierpolen gebaut und haben eine Leistung von 120 kW.

Die Dreiwicklungstransformatoren sind für die Leerlaufübersetzungen 15/66 kV, 15/132 kV und 66/132 kV gebaut und können in jeder Übersetzung 9000 kVA umsetzen. Die Dauerleistung ist 2×9000 kVA; außerdem können folgende Überlastungen zugelassen werden: nach Dauerlast mit 7000 kVA: durch 1·5 Stunden 11 500 kVA und nach Dauerlast mit 9000 kVA durch 10 min 13 000kVA, und zwar gleichgültig ob 15/66, 15/132 oder 66/132 kV übersetzt wird. Die Transformatoren mußten wegen der Überlastungen für $2 \times 11\,000$ kVA bemessen werden und, da auf einer Säule dieselbe Leistung untergebracht werden mußte wie bei einem 100 000 kVA-Drehstrom-Transformator, 50 Per/s, oder einem Einphasentransformator von 66 000 kVA, 50 Per/s, so sind diese von BBC, Baden, gelieferten Transformatoren derzeit die größten Einphasen-Wechselstromumspanner der Welt. Jeder der Transformatoren hat zwei Säulen und eine zum Ausgleich des Streuflusses bei ungleicher Last dienende Hilfssäule von 15 vH Querschnitt (Patent BBC). Auf je einer Hauptsäule sind jeweils die 132 kV-Wicklung bezw. die 66 kV-Wicklung und zwei Teile der vierfach parallel geschalteten 15 kV-Wicklung untergebracht. Die Spulen sind wegen der günstigsten Kurzschlußbeanspruchung rund, die Wicklung außerdem mit mit der bekannten Preßvorrichtung von BBC mit Federn gepreßt. Die Wicklungsanordnung ist so getroffen, daß jeder Draht mindestens von zwei Seiten vom Ölstrom bestrichen wird. Zur Verteilung des elektrischen Feldes an den Wicklungsenden sind besonders gebaute Schutzringe eingebaut. 10 vH der Windungen sind sprungwellensicher für volle Nennspannung Windung gegen Windung isoliert. Die 66 und 132 kV-Durchführungen sind mit Öl gefüllt. Die Kessel sind aus dickem Kesselblech- mit Doppel-T-Eisen verstärkt für 2 bis 3 at Druck bemessen. Sie haben ovale Form, um eine elastische Wirkung der Seitenwände zu gestatten. Aus Transportrücksichten sind sie zweiteilig ausgeführt und an Ort und Stelle zusammengeschweißt worden. Jeder Transformaor ist auf der 15 kV-Seite durch ein Erdschluß-Differentialrelais geschützt. Der eine Stromwandler ist unmittelbar am Erdungspol des Generators, der andere auf der 15 kV-Seite des Transformators auf die Erdungsklemme aufgebaut. Das Relais ist besonders empfindlich ausgeführt. Außerdem erhielten die Trans-

Digitized by Google

formatoren Buchholzschutz. Jeder Transformator hat einen Zwillingskühler, bestehend aus zwei Kühlern von je 44 m² Kühlfläche für 360 l/min Wasser und 2000 l/min Öl, zugeordnet. Der Wasserdruck beträgt etwa 5 at. Die Ausdehnungsgefäße sind nicht direkt aufgebaut, sondern gesondert angeordnet und sind mit der Außenluft über einen besonderen Luftentfeuchtungsapparat in Verbindung.

Die Schaltanlage wurde in einem eigenen Schalthaus, das eine langgestreckte Form besitzt, untergebracht. Im Gegensatz zu den Kraftwerken Amsteg und Ritom, erhielt Vernayaz (wie die erste Stufe Barberine) keine Unterspannungssammelschienen. Abweichend von allen drei früher gebauten Kraftwerken wurde bei Vernayaz Hallenbauweise verwendet. In der mittleren Querachse ist die Eigenbedarfsanlage untergebracht, an die in der Längsachse links und rechts anschließend zwei Hallen mit je drei Transformatoren und den 132 kV-Doppelsammelschienen und Schaltern untergebracht sind. An diese beiden Hallen schließen wieder symmetrisch bezüglich der mittleren Querachse die Hallenräume für die 66 kV-Apparaten und die Doppelsammelschienen an.

Durch je ein Kabel von 800 mm² sind die Generatoren mit der 15 kV-Seite der Umspanner verbunden. Auf der 15 kV-Seite ist außerdem eine Brems- und Umleitschiene vorgesehen, mittels welcher Kreuzschaltungen der Generatoren und Umspanner vorgenommen werden können und an die über einen Ölschalter mit niederohmigen Schutzwiderständen der Belastungswiderstand angeschlossen ist. Die 132 kV-Seite ist über Trenner, Ölschalter und Trenner mit den Doppelsammelschienen verbunden. Letztere können durch Trennschalter geteilt werden. Die Bakduradurchführungen der 132 kV-Schienen durch den mittleren Teil des Schalthauses (zur Verbindung beider Teile) sind die einzigen Wanddurchführungen zwischen Innenräumen. Von den 132 kV-Sammelschienen zweigen in üblicher Art zwei Freileitungen ab, die mit vertikal montierten ölgefüllten Durchführungen ausgeführt werden. Die Leitungen führen über das Unterwerk Puidoux nach Rupperswil. — Die 66 kV-Seiten der Umspanner sind über Kabel von je 200 mm² mit den Ölschaltern verbunden, die über Trenner an die 66 kV-Doppelsammelschiene geschaltet sind. Die beiden durch die zwei 132 kV-Hallen und die mittlere Eigenbedarfsanlage getrennten Teile der 66 kV-Schiene sind durch Kabel miteinander verbunden. Die beiden 66 kV-Schienensysteme können durch einen Ölschalter gekuppelt werden. Von den 66 kV-Schienen führen zwei Freileitungen zum Kraftwerk Barberine, zwei zum Unterwerk Massaboden und zwei weitere zum Unterwerk Vernayaz und von diesem weiter zum Unterwerk Puidoux. — Die Schaltanlage für den Industriegenerator ist nicht im Kraftwerk, sondern im Unterwerk untergebracht, wo die Verteilung von der 10 kV-Sammelschiene entweder direkt mit Generatorspannung 10 kV oder über Dreiphasentransformatoren erfolgen kann. — Die 132 kV- und 66 kV-Ölschalter haben hochohmige Schutzwiderstände; Vielfachunterbrechung gewährleistet große Unterbrechungsgeschwindigkeiten, günstige Kühlungsverhältnisse und geringe Gasentwicklung. Die runden Ölkübel sind mit 12 kg/cm² abgepreßt worden. Die Betätigungsschalter für die Fernantriebe sind als Druckknopfschalter ausgeführt und schalten gleichzeitig die Rückmeldelampen, für die Ruhestromschaltung verwendet wurde, bei der nur dann die Lampen aufleuchten, wenn (etwa infolge automatischer Auslösung) Druckknopfstellung und Schaltzustand nicht übereinstimmen. Die lotrecht und wagrecht angeordneten Drehtrennschalter sind auf Bituba-Isolatoren montiert. Beim Ausschalten erfolgt zuerst ein Abheben der Kontakte und erst dann eine Verdrehung. Der mittlere Isolator wird daher nur auf Zug und Druck, nicht aber auf Verdrehung beansprucht. (Patent BBC.) Die Freileitungstrennschalter haben Erdungskontakte; die Erdung erfolgt über isolierte Kabel und isolierte Erdleitungen. Alle Meß-, Melde- und Steuerleitungen sind als blanke Bleikabel verlegt. Die Steuer- und Meldestromkreise haben Gleichstromspeisung von 200 bezw. 16 V. Die Schalttafel wurde in drei Teile geteilt: für den Kraftwerksbetrieb, den Eigenbedarf und den Unterwerksbetrieb. Die Schalttafeln haben Eisenblechplatten, alle Instrumente und Apparate sind mit mattschwarzen Frontrigen versenkt eingebaut. f. f.

(BBC-Mitteilungen 1927, Heft 10 u. 11.)

Die Elektrizitätsversorgung Schlesiens. Von Dr. Fr. Körner. Die Elektrizitätsversorgung der früher vereint gewesenen Provinzen Ober- und Niederschlesien nahm ihren Ausgang von den Werken, die zunächst über der dortigen Steinkohle errichtet waren, dem Eigenverbrauch der Gruben usw. dienten und nur in beschränktem Maße Strom auch an die Gemeiden der nächsten Nachbarschaft abgaben. Erst um die Jahrhundertwende wurde auch die allgemeine Versorgung durch die Werke aufgenommen, und zwar zuerst vom Werk Eichdorf mit 10 kV Leitungen. Die Städte begannen sodann ihre Bewohner mit Licht und Kraft zu versorgen. Verbände, die meist den Anschluß an ein Kraftwerk suchten, lieferten an die Überlandgemeinden und die Industrien. Es entstanden damals die später an Polen verloren gegangenen Kraftwerke in Chorzow und Zaborze. In Verbindung mit dem Hochwasserschutz wurden die Talsperren von Marklissa, Mauer (mit 50 Mill. m³ Stauraum)[1]) und Breitenhain errichtet. Der Betrieb einer Hochwasserschutzsperre erfordert aber ein Entleeren des Stauraumes, wenn ein Hochwasser erwartet wird; bleibt dieses nun aus, so kann das Becken oft bis zur trockenen Zeit nicht mehr aufgefüllt werden und das Elektrizitätswerk leidet Mangel. Deshalb wurden Verbindungen zu den Kohlenkraftwerken ausgeführt. Im Jahre 1919 wurde die kommunale Kraftwerke Oppeln A.-G. gegründet, die ohne eigenes Werk die Verteilung mit 60 und 15 kV besorgt, während der Kleinverkauf den Gemeinden überlassen wurde. Eine Reihe von ähnlichen Unternehmungen folgte dieser Gründung. Außer dem Ausbau der bestehenden Werke wurde auch der Anschluß an die mitteldeutschen Braunkohlenwerke durch 100 kV Leitungen hergestellt. Einen schweren Schlag erlitt die einheitliche Versorgung durch den Widerstand des preußischen Fiskus, der die Errichtung eineu neuen mitteldeutschen Braunkohlen-Großkraftwerkes nur gegen die Vorherrschaft in der Elektrizitätswerk Schlesien A.-G. ermöglichen wollte. Zusammenschießungen von Unternehmungen in den letzten Jahren wie die 1921 gegründete „Kommunale Elektrizitätswerke Schlesien G. m. b. H., Breslau", und der wirtschaftliche Zusammenschluß der beiden einzigen großen Privatwerke, der „Neukag" und der „Elektrizitätswerk Schlesien A.-G.", brachten die Entwicklung zunächst zu einem gewissen Abschluß.

Der Stromabsatz weist eine ständige Steigerung auf. Die große Anschlußtätigkeit auf dem flachen Lande, die während des Krieges eingesetzt hatte, ist erst in letzter Zeit durch Mißernten und Hochwässer gehemmt worden. Für die Landwirtschaft werden Strompreise von 5·5 bis 8 Pf/kWh als erträglich erachtet, was nur bei ausgiebiger Verwendung von Kartoffeldämpfern, Heißwasserspeichern usw. als möglich angesehen wird. Die Tarife Schlesiens sind sehr mannigfaltig. So haben die oberschlesischen Kraftwerke einen auf Kohlen aufgebauten Tarif, bei dem die Grundgebühr so bemessen wird, daß von den jährlich festgestellten 12 Belastungen die nach Vernachlässigung der beiden höchsten übrigbleibende nächsthöhere als maßgebend genommen wird. Für Kleinkraft bestehen besondere Sätze. Sonst gibt es noch andere Grundgebührentarife, reine Zählertarife, Zählertarife mit Rabatten innerhalb oder auch außerhalb der Sperrzeiten, zum Beispiel Breslau mit 45 Pf/kWh für Licht und Kraft und 25 Pf/kWh für Kraft außer den Sperrzeiten. Das Überlandwerk Oberschlesien berechnet eine Jahresgebühr von 54 Mk. für die ersten 50 kW mit Rabatten für höhere Werte und eine Arbeitsgebühr entsprechend einem Preis von 7·0 kg Kohle für die ersten 1000 kWh im Monat, gestaffelt bis zu einem Preis von 2·5 kg bei 50 000 kWh. V. H.

(ETZ. Bd. 48, Heft 50, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 348.

Digitized by Google

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Ruthsspeicher in Elektrizitätswerken. Schon in den ersten Veröffentlichungen über Ruthsspeicher wurde die Anlage im Elektrizitätswerk Malmö beschrieben[1]), die sich als sehr vorteilhaft erwies, und später sind auch Anlagen in deutschen Bahnkraftwerken bekannt geworden. Über eine neue Aufstellung eines Speichers im Elektrizitätswerk Oberlungwitz der Sächsischen El. Lief. Ges. berichtet Dipl. Ing. F. Beuthner im Fachheft „Speicherung" des Archivs für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen (8. Jahrg., 1927, Heft 12). Das Werk verfügt außer über vier 1000 kW Turbodynamos, die nur noch in Bereitschaft stehen, über einen 4000 kW Satz. Die Grundlast (bis 7000 kW) kann unter günstigen Bedingungen durch Fremdstrom gedeckt werden. Da die Werksbelastung in den letzten Jahren stark gestiegen ist — für Ende 1928 wird mit Spitzen von 17 000 kW gerechnet —, die Aufstellung neuer Kessel aber auf Schwierigkeiten stößt, wurde der Einbau eines Ruthsspeichers und einer 6000 kW Frischdampf-Speicherdampf-Turbine beschlossen. Hiefür genügt die vorhandene Kesselanlage. Es werden zwei Speicher von je 300 m³ Inhalt (4·5 m Durchmesser und 20 m Länge), 13 — 0·5 atü Druck und 78 500 kg Speicherfähigkeit, entsprechend 9600 kWh insgesamt, aufgestellt. Für die stärkste Belastung müssen dann die Kessel von 6 bis 23 Uhr bei gleichmäßiger, etwa 5000 kW Leistung entsprechender Feuerung in Betrieb gehalten werden. 7000 kW werden, wie erwähnt, durch Fremdstrom gedeckt und die Spitzen durch Dampf aus den Speichern, die wie üblich während der schwächeren Belastungen aufgeladen werden. Im Sommer, wo das Werk seinen gesamten Strombedarf bezieht, soll hauptsächlich Blindstrom geliefert werden. Hiezu bleibt ein kleiner Kessel in Betrieb, der den Dampf für den Leerlauf der Maschine liefert und auch die Abkühlungsverluste der Speicheranlage (2500 kg/Tag) deckt. Bei einem Ausfall der Fernversorgung kommt die Speicheranlage selbsttätig zur Wirkung. Der Regler der als Phasenschieber laufenden Turbodynamo öffnet sofort den Speicherdampfeinlaß und die erforderliche Leistung wird bis zur Behebung der Störung oder bis zum Hochheizen der Kessel aus Speicherdampf gedeckt. Störungen in der Stromversorgung, die bei einer Reihe von Abnehmern zu beträchtlichen Schädigungen führen würden, sind dadurch vermieden. Die Turbine erhält zwei getrennte Kondensationspumpen, von welchen die kleinere beim Phasenschieberbetrieb dauernd läuft und auch genügt, um bei Vollast einige Zeit die Luftleere zu halten. Die große Pumpe wird beim Eingreifen als Augenblicksreserve in Betrieb gesetzt und läuft im Winter stets mit. Wie der Verfasser noch erwähnt, sind in deutschen Bahnkraftwerken folgende drei Anlagen in Betrieb: Werk Altona der Reichsbahn (2 Speicher von je 150 m³ für 15 atü Höchstdruck, drei Speicherturbinen von 8000, 4000 und 4000 kW im Betrieb, eine von 10 000 kW im Bau)[2]), Werk Mittelsteine der Reichsbahn (2 × 165 m³, 15 atü, 6000 und 10 000 kW im Betrieb, 10 000 kW im Bau)[3]), und Kraftwerk Barnbeck der Hamburger Hochbahn A.-G. (siehe unten). Im Bau ist die Anlage im Kraftwerk Muldenstein der Reichsbahn mit 2 × 150 m³ für 15 atü und drei Turbinen von 10 000, 3300 und 3300 kW.

Eine ausführliche Beschreibung der Barnbecker Anlage gibt in dem erwähnten Fachheft „Speicherung" Direktor Dr. Ing. W. Mattersdorff. Das im Jahre 1912 von der AEG gebaute Werk bestand zuerst aus drei Turbosätzen von 4000, 2000 und 2000 kW sowie sechs Kesseln von 400 und 500 m² Heizfläche. Als Augenblicksreserve dienten Akkumulatoren in den Unterwerken. Nach dem Kriege entschloß man sich, die Batterien nicht mehr zu erneuern, sondern Ruthsspeicher zur Spitzendeckung einzubauen. Von den 2000 kW-Sätzen ist nur mehr einer vorhanden und auch dieser wird demnächst durch einen 10 000 kW-Frischdampf-Speicherdampfsatz ersetzt. Ein gleich großer Satz sowie ein 6000 kW-Satz, der ebenfalls auf Frischdampf-Speicherdampfbetrieb umgebaut wurde, sind seither hinzugekommen. Die Kesselanlage wurde um je zwei Kessel von 500 und 750 m² Heizfläche vergrößert, auch sollen drei der ältesten Kessel durch zwei Kessel von 600 m² ersetzt werden. Die beiden Wärmespeicher (von 3 m Durchmesser und 24 m Länge, sowie 29 000 kg Dampfspeicherung, s. ETZ 1927, Nr. 26) haben zusammen 300 m³ Inhalt. Sie wurden für ein Gefälle von 15 bis 5 atü entworfen. Da sich aber ein weiteres Absenken des Speicherdruckes als zweckmäßig erwies, wird die Steuerung der im Bau befindlichen 10 000 kW Turbine so ausgebildet, daß die Speicherdampfzufuhr erst bei 2·5 atü Speicherdruck unterbrochen wird. Dieser Turbine kann in der ersten Stufe (einem Curtisrad) Frisch- und Speicherdampf gleichzeitig zugeführt werden. Lastschwankungen werden vom Drehzahlregler zunächst auf die Frischdampfseite der Turbine übertragen und erst bei sinkendem Kesseldruck öffnet auch die Speicherdampfzuführung. Durch eine Nachsteuerung wird bewirkt, daß bei veränderlichem Speicherdruck die Speicherdampfzufuhr so geregelt wird, daß die Leistung gleich bleibt. Die Speicher können bei Entladung bis auf 2·5 atü 4800 kWh abgeben. Während der normale Betrieb des Werkes nichts Bemerkenswertes bietet — er wird zum Beispiel so geführt, daß ein 10 000 kW-Satz dauernd läuft und ein Kessel von 750 m² dauernd gefeuert wird und für die Spitzen noch ein 400 m²-Kessel, der in der Zwischenzeit unter Druck stehen bleibt, gefeuert wird — sind die Erfahrungen mit der Speicheranlage bei Betriebsstörungen sehr günstige gewesen. So traten die Speicher einmal in Tätigkeit, als der eine Rostantrieb des Kessels versagte und die Zeit bis zum Beginn der Spitzenlast nicht ausreichte, um einen neuen Kessel anzufahren. Durch Entladung der Speicher von 14 auf 3·5 atü konnte unter Benutzung einer durch die Belastung gegebenen Erholungspause für die Kessel der Betrieb aufrechterhalten werden. Weiters wurde einmal, als der Versuch einer Parallelschaltung des Werkes mit einem zweiten Werke mißlang und dabei die Belastung in vier Minuten von 7000 auf 500 kW herabging, das Abblasen der Kesselsicherheitsventile durch die selbsttätige Schaltung der Speicher auf Laden hintangehalten Bei einem plötzlichen Bedarfe des erwähnten Nachbarwerkes konnte das Werk Barnbeck dagegen ohne Anheizen von Kesseln sofort 4000 kW abgeben. Die Speicher füllen aber nicht nur eine Lücke im Kesselhausbetrieb aus, sondern sie haben die Wirtschaftlichkeit des Werkes stark erhöht, denn der mittlere Kohlenverbrauch je kWh ist von 1·13 bis 1·15 kg vor der Inbetriebnahme nachher auf 1·05 und nach Inbetriebnahme der Speicherturbinen schließlich auf 0·905 kg gefallen. (Wie an anderer Stelle in dem genannten Heft angeführt wird, sind in Deutschland bisher insgesamt 11 Kraftwerke mit Ruthsspeicheranlagen ausgerüstet worden. Mit insgesamt 78 Anlagen von den bisher überhaupt ausgeführten, steht Deutschland an zweiter Stelle nach Schweden. Der Ber.) J.

Automatische Dampfkesselregelung. J. A. Ingalls berichtet über die automatische Regelung der 72 Kessel im Williamsburgh-Werk[1]), die in 12 parallelen Reihen zu je 6 Stück derart angeordnet sind, daß sich 8 Heizerstände ergeben. Dadurch ist das Kesselhaus sehr unübersichtlich und es war von jeher die Regelung der Kessel und die einheitliche Betriebsführung ein Problem, das zu lösen durch Kommandoapparate und selbsttättige Unterwindregelung versucht wurde. Aber erst die Einführung der vollständigen Automatik brachte ein befriedigendes Ergebnis. Da die 6 Unterschubroste jeder Kesselreihe über eine gemeinsame Welle von einer Ma-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 312; 1926, S. 793; 1927, S. 870.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 529; 1925, S. 665.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 281.

[1]) Vgl. a. die Regeleinrichtungen des Hudson Avenue-Werkes, „Das El.-Werk" 1926, S. 40; vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, S. 60, 218; E. u. M. 1927, S. 474; 1928, S. 19.

Digitized by Google

schine angetrieben werden, die mit der neben ihr stehenden Reservemaschine einen gemeinsamen Geschwindigkeitsregler hat, wurden 12 Rostregelungseinrichtungen vorgesehen. Es werden also je 6 Kessel wie eine Einheit behandelt. Jede Kesselreihe hat ferner an jedem Ende ein Unterwind-Turbogebläse, von denen jedes einen eigenen Geschwindigkeitsregler besitzt; es waren daher 24 Unterwindregeleinrichtungen notwendig. Außerdem mußte noch jeder Kessel eine Regeleinrichtung für die Unterwindklappe und eine für die Rauchgasklappe erhalten. Im ganzen wurden also 180 Regeleinrichtungen aufgestellt. Je drei Kesselreihen, also 18 Kessel, werden von einer gemeinsamen Gruppentafel aus gesteuert; das gleichartige Zusammenarbeiten dieser 4 Gruppentafeln wird wieder von einer gemeinsamen Tafel aus überwacht. Die Steuerimpulse für die 6 Gebläse jeder Gruppe werden von einer einzigen Quecksilbersäule aus gegeben, ebenso die Impulse für Stellung der Unterwind- und der Abgasklappen. In dieser Hinsicht bilden 18 Kessel eine Einheit. Die Drehzahl der Rostantriebe jedoch wird für jede Kesselreihe unabhängig von der anderen geregelt, so daß mit Rücksicht auf die Rostgeschwindigkeit nur 6 Kessel zu einer Einheit zusammengefaßt sind. Jeder Regler ist vom Kesselhausboden aus leicht erreichbar und kann rasch durch einen anderen ersetzt werden. Um die Instandhaltung dieser vielen Apparate möglichst zu erleichtern, wurden eigene Werkbänke und Werkzeugkammern eingerichtet. Als Triebmittel der Servomotoren wird Mineralöl verwendet, das zwei Turbopumpen (eine als Reserve) auf 8·5 at drücken. Die Druckluft wird aus einer auch anderen Zwecken dienenden Leitung entnommen. Sollte der Luftdruck unter 5·3 at fallen, so springt selbsttätig ein dampfgetriebener Kompressor an und, falls auch dieser versagen sollte, schaltet sich bei einem Druck von 4·2 at ein elektrisch getriebenes Gebläse ein. Das gemeinsame Hauptsteuerorgan wird von zwei voneinander unabhängigen, einstellbaren Manometern beeinflußt, von denen jeden Tag abwechselnd ein anderes in Betrieb ist. Bisher haben sich abgesehen von einigen anfänglichen Schwierigkeiten keine Störungen gezeigt. Eine Verminderung der Belegschaft hat die Automatik nicht gebracht — im Gegenteil, es mußten noch Leute für die Instandhaltung eingestellt werden. Dagegen hat sich der Gesamtwirkungsgrad bedeutend erhöht, da einerseits die Leute von der Handhabung der Klappen, Rostgetriebe usw. entlastet wurden und ihre ungeteilte Aufmerksamkeit dem Feuerbett zuwenden konnten, andererseits es möglich ist, während der betriebsschwachen Zeit mit vielen, niedrig belasteten Kesseln durchzufahren. Stip.

(Power, Bd. 66, Nr. 21, 1927.)

Die Verwendung von Kohlenstaubfeuerungen im Deutschen Reiche. Der in Heft 12 von 1927 des „Archivs für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" wiedergegebenen Statistik nach dem Stande vom 1. April 1927 ist folgendes zu entnehmen: In 228 Betrieben standen 235 Kessel mit 85 943 m² Heizfläche und 488 Öfen mit einem Gesamtkohlenstaubbedarf von 3·275 Mill. t/Jahr in Betrieb. Im Bau sind in 44 Betrieben (davon in 15, die bisher noch keine Kohlenstaubanlage hatten) 63 Kessel mit 47 615 m² Heizfläche und 27 Öfen mit 883 100 t/Jahr Kohlenstaubbedarf. Außer Betrieb sind 15 Kessel mit 3355 m² Heizfläche und 70 Öfen, entsprechend 314 680 t/Jahr Kohlenstaubbedarf. (In den Angaben ist der Freistaat Sachsen nicht berücksichtigt, weil die bezüglichen Unterlagen unvollständig waren.) Hinsichtlich der Verteilung auf die verschiedenen Industriezweige sei nur erwähnt, daß in reinen Kraftwerken 47 Kessel mit 29 697 m² Heizfläche (davon 12 244 m² Heizfläche mit Zusatzkohlenstaubfeuerungen) im Betrieb und 28 Kessel mit 32 003 m² Heizfläche (davon 4050 m² mit Zusatzkohlenstaubfeuerung) im Bau sind, und die Summe beider Zahlen bereits die entsprechende in der Bergbauindustrie weit hinter sich läßt, die bisher hinsichtlich der Verwendung von Kohlenstaubfeuerungen begreiflicherweise an erster Stelle stand. J.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Ein neues Saugrohrprofil, ähnlich jenem der Prášil-Saugrohre[1]) gibt Dipl.-Ing. K. Grimm, Zürich, für ein lotrechtes Saugrohr bei wagrechter Sohle unterhalb desselben an. Für die Stromfunktion

$$\Psi = C z \sin\left(\sqrt{-\frac{A}{2}} \cdot r^2\right) - \frac{B}{A},$$

worin z der Abstand eines Punktes von der Saugrohrsohle, r seine Entfernung von der Saugrohrachse ist und A, B und C Konstante darstellen, rechnet sich die Geschwindigkeit c_z in der Achsrichtung des Saugrohres und die Geschwindigkeit c_r senkrecht dazu aus den Gleichungen

$$c_z = \frac{1}{\gamma r}\frac{\partial \Psi}{\partial r} = 2\,\frac{C\sqrt{-\frac{A}{2}}}{\gamma} z \cos\left(\sqrt{-\frac{A}{2}} \cdot r^2\right),$$

$$c_r = -\frac{1}{\gamma r}\frac{\partial \Psi}{\partial z} = -\frac{C}{\gamma r}\sin\left(\sqrt{-\frac{A}{2}} \cdot r^2\right).$$

Es ist hienach $c_z = 0$ für $z = 0$, also für alle Punkte der Sumpfsohle und für

$$r = \sqrt{\frac{\pi}{\sqrt{-\frac{A}{2}}}}.$$

Diese Stromfunktion führt daher zu den Saugrohren mit Einengung der Sumpfsohle durch lotrechte Wände. β.

(Schweizerische Bauzeitung Bd. 90, Nr. 12, 1927.)

Die Verankerung von Druckrohrleitungen. Von G. Ferrand, Grenoble. Bleiben die im Boden verlegten Leitungen ohne Anker, so kann die Verankerung der freiliegenden Rohrleitungen nach der schweizerischen oder nach der französischen Methode erfolgen. Erstere beruht in der starren Verbindung der Rohrknickpunkte mit dem Betonanker und Einfügung von Stopfbüchsendehnungsstücken zwischen die Anker. Diese Dehnungsstücke haben sich jedoch als nicht immer zuverlässig erwiesen. Sie brauchen nicht nur große Überwachung und Erhaltung, sie können auch, wenn sie versagen, auf den ganzen Strang zwischen zwei Ankern destruktiv wirken. In Frankreich ist man davon abgegangen. Wohl schafft man auch längs der Rohrleitung einige in Ankern gelegene Festpunkte, doch werden Längenänderungen infolge Temperaturänderungen nach erfolgter Füllung der Rohrleitung dadurch ausgeglichen, daß man die durch Stopfbüchsendilatationen verschieblich verbundenen Rohrschüsse nachträglich, nachdem sich die Rohrleitung auf die Betriebstemperatur eingestellt hat, durch Schrauben fest miteinander verbindet. Enthält diese Verbindung noch immer eine der Wartung unterworfene Stopfbüchse, so kann auch diese ausgeschaltet werden, wenn im Fixpunkt der Leitung über das Rohr ein zweites hemdartig darüber gezogen wird. Wird das Hemd fest im Betonklotz verankert, so wird die Fixierung des Innenrohres am Hemd — es kann darin während der Montage unbehindert gleiten — erst nach erfolgter Füllung mit Wasser vollzogen. Derartige Anker wurden mit vollem Erfolge im Kraftwerke Eget[2]) verwendet. Muß eine Rohrleitung auf Rutschterrain verlegt werden, so werden die einzelnen durch gelenkige Verbindung aneinander gereihten Schüsse, indem sie auf gußeiserne oder schmiedeiserne Sättel gelegt werden, auf Schwellen verlegt, die wie die Eisenbahnschwellen in einem Schotterbett liegen. Durch Unterharken wird wie beim Oberbau der Bahn von Zeit zu Zeit nachgeholfen. β.

(Houille Blanche, 26. Jahrg., Heft 131/132, 1927.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 447; 1925, S. 600.

[2]) Vgl. E u. M. 1927, S. 107.

Digitized by Google

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die magnetischen Felder in leerlaufenden Synchronmaschinen. Ernst Weber stellt eine Normal-Leerlaufcharakteristik für moderne, also magnetisch voll ausgenützte, Synchronmaschinen auf. Bezieht man nämlich die Leerlaufcharakteristik auf ihren Normalpunkt (Spannung E_n; Erregung i_n), indem man $E : E_n$ und $i : i_n$ als Koordinaten aufträgt, so ergibt sich für die verschiedensten Maschinen sowohl der Nutpol- als auch der Schenkelpoltype die gleiche „Normal-Leerlaufcharakteristik" bis auf Abweichungen von höchstens ± 5 vH. (Leider gibt der Autor für seine Behauptung keine experimentellen Belege, so daß eine Nachprüfung und Feststellung der Gültigkeitsgrenzen nicht möglich ist. Der Ber.) Zu ihrer Aufzeichnung genügt folgende Tabelle:

$i : i_n =$	0·0	0·5	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0	3·5
$E : E_n =$	0·0	0·56	1·00	1·23	1·37	1·45	1·51	1·54

Die Kurve der Normal-Leerlaufcharakteristik läßt sich für $E > E_n$ durch die Formel

$$E : E_n = 1{\cdot}584 \left(1 - e^{-\frac{i}{i_n}}\right)$$

darstellen, wo $1{\cdot}584 = e : (e-1)$; in der Nähe von $i : i_n = 0$ läßt sie sich durch die Luftspaltgerade $E : E_n = 1{\cdot}13\, i : i_n$ ersetzen. Es ist mit diesen Formeln die Grundlage gegeben, manche Fragen der Synchronmaschinenberechnung, für die dies bisher nicht möglich war, rechnerisch exakt zu behandeln. Der Verfasser selbst macht eine Anwendung davon zur Berechnung der mittleren Feldkurven, indem er den üblichen Rechnungsgang, der aus der Feldkurve die Leerlaufscharakteristik bestimmt, umkehrt. Durch harmonische Analyse wird die Größe der Oberwellen bestimmt und der Einfluß der Läufernutung untersucht, wobei sich der günstige Einfluß des verlaufenden Luftspaltes bei Schenkelpolmaschinen erweist. Das Resultat zeigt, daß für Nutpole nur Wellen der Ordnung

$$1,\ 3,\ 5,\ 7,\ (2z-2),\ (2z-1),\ 2z,\ (2z+1),\ (2z+2)$$

und für Schenkelpole nur Wellen der Ordnung

$$1,\ 3,\ 5,\ (2z-2),\ (2z),\ (2z+2)$$

zu berücksichtigen sind, wobei z die Nutenzahl pro Pol im Läufer und z jene im Ständer ist. Frd.

(Archiv f. Elektrot., Bd. 19, H. 2, 1927.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Über die Betriebserfahrungen bei der Energieübertragung in Amerika sind dem Berichte des Committee on Power Transmission and Distribution der American Inst. E. E. durch den Vorsitzenden Ph. Torchio interessante Mitteilungen zu entnehmen.

A) Überspannungen. Dieses umfangreiche Gebiet wurde nach mehreren Richtungen durchforscht.

1. Versuche mit dem Klydonographen[1]). Sie wurden über Freileitungen von 6 bis 200 kV erstreckt; es mußten sehr zahlreiche Versuche angestellt werden, um zu den folgenden, mit Sicherheit ausgesprochenen Schlüssen zu gelangen: *a)* Die bedeutendsten Überspannungen an Hochspannungleitungen rühren von Blitzschlägen her. *b)* Die Höhe der Überspannungen beträgt bei 120 bis 140 kV Betriebsspannung etwa 1200 bis 1400 kV, bei 220 kV Betriebsspannung etwa 1800 bis 2000 kV. *c)* Die Mehrzahl der Überspannungen war positiv, die höchsten Spannungswerte wurden hingegen bei negativen Wellen beobachtet. *d)* Die Zahl der Überspannungen während eines Gewitters ist an einem Punkt nicht groß. *e)* Führt eine Überspannung zu einem Lichtbogenüberschlag, so verliert sie darin ihre Energie, die Spannung steigt nicht weiter an. *f)* Je steiler die Welle, desto höher steigt die Spannung bis zum Überschlag. *g)* Hochgespannte Wellen wandern nicht weit; sie werden nach wenigen Kilometern bis unter die Glimmspannung gedämpft. Weniger hohe Wellen legen oft weite Wege zurück. *h)* Blitzschläge sind aperiodisch oder doch sehr stark gedämpft.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 598; 1926, S. 216, 908; 1927, S. 631.

2. Blitzschläge[1]). Die Auswirkung von Blitzschlägen auf die Isolatoren hängt wesentlich vom Widerstand des Blitzpfades ab. Ist der Widerstand des Mastes, in den der Blitz schlägt, und seiner Erdung groß genug, so wird ein Spannungsabfall entstehen, der zum Überschlag über den Isolator auf die Leitung führt. Auf dieser läuft nun eine Überspannungswelle, die alle im Zuge liegenden Isolatoren überschlägt, solange bis ihr Wert genügend abgesunken ist. Die Zahl der betroffenen Isolatorenketten ist also vom Erdungswiderstand abhängig; andererseits ist bei kleinem Erdwiderstand die in einem Überschlag wirksame Energie und somit auch dessen zerstörende Wirkung größer. Schließlich ist die Größe des Erdungswiderstandes noch wichtig für das richtige und rasche Arbeiten der Relais, sofern diese an eine bestimmte Größe des Stromanstieges gebunden sind. Eine Umfrage bei verschiedenen Elektrizitätsgesellschaften ergab, daß der Masterdungswiderstand im Mittel bei 15 bis 20 Ohm liegt, in einzelnen Fällen Werte bis zu 2 und anderseits 100 Ohm erreicht, während eine Fall mit 300 Ohm gemeldet wurde.

3. Im Zusammenhang mit diesen Fragen wurde erörtert, ob notwendigerweise bei jedem Überschlag ein Lichtbogen durch den nachfolgenden Maschinenstrom entstehen müsse. Es wurde theoretisch die Möglichkeit festgestellt, daß die Stromstärke des ersten Überschlages mitunter klein genug sein kann, daß die Ionisation für die Ausbildung eines Lichtbogens nicht genügt, doch ist die Grenze der Stromstärke, die hierfür genügt, nicht bekannt.

4. Die Frage des Erdseiles[2]) wird immer noch eingehend erörtert. Verschiedentlich wird der Meinung Ausdruck verliehen, das Erdseil solle eine äußere Lage aus nichtmagnetischem Material erhalten. Zur Bestimmung der Schutzwirkung wurden an einer ohne Erdseil gebauten 132 kV Leitung umfangreiche Beobachtungen angestellt. Über die diesbezüglichen Erfahrungen wurde hier bereits berichtet[3]).

5. Eingehend untersucht wurde die Frage, inwieweit das Mastbild mit den auftretenden Überspannungen zusammenhängt. Man kam dabei zu folgendem Ergebnis: *a)* Die Höhe der Überspannungen ist der Höhe der Leitung proportional, von der Anordnung etwaiger Erdseile abhängig, von der Betriebsspannung jedoch unabhängig. *b)* Bei geringem Erdwiderstand ist die Höhe der Überspannungen begrenzt durch die Überschlagspannung der Isolatoren. *c)* Der Wert des Erdseiles wächst mit der Betriebsspannung. Dieser Schluß folgt daraus, daß das Erdseil die mögliche Höhe der Überspannungen auf einen Wert herabdrückt, der bei vielgliedrigen Isolatorenketten am ehesten unter deren Überschlagspannung liegt.

6. Um die Wirksamkeit von Überspannungsableitern zu studieren, die vorwiegend in Mittelspannungsnetzen verwendet werden, wurden in Chicago Versuche mit verschiedenen Systemen angestellt. Im allgemeinen wurde festgestellt, daß der Erdungswiderstand von wesentlicher Bedeutung für die Wirksamkeit der Apparate ist; er sollte nicht höher sein als 20 Ohm, jedoch zu dem Erdschlußstrom in bestimmtem Verhältnis stehen. Bei der Beurteilung von Überspannungsschäden sind jedoch stets alle Begleitumstände in Betracht zu ziehen, insbesonders die Zustände im Primär- und Sekundärnetz und die Qualität der beschädigten Einrichtungen. Die Erdung des Sekundärnullpunkts bietet nicht unbedeutenden Schutz.

B) Die Stabilität der Energieübertragung zu erhöhen, wird in erster Linie durch eine entsprechende Auslegung der Synchrongeneratoren angestrebt[4]). Die Maschinen erhalten niedrige Reaktanz und rasch wirkende Erregung; bei langsamlaufenden Generatoren verläßt man die angebauten Erregermaschinen, um sie durch raschlaufende, besonders angetriebene Generatoren zu ersetzen. Für das Aufzeichnen des

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 320.
[2]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 43.
[3]) E. u. M. 1926, S. 767.
[4]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 111, 181.

Digitized by Google

Störungsverlaufes bei Erdschlüssen oder dgl. wurden Instrumente entwickelt, die ähnlich dem Oszillographen arbeiten und in Störungsfällen selbsttätig ein- und ausgeschaltet werden.

C) Erdkabel. Die Praxis wendet sich immer mehr der Verwendung von Einleiterkabeln oder Dreileiterkabeln mit metallisierten Adern zu, denen als wesentlicher Vorteil angerechnet wird, daß Durchschläge nur zu einem Erdschluß führen, nicht zu einem Kurzschluß wie meistens beim gewöhnlichen Dreileiterkabel. Um die bei metallisierten Kabeln in der die einzelnen Adern umgebenden Schicht sich ausbildenden Ströme zu verkleinern, wurden versuchsweise Verbindungsmuffen eingebaut, in welcher die Schichten verschiedener Adern passend geschaltet sind. Weit entwickelt haben sich die Kabelmuffen mit Ölbehälter. Das darin enthaltene Öl dringt in das Kabel und füllt allenfalls entstehende Hohlräume aus. Es wurde beobachtet, daß ein Kabel noch Wochen oder sogar Monate nach seiner Verlegung bedeutende Mengen Öl aufnimmt. Die Ölaufnahme steht in Zusammenhang mit den Temperaturschwankungen. Nicht zu verwechseln sind diese Kabel mit dem derzeit in New York in Montage befindlichen 132-kV-Kabel, welches nach dem Pirellisystem als Hohlseil mit Ölfüllung ausgeführt ist[1]). Betriebserfahrungen mit diesem Kabel liegen in Amerika noch nicht vor. — In 16 Kabelnetzen wurden klydonographische Messungen durchgeführt. 99 vH aller Überspannungen lagen unter der dreifachen Betriebsspannung und 92 vH waren aperiodisch. Da diese Werte der in Amerika üblichen Prüfspannung ungefähr entsprechen, bilden sie keine Gefahr für die Isolation. A. Fr.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 7, 1927.)

Das 24 kV-Verteilkabelnetz der Edison El. Ill. Comp. Boston beschreibt H. Colburn. Die Gesellschaft hatte bisher ein Kabelnetz von 13·8 kV, dessen Betrieb durch den Ausbau der Zentralen für große Leistungen und Aufstellung einer neuen 75 000 kVA-Einheit unwirtschaftlich geworden wäre. Nach eingehenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden 24 kV als neue Verteilspannung gewählt. Die Generatoren arbeiten auf eine 13·8 kV-Schiene. Jedes abgehende Kabel hat einen Transformator 13·8/24 kV 12 000 kVA vorgeschaltet. Auf die Ober- und Unterspannungsklemmen der Transformatoren, die im Freien aufgestellt wurden, ist je ein Kasten aufgesetzt, der mit Öl gefüllt ist und den Kabelendverschluß sowie den Trennschalter enthält. Einen Pol der Trennschalter bilden unmittelbar die Transformatordurchführungen. Jeder Kasten ist außerdem in der Mitte durch eine Trennwand geteilt, so daß, nach Öffnen der beiden Trennschalter und Lösen der Verbindungsschrauben der Kastenhälften, ohne Abklemmen der Kabel der Transformator weggeschoben und durch einen anderen ersetzt werden kann. Außerdem sind von den Kabelendverschlußklemmen Anschlüsse mittels Durchführungen herausgeführt. Es ist dadurch möglich, Messungen und Prüfungen der Kabel vorzunehmen. Auf der 24 kV-Seite sind keine Sammelschienen vorhanden. Ebenso wurde auf die Anordnung von Ölschaltern verzichtet. Die Gruppe Transformator—24 kV-Kabel—Transformator bildet daher eine Einheit ähnlich dem früheren 13·8 kV-Kabel. — Die bisherigen Erfahrungen mit dieser vereinfachten und billigen Bauweise sind gute. f. f.

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 17, Okt. 1927.)

Ein fernbetätigtes Straßenbahnunterwerk der Gesellschaft für Straßenbahnen im Saartal beschreibt L. Aßler. Es handelt sich um eine Gleichrichterstation (*G*), deren an und für sich sehr einfache Wartung den Gedanken nahelegte, sie von der 1·5 km entfernten nächsten Unterstation (*U*) aus zu bedienen. Die Lösung mit Starkstrom hätte ein 50-adriges Kabel erforderlich gemacht, die Gesamtkosten hätten 35 000 Mk. betragen. Die ausgeführte Lösung bedient sich des Schwachstroms, arbeitet mit einem 6-adrigen Kabel und hat ohne dieses Kabel 15 000 Mk. gekostet.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 486.

a) Schalterbetätigung. Als Geber dient eine von einem Uhrwerk angetriebene Zahnscheibe; beim Ablaufen unterbricht jeder Zahn kurzzeitig den Geberstrom; ist der letzte Zahn vorbei, so wird der Strom noch einmal für längere Zeit unterbrochen. Der Geberstrom kommt aus einer in der Station *U* aufgestellten 24-V-Batterie, durchfließt die Geber in Serie und dann ein Empfangsrelais in der Station *G*. Der ständige Ruhestrom gibt eine ununterbrochene Kontrolle des Stromkreises. Das Empfangsrelais reagiert auf die Stromunterbrechungen und schaltet einige Stromkreise, über welche eine zweite in *G* befindliche Batterie einige Relais und Schützen speist. Hiebei bewirken die kurzen Stromunterbrechungen das stufenweise Fortschalten eines Wählers, während die dann folgende längere Unterbrechung zur Betätigung eines der Stellung des Wählers entsprechenden Zwischenrelais und hiernach zur Rückstellung der ganzen Apparatur führt. Das Zwischenrelais bewirkt die gewünschte Schalterbetätigung.

b) Rückmeldung. Das Prinzip ist das gleiche, die Funktionen der Apparate sind geändert. Der unter *a)* genannte Wähler in der Station *G* betätigt nebenbei ein Kontaktwalzwerk, welches den Rückmeldestromkreis im selben Rhythmus schwächt, wie die Unterbrechungen im Geberstromkreis erfolgen. Ein in *U* befindliches Empfangsrelais arbeitet nun in gleicher Weise wie unter *a)* beschrieben und betätigt einerseits einen Wähler, der sich auf die betreffende Signallampe einstellt, anderseits den Transportmagnet eines Typendruckers. Hat dann in *G* die gewünschte Schalterbetätigung stattgefunden, so bewirkt ein auf dem Schalter angebrachter Hilfskontakt die gänzliche Unterbrechung des Rückmeldestromkreises, was in *U* das Einschalten der Signallampe (und eines Klingelzeichens), sowie die Betätigung des Typendruckers zur Folge hat. Alle Schaltungen werden also auch noch unter Zeitangabe registriert. Hienach wird die ganze Apparatur automatisch rückgestellt.

c) Störungsmeldung. In der Station *G* ist ein Motorschaltwerk untergebracht, welches beim Fallen eines Schalters durch einen Hilfskontakt eingeschaltet wird. Es bewirkt in ähnlicher Weise wie bisher eine periodische Unterbrechung des Störungsmeldestromkreises und damit das Wählen und Einschalten einer zugehörigen Signallampe in *U*. Die Einrichtung ist so getroffen, daß gleichzeitig auftretende Störungen nacheinander nach *U* gemeldet werden. A. Fr.

(Verkehrstechnik Heft 2, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Eine Methode zur zahlenmäßigen Verfolgung der Trocken- und Tränkzeiten bei der Herstellung von Höchstspannungskabeln. Bisher ist es üblich, den Trockenvorgang bei der Erzeugung von Kabeln dadurch unter Kontrolle zu halten, daß die Schaugläser der Kondensleitung so lange beobachtet werden, bis keine Kondensation von Wasserdampf mehr eintritt. Sodann läßt man die Kabeltränkmasse ein und kontrolliert nun den Trockenvorgang an der Beschaffenheit des Spiegels der Tränkmassenflüssigkeit; so lange noch Luft- oder Wasserdampfbläschen aus dem Kabel herauskommen, macht sich dies durch ein Brodeln der Flüssigkeitsoberfläche bemerkbar. Bei Hochspannungskabeln ist es möglich, jeden dieser beiden Prozesse dadurch zahlenmäßig zu verfolgen, daß man die Eigenschaften des Kabeldielektrikums während des Trocknens bzw. Tränkvorganges unter Kontrolle hält, und zwar nach Angabe von P. Junius durch Verfolgen des Verlustwinkels und der Kapazität des Kabels bei Tonfrequenz. Dies setzt allerdings voraus, daß die Temperatur und wahrscheinlich auch das Vakuum im Kessel sehr konstant sein müssen. Der Autor erwartet von diesem Verfahren, daß es die Vorversuche ersparen wird, welche zur Feststellung der vollständigen Imprägnierung von neuen Kabeltypen notwendig wären. (Es sei darauf hingewiesen, daß die angegebene Methode nicht neu ist, sondern bereits von Delmar und Hanson 1924 gelegentlich der Jahresversammlung des A. I. E. E. angegeben wurde; ebenso gaben Whitehead und Hamburger eine ähnliche

Digitized by Google

Methode in ihrem Vortrage vor der Conférence Internationale des Grands Réseaux, Juni 1927, an[1]). Im übrigen ist es sehr fraglich, ob diese Methode wirklich ein zuverlässiger Ersatz der bisherigen Methode ist, sie hat nämlich dieselben Schwächen wie die Verlustmessungen im Allgemeinen: einzelne schwache Stellen, in diesem Falle einzelne mangelhaft getrocknete oder imprägnierte Stellen, machen sich bei einem Kabel von mehreren hundert Metern Länge in der durchschnittlichen Messung des Verlustwinkels oder der Kapazität nicht oder nur sehr schlecht bemerkbar, während zum Beispiel einzelne noch aufsteigende Glasblasen an der Flüssigkeitsoberfläche sehr wohl bemerkt werden können. In Übereinstimmung damit steht, daß die von Junius angegebenen Kurven für den zeitlichen Verlauf des Verlustwinkels gegen Ende der Messung sehr flach verlaufen, ohne vollkommen horizontal zu werden. Der Ber.)

Dr. Konstantinowski.
(ETZ, Bd. 49, Heft 2, 1928.)

Elektrische Untersuchungen an Kupferpanzer-Stahl (KPS) Drähten und Seilen. Von Dr. Ing. Schulze. Die auch unter dem Namen Monnotmetalldrähte bekannten Leiterbaustoffe[2]) wurden an Stücken, die von den Heddernheimer Kupferwerken zur Verfügung gestellt worden sind, einer eingehenden elektrischen Untersuchung unterzogen. Die Messungen wurden an Schleifen von 8 bis 24 m Länge mit veränderlicher Stromstärke und veränderlichem Leiterabstand mit einer Meßbrücke nach Maxwell durch Vergleich von Selbstinduktion und Kapazität vorgenommen. In den folgenden Angaben bedeuten L die Selbstinduktion in mH/km und r das Verhältnis des Wechselstrom- zum Gleichstromwiderstand. Der Einfluß einer Temperaturerhöhung bei der Messung des Wechselstromwiderstandes wurde ausgeschieden, indem nach erfolgtem Umschalten auf Wechselstrom sofort gemessen wurde. Die Meßfehler sind höchstens 0·15 bis 3 vH. Der erste Versuchsdraht hatte 2·5 mm Durchmesser und einen Kupfergehalt von 40 vH. Zum Vergleich diente ein Reinkupferdraht von derselben Stärke, dessen Werte in eckiger Klammer beigesetzt sind. Die Stromstärke bei den Messungen betrug 5 (10) A. Es war bei einem Leiterabstand von

$d = 0{\cdot}25$ cm: $L = 0{\cdot}889\,(0{\cdot}961)$, $r = 1{\cdot}0010\ (1{\cdot}0012)$.
$d = 10$ cm: $L = 2{\cdot}237\,(2{\cdot}283), [1{\cdot}86]$, $r = 1{\cdot}0008, (1{\cdot}0015)$.
$d = 31{\cdot}25$ cm: $L = 2{\cdot}73\ (2{\cdot}787), [2{\cdot}31]$, $r = 1{\cdot}0009, (1{\cdot}0011)$.

Ein KPS-Draht mit nur 25 vH Kupfer wies nur wenig höhere Verluste auf. Bei weiterer Vergrößerung der Stromstärke wuchs der Widerstand rasch an. So zeigte ein 6 mm starker Draht mit 40 vH Kupfer bei 10 A $r = 1{\cdot}0081$, bei 30 A war $r = 1{\cdot}0178$. Ein Seil von 50 mm² (12 + 7 Drähte von 1·8 Durchmesser, 25 vH Kupfer) und 25 cm Leiterabstand zeigte bei 10 A einen Widerstand $r = 1{\cdot}0040$, bei 50 A: $r = 1{\cdot}029$ und bei 100 A: $r = 1{\cdot}146$. Bei einem gleichen Seil zeigte sich bei 100 A: $r = 1{\cdot}102$. Für ein 70 mm²-Seil und 70 A war $r = 1{\cdot}066$ und stieg bei 100 A auf $r = 1{\cdot}175$. Die entsprechenden Werte für ein gleiches Seil mit 40 vH Kupfer waren 1·031 und 1·140. Die Werte zeigen, daß das Monnotmetall für Leitungen elektrisch geeignet ist. Der Verfasser weist darauf hin, daß in Amerika zahlreiche Leitungen damit ausgerüstet sind, und meint, daß auch in Deutschland das KPS-Metall wegen seiner besonders in mechanischer Hinsicht guten Eigenschaften Verbreitung finden sollte[3]). V. H.
(ETZ, Bd. 49, Heft 2, 1928.)

Der Stromübergang aus langgestreckten Leitern in die Erde. Die Potentialströmung aus unendlich leitfähigen Elektroden in das umgebende Erdreich ist durch eine Reihe von Untersuchungen für die wichtigsten Elektrodenformen bestimmt worden[4]). F. Ollendorff entwickelt die Theorie für einen elektrisch homogenen, unendlich langen Leiter (Vollzylinder-Elektrode von kreisförmigem Querschnitt) von der endlichen Leitfähigkeit $\varkappa_l$, welcher an einer bestimmten Stelle (Fehlerstelle) mit einem Strom endlicher Stärke I (Fehlerstrom) gespeist wird und von einem allseitig (oder einseitig) unbegrenzten, elektrisch homogenen Erdreich von der Leitfähigkeit $\varkappa_a$ umgeben wird. Die Theorie ist auf zwei praktisch wichtige Fälle anwendbar, auf den Fehlerstrom, der sich bei Kabeldurchschlägen, die von der Seele zum Mantel erfolgen, von der Fehlerstelle aus durch Mantel und Erde ausbreitet, und auf den durch Kurzschluß entstandenen oder auch betriebsmäßigen Strom in Vollbahngeleisen und in dem sie umgebenden Erdreich.

Die, im Einzelfalle wechselnden, Verhältnisse an der speisenden Stelle (Fehlerstelle) selbst werden von der Untersuchung ausgeschlossen, da schon in kleiner Entfernung von der Fehlerstelle die Stromverteilung von den Vorgängen daselbst praktisch unabhängig wird. Der Autor gelangt nun zu einer strengen Lösung des Problems, indem er die untersuchte Strömung aus einem skalaren Potential herleitet, welches der Laplaceschen Gleichung und allen Grenzbedingungen (stetiger Übergang der elektrischen tangentialen Feldkomponente und der radialen Stromkomponente an der Grenzfläche Leiter—Erde und Verschwinden des Potentials im Unendlichen) genügt. Die Bestimmung dieses Potentials erfolgt durch Zerlegung desselben in ein Quellpunktspotential, welches für die Vorgänge an der Fehlerstelle maßgebend ist und daher vernachlässigt wird, und in ein „Sekundär"-Potential, welches an der Fehlerstelle endlich bleibt und die Feldverteilung außerhalb derselben angibt. Der exakte Ausdruck für das Sekundärpotential, zugleich die Lösung des ganzen Problems, baut sich in komplizierter Weise aus Besselschen und Hankelschen Zylinderfunktionen auf — die Formeln sind überdies verschieden für das Gebiet innerhalb und außerhalb des Leiters — und gestattet daher keine unmittelbare Auswertung. Durch Abschätzungen und Näherungen vereinfacht der Autor die allgemeinen Ergebnisse und gewinnt dadurch für die praktisch am meisten interessierenden Größen einfache, leicht anwendbare Formeln.

So ergibt sich für den Ausbreitungswiderstand im allseitig unendlich ausgedehnten Erdreich w_a, welcher die an der Fehlerstelle in Wärme umgesetzte Leistung $I^2 w_a$ und damit den Umfang der Kabelzerstörung bestimmt, als praktisch genügende Näherung der einfache Ausdruck

$$w_a = \frac{1}{2{\cdot}25 \,.\, R \,.\, \sqrt{\varkappa_a \, \varkappa_l}} \quad \ldots\ldots (38),$$

wo R der Radius des kreiszylindrischen Leiters ist. Ein Vergleich dieser Formel mit jener für den Ausbreitungswiderstand einer unendlich leitenden Zylinderelektrode endlicher Länge $2l$,

$$w_a = \frac{1}{4\,\pi\,\varkappa_a} \cdot \frac{\ln 2\frac{l}{R}}{l} \quad \ldots\ldots (41),$$

zeigt, welcher der beiden Ausdrücke für den allgemeinsten Fall (endliche Länge und endliche Leitfähigkeit) jeweils die bessere Annäherung bildet. Ist das Kabel in einer Tiefe t unter der Erdoberfläche verlegt, so liegt der Fall des einseitig ausgedehnten Erdreiches vor, welcher durch Anwendung des bekannten Prinzips der Spiegelung an der Erdoberfläche auf den bereits behandelten Fall zurückgeführt wird. Der Ausbreitungswiderstand w' ist in diesem Fall größer als bei allseitiger Ausdehnung der Erde, und zwar gilt:

$$w_a' = w_a \,.\, \left(2 - 0{\cdot}084 \ln \frac{2t}{R}\right) \quad \ldots\ldots (67).$$

Für die Gefährdung von Lebewesen durch den Erdstrom ist die Schrittspannung E_s charakteristisch, die ihren höchsten Wert erreicht, wenn der Leiter an der Erdoberfläche verlegt ist und ein Fuß des Lebewesens auf der Fehlerstelle ruht. Der Autor leitet für diese Maximalspannung den Ausdruck

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 893.
[2]) Vgl. E. u. M. 1909, S. 1000.
[3]) Bezüglich der mechanischen Eigenschaften vgl. Kyser, EKB 1909; vgl. a. E. u. M. 1909, S. 1000.
[4]) Vgl. R. Rüdenberg, ETZ 1926, H. 11 u. 12, S. 370.

Digitized by Google

$$E_{s\,max} = \frac{I}{R} \cdot 0{\cdot}074 \cdot \frac{1}{\sqrt{\varkappa_a \varkappa_i}} \ln\left(1 + \frac{s}{R}\right) \quad . (59a)$$

ab, wo s die Schrittweite bedeutet. In größerer Entfernung ϱ von der Fehlerstelle ist

$$E_s = \frac{I}{R} \cdot 0{\cdot}074 \cdot \frac{1}{\sqrt{\varkappa_a \varkappa_i}} \cdot \frac{s}{\varrho} \quad . . . . (62).$$

Bezeichnet man mit d den Durchmesser der Fußsohle und setzt den Ausbreitungswiderstand eines Fußes gleich $1/2\varkappa_a d$, so erhält man aus Gl. (59 a) und (62) als maximalen Körperstrom

$$i_{max} = I \cdot 0{\cdot}148 \frac{d}{R} \sqrt{\frac{\varkappa_a}{\varkappa_i}} \ln\left(1 + \frac{s}{R}\right) \quad . . . (60)$$

und in größerer Entfernung ϱ vom Fehlerort

$$i = I \cdot 0{\cdot}074 \cdot \frac{s}{R} \cdot \frac{d}{\varrho} \cdot \sqrt{\frac{\varkappa_a}{\varkappa_i}} \quad . . . . . (63).$$

Aus Gl. (60) bestimmt man den mit Rücksicht auf Gefährdung höchstzulässigen Fehlerstrom, aus Gl. (63) die bei Überschreiten desselben bestehende „Gefahrzone". Alle hier angegebenen Formeln gelten annähernd bis zu einer Entfernung $\varrho_{gr} = R \cdot 2{\cdot}15 \cdot \sqrt{\frac{\varkappa_i}{\varkappa_a}}$ vom Fehlerort, welche in der Größenordnung einiger Kilometer liegt. In sehr großer Entfernung wirkt die Fehlerstelle wie ein Quellpunkt im homogenen Erdreich.

Von Interesse ist auch die Stromabnahme längs des in der Erde verlegten Leiters, da sie für seine Erwärmung von Bedeutung ist. Der Gesamtstrom I im Leiter in der Entfernung z von der Fehlerstelle ist durch die Näherungsformel

$$I_z = \frac{I}{2} \cdot e^{-0{\cdot}41 \cdot \sqrt{\frac{\varkappa_a}{\varkappa_i}} \cdot \frac{z}{R}}$$

gegeben, die Stromabnahme längs des Leiters folgt also einem Exponentialgesetz mit kleiner räumlicher Dämpfungsziffer.

An zwei Zahlenbeispielen erläutert der Autor den Gebrauch und die Größenordnung seiner Resultate: 1.) Erdschluß eines Bleikabels von $R = 5$ cm Manteldurchmesser und auf den Vollquerschnitt reduzierter Leitfähigkeit $\varkappa_i = 47\,500$ Siemens/cm; Leitfähigkeit des Erdreichs $\varkappa_a = 10^{-4}$. Die Formeln ergeben einen Ausbreitungswiderstand $w_a = 0{\cdot}0407\ \Omega$ und, wenn das Kabel in $t = 100$ cm Tiefe verlegt ist, $w_a' = 0{\cdot}0688\ \Omega$; auch für $t = 200$ cm nimmt dieser Wert nicht wesentlich ab, es hat daher im homogenen Erdreich keinen Sinn, Seile als Erder besonders tief zu verlegen. Bei einer Schrittweite $s = 100$ cm, einem Sohlendurchmesser $d = 20$ cm und einem Körperstrom $i_{max} = 1/20$ A ist der höchstzulässige Fehlerstrom $I = 605$ A und bei Überschreiten desselben die Gefahrzone $\varrho \leqq 0{\cdot}027\ I$ (zum Beispiel für $I = 6000$ A $\varrho = 1{\cdot}62$ m). Der Strom im Kabelmantel ist durch $I_z = \frac{I}{2} \cdot e^{-1{\cdot}88 \cdot 10^{-3} \frac{z}{R}}$ gegeben, ist also in einer Entfernung von $z = 2{\cdot}66$ km auf ein Drittel seines Anfangswertes (ein Sechstel des Fehlerstromes) gesunken, ein für die Mantelerwärmung ungünstiges Ergebnis! — 2.) Eine Eisenbahnschiene mit der Sohlbreite $b = 8$ cm und Leitfähigkeit $\varkappa_i = 60\,000$; sie kann durch einen Runddraht vom Radius $R = \frac{b}{4} = 2$ cm ersetzt werden; die übrigen Angaben sind dieselben wie in Beispiel 1. Der Ausbreitungswiderstand — gute Schienenverbindung vorausgesetzt — errechnet sich zu $R_a = 0{\cdot}182\ \Omega$, der Gefahrstrom zu $I \geqq 210$ A, die Gefahrzone zu $\varrho \leqq 0{\cdot}0602\ I$ ($\varrho = 1{\cdot}2$ m bei $I = 2000$ A) und die Dämpfungsziffer der Stromabnahme zu $1{\cdot}66 \cdot 10^{-4}$, so daß der Schienenstrom erst in 1·2 km Entfernung von der gespeisten Schienenstelle auf ein Sechstel des Gesamtstromes gesunken ist.

Schließlich weist der Autor darauf hin, daß die entwickelten Formeln auch zur experimentellen Bestimmung der in ihnen enthaltenen Materialkonstanten herangezogen werden können. Frd.

(Wissenschaftl. Veröffentl. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 5, H. 3, 1927.)

Hochspannungsisolatoren in Küstengebieten. Sindrich Larsen berichtet über Schwierigkeiten, die bei einer 60 kV-Leitung auf Stützisolatoren (Type I 1416, Hermsdorf) an der Westküste Norwegens auftraten. Hier verursachten die Salzablagerungen Kriechströme[1]), die vielfach zur Verkohlung des zur Befestigung dienenden Hanfes führten. Bei den Isolatoren, die deshalb ausgetauscht werden mußten, nahm man eine Kurzschließung der Aufhanfung vor, indem man das Innere des Stützloches des Isolators mit Graphit, in Wasserglas angerührt, bestrich und die als Puffer dienende Korkplatte an der Spitze der Stütze mit der gleichen Masse tränkte. Bei jenen Isolatoren, die man noch auf der Stütze belassen konnte, brachte man eine Spirale aus Siliziumbronze in dem Stützloch unterhalb der Aufhanfung an. Der Durchmesser der Spirale war gerade so groß, daß sie einerseits sich an die Innenwandung des Isolators, andererseits an die Stütze anschloß, so daß auch hier die Kriechströme vom Hanf abgelenkt waren. Zum Schutze gegen die Luftsäuren wurden später verzinnte Bronzespiralen verwendet. Beide Mittel haben sich vollkommen bewährt. V. H.

(Elektrot. Tidsskrift, Bd. 41, Heft 1, 1928.)

Baustoffe.

Der elektrische Durchschlag einer aus zwei verschiedenen Isolierstoffen zusammengesetzten Anordnung. Das Verhalten einer aus zwei Stoffen zusammengesetzten Anordnung unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes ist, sofern jede der beiden Schichten einen nahezu idealen (verlustfreien) Isolator darstellt, vollkommen eindeutig durch die Beziehung $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ gegeben, wenn F_1 die Feldstärke im Stoff I, mit der Dielektrizitätskonstante ε_1, F_2 die Feldstärke im Stoff II mit der Dielektrizitätskonstante ε_2 ist. Übersteigt die an die zusammengesetzte Anordnung angelegte Spannung einen bestimmten Wert, dann kommt es zu einem Durchschlag. Über den genauen Mechanismus dieser Erscheinung gibt es eine Reihe untereinander scheinbar widersprechender Ansichten.

E. Marx gibt eine Reihe von Versuchen an, welche ein recht anschauliches (Im übrigen bereits von Benischke in „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik" 1922, S. 510 angegeben. Der Ber.) Bild über die Einzelheiten des Vorganges vermitteln. Danach kommt es bei einer gewissen Feldstärke in dem einen Stoff, zum Beispiel I, zu einem Durchschlag, das heißt zur Bildung eines diesen Stoff I durchquerenden Kanals von genügender Leitfähigkeit. (Vgl. Abb. 497 des angezeigten Buches). An dem Ende des Kanals, welches an den Stoff II angrenzt, bildet sich daher eine sehr hohe Feldstärke am Stoff II heraus, welche zur Gleitfunkenbildung Anlaß geben kann. Zahlenmäßige Versuche, unter Verwendung von Glas, Porzellan, Cellon, Öl und destilliertem Wasser als Stoffe zeigen, daß der durch den Teildurchschlag in Stoff I gebildete Kanal die Durchschlagsspannung im Stoff II und damit die Durchschlagsspannung der ganzen Anordnung etwa ebenso stark herabsetzt als eine scharfe Spitze (bis auf 1/6). Die Versuche mit Wasser mußten dabei mit Stoßbeanspruchungen vorgenommen werden, weil sich destilliertes Wasser nur solchen Beanspruchungen gegenüber als durchschlagsfest erweist. Derartige Durchschläge treten zum Beispiel auf, wenn feste Isolierstoffe unter Öl geprüft werden, wobei oft die Elektroden nicht satt auf der Oberfläche des Prüflings aufliegen, sondern eine dünne Ölschichte zwischen Prüfling und Elektroden verbleibt, welche leicht durchgeschlagen wird; hier hilft zum Beispiel Metallisieren der Oberflächen[2]). Ist einer der beiden Isolierstoffe Luft, dann kommt es im allgemeinen nicht zu so großen Herabsetzungen der Durchschlags-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 572.

[2]) Vgl. zum Beispiel Č. S. R. Patent Nr. 14909 von 1925, Zeitschr. f. Instr. 45, 190, 1925. Der Ber.

Digitized by Google

festigkeit, weil das Ende des Gleitfunkens in Luft keinen plötzlichen Spannungsabfall zeigt. Erst wenn die Länge des Gleitfunkens künstlich verkleinert wird, zum Beispiel durch Zwischenschaltung eines Paraffinwalles, kommt es zu einem jähem Abfall der Spannung und damit zur oberwähnten gefährlichen Spitzenwirkung und zu der bekannten[1]) Erscheinung des Durchschlages innerhalb des Paraffinwalles. Ein ähnliches Verhältnis findet man, wenn die Ausbreitung des Gleitfunkens in Luft durch Öl unterbunden wird, zum Beispiel an jenem Teil einer Durchführung eines Ölschalterteiles und dgl., an welchem die Durchführung in Öl eintaucht. Konst.

(ETZ, B. 49, H 2, 1928.)

Literaturberichte.

3160 **Das Weltreich der Technik.** Entwicklung und Gegenwart. Von Artur Fürst (†). Dritter Band. Der Verkehr auf dem Wasser und in der Luft. 533 S. mit 798 Abb., 30 Tafeln und einer Beilage. Vierter Band. Lastenförderung, Kraftmaschinen, der elektrische Starkstrom. 538 S. mit 963 Abb. und 26 Tafeln. Ullsteinverlag, Berlin 1926 bzw. 1927. Preis geb. je Band 36 Mk.

Mit den vorliegenden Bänden ist das Werk, dessen Vollendung der Verfasser leider nicht mehr erlebt hat, abgeschlossen. Bei dem überaus reichen Inhalte kann wie bei den beiden ersten Bänden[2]) nicht auf Einzelheiten eingegangen werden; eine Übersicht über die behandelten Gebiete gibt die Aufzählung der Abschnitte, und zwar Flüsse und Kanäle, Häfen, das Schiff, Schiffslenkung und Seezeichen, der Ballon, das lenkbare Luftschiff und das Flugzeug im dritten Bande und stetige Förderer, Hebezeuge, Rohr- und Seilpost, Aufzüge, Muskel-, Wind- und Wasserkraftmaschinen, sowie Talsperren, Kolbendampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel, Gas- und Ölmaschinen, Entwicklung der Starkstromtechnik, technische Beherrschung der elektrischen Energie, Anwendungsgebiete des Starkstroms und das Großkraftwerk der Gegenwart im vierten Bande. Besonders hervorzuheben ist, daß auch der Anteil Österreichs an der Entwicklung der behandelten Gebiete der Technik gebührend zum Ausdruck kommt, ferner daß an sehr vielen Stellen auch die Ergebnisse der Forschungen auf anderen Wissensgebieten (Geschichte, Physik, Wirtschaftsleben usw.) mit verwertet sind und dadurch der vielleicht etwas trockene Stoff viel interessanter gestaltet wird und schließlich, daß in fast allen Abschnitten Anwendungen der Elektrotechnik in ausgedehntem Maße besprochen werden, so daß die Elektrotechnik in dem ganzen Werke sehr stark in den Vordergrund tritt. Das Urteil über die beiden ersten Bände hinsichtlich der Schreibweise, der Wahl des Stoffes usw. gilt im wesentlichen auch für die beiden vorliegenden Bände. Nur im letzten noch von Fürst selbst bearbeiteten Abschnitte über Kraftmaschinen finden sich einige, allerdings nicht wesentliche Flüchtigkeiten, sowie mehrere, nicht gerade glücklich gewählte Abbildungen; auch der, inhaltlich allerdings auf der Höhe stehende, Abschnitt über die Starkstromtechnik zeigt viele überflüssige Wiederholungen. Die angeführten Mängel werden sich bei einer Neuauflage leicht beheben lassen und für eine solche seien außer der Beigabe eines gemeinsamen Sachverzeichnisses für alle Bände genauere Literaturangaben an jenen Stellen, wo fremde Werke zitiert werden, angeregt, so wie es auch erwünscht wäre, die Abbildungen bei dem zugehörigen Text unterzubringen. Eine Ergänzung des Werkes durch die Aufnahme weiterer Gebiete der Technik (Gewinnung und Verarbeitung der wichtigsten Rohstoffe) sollte in Erwägung gezogen werden. Zum Schlusse sei noch der mit Rücksicht auf den Umfang, die zahlreichen Abbildungen und die prächtig ausgeführten Tafeln überaus niedrige Preis der Bände erwähnt, wie überhaupt das Verdienst des Verlages um die Herausgabe des Werkes im Interesse der Verbreitung des Verständnisses für die moderne Technik sehr hoch eingeschätzt werden muß. Jellinek.

[1]) Kiessling und Walter, Ann. d. Phys., Bd. 4, S. 570, 1903.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 569.

2851 **Elektrizität in der Landwirtschaft.** Bearbeitet von C. Buschkiel. (12. Band der Siemens-Handbücher.) Mit 185 Abbildungen, Oktav, 172 Seiten, 1927. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin. In Leinen geb. Mk. 5·40.

Das Buch stellt sich die Aufgabe, gebildete Landwirte und Ingenieure mit den Möglichkeiten und Vorteilen vertraut zu machen, welche die Elektrotechnik auf diesem Arbeitsfeld zu bieten hat und zeigt, daß es kaum einen einzigen Zweig der Elektrotechnik gibt, welcher nicht arbeitsparend und mit wirtschaftlichem Vorteil auf die Landwirtschaft anwendbar wäre. In erster Linie ist dabei der Elektromotor hervorzuheben, welcher mit Rücksicht darauf, daß die meisten Arbeiten nur auf Stunden oder Tage beschränkt sind, meist ortsveränderlich — auf Tragen, Schleifen und Karren — eingerichtet wird, so daß ohne große Investitionen abwechselnd verschiedene Arbeiten verrichtet werden können, wie zum Beispiel das Dreschen, Futterschneiden und Pumpen. Beim elektrischen Pflügen wird das Einmaschinensystem wegen der einfacheren Leitungsanlage vorgezogen. Für kleinere Betriebe und Gärtner schufen die Siemens-Schuckert-Werke die sogenannten Bodenfräsen in zwei Typen, die 35 PS-Gutsfräse und die 5 PS-Gartenfräse[1]). Die Vorteile elektrischer Beleuchtung für Landgüter machen selbst eine kleine Eigenanlage dort lohnend, wo ein Netz fehlt. Elektrische Heizung ist nicht nur für Kochen und Wärmen des Futters in Elektro-Futterkochern, sondern besonders für die Trocknung des Grünfutters bedeutungsvoll[2]). Alle diese Anwendungen der Elektrizität sind in dem Werke klar und ausführlich in technischer und wirtschaftlicher Beziehung behandelt, wobei an guten Abbildungen nicht gespart ist. Im Vorstehenden wurden nur die wichtigsten Kapitel gestreift. Außer diesen umfaßt das Buch noch eine bedeutende Zahl anderer Anwendungen, wie Melkmaschinen, Beregnungsanlagen, Jauchepumpen, Signal- und Fernsprecheinrichtungen, Rundfunk, ferner lehrreiche Ratschläge für Leitungsanlagen, endlich einen Anhang mit den einschlägigen Leitsätzen des VDE und mit Tabellen. Mit Rücksicht auf das stetig wachsende Eindringen der Elektrotechnik in das Gebiet der Landwirtschaft kann das Werk allen Landwirten und Elektroingenieuren als Lehrbuch und Nachschlagewerk warm empfohlen werden. Dr. Horschitz.

3652 **Zur Theorie des Fernsprechverkehres.** (Einführung und Überblick.) Von K. Frei. Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1927. 138 Seiten. Preis geh. Mk. 4·50.

Unter dieser Überschrift erscheint das erste Heft einer von F. Moench herausgegebenen Sammlung von Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik. Mit dieser Sammlung sollen Grundlagen und wesentliche Ergebnisse auf den verschiedenen Gebieten dieser Technik einem größeren Leserkreis vermittelt werden. Das vorliegende Heft behandelt die Theorie des Fernsprechverkehrs als Massenerscheinung, aufgebaut auf den Lehren der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Nach einer kurzen Darlegung der Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird deren Anwendung auf eine Reihe von Fragen des Fernsprechverkehrs gezeigt, die durch die folgenden Kapitelüberschriften gekennzeichnet sind: Gleichzeitigkeitsverkehr der Teilnehmer, Zusammensetzung und Teilung des Verkehrs, Berechnung der Verluste und der Leitungszahl, Staffelschaltungen, Besetztmeldungen bei Teilnehmeranschlüssen, Wartezeiten, Gesprächslängen. Das Büchlein sei als Einführung in einen Wissenszweig, dessen steigende Bedeutung für die heutige Nachrichtentechnik schon aus der anwachsenden Literatur über diesen Gegenstand ersehen werden kann, besonderer Beachtung empfohlen.

Dr. Stecher.

Eingelaufene Bücher.

AEG. Technischer Jahresbericht 1927. 112 S. mit 253 Abb.

Nach dem Beispiele der großen amerikanischen und englischen, sowie auch einzelner Schweizer Firmen, legt die AEG einen ausführlicher gehaltenen Bericht über die wichtigsten Arbeiten des Konzerns im Jahre 1927 vor.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN, S. 181, 262, 340.

[2]) E. u. M. 1925, TWN, S. 29.

Digitized by Google

In sechs großen Abschnitten (Elektrizitätswerke, Industrie, Verkehrswesen, Installationswesen, Habfabrikate und AEG-Fabriken) werden die wichtigsten ausgeführten und begonnenen Maschinen, Apparate und Anlagen geschildert, und damit wird auch ein Bild über die Fortschritte der Elektrotechnik im vergangenen Jahre gegeben. Man vermißt in dem auch sehr gut mit Bildern ausgestatteten Berichte noch Hinweise auf genauere Beschreibungen einzelner Maschinen usw. in den AEG-Mitteilungen und anderen Zeitschriften und die besonders in Amerika üblichen Zahlenangaben über die Gesamtleistung aller gebauten Maschinen und dgl. —k.

3673 Die Ölfeuerungstechnik. Von O. A. Essich. Herausgegeben von Dipl.-Ing. H. Schönian und Dr. Ing. G. Brandstätter. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 128 Seiten, 233 Abb. Preis geh. Mk. 8·—.

Obwohl durch die jüngste Entwicklung der Staubfeuerung etwas in den Hintergrund gedrängt, dürfte doch die Ölfeuerung für gewisse Betriebe vorteilhaft und wirtschaftlich sein. Das Buch bringt eine ausführliche Darstellung des heutigen Standes der Ölfeuerungstechnik, der Arten der Feuerung nebst zahlreichen Brennerkonstruktionen und deren Verwendungsgebieten. Ein breiter Raum ist auch den Hilfseinrichtungen sowie den Anwendungsgebieten der Ölfeuerung und einer großen Zahl von Ausführungsbeispielen gewidmet. Der Wert des Buches wird noch erhöht durch die vielen und deutlichen Abbildungen. Stipernitz.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Elektrowerke A. G. Im vergangenen Jahre[1]) ist, wie wir in einem Berichte der „Frankfurter Zeitung" entnehmen, der Absatz sowohl in der Landesversorgung wie bei der angeschlossenen Großindustrie gestiegen. Im Hinblick darauf wurden die Anlagen weiter ausgebaut, die installierte Kraftwerksleistung wird nach Inbetriebnahme der laufenden Erweiterungen auf rund 450 000 (i. V. reichlich 400 000) kW steigen. Das Leitungsnetz erfährt eine Vergrößerung durch Verlängerung der schlesischen Hochspannungsleitung von Bunzlau nach Tschechitz bei Breslau und durch eine vierte Doppelleitung von Trattendorf nach Berlin, deren Bau mit der Elektrifizierung der Berliner Stadtbahn zusammenhängt; beide werden 1928 in Betrieb kommen. Bei einem weiteren Steigen des schlesischen Strombedarfes soll dieser nicht durch Erweiterung der privaten oder öffentlichen Einzelwerke, sondern durch Bau eines Gemeinschaftswerkes, voraussichtlich in Cosel, gedeckt werden. Die gesamte Stromerzeugung belief sich auf 1677 (1486) Mill. kWh. Aus dem Reingewinn von Mk. 5·15 (5·06) Mill. werden wieder 8 vH Dividende auf das Aktienkapital von Mk. 60 Mill. verteilt. Anlagen stiegen infolge der Erweiterungen auf Mk. 129·26 (119·36) Mill. und Beteiligungen und Effekten auf Mk. 13·93 (9·69) Mill. Diese Zunahme entstand durch die Bezugsrechtsausübung beim Überlandwerk Oberschlesien A.-G. und Verstärkung der Beteiligung bei den Braunschweigischen Kohlenbergwerken (Helmstedt). Das Erneuerungskonto stieg durch die Neuzuweisung bei Mk. 1·45 Mill. Inanspruchnahme auf Mk. 40·73 (35·97) Mill. Die Amerikaanleihe wird unverändert mit Mk. 31·5 Mill., die Reserve unverändert mit Mk. 10 Mill. ausgewiesen.

Die Kohlenwirtschaft Österreichs im Jahre 1927. Nach den in der „Montanistischen Rundschau" vom 1. März d. J. auszugsweise wiedergegebenen Veröffentlichungen des Bundesministeriums für Handel und Verkehr wurden insgesamt 8·76 Mill. t (8·19 i. J. 1926) mineralische Brennstoffe bezogen, davon 4·73 Mill. t Steinkohle (+ 440 730 t), 3·45 Mill. t Braunkohle (+ 46 635 t) und 573 663 t Koks. Der inländischen Erzeugung, die gegen 1926 um 137 713 t gestiegen ist, entstammen 169 231 t Steinkohle und 2·99 Mill. t Braunkohle. Die Brennstoffeinfuhr weist eine Steigerung von 476 798 t gegen 1926 auf, vorwiegend bei der Steinkohle und Koks, die Braunkohleneinfuhr ging zurück. Als Herkunftsland steht Polnisch-Oberschlesien mit 2·5 Mill. t Steinkohle und 46 501 t Koks an erster Stelle, dann folgen die Tschechoslowakei (1·3 Mill. t Steinkohle, 281 445 t Braunkohle und 242 858 t Koks), Deutschland und das Dombrowaer Revier. Geringe Mengen wurden aus Ungarn, Jugoslawien, England, Holland, Belgien und Frankreich eingeführt. Von dem gesamten Brennstoffverbrauch entfallen nach Ausschaltung der Verkehrsanstalten 37·4 vH auf Wien, 27·2 vH auf Steiermark und 19·4 vH auf Niederösterreich, der Rest verteilt sich auf die übrigen Bundesländer. Die Verkehrsanstalten bezogen 1·8 Mill. t Brennstoffe (davon 1·47 Mill. t Steinkohle), die Elektrizitätswerke 1·49 Mill. t (1·38) und die Industrie 3·65 Mill. t (3·35), davon über die Hälfte Braunkohle.

[1]) Für das Jahr 1926 vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 40.

Bundeslehranstalt für Maschinenbau und Elektrotechnik in Wien, X., Pernerstorfergasse 81. Anmeldungen für die Höhere Abteilung für Elektrotechnik (vier Jahrgänge) werden ab 2. Mai bis einschließlich 23. Juni d. J. an allen Wochentagen in der Zeit von 8 bis 15 Uhr in der Direktionskanzlei entgegengenommen. Die Aufnahmsprüfungen werden am 25. und 26. Juni abgehalten. Programme sind gegen Voreinsendung von 30 Groschen erhältlich.

Vereins-Nachrichten.

Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein. Fachgruppe für Elektrotechnik.

Freitag, den 27. April 1928, um ½7 Uhr abends, Vortrag von Herrn Universitäts-Dozent Dr. Robert Ettenreich über „Moderne Lautsprecherprobleme". (Mit Lichtbildern.)

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	5. IV. 1928	11. IV. 1928	13. IV. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	134¾	134¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	82—87	80—85	83—88

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 13. April 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	61	13	9	61	15	0
Standard { 3 Monate .	61	15	0	61	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	230	10	0	231	10	0
Standard { Kassa . .	230	5	0	230	10	0
Standard { 3 Monate .	231	0	0	231	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	21	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	0	0	25	0	0
Remelted	25	10	0	—	—	—
English Swansea . .	25	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 107 home; Pf. 112 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 29. April 1928 | Heft 18

Zur Frage des Parallelschaltproblemes von Transformatoren.

Von Dr.-Ing. E. **Wirz**, Privatdozent an der ETH Zürich.

In dieser Zeitschrift hat Vidmar[1]) kürzlich eine sehr interessante Arbeit über den Parallelbetrieb von Transformatoren veröffentlicht, worin er sich in der Hauptsache mit den heutigen, recht mangelhaften Vorschriften über den Parallelbetrieb von Transformatoren auseinandersetzt. Seinen Ausführungen kann man im allgemeinen in bezug auf die Ohmschen und induktiven Widerstände der Wicklungen und in der Größenordnung der Abweichungen in den Kurzschlußspannungen paralleler Transformatoren ohne weiteres beipflichten. Über eine andere Frage aber, nämlich über die Ursache der Ausgleichsströme selbst und ihre Verhinderung, hat diese Arbeit gar keine befriedigende Auskunft gegeben, da die rein Ohmschen und induktiven Widerstände der Wicklungen ohne Berücksichtigung der magnetischen Verhältnisse parallel geschalteter Transformatoren die Ausgleichsvorgänge nicht zu erklären vermögen. Solange wir das Parallelschaltproblem nur allein durch die Spannungsgefälle der Wicklungen definieren wollen, werden wir niemals zu einer befriedigenden Lösung gelangen, da die ungleichen magnetischen Eigenschaften beider Transformatoren immer Ausgleichsströme bewirken müssen. Selbstverständlich werden dabei auch die Spannungsgefälle der Wicklungen ihren ungünstigen Einfluß geltend machen, aber die Ursache des Ausgleiches kann sicher nur durch eine, durch ungleiche magnetische Verhältnisse verursachte, induzierte EMK hervorgerufen werden, um welche Erscheinung wir gar nicht herum kommen und in der Vidmarschen Arbeit überhaupt vermissen.

Der Verfasser vorliegender Arbeit hat bereits früher in einer denselben Gegenstand behandelnden Arbeit[2]) darauf hingewiesen, daß den Ausgleichsströmen im Parallelbetrieb eine viel wichtigere Rolle zukommt, wie bisher ganz allgemein angenommen wurde, und daß die Entstehungsursache derselben bisher überhaupt übersehen wurde. In dieser erwähnten Arbeit wurde bereits ausführlich vor mehr als drei Jahren einwandfrei gezeigt, daß die Größenordnung der Ohmschen und induktiven Widerstände paralleler Transformatoren keineswegs allein maßgebend für die Lastaufteilung ist, sondern daß ihre ungleichen Leerlaufverhältnisse bzw. ihre ungleichen magnetischen Verhältnisse die Größenordnung der Ausgleichsströme bedingen und damit ganz wesentlich die Lastaufteilung beeinflussen. Da außer in dieser Arbeit sonst nirgends in der Literatur über die Entstehungsursachen der Ausgleichsströme etwas gesagt wird und dieselben auch dort nur soweit behandelt sind, wie dies das Lastaufteilungsgesetz erfordert, so erscheint es angebracht, diese Ausgleichsströme eingehender zu untersuchen, um so mehr, da der Verfasser den Eindruck gewonnen hat, daß nach den verschiedenen Anfragen über diesen Gegenstand der Kern des Problemes nicht erfaßt und nicht verstanden wurde. Einesteils ist dies verständlich, weil gewisse Fachkreise der komplexen Schreibweise von Vektorgleichungen ablehnend gegenüberstehen und doch durch keine andere Ausdrucksweise verwickelte Wechselstromprobleme einfacher und durchsichtiger dargestellt werden können. Anderenteils wird auch in neuester Zeit die Darstellungsweise aus Leerlauf und Kurzschluß angegriffen und ihr Wert bezweifelt, obschon diese bereits Allgemeingut geworden ist und ohne sie die Untersuchung der verwickelten magnetischen und elektrischen Verkettung zweier Transformatoren, wie diese die Parallelschaltung darstellt, nur mit großer Mühe dargestellt werden könnte. Bei dem Parallelschaltproblem von Transformatoren zeigt es sich nämlich, daß es sich hierbei um eine Art von Kaskadenschaltung handelt, wie dies erst kürzlich vom Verfasser für den allgemeinsten Fall bei einem Transformator mit besonderen Wicklungen untersucht wurde[3]).

Im folgenden sollen deshalb auf vektorgeometrischer Grundlage mittelst der komplexen Methode die Ausgleichsverhältnisse beim Parallelschalten zweier Transformatoren untersucht werden, wobei wir die Grundlagen aus Leerlauf und Kurzschluß der zitierten Arbeit nur soweit wiederholen werden, wie dies das Verständnis für die Verhältnisse der Ausgleichsströme erfordert.

[1]) Siehe Vidmar: „Transformatoren im Parallelbetrieb", E. u. M. 1927, Heft 23, S. 457 u. f.

[2]) Siehe Wirz: „Das Problem der parallel arbeitenden Transformatoren auf experimenteller Grundlage". Bulletin des SEV, Jahrg. 1923, Heft 1, S. 25 u. f.

[3]) Siehe Wirz: „Transformatoren mit Wicklungen in Kaskadenschaltung". Bulletin des SEV, Jahrg. 1927, Heft 5, S. 257 u. f. und Heft 6, S. 355 u. f.

Digitized by Google

Wir betrachten zwei beliebige Transformatoren, die parallel miteinander arbeiten müssen, wobei wir annehmen, daß zwischen beiden eine widerstandslose Leitung bestehe. Die so erhaltenen Beziehungen lassen sich dann leicht auch auf beliebige Zwischenwiderstände ausdehnen.

Wir setzen ferner voraus, daß beide Transformatoren vollkommen verschiedene Magnetisierungsverhältnisse besitzen, und zwar habe der eine eine normale Eisenbelastung und der andere sei stark übersättigt, wie dies zum Beispiel praktisch der Fall sein kann, wenn ein älterer Transformator mit einem ganz modernen parallel geschaltet werden soll. Die zugehörigen Leerlaufdiagramme vor der Parallelschaltung sind in Abb. 1 und 2 dargestellt, wobei der Deutlichkeit halber die Verhältnisse etwas übertrieben dargestellt sind[4]). Aus den beiden Leerlaufdiagrammen ergibt sich zunächst die bekannte Erscheinung, daß die Primärspannung durch den Spannungsabfall der Primärwicklung gegenüber den induzierten EMKen und der Sekundärspannung phasenverschoben ist und wir deshalb die Primärspannung in eine Komponente in Richtung der EMK und der Sekundärspannung und in eine solche senkrecht dazu zerlegen können.

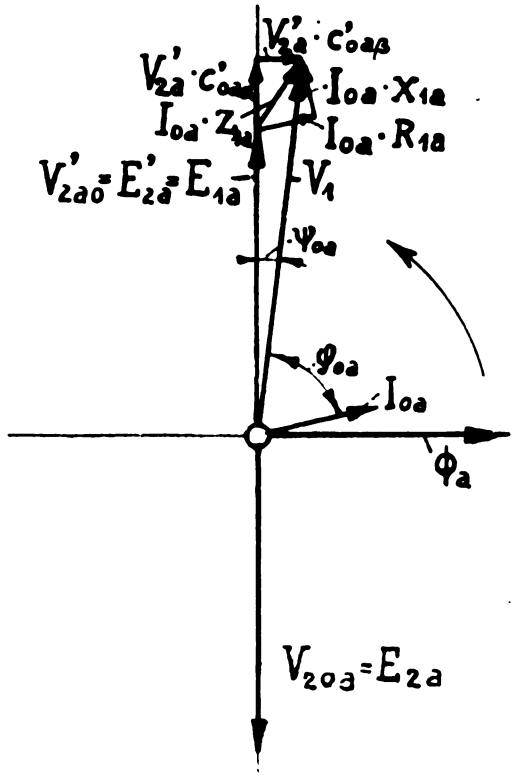


Abb. 1. Leerlaufdiagramm des Transformators *a*.

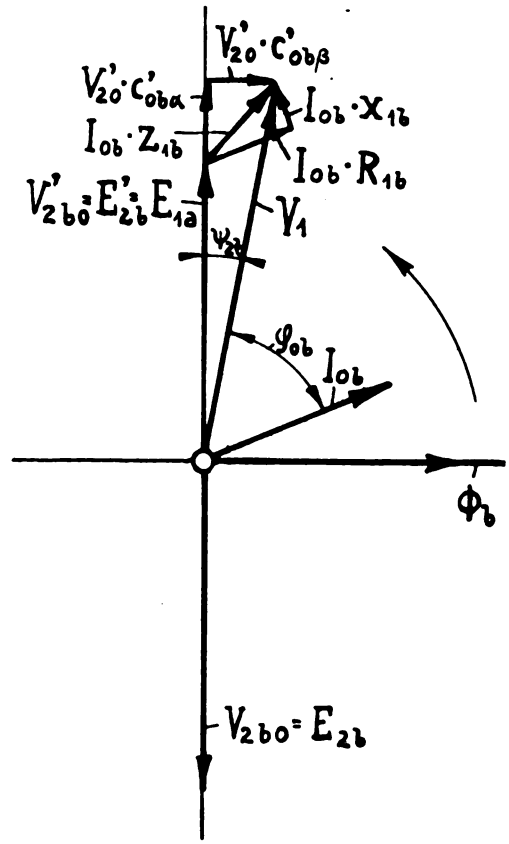


Abb. 2. Leerlaufdiagramm des Transformators *b*.

Für den ersten Transformator ergibt sich aus dem Diagramm der Abb. 1 das Übersetzungsverhältnis der Leerlaufspannungen

$$\frac{\mathfrak{V}_1}{\mathfrak{V}_{2a}} = C_{0a} \cdot e^{j(\psi_{0a}+180^\circ)} = c_{0a\alpha} + j \cdot c_{0a\beta} \quad . \quad (1).$$

Der absolute Wert des Übersetzungsverhältnisses ist dann bestimmt aus

$$C_{0a} = \sqrt{c^2_{0a\alpha} + c^2_{0a\beta}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Der Phasenwinkel zwischen den Leerlaufspannungen bzw. der Komponente derselben ist

$$\operatorname{tg}(180^\circ + \psi_{0a}) = \frac{c_{0a\beta}}{c_{0a\alpha}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Auf dieselbe Weise läßt sich auch für den zweiten Transformator das Übersetzungsverhältnis angeben zu

$$\frac{\mathfrak{V}_1}{\mathfrak{V}_{2b}} = C_{0b} \cdot e^{j(\psi_{0b}+180^\circ)} = c_{0b\alpha} + j \cdot c_{0b\beta} \quad . \quad (4)$$

und sein absoluter Wert

$$C_{0b} = \sqrt{c^2_{0b\alpha} + c^2_{0b\beta}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Schließlich wird auch der Phasenwinkel zwischen den Leerlaufspannungen

$$\operatorname{tg}(180^\circ + \psi_{0b}) = \frac{c_{0b\beta}}{c_{0b\alpha}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Da wir beim Parallelschalten beider Transformatoren die Verhältnisse von der Primärseite aus untersuchen, so müssen wir die sekundären Größen im Verhältnis der Windungszahlen auf die Primärseite reduzieren.

[4]) In diesem Aufsatz ist folgende Bezeichnungsweise durchgehends angewendet: Größen, die sich auf den Transformator *a* beziehen, erhalten Index *a*, solche, die sich auf den Transformator *b* beziehen, Index *b*; Leerlaufgrößen Index 0, Kurzschlußgrößen Index *k*; Vektoren sind mit deutschen, Absolutwerte mit römischen, ihre Phasenwinkel mit griechischen Buchstaben bezeichnet; die reelle Komponente der Vektoren erhält den Index α, die imaginäre den Index β; Ausgleichsgrößen haben den Index *g*, auf die Primärseite reduzierte Größen einen Strich.

Digitized by Google

Für die reduzierten Sekundärspannungen gelten daher

$$\left.\begin{aligned} V'_{2a} &= V_{2a} \cdot \frac{w_{1a}}{w_{2a}} \\ V'_{2b} &= V_{2b} \cdot \frac{w_{1b}}{w_{2b}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (7),$$

wenn w_1 und w_2 die Windungszahlen, primär und sekundär, beider Transformatoren darstellen.

Setzen wir diese reduzierten Spannungen in unsere Gleichungen ein, so erhalten wir die zugegehörigen Übersetzungsfaktoren, die auch eine wichtige Rolle beim Parallelschaltproblem spielen. Für diese Übersetzungsfaktoren der Leerlaufspannungen ergeben sich dann die Beziehungen

$$\left.\begin{aligned} \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{B}'_{2a}} = \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{E}_{1a}} &= C'_{0a} \cdot e^{j \cdot \psi_{0a}} = c'_{0a\alpha} + j \cdot c'_{0a\beta} \\ \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{B}'_{2b}} = \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{E}_{1b}} &= C'_{0b} \cdot e^{j \cdot \psi_{0b}} = c'_{0b\alpha} + j \cdot c'_{0b\beta} \end{aligned}\right\} \quad (8).$$

Die absoluten Werte der Übersetzungsfaktoren sind dann

$$\left.\begin{aligned} C'_{0a} &= \sqrt{c'^2_{0a\alpha} + c'^2_{0a\beta}} \\ C'_{0b} &= \sqrt{c'^2_{0b\alpha} + c'^2_{0b\beta}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (9).$$

Die zugehörigen Phasenwinkel sind bestimmbar aus

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg} \psi_{0a} &= \frac{c'_{0a\beta}}{c'_{0a\alpha}} \\ \operatorname{tg} \psi_{0b} &= \frac{c'_{0b\beta}}{c'_{0b\alpha}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (10).$$

Untersuchen wir verschiedene Transformatoren, insbesondere solche bei niederer und bei hoher Eisensättigung auf diesen Übersetzungsfaktor bei Leerlauf, so finden wir, daß dieser um so mehr von der Einheit abweicht, je größer die Eisensättigung wird, wobei die zugehörigen Phasenwinkel bei kleiner Eisenbeanspruchung sowohl positive als auch negative Werte erreichen können, bei höheren Eisenbeanspruchungen dagegen positive Werte vorherrschend sind.

Auf dieser sehr wichtigen Erscheinung beruht das ganze Problem der Ausgleichsströme beim Parallelbetrieb und es hat deshalb gar keinen Zweck, die Ohmschen und induktiven Widerstände der Wicklungen mit allen möglichen Schikanen aufeinander abstimmen zu wollen, wenn die Leerlaufübersetzungsfaktoren mit ihren Komponenten nicht miteinander übereinstimmen. Wir sehen übrigens bereits in unseren Leerlaufdiagrammen der Abb. 1 und 2, daß, je größer der Leerlaufstrom wird, um so größer der Spannungsabfall in der Primärwicklung werden muß, so daß ungleiche magnetische Verhältnisse beider Transformatoren auch verschieden große Komponenten der Übersetzungsfaktoren bewirken müssen, die beim Parallelbetrieb notwendigerweise einen Ausgleich mit Ausgleichsstrom bedingen.

Wir können nun wie bei Leerlauf auch bei Kurzschluß das Übersetzungsverhältnis der Ströme bestimmen und auch den zugehörigen Übersetzungsfaktor ermitteln.

Bei Kurzschluß muß bei den beiden Transformatoren für das Übersetzungsverhältnis gelten

$$\left.\begin{aligned} \frac{\mathfrak{J}_{1ka}}{\mathfrak{J}_{2a}} &= C_{ka} \cdot e^{j\,(180^0 + \psi_{ka})} = c_{ka\alpha} + j \cdot c_{ka\beta} \\ \frac{\mathfrak{J}_{1kb}}{\mathfrak{J}_{2b}} &= C_{kb} \cdot e^{j\,(180^0 + \psi_{kb})} = c_{kb\alpha} + j \cdot c_{kb\beta} \end{aligned}\right\} \quad (11).$$

Der absolute Wert dieses Übersetzungsverhältnisses ist

$$\left.\begin{aligned} C_{ka} &= \sqrt{c^2_{ka\alpha} + c^2_{ka\beta}} \\ C_{kb} &= \sqrt{c^2_{kb\alpha} + c^2_{kb\beta}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (12).$$

Aus den beiden Komponenten ermittelt sich der Phasenwinkel aus

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}(180^0 + \psi_{ka}) &= \frac{c_{ka\beta}}{c_{ka\alpha}} \\ \operatorname{tg}(180^0 + \psi_{kb}) &= \frac{c_{kb\beta}}{c_{kb\alpha}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (13).$$

Auch bei Kurzschluß können wir die Übersetzungsfaktoren erhalten, indem wir die sekundären Größen im Verhältnis der Windungszahlen auf Primär reduzieren, wobei für die Reduktion das umgekehrte Verhältnis der Windungszahlen wie bei Leerlauf gilt, oder

$$\left.\begin{aligned} J'_{2a} &= J_{2a} \cdot \frac{w_{2a}}{w_{1a}} \\ J'_{2b} &= J_{2b} \cdot \frac{w_{2b}}{w_{1b}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (14).$$

Die Kurzschlußübersetzungsfaktoren sind dann bestimmt aus:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\mathfrak{J}_{1ka}}{\mathfrak{J}'_{2a}} &= C'_{ka} \cdot e^{j\,\psi_{ka}} = c'_{ka\alpha} + j \cdot c'_{ka\beta} \\ \frac{\mathfrak{J}_{1kb}}{\mathfrak{J}'_{2b}} &= C'_{kb} \cdot e^{j\,\psi_{kb}} = c'_{kb\alpha} + j \cdot c'_{kb\beta} \end{aligned}\right\} \quad (15).$$

Die absoluten Werte dieser Faktoren sind

$$\left.\begin{aligned} C'_{ka} &= \sqrt{c'^2_{ka\alpha} + c'^2_{ka\beta}} \\ C'_{kb} &= \sqrt{c'^2_{kb\alpha} + c'^2_{kb\beta}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (16)$$

und schließlich sind die zugehörigen Phasenwinkel bestimmbar aus

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg} \psi_{ka} &= \frac{c'_{ka\beta}}{c'_{ka\alpha}} \\ \operatorname{tg} \psi_{kb} &= \frac{c'_{kb\beta}}{c'_{kb\alpha}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (17).$$

Mit diesen Beziehungen kennen wir bereits alle Grundlagen, die zur Untersuchung des Parallelschaltproblemes erforderlich sind, so daß wir, wie in der erwähnten Arbeit gezeigt wurde, durch das Superpositionsprinzip aus Leerlauf und Kurzschluß bei jedem beliebigen Belastungszustande die erforderlichen Beziehungen aufstellen können.

In der Abb. 3 ist die Ersatzschaltung zweier parallel geschalteter Transformatoren dargestellt, wobei dieselbe der Einfachheit halber einphasig dargestellt ist. Bei Dreiphasentransformatoren gilt natürlich das gleiche Schema für jede einzelne Phase. Schließen wir nun primärseitig die beiden

Digitized by Google

Transformatoren ans Netz mit der Klemmenspannung V_1 an und verbinden wir auch die zugehörigen Sekundärklemmen miteinander, so sind in diesem Momente beide Transformatoren elektrisch

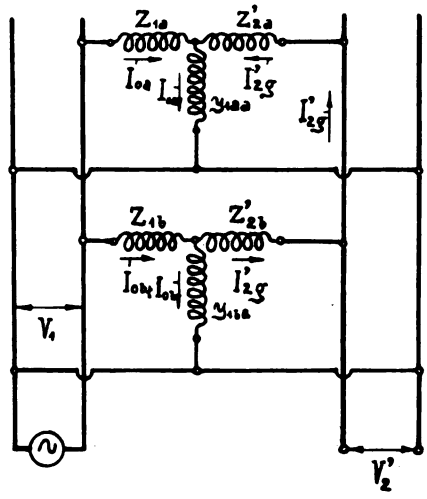


Abb. 3. Ersatzschaltung zweier parallel geschalteter Transformatoren.

zwangsläufig gekuppelt, da sich sekundärseitig eine gemeinsame Klemmenspannung einstellt, die die induzierten elektromotorischen Kräfte beider Transformatoren mit ihren Feldern aufeinander abstimmt. Die gemeinsame Sekundärspannung wird deshalb stets von einem Ausgleichsstrom begleitet sein, wenn die beiden Spannungen oder auch die beiden EMKe der Größe und Phase nach nicht miteinander übereinstimmen.

In Abb. 4 ist das Leerlaufdiagramm der Parallelschaltung dargestellt, wobei wir annehmen,

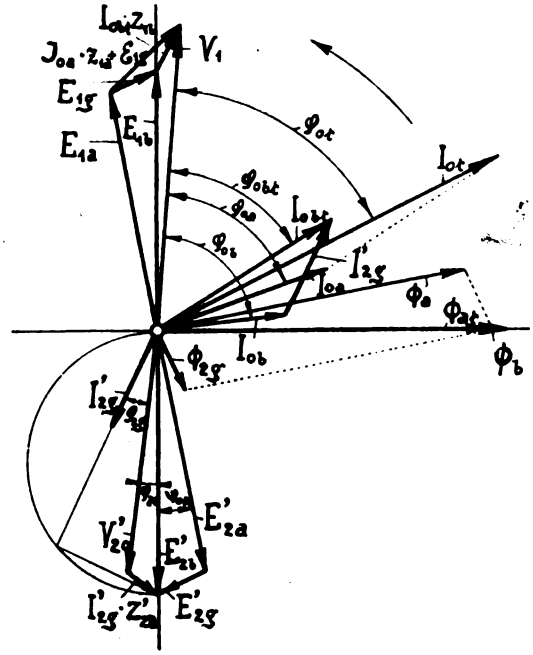


Abb. 4. Leerlaufdiagramm von zwei parallel geschalteten Transformatoren.

daß der Transformator b eine etwas größere EMK E_{1b} besitze wie der Transformator a. Bei der Parallelschaltung beider Transformatoren wird sich auf der Sekundärseite eine gemeinsame Leerlaufspannung V_{20} einstellen, die um den Spannungsabfall $J_{2g} \cdot z_{2b}$ des vom Transformator b erzeugten Ausgleichsstromes J_2 kleiner ist als die erzeugende EMK E_2. Da die beiden EMKe E_{2a} und E_{2b} voneinander der Größe und Phase nach verschieden sind, so muß der Ausgleichsstrom J_{2g} im Transformator a ein Zusatzfeld Φ_g erzeugen, das in den zugehörigen Wicklungen zusätzliche EMKe E_{2g} und E_{1g} erzeugt, welche die EMKe beider Transformatoren phasengleich und gleich groß machen. In unserem Leerlaufdiagramm muß daher $E_{2b} = E_{2a} + E_{2g}$ bzw. $E_{1b} = E_{1a} + E_{1g}$ werden, da dann beide Transformatoren eine gemeinsame induzierte EMK besitzen. Der Ausgleichsstrom kann daher nur so groß werden, bis sein Zusatzfeld Φ die EMKe E_{2a} und E_{2b} bzw. E_{1a} und E_{1b} ausgeglichen hat, also der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Wenn sich aber beide EMKe einander ausgleichen sollen, so müssen sich offenbar auch durch den Zusatzfluß Φ_g die beiden Hauptkraftflüsse Φ_a und Φ_b ausgleichen, wie in der Abb. 4 angegeben ist. Da ferner der Transformator a von der Sekundärseite aus durch den Ausgleichsstrom J_{2g} gespeist wird, so nimmt dieser nur den ursprünglichen Leerlaufstrom J_{0a} auf, während beim Transformator b sich der Leerlaufstrom um den reduzierten Ausgleichsstrom J'_{2g} vergrößert. Bei Leerlauf wird deshalb der treibende Transformator b bereits mit der Größe der Ausgleichsenergie belastet, um das Gleichgewicht beider Transformatoren herbeizuführen. Aus diesem Grunde wird es bei vorgeschriebener Normallast niemals möglich sein, daß gleichzeitig beide Transformatoren überlastet werden, sondern nur der speisende erhält durch die Ausgleichsenergie eine Überlast.

Aus dem Leerlaufdiagramm der Parallelschaltung, Abb. 4, können wir nun auch für jeden einzelnen Transformator die Vektorgleichungen der Primärspannung angeben, da sich diese aus den auf primär reduzierten Sekundärspannungen und aus den zugehörigen Spannungsabfällen der Wicklungen zusammensetzt. Für den speisenden Transformator ergibt sich nach dem Superpositionsprinzip aus Leerlauf und Kurzschluß für die treibende Spannung primär

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{C}'_{0b} \cdot \mathfrak{V}'_2 + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{J}'_{2g} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} \quad \ldots (18),$$

wenn $\mathfrak{C}'_{0b}$ und $\mathfrak{C}'_{kb}$ die Übersetzungsfaktoren bei Leerlauf und Kurzschluß und $\mathfrak{Z}_{kb}$ die Kurzschlußimpedanz des speisenden Transformators darstellen. Diese Vektorgleichung muß immer erfüllt sein, ob wir den Transformator nur mit dem Ausgleichsstrom J_{2g} oder mit dem normalen Vollaststrom J_2 belasten, da sich beim speisenden Transformator keinerlei fremde Felder ausbilden können.

Beim gespeisten Transformator dagegen liegen die Verhältnisse schon wesentlich verschieden, indem derselbe einmal durch die angelegte Primärspannung erregt wird und gleichzeitig auch durch den Ausgleichsstrom von der Sekundärseite her ein Zusatzfeld erhält, das in den Wicklungen zusätzliche EMKe induziert. Beim Spannungsgefälle

Digitized by Google

des gespeisten Transformators müssen wir deshalb bei Leerlauf überlegen, daß der Ausgleichsstrom von der Sekundärseite aus in den Transformator gelangt, er also eine entgegengesezte Richtung wie der normale Belastungsstrom hat, denn es muß hierbei gelten

$$\mathfrak{J}'_{2l} = \mathfrak{J}'_{2a0} + \mathfrak{J}'_{2b0} = 0 \quad \ldots (19),$$

wenn J'_{2l} den auf primär reduzierten, sekundären Vollaststrom im Netz darstellt. Dem Ausgleichsstrom kommt deshalb bei beiden Transformatoren ein verschiedenes Vorzeichen zu, da aus Gl. (19) sich hierfür ergibt

$$\mathfrak{J}'_{2g} = -\mathfrak{J}'_{2a0} = +\mathfrak{J}'_{2b0} \quad \ldots (20),$$

so daß wir das Spannungsgefälle im gespeisten Transformator mit negativem Vorzeichen versehen müssen.

Auf Grund dieser Festsetzung gilt deshalb für den gespeisten Transformator a die Vektorgleichung der Primärspannung

$$\mathfrak{B}_1 = \mathfrak{C}'_{0a} \cdot \mathfrak{B}'_2 + (-\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{J}'_{2g} \cdot \mathfrak{Z}_{ka}) = \\ = \mathfrak{C}'_{0a} \cdot \mathfrak{B}'_2 - \mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{J}'_{2g} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} \quad \ldots (21),$$

wenn $\mathfrak{Z}_{ka}$ die Kurzschlußimpedanz des Transformators a darstellt. Aus diesen beiden Spannungsgleichungen der Primärspannung (18) und (21) läßt sich nun schließlich die Ausgleichsspannung bestimmen, die den Ausgleichsstrom bei Leerlauf hervorbringt, aus

$$\mathfrak{B}'_{2g} = -\mathfrak{B}'_2 (\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a}) = \\ = (\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}) \cdot \mathfrak{J}'_{2g} \quad \ldots (22),$$

so daß schließlich der auf primär reduzierte Ausgleichsstrom selbst bestimmt ist durch

$$-\mathfrak{J}'_{2g} = \frac{\mathfrak{B}'_2 \cdot (\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a})}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}} = \\ = \frac{\mathfrak{B}'_2 \cdot \mathfrak{C}'_{0A}}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}} \quad \ldots (23).$$

Diese wichtige Beziehung für den Ausgleichsstrom zeigt uns das überraschende Resultat, daß eine erhebliche Abweichung beider Kurzschlußimpedanzen voneinander keinen großen Einfluß auf den Ausgleichsstrom ausüben kann und daß daher Abweichungen in den Kurzschlußspannungen, wie sie die üblichen Regeln vorschreiben, ganz bedeutungslos für den Ausgleichsstrom sind. Andererseits zeigt uns Gl. (23), daß die Ausgleichskonstante C'_{0A} paralleler Transformatoren dem Ausgleichsstrom direkt proportional ist und je nach den Verhältnissen alle endlichen positiven und negativen Werte erreichen kann, so daß als Ursache dieser unliebsamen Ausgleichströme in erster Linie diese Ausgleichskonstante anzusehen ist und wir diese zuerst begrenzen müssen, wenn die Ausgleichsströme auf ein zulässiges Maß herabgedrückt werden sollen.

Wir können nun auch die in Gl. (23) angegebene Ausgleichskonstante auswerten, da diese eine sehr wichtige Rolle spielt, und erhalten zunächst für diese den Ausdruck

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{C}'_{0A} &= \mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a} = \\ &= c'_{0b\alpha} + j \cdot c'_{0b\beta} - (c'_{0a\alpha} + j \cdot c'_{0a\beta}) \\ &= c'_{0b\alpha} - c'_{0a\alpha} + j (c'_{0b\beta} - c'_{0a\beta}) \end{aligned}\right\} \quad (24).$$

Die einzelnen Komponenten der Ausgleichskonstanten ergeben sich hieraus zu

$$\left.\begin{aligned} c'_{0A\alpha} &= c'_{0b\alpha} - c'_{0a\alpha} \\ c'_{0A\beta} &= c'_{0b\beta} - c'_{0a\beta} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (25),$$

so daß schließlich der reelle Wert der Ausgleichskonstanten den Wert annimmt

$$C'_{0A} = \sqrt{c'^2_{0A\alpha} + c'^2_{0A\beta}} \quad \ldots (26).$$

Aus Gl. (25) ergibt sich noch der Phasenwinkel, welchen die Ausgleichsspannung gegenüber der Sekundärspannung besitzt, aus

$$\operatorname{tg} \varphi_{0A} = \frac{c'_{0b\beta} - c'_{0a\beta}}{c'_{0b\alpha} - c'_{0a\alpha}} \quad \ldots (27).$$

Wir erkennen hieraus, daß dieser Phasenwinkel alle positiven Werte von 0 bis 360° erreichen kann und daß er verschwindet, wenn $c'_{0b\beta} = c'_{0a\beta}$ wird, das heißt die Ausgleichsspannung mit der Sekundärspannung zusammenfällt. Andererseits kann aber auch der Zähler der Gl. (27) sehr große Zahlenwerte und damit der Phasenwinkel φ_{0A} selbst sehr große Winkel erreichen, wie dies zum Beispiel der Fall ist, wenn der Transformator b sehr stark übersättigt ist. In diesem Falle muß natürlich auch die Ausgleichskonstante sehr groß werden, auch wenn $c'_{0b\alpha} - c'_{0a\alpha}$ sehr klein wird, da dann die β-Komponente sehr große Werte erreicht. Diese Erscheinung ist deshalb von außerordentlicher Tragweite für das Parallelschaltproblem von Transformatoren, da sie uns die Mittel in die Hand gibt, wie wir den Ausgleich auf ein Minimum reduzieren können. Daß diese Ausgleichsströme in der Praxis tatsächlich sehr oft unangenehm empfunden werden und häufiger vorkommen, wie schlechthin angenommen wird, darüber können unsere heutigen Elektrizitätswerke Auskunft geben, die in ihrem Betriebe häufig neben älteren Transformatoren auch ganz moderne parallel arbeiten lassen müssen, welche dann trotz sehr guter Übereinstimmung der Kurzschlußspannungen infolge zu großer Ausgleichsströme fast zur Unmöglichkeit des Parallelbetriebes führen. Der Grund in dieser Erscheinung liegt eben darin, daß die Ausgleichskonstante derartig verschiedener Transformatoren sehr groß werden muß, da die fortschreitende Technik die Materialausnützung bereits so weit getrieben hat, daß die magnetischen Unterschiede zwischen älteren und moderneren Typen schon bedenklich groß werden. In allen diesen Fällen kann der Ausgleichsstrom nur dann auf ein zulässiges Maß herabgesetzt werden, wenn durch Anzapfungen bei dem einen Transformator die magnetischen Verhältnisse auf den anderen abgestimmt werden, wodurch allerdings, wie wir weiter unten sehen werden, eine gleichmäßige Lastaufteilung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Digitized by Google

Aus Gl. (23) können wir nun auch den Nenner, die resultierende Kurzschlußimpedanz beider Transformatoren, auswerten, da beide Komponenten miteinander den Winkel

$$180^0 - [\varphi_{kb} + \psi_{kb} - (\varphi_{ka} + \psi_{ka})]$$

bilden, so daß sich ein reeller Wert ergibt

$$Z_{kt} = \sqrt{(C'_{ka} \cdot Z_{ka})^2 + (C'_{kb} \cdot Z_{kb})^2 + 2 \cdot C'_{kb} \cdot C'_{ka} \cdot Z_{ka} \cdot Z_{kb} \cos[\varphi_{kb} + \psi_{kb} - (\varphi_{ka} + \psi_{ka})]} \quad . \quad (28).$$

Schließlich erhalten wir damit die Gl. (23) für den Ausgleichsstrom in reellen Werten, wenn wir von der Vorzeichenfrage absehen, die nur für die Konstruktion des Leerlaufdiagrammes wichtig ist:

$$J'_{2g} = V'_{2g} \cdot \frac{C'_{0A}}{Z_{kt}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29).$$

Damit haben wir bereits die Entstehungsursache der Ausgleichsströme klargelegt und gezeigt, daß die Verhältnisse gar nicht so schwierig sind, wie dies von anderer Seite glaubhaft gemacht wurde, denn es ist ja ohne weiteres einleuchtend, daß bei parallel arbeitenden Transformatoren nicht nur allein die Kupferverluste und damit im Zusammenhange die Kurzschlußspannungen miteinander im Einklang stehen müssen, sondern auch die Eisensättigung mit den zugehörigen Eisenverlusten eben so sehr in gegenseitige Wechselwirkung tritt. Bei allen bisherigen Arbeiten über das Parallelschaltproblem wurde diese sehr wichtige Erscheinung vollständig übersehen und es ist deshalb unmöglich, aus ihnen die tatsächlichen Verhältnisse abzuklären, da die fehlenden Leerlaufverhältnisse nicht durch Kunstgriffe ersetzbar sind. Vom Leerlaufzustande paralleler Transformatoren ist nun nur noch ein kleiner Schritt bis zum Vollastzustand zurückzulegen, da hierbei auch die Zustandsgleichung (18) für beide Transformatoren mit ihren Teilströmen strenge Gültigkeit besitzen muß. Legen wir an die Sammelschiene beider Transformatoren eine Belastungsimpedanz Z_t an, so daß ihnen ein Belastungsstrom J_{2t} entnommen wird, so gilt für die Sekundärspannung

$$\mathfrak{V}'_2 = \mathfrak{J}'_{2t} \cdot \mathfrak{Z}'_{2t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

und für den sekundären Vollaststrom muß dann gelten

$$\mathfrak{J}'_{2t} = \mathfrak{J}'_{2a} + \mathfrak{J}'_{2b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31),$$

da der Ausgleichsstrom im gleichen Maße beide Teilströme beeinflussen muß. Lassen wir den äußeren Sekundärstrom J_{2t} bis auf Null abnehmen, so bleibt schließlich in beiden Transformatoren nur noch der in Gl. (19) und (20) angegebene Ausgleichsstrom bestehen, so daß für jeden Belastungszustand Gl. (31) Gültigkeit besitzen muß.

Im Vollastzustande muß daher nach Gl. (18) für die Primärspannung V_1 die Doppelgleichung gelten

$$\begin{aligned} \mathfrak{V}_1 &= \mathfrak{C}'_{0a} \cdot \mathfrak{V}'_2 + \mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{J}'_{2a} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} = \\ &= \mathfrak{C}'_{0b} \cdot \mathfrak{V}'_2 + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{J}'_{2b} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} \quad . \quad . \quad . \quad (32). \end{aligned}$$

Ordnen wir diese Beziehung nach den Leerlaufkonstanten und nach den Kurzschlußspannungen, so erhalten wir für die Ausgleichsspannung bei Belastung die Beziehung

$$\begin{aligned} \mathfrak{V}'_{2g} &= \mathfrak{V}'_2 \cdot (\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a}) = \\ &= \mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{J}'_{2a} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} - \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{J}'_{2b} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} \quad . \quad . \quad (33), \end{aligned}$$

das heißt, bei Belastung ist die Ausgleichsspannung auch bestimmt durch die Differenz der aus den Teilströmen gebildeten Kurzschlußspannungen beider Transformatoren.

Vergleichen wir Gl. (33) mit der Ausgleichsspannung bei Leerlauf Gl. (22), so ergibt sich, daß beide miteinander übereinstimmen, da bei Leerlauf beim gespeisten Transformator der Ausgleichsstrom seine Richtung umkehrt, also mit negativem Vorzeichen einzusetzen ist.

Gl. (33) gibt uns aber noch eine andere wertvolle Auskunft, nämlich für den Fall, daß

$$\mathfrak{C}'_{0b} = \mathfrak{C}'_{0a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

wird, muß die Ausgleichsspannung gleich Null werden, wobei das Verhältnis der Teilströme beider Transformatoren aus dem umgekehrten Verhältnis der Kurzschlußimpedanzen bestimmt ist, also aus

$$\frac{\mathfrak{J}'_{2a}}{\mathfrak{J}'_{2b}} = \frac{\mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35).$$

Dieses bemerkenswerte Resultat zeigt uns mit aller Deutlichkeit, daß eine Begrenzung der Kurzschlußspannungen nur dann angebracht ist, wenn die Leerlaufverhältnisse miteinander übereinstimmen. Sind diese jedoch stark voneinander abweichend, so ist sogar der Fall möglich, daß gleiche Kurzschlußspannungen zur Unmöglichkeit des Parallelbetriebes führen können und die Wicklungen nachträglich mittelst sehr kostspieliger Anzapfungen auf die Leerlaufverhältnisse abgestimmt werden müssen, wobei aber dann eine gleichmäßige Lastaufteilung nicht mehr eingehalten werden kann.

Noch ganz besonders muß darauf hingewiesen werden, daß im allgemeinen numerisch gleiche Übersetzungsverhältnisse nicht genügen, sondern auch die senkrechten Komponenten, welche durch den Fehlwinkel der Transformatoren verursacht werden, die ausschlaggebende Rolle spielen.

Bei sehr stark voneinander abweichenden Leerlaufkonstanten müssen die Teilbelastungen aus der Ausgleichsspannung der Gl. (33) berechnet werden. Zu diesem Zwecke setzen wir die Gl. (30) und (31) in Gl. (33) ein und erhalten nach der früheren Arbeit die Teilverhältnisse der Teilströme zum sekundären Totalstrom

$$\left.\begin{aligned} \frac{\mathfrak{J}'_{2a}}{\mathfrak{J}'_{2t}} &= \frac{\mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} + \mathfrak{J}'_{2t}(\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a})}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}} \\ \frac{\mathfrak{J}'_{2b}}{\mathfrak{J}'_{2t}} &= \frac{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} - \mathfrak{J}'_{2t}(\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a})}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{ka} + \mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb}} \\ \frac{\mathfrak{J}'_{2a}}{\mathfrak{J}'_{2b}} &= \frac{\mathfrak{C}'_{kb} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} + \mathfrak{J}'_{2t}(\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a})}{\mathfrak{C}'_{ka} \cdot \mathfrak{Z}_{kb} - \mathfrak{J}'_{2t}(\mathfrak{C}'_{0b} - \mathfrak{C}'_{0a})} \end{aligned}\right\} \quad (36).$$

Diese Beziehungen zeigen uns, daß die Teilströme durch den Ausgleichsstrom stark verändert werden, indem derjenige Transformator,

Digitized by Google

der den Ausgleichsstrom liefert, gleichzeitig auch überlastet wird, während der andere um denselben Betrag weniger ans Sekundärnetz abgibt.

Die Überlastung des einen Transformators durch den Ausgleichsstrom entspricht jedoch nicht ganz dem prozentualen Betrag des Ausgleichsstroms selbst, da dieser meist gegen den Teilstrom sehr stark phasenverschoben ist. Immerhin kann eine solche Überlastung in vielen Fällen doch zu unangenehmen Störungen führen, so daß wir gezwungen sind, Abhilfe zu schaffen. Aus diesem Grunde ist es angezeigt, unsere heutigen Vorschriften für den Parallelbetrieb von Transformatoren in dem Sinne abzuändern, daß wir nicht nur allein die Kurzschlußspannungen um einen gewissen Prozentsatz auf- oder abwärts begrenzen, sondern auch in demselben Sinne die Leerlaufkonstanten bzw. die Ausgleichskonstante mit ihren Komponenten begrenzen, um die Ausgleichsströme herabzusetzen und um einen einwandfreien Parallelbetrieb zu sichern.

Auf denselben Vorschlag würde natürlich auch die direkte Begrenzung der Ausgleichsspannung hinauslaufen und es ist hierbei nur zu untersuchen, in welcher praktischen Form die Begrenzung vorzunehmen ist.

Wie in der früheren Arbeit gezeigt wurde, können wir nun auch die Zähler der Gl. (36) auswerten und erhalten für die erste Beziehung, da die beiden Vektoren $Z_{kb} \cdot C'_{kb}$ und $Z'_{2t} \cdot C'_{0A}$ gegeneinander um den Winkel $\varphi_{kb} + \psi_{kb} - (\varphi_{0A} + \varphi_2)$ verschoben sind, den reellen Wert

$$Z_a = \sqrt{(Z_{kb} \cdot C'_{kb})^2 + (Z'_{2t} \cdot C'_{0A})^2 - 2 \cdot Z_{kb} \cdot Z'_{2t} \cdot C'_{kb} \cdot C'_{0A} \cdot \cos[\varphi_{kb} + \psi_{kb} - (\varphi_{0A} + \varphi_2)]} \quad . \quad (37).$$

Wie wir hieraus sehen, hat auch die Phasenverschiebung φ_2 des äußeren Sekundärkreises einen sehr großen Einfluß auf das Teilverhältnis der Ströme.

Auf dieselbe Weise erhalten wir für den Zähler der zweiten Gleichung, da die beiden Vektoren $C'_{ka} \cdot Z_{ka}$ und $C'_{0A} \cdot Z'_{2t}$ gegeneinander um den Winkel $180^0 - [\varphi_{ka} + \psi_{ka} - (\varphi_{0A} + \varphi_2)]$ verschoben sind, den reellen Betrag

$$Z_b = \sqrt{(Z_{ka} \cdot C'_{ka})^2 + (Z'_{2t} \cdot C'_{0A})^2 + 2 \cdot Z_{ka} \cdot Z'_{2t} \cdot C'_{ka} \cdot C'_{0A} \cdot \cos[\varphi_{ka} + \psi_{ka} - (\varphi_{0A} + \varphi_2)]} \quad . \quad (38).$$

Auch hierin finden wir wiederum die gleiche Beeinflußbarkeit durch die sekundäre Phasenverschiebung wie in der ersten Gleichung. Setzen wir diese so erhaltenen reellen Werte in die Gl. (36) ein, so erhalten wir schließlich die reellen Werte der Teilverhältnisse

$$\frac{J'_{2a}}{J'_{2t}} = \frac{Z_a}{Z_{kt}}; \quad \frac{J'_{2b}}{J'_{2t}} = \frac{Z_b}{Z_{kt}}; \quad \frac{J'_{2a}}{J'_{2b}} = \frac{Z_a}{Z_b} \quad (39),$$

so daß wir nunmehr in der Lage sind, die tatsächlichen Verhältnisse beim Parallelbetrieb zweier Transformatoren einwandfrei zu untersuchen. Die experimentelle und zahlenmäßige Untersuchung ganz verschiedenartiger Transformatoren hat auch ergeben, daß die aufgestellten Beziehungen vollständig mit den Versuchsresultaten übereinstimmen, nur ist diese Nachrechnung sehr zeitraubend und umständlich und es wird deshalb praktisch noch zu untersuchen sein, auf welche Weise sich das Verfahren für neu aufzustellende Parallelbetriebsvorschriften vereinfachen läßt, ohne hierbei die beiden wesentlichen Punkte der Leerlaufkonstanten und der Kurzschlußspannungen zu vernachlässigen.

(Schluß folgt.)

Über die Cobra-Nachimprägnierung von Holzmasten.

Von Ing. Robert **Nowotny**, Wien.

Die Erkenntnis der Wichtigkeit einer systematischen Pflege eingebauter Holzmaste ist in den letzten Jahren in weite Kreise von Holzmastenbesitzern gedrungen, die eingesehen haben, daß es in ihrem eigenen und im volkswirtschaftlichen Interesse liegt, wenn die in den Linien stehenden Holzmaste nicht einfach ihrem Schicksale — der Zerstörung durch Holzfäule — überlassen werden. Beweis dessen sind die zahlreichen Nachimprägnierungen von Holzmasten, die von der Cobra-Holzimprägnier-Gesellschaft in den letzten Jahren durchgeführt wurden. Die Notwendigkeit von Nachimprägnierungen hatte sich unabweisbar bei einer ganzen Reihe von Elektrizitätswerken ergeben, deren Freileitungen mit Benützung von imprägnierten oder rohen Masten hergestellt worden waren und die von Holzfäule in bedrohlicher Ausdehnung ergriffen wurden.

Das Arbeitsgebiet für die Nachimprägnierung hat außerdem eine Erweiterung dadurch erfahren, daß sechs deutsche Oberpostdirektionen die systematische Cobra-Nachimprägnierung von Telegraphenstangen aufgenommen haben. Die österreichische Telegraphenverwaltung läßt stehende Holzstangen seit zwei Jahren versuchsweise nachimprägnieren.

Über das Wesen der Nachimprägnierung und das hierzu benützte Gerät habe ich vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift kurz berichtet[1]). Seitdem konnten verschiedene neue Erfahrungen im

[1]) „Holzmastimprägnierung nach dem Cobraverfahren." E. u. M. 1924, H. 34, S. 521.

Digitized by Google

Betriebe gesammelt und Verbesserungen am Geräte und an der Betriebsweise durchgeführt werden, worüber im Nachstehenden berichtet werden soll.

Zur Ausführung der Nachimprägnierung dient der handliche Imprägnierhammer[2]) (Impfhammer), dessen neuere Ausführungsform Abb. 1 zeigt. Das antiseptische, wasserlösliche Imprägniermittel wird als Paste in den hohlen Hammerstiel eingefüllt. Das Kopfstück des Hammers trägt eine

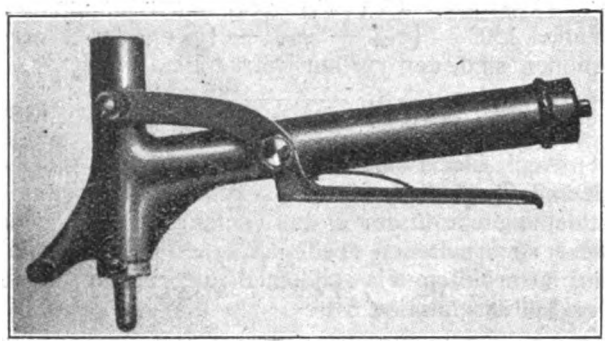


Abb. 1. Imprägnierhammer.

hohle, kräftige Anstechnadel, die durch Aufschlagen eines Holzschlägels auf das obere Ansatzstück des Hammers in den Mast eingetrieben werden kann. Die Imprägnierarbeit läßt sich wesentlich beschleunigen, wenn man den Hammer wuchtig gegen den Mast schwingt, wodurch die Nadel genügend tief ins Holz dringt (Abb. 2). Da die Praxis ergeben hat, daß tiefere Impfungen manchmal auch bei Nachimprägnierungen notwendig sind, werden neuestens bis zu 5 cm lange Anstechnadeln benützt. Zum Nachdrücken der Imprägnierpaste in den gebildeten Holzschlitz dient jetzt ein besonderer, handlich angebrachter Hebel am Hammer. Eine Füllung des letzteren reicht für 200 bis 300 Impfstiche aus.

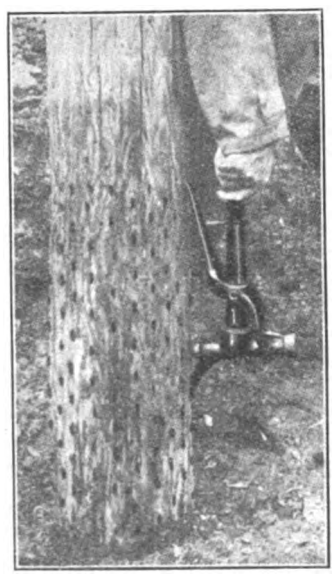


Abb. 2. Ausführung der Nachimprägnierung.

Die anfänglich bezweifelte Diffusion der wasserlöslichen antiseptischen Bestandteile der Imprägnierungspaste (vorwiegend Fluornatrium und nitrierte Phenole) tritt in reichlichem Maße ein, wie durch viele Beobachtungen an stehenden Masten und Untersuchungen an imprägnierten Holzabschnitten nachgewiesen wurde[3]). Vom Impfstiche aus verbreiten sich die Antiseptika vorwiegend in der Längsrichtung der Holzfasern, und zwar sowohl abwärts wie aufwärts, in geringerem Maße längs der Jahresringe; radial ist das Vordringen der Stoffe nur unwesentlich größer als die Tiefe des Einstechens.

Die praktische Erfahrung lehrte, daß sich das Imprägniermittel im stehenden Maste von der geimpften Zone aus manchmal bis an 2 m hoch im Holze hinaufzieht, wodurch auch die unmittelbar über dem Erdboden gelegenen Mastenteile nicht nur gegen Fäulnis, sondern auch gegen Käferfraß geschützt werden.

Die praktische Ausführung der Nachimprägnierungsarbeiten brachte verschiedene neue Aufgaben. Bei der Durcharbeitung von älteren Leitungsstrecken kommt man selbstverständlich auch zu Masten, die stärker angefault sind. Ist dieser Angriff allzuweit gediehen, hat die Standfestigkeit des Mastes schon zu große Einbuße erlitten, so kann er auch durch die Cobrabehandlung nicht mehr gerettet werden. Die Nachimprägnierung muß als zwecklos unterbleiben. In den anderen Fällen läßt sie sich mit Aussicht auf Erfolg ausführen, nur müssen die vermorschten Holzteile vorher sorgfältig entfernt werden. Wenn nun die Splintschichte nicht sehr dick war, reichen die Impfstiche dann allenfalls bis ins Kernholz und es entsteht die Frage: hat die Mastimpfung unter diesen Verhältnissen noch einen Sinn, ist es von vornherein nicht zwecklos, die Imprägnierung des Kernholzes auch nur versuchen zu wollen? Bekanntlich kann man mit keinem der bisher üblichen Imprägnierungsverfahren eine irgendwie belangreiche Tränkung des Kernholzes erreichen. Ganz anders wirkt aber hier das Cobraverfahren. Im völligen Gegensatze zu den bisherigen Erfahrungen ergab sich zweifellos, daß eine Diffusion von wasserlöslichen Imprägnierungsmitteln auch im Kernholze stattfindet, wenn diese mittels der Cobranadel ins Holz eingeführt werden. Ich hatte bei meinen Untersuchungen in cobraimprägnierten Fichtenabschnitten gefunden[4]), daß die imprägnierten Zonen bis zu 7·5 cm breit waren. Da der Splint von Fichten maximal nur eine Breite von 3 bis 4 cm hat, besagt obiges Ergebnis, daß auch die Kernpartien von der gebildeten Imprägnierlösung durchdrungen worden sind.

Augenfällig ergibt sich dies aus der Abb. 3. Sie zeigt die Ansicht einer Holzscheibe, die aus einem kyanisierten Fichtenmaste sechs Monate nach seiner Nachimprägnierung geschnitten wurde. Halbseitig war der Mast so stark angefault, daß der Splint teilweise oder ganz beseitigt werden mußte, weshalb die Impfstiche ins Kernholz reichten. Da das Fluornatrium, das einen Hauptbestandteil der Imprägnierpaste bildet, eine farblose Lösung liefert, welche die Holzfaser nicht färbt, muß man chemische Reagensmittel zu

[2]) „Der Imprägnierhammer, ein Gerät zur Erhaltung der Holzmaste." ETZ 1925, Heft 15. Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 545; 1926, TWN, S. 14.

[3]) Näheres hierüber in meinen Aufsätzen in der Zeitschr. f. angew. Chemie 1926, S. 428; 1928, S. 46.

[4]) Loc. cit. Zeitschr. f. angew. Chemie 1926.

Digitized by Google

Hilfe nehmen, um die von Fluorid getränkte Holzschicht ersichtlich zu machen. Mischt man eine wässerige Lösung von Zirkonoxychlorid mit einer salzsauren Lösung von alizarin-sulfosaurem Natrium in bestimmtem Verhältnisse zusammen, so erhält man eine tiefrote Lösung, die ungetränktes Holz purpurrot färbt; die Stellen, wo Fluornatrium im Holze vorhanden ist, färben sich gelb. Man kann auch eine wässerige Lösung von Rhodaneisen benützen, die blutrot gefärbt ist; sie färbt Holz rötlichbraun, an den vom Fluorid durchtränkten Stellen tritt Entfärbung ein.

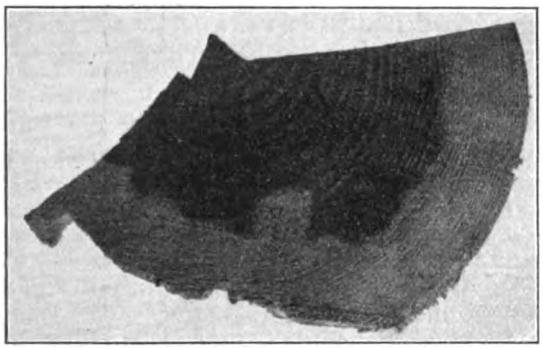


Abb. 3. Kernholzimprägnierung eines Fichtenmastes.

Die abgebildete Scheibe wurde mit dem ersterwähnten Reagens bestrichen, die von Fluornatrium durchtränkten Stellen sind lichter gefärbt. Das Bild zeigt deutlich, daß die Diffusion und Imprägnierung im Kern genau so vor sich ging, wie im Splint.

Bei der Untersuchung von Holzabschnitten, die aus cobraimprägnierten Kiefernmasten des Elektrizitätswerkes Schlesien A. G., Breslau, mit dem Zuwachsbohrer entnommen worden waren, fand Mjr. Malenkovic, daß die 7·3 cm breite Imprägnierzone auch einen Teil des Kernes umfaßte.

Auch das Lärchenkernholz erweist sich als imprägnierbar. Bei der Edertalsperre (Deutschland) sollten i. J. 1926 rohe Lärchenmaste, die bereits drei Jahre im Boden standen, nachimprägniert werden. Bei fast allen Masten war der Splint in der Grenzzone vollkommen faul, weshalb er entfernt werden mußte. Hier erfolgte die Cobraimpfung unmittelbar ins Kernholz. Holzproben, die man $1^1/_2$ Jahre später entnahm, zeigten, daß eine Kernimprägnierung von 3·5 cm Breite eingetreten war. Ganz ähnliche Beobachtungen wurden in Niederösterreich bei der Nachimprägnierung von Rohlärchenmasten gemacht. Die Abb. 4 zeigt Tränkungsbilder auf dem Querschnitte eines $2^1/_2$ Monate lang feucht gehaltenen Lärchenstempels, der halbseitig 6 cm tief geimpft worden war. Ein Teil des Splints ist entfernt worden, um seine Breite, die nur 2 cm beträgt, sichtbar zu machen. Die lichten, größeren Flächen zeigen die Ausbreitung des Fluornatriums in der Stichebene. Die dazwischen liegenden kürzeren Zungen oder Flecken stammen von der nächsten, 5 cm entfernt liegenden Stichebene. Nach einiger Zeit wird sich auch hier eine geschlossene Imprägnierzone gebildet haben.

Mit der nun feststehenden Tatsache der

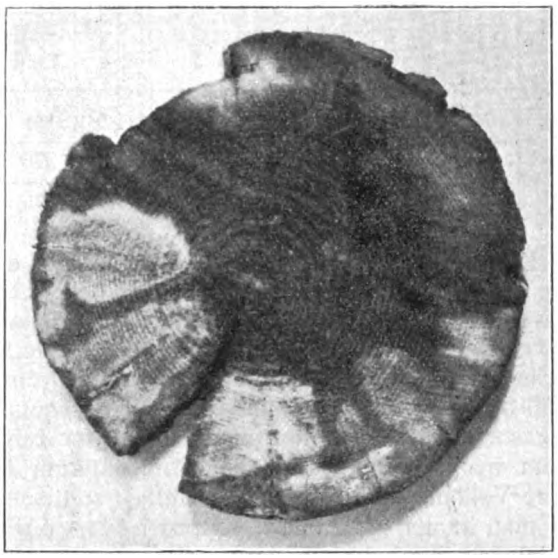


Abb. 4. Imprägnierung von Lärchenkernholz.

Kernimprägnierung ist in der Praxis zu rechnen; dann läßt sich aber mit der Cobranachimprägnierung zum Unterschied von sonstigen Imprägnierungsverfahren in jedem Falle eine Tiefenwirkung erzielen. Beim Cobraverfahren kommt die langsame, aber andauernde Wirkung der Kapillarität und Osmose in den Zellgeweben ins Spiel, die bei jeder Art des Holzgewebes, sei es nun Splint- oder Kernholz, eintritt, während die Druck- und Trogtränkungen Flüssigkeiten in verhältnismäßig kurzer Zeit dem Holze einzuverleiben suchen, wobei die natürlichen Widerstände des Holzgewebes trotz Anwendung höheren Druckes und gesteigerter Temperatur durchaus nicht überwunden werden können.

Wenn im Vorstehenden die nach dem Cobraverfahren behandelten stehenden Holzmaste als nachimprägniert bezeichnet wurden, so läßt sich nachweisen, daß diese Bezeichnung vollauf zutrifft. Die gefährliche Grenzzone des Mastes, auf die es ja beim eingebauten Maste in allererster Linie ankommt, ist durch die Cobraimpfung gut imprägniert worden. Es soll vorerst festgestellt werden, wie viel vom antiseptischen Mittel durch das Cobraverfahren in die Grenzzone eingebracht werden kann und welche antiseptische Wirkung zu erwarten ist. Prof. Dr. R. Falck in Hann. Münden, hat im Jahre 1926 das von der Cobragesellschaft benützte Imprägniermittel auf seine mykozide Wirkung untersucht. Es ergab sich, daß 2 kg des Mittels je m^3 Kiefernholz genügten, um dieses im Schwammherd des Kellerschwammes (Coniophora cerebella) gegen Pilzangriffe zu immunisieren. Über die Mengen des Antiseptikums, die dem Holze der Grenzzone durch die Cobraimprägnierung einverleibt werden, gibt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluß.

Digitized by Google

Bedarf an Imprägniermittel bei der Nachimprägnierung und Sicherheitsgrad gegen Fäulnis.

Mastenlänge in m	Mastendurchmesser am Erdboden in cm	Stichnetzbreite in der Grenzzone in cm	Auf 1 Impfstich entfällt eine Mastenfläche von cm²	Stichzahl in der geschützten Zone	Anstechtiefe in cm	Verbrauch an Imprägniermittel je Stich in g	Ges. Verbrauch im geimpften Teil in g	Im geschützten Hohlzylinder: entfallen a. Mittel kg/m³	Im geschützten Hohlzylinder: Sicherheit gegen Fäulnis	Im Vollholz der geimpften Zonen: entfallen a. Mittel kg/m³	Im Vollholz der geimpften Zonen: Sicherheit	Anmerkung
8	19	60	32	112	4	1·5	168	15·4	7·7	9·9	4·9	Fäulnisstellen werden dichter als normal geimpft, die sich hieraus ergebende größere Stoffzufuhr ist hier nicht berücksichtigt worden.
10	25	60	32	147	4	1·5	220	14·7	7·3	7·5	3·8	
10	25	60	32	147	5	1·9	279	15·5	7·7	9·3	4·7	

Die Tabelle zeigt, daß in der Raumeinheit ein Vielfaches der zur Immunisierung des Holzes notwendigen Menge des Antiseptikums vorhanden ist, wodurch gegen die unvermeidlichen Verluste, die in einer Reihe von Jahren nach dem Einbau durch allfällige Auslaugung stattfinden können, genügend vorgesorgt wird. Will man möglichst sicher gehen, indem man annimmt, daß das Antiseptikum das ganze Vollholz der Grenzzone schützen soll, so erhält man immer noch eine Sicherheit von 3·8 bis 4·9. Aus den hohen Zahlen des Imprägniermittels für 1 m³ wird auch ersichtlich, daß man durch die Cobraimprägnierung weit mehr vom Mittel in das Holz der gefährdeten Zone bringt, als es sonst bei anderen Verfahren üblich oder auch nur möglich wäre.

Auf Grund der zahlreichen Feststellungen über das Auftreten der Holzfäule an Masten wurde die Breite des zu impfenden Gürtels auf 60 cm vergrößert, wovon 35 cm unter die Grenzlinie zwischen Boden und Luft fallen. Es hat sich als empfehlenswert erwiesen, das Impfnetz in jedem Fall geschlossen, sonach rings um den Stamm herzustellen.

Bemerkenswert ist, daß vielfach ein Härterwerden der cobraimprägnierten Holzteile wahrgenommen werden konnte, was auf die Wirkung des Fluornatriums zurückzuführen ist.

Die geimpfte Grenzzone und der darüberliegende Mastenteil ist zur äußerlichen Immunisierung früher mit Imprägnieröl, dem Dinitrophenol zugesetzt worden war, bestrichen worden; neuerer Zeit wird ein höher siedendes Teeröl mit einem Zusatze eines sehr stark antiseptisch wirkenden, öllöslichen Stoffes (Basilineum) verwendet, wodurch eine wesentlich höhere Wirkung erreicht wird.

An dem guten Erfolg der Mastennachimprägnierung ist nicht zu zweifeln. Anhaltspunkte für die Beurteilung der Wirkung bieten die durchaus günstigen Erfahrungen, die mit den ältesten, seit etwa acht Jahren eingestellten Cobramasten gemacht wurden.

IV. Internationale Hochspannungskonferenz in Paris.

Von Dr. P. **Beck**, Wien.

(Fortsetzung aus Heft 14, Seite 305.)

II. Kraftübertragung.

Mit der Frage der Bestimmung der günstigsten Spannweite haben sich P. Ferrier und H. Haussadis (Frankreich) beschäftigt; in ihrer Arbeit wird hervorgehoben, daß neben wirtschaftlichen Momenten auch die Frage der Betriebssicherheit eine wesentliche Rolle spielt und diese unter anderem auch von dem durch den Wind verursachten Auftrieb auf die Leitungen beeinflußt wird, der bei der Leitungsberechnung bis jetzt nicht gebührend berücksichtigt wurde. Durch den Winddruck wird aber der Spannweite, namentlich bei kleineren Querschnitten, eine obere Grenze gesetzt, bei deren Überschreitung die Gefahr besteht, daß die Leitungen ins Flattern geraten und leicht zusammenschlagen können. Ein Flattern kann insbesondere bei in der Leitungsrichtung einfallendem Wind auftreten. Die hierüber angestellten Beobachtungen zeigen, daß ein Flattern bei Kupferleitungen von mehr als 5 mm Durchmesser nicht mehr auftritt, woraus die Verfasser die größte senkrecht nach oben wirkende Windkraft, mit welcher noch gerechnet werden muß, zu 35 kg/m² berechnen und diesen Wert den einschlägigen Rechnungen zugrunde zu legen empfehlen. Auf dieser Grundlage errechnen sie einen unteren Grenzwert für den bei verschiedenen Materialien noch zulässigen kleinsten Durchmesser, bei welchem das Eigengewicht gegenüber dem Auftrieb unter allen Umständen überwiegt und daher die Gefahr des Flatterns nicht mehr besteht. Derselbe beträgt für Kupferdrähte 5 mm, Kupferseile 6·7 mm, Aluminiumseile 22 mm, Stahlaluminiumseile mit einem Querschnittsverhältnis 1 : 3 (Stahl zu Aluminium) 14·8 mm, bei einem solchen von 1 : 2 13·5 mm, Eisendrähte 5·7 mm und Eisenseile 7·5 mm. Im weiteren Teil der Arbeit wird der auch schon von anderer Seite wiederholt unternommene Versuch gemacht, auf Grund möglichst einfacher Formeln die wirtschaftliche Spannweite vorauszuberechnen. Alle diese Versuche scheitern aber, trotz der oft sehr geistreichen Ansätze für die den Zusammenhang zwischen Spannweite, durch diesen bedingten Durchhang bzw. Masthöhe darstellenden Formeln, an der Tatsache, daß die Mastgewichte auch von anderen Umständen, wie zum Beispiel Verhältnis zwischen Masthöhe und Fußbreite und dergleichen mehr, stark beeinflußt werden, welche in keine mathematische Form gekleidet werden können, und nicht zuletzt daran, daß die jeweilige Geländegestaltung, klimatischen Verhältnisse usw. einen rechnerisch nicht erfaßbaren Einfluß auf die Wahl der Spannweite und das Verhältnis der Zahl der Trag-, Eck- und Sondermaste ausüben; dadurch geht der Wert jeder derartigen, nur auf idealen, in der Natur fast nie vorkommenden Verhältnissen beruhenden Vorausberechnung verloren. Aus diesem Grunde erscheint es nicht notwendig, auf diesen Teil der Arbeit näher einzugehen.

Digitized by Google

L. Labbé (Frankreich) hat über einen Bauunfall berichtet, bei welchem ein gleichzeitig als Eckmast dienender Abspannmast, teils zufolge unrichtiger Arbeitsdisposition, teils wegen unentdeckt gebliebener Fehler im Eisenmaterial beim Spannen im Oberteil abgeknickt wurde. Auf Grund dieser Erfahrung empfiehlt es sich, bei der Auswahl des Eisens mit größter Sorgfalt vorzugehen und in dessen Eigenschaften im Wege von eingehenden Materialprüfungen, für welche auch ausführliche Vorschläge gemacht werden, sicheren Einblick vor der Verarbeitung zu gewinnen.

Eisenbetonmaste, namentlich solche, die nach dem Schleuderverfahren hergestellt werden[1]), erfreuen sich in Italien großer Beliebtheit[2]) und werden, wie dies aus dem Bericht von Montagni (Italien) hervorgeht, auch bei Höchstspannungsleitungen vielfach verwendet. Dies ist auch begreiflich, wenn berücksichtigt wird, daß gegen die Eignung derartiger Maste für sich keine Bedenken obwalten und die Entscheidung, ob solche oder Eisenmaste gewählt werden, letzten Endes eine Kostenfrage ist. In Italien liegen die Verhältnisse für die Eisenbetonmaste insofern günstiger, als sie, abgesehen von der Armierung, aus heimischen Rohmaterialien hergestellt werden können und auch die Verhältnisse für den Transport und die Aufstellung vielfach einfacher, als zum Beispiel bei uns sind. Auch in Deutschland haben sich diese Maste, wiewohl sie auch auf bergigem Gelände schon wiederholt verwendet wurden, hauptsächlich in der Ebene (Ostpreußen, Sachsen) eingeführt. Hiezu kommt aber noch, daß die die einschlägigen Patente ausbeutende italienische Gesellschaft, die Soc. Cementi Armati Centrifugati, die Einführung in großzügiger Weise betreibt, insbesondere auch dadurch, daß sie den Transport und die Aufstellung selbst zu übernehmen bereit ist und hiefür geeignete Behelfe zur Verfügung stellt, was zur Überwindung der gerade aus diesem Titel vielfach erhobenen Bedenken beiträgt. Auch hat sie durch ausgedehnte Versuche das Verhalten derartiger Maste bei den verschiedenen Beanspruchungen aufgeklärt und sichere Grundlagen für die Berechnung geschaffen. Der Bericht beschäftigt sich mit den auf die Berechnung und Konstruktion bezughabenden Einzelheiten der für eine Teilstrecke der im Bau begriffenen 240 kV Leitung Kardaun (bei Bozen) — Cislago[3]) bestimmten Maste, welche zur Übertragung der in der Eisackstufe Brixen-Bozen gewonnenen Kraft nach der Poebene bestimmt ist. Die nördliche Teilstrecke dieser Leitung wird mit Eisenbeton-Tragmasten ausgerüstet, über deren Abmessungen die Abb. 1 näheren Aufschluß gibt. Die Maste sind für die Aufnahme von drei in einer wagrechten Ebene angeordneten Stahlaluminiumseilen von 56·3 mm² (7 × 3·2) Stahl- und 241·7 mm² (30 × 3·2) Aluminiumquerschnitt bestimmt; der Durchmesser des fertigen Seiles beträgt 22·3 mm, das Einheitsgewicht 1·11 kg/m. Der Winddruck war entsprechend einer Windgeschwindigkeit von 130 km/h (76·5 kg/m²), die Eislast mit 2 kg/lfd. m Seil anzunehmen. Die Regelspannweite beträgt 250 m, der größte Durchhang 7·85 m. Die Kosten für die fertig aufgestellten Maste sollen sich pro km auf 56 000 bis 58 000 Lire (21 000 bis 22 000 S) belaufen, wogegen bei Eisenmasten diese 73 000 Lire (27 000 S) betragen hätten.

Asselbergs und Valensi (Frankreich) haben die Kreuzung der Loire bei Nantes durch zwei 150 kV und zwei 30 kV, auf gemeinsame Gestänge verlegte Leitungen beschrieben, welche in einer 292 m langen Spannweite bewerkstelligt wird. In Hinblick auf die vom Standpunkt der Schiffahrt gestellten, besonders scharfen Forderungen mußte eine Leitungshöhe von 75 m über Normalwasserspiegel eingehalten werden, wodurch Maste von 91 m Höhe über Boden notwendig wurden. Jeder Mast wiegt 120 t und ist in einem, auf kräftigen Piloten ruhendem Betonfundament verankert.

R. F. Nuttal (V. St. A.) hat eine neue, von der Great Western Power Co. of California für 220 kV Leitungen verwendete Mastform beschrieben, bei welcher trotz Wahrung voller Sicherheit gegen das Zusammenschlagen der Leitungen bei ungleichmäßiger Vereisung oder Abwerfen der Schneelast keine unzulässig große Bodenfläche in Anspruch genommen werden muß.

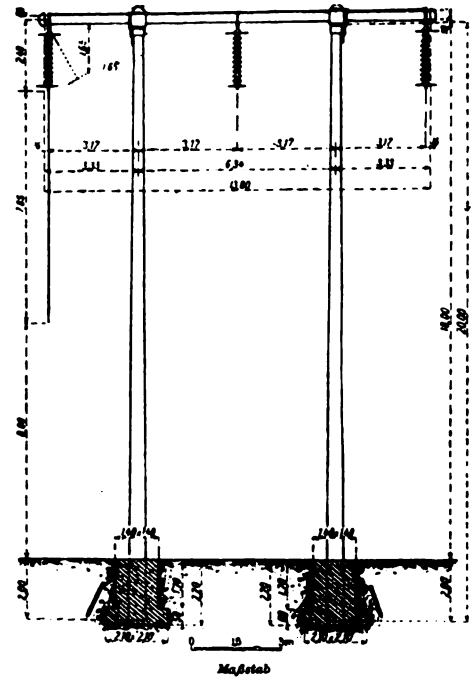


Abb. 1.

Die mit übereinander angeordneten Leitungen gemachten ungünstigen Erfahrungen haben zu der Anordnung der Leiterseile in einer wagrechten Ebene bei Höchstspannungsleitungen geführt, was aber sehr große Fußbreiten für die Maste notwendig macht. Diesen Nachteil vermeidet die neue Mastform, welche in Abb. 2 in Ausführung als Tragmast dargestellt ist. Wenn der Sicherheitsabstand von geerdeten Teilen mit 1·7 m bemessen wird, ergibt sich, unter Annahme von 2·2 m langen Isolatorenketten und einem möglichen Ausschwingen derselben um 45°, ein Mindestabstand zwischen Befestigungspunkt der Leitung und nächstgelegenem Mastteil von 3·35 m, der bei diesem Mast überall eingehalten ist. Die Fußbreite kann unabhängig von der Leiteranordnung und Ausbildung des Mastkopfes gewählt werden. Die Eckmaste sind in grundsätzlich gleicher Art ausgebildet, nur daß die beiden äußeren Leiter in

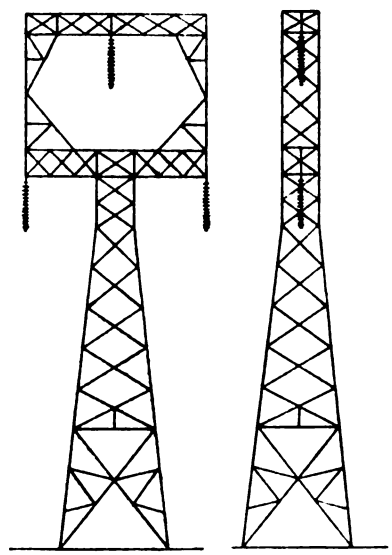


Abb. 2.

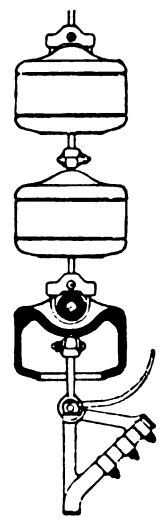


Abb. 3.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 519, 598; 1923, S. 6.
[2]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 582.
[3]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 1, S. 1.

Digitized by Google

der üblichen Art an den Querträgerenden abgespannt und mittels unterhalb des Querträgers angeordneten Bügeln die Verbindungen zwischen ankommenden und abgehenden Leiter hergestellt werden, wogegen der mittlere Leiter ebenfalls an beiden Mastseiten an der Querträgermitte abgespannt wird und der Verbindungsbügel innerhalb des lyraförmigen Mastkopfes nach oben geführt und mittels einer am oberen Abschlußjoch befestigten Hängekette in seiner Lage festgehalten wird.

Die die mit den Kabeln zusammenhängenden Fragen behandelnden Arbeiten wurden bereits früher an dieser Stelle besprochen[4]).

Bei in der Nähe des Meeres verlaufenden Leitungen bietet die Erhaltung eines guten Isolationszustandes oft sehr große Schwierigkeiten, da die aus der salzhaltigen Luft auf der Oberfläche der Isolatoren sich bildenden Niederschläge eine leitende Kruste bilden[5]). Nach dem Bericht von Montandon und Le Moigne (Frankreich) führten diese Verhältnisse bei der die Mittelmeerküste von Marokko versorgenden Gesellschaft, L'Énergie Électrique du Maroc, nach vielen vergeblichen Versuchen mit den verschiedensten Isolatorenformen zur Entwicklung einer ganz neuartigen, in Abb. 3 als für 70 kV Betriebsspannung zu einer viergliedrigen Kette vereinigt dargestellten Type, als deren besonderes Merkmal der tief heruntergezogene und nach innen gekrümmte Außenmantel anzusprechen ist, der einen langen, gegen die Benetzung geschützten Kriechweg sichert. Eine weitere Verbesserung stellt die in Abb. 4 wiedergegebene Type dar, bei der der Isolatorenkopf einen mit Öl gefüllten Hohlraum aufweist und so einigermaßen als Rückkehr zu den ganz alten, bei den ersten Hochspannungskraftübertragungen verwendeten Ölisolatoren gewertet werden kann. Die gute Isolation bleibt hier naturgemäß nur so lange erhalten, als nicht das Öl von dem sich in diesem Hohlraum ansammelnden Niederschlagswasser verdrängt wird. Gegen das Eindringen dieses sollen die am Unterteil der Isolatoren angeordneten Schirme schützen, die den Regen vom unterhalb sich befindenden Isolator ablenken. Dem obersten Isolator bietet eine oberhalb desselben am Querträger angebrachte Platte einen entsprechenden Schutz.

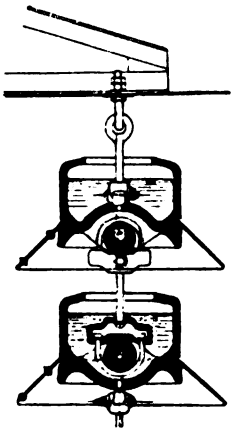


Abb. 4.

F. M. Gillespie und F. Dejong (Spanien) haben umfangreiche statistische Daten über das Verhalten der im Netz der Ebro Irrigation & Power Co. eingebauten zahlreichen Kettenisolatoren mitgeteilt, aus welchen hervorgeht, daß die Herstellungs- und Kittungsverfahren soweit verbessert sind, daß man im allgemeinen nur noch mit einem ganz geringen jährlichen Ausfall zu rechnen hat. Sie empfehlen als Grundlage für die Beurteilung der Eignung einer Type eine Art von beschleunigter Prüfung, bei welcher die Isolatoren unter gleichzeitiger mechanischer und elektrischer Belastung abwechselnd von heißer Luft angeblasen und nach je 3 bis 4 Stunden mit kaltem Wasser berieselt werden sollen. Dieser Vorgang würde einem in heißen Sommertagen plötzlich einbrechenden Regen entsprechen, was als ungünstigste Beanspruchung des Isolators anzusehen ist. Die Zahl von durch Isolatorenfehler verursachten Betriebsstörungen kann durch systematische Überprüfung aller Isolatoren im Betriebe selbst erheblich eingeschränkt werden, da auch 1 bis 2 fehlerhafte Isolatoren aufweisende Ketten noch einige Zeit in Betrieb bleiben können, jedoch bei Gelegenheit die schlechten Einheiten auszutauschen sind. Über deren Lage geben solche Prüfungen den erwünschten Aufschluß und ermöglichen daher den rechtzeitigen Ersatz. Für solche Zwecke wurde von der genannten Gesellschaft eine Prüfstange, Aislometer genannt, entwickelt, die in einem zweiten Bericht derselben Verfasser beschrieben wird und im wesentlichen aus einem auf einer isolierten Stange montierten elektrostatischen Voltmeter besteht, an dessen Klemmen zwei Greifer angeschlossen sind, die die Spannung des Kettengliedes abnehmen; der bewegliche Teil des Voltmeters ist eine Aluminiumnadel, die so beeinflußt wird, daß ihr Ausschlag 90° ist, wenn die Spannung von einem gesunden Isolator abgegriffen wird, dagegen fast 0 bei schlechtem Isolator.

Der Wert der kombinierten elektrisch-mechanischen Prüfung wird immer mehr anerkannt. Bei der Durchführung derselben hat es sich aber gezeigt, daß die Durchschlagsfestigkeit des Isolators von der Prüfdauer stark abhängt und jeder, unterhalb der Überschlagsspannung liegenden Spannung ein Höchstwert der mechanischen Beanspruchung entspricht, die der Isolator auf unbegrenzte Zeit zu ertragen vermag, der aber wesentlich niedriger ist, als die kurzzeitig zulässige Beanspruchung. Vom praktischen Betriebsstandpunkt aus hat natürlich nur der Dauerwert Interesse, weshalb dessen Ermittlung von größter Wichtigkeit ist. Lequerler und Schuep (Frankreich) haben über das bisherige Ergebnis der in dieser Richtung in der Fabrik Ivry der Compagnie Générale d'Électro-Céramique durchgeführten Versuche berichtet, die aber ein abschließendes Urteil noch nicht zulassen. (Die deutsche Porzellanindustrie, welche sich mit dieser Frage ebenfalls schon seit langem beschäftigt, scheint allerdings schon weitergekommen zu sein; die in Vorbereitung sich befindenden Prüfvorschriften des VDE enthalten bereits bestimmte Vorschläge auch in dieser Richtung. Der Ber.)

A. O. Austin (V. St. A.) hat in seiner Arbeit eine Reihe von die Erhöhung der Betriebssicherheit von Hochspannungsleitungen bezweckenden Maßnahmen besprochen. Als erste kommt die Vermeidung von übermäßig großen Bodenabständen in Frage, da bekanntlich das Spannungsgefälle zwischen im Einflußbereich einer Wolkenladung gelegenem Leiter und Erde der Höhe des Leiters über Erde direkt proportional ist. In der Nähe des Leiters angebrachte Leitungen, die geerdet, oder auch isoliert, verlegt sein können, setzen die auf dem Leiter sich ansammelnde Ladung ebenfalls herab, was unter anderem auch die Erscheinung erklärt, daß Leiterbündel wie zum Beispiel Fernsprechleitungen, die in größerer Zahl auf gemeinsamen Gestänge verlegt sind, durch atmosphärische Einflüsse nur in geringem Maße gestört sind. Sehr wesentlich erscheint es seiner Ansicht nach, wenn es gelingt, bei Holzgestänge das Holzmaterial selbst zur Verbesserung der Isolation heranzuziehen. Dies kann geschehen durch Verwendung von hölzernen Querträgern, Vermeidung der Erdung von eisernen Querträgern und Isolatorenstützen und vor allem durch isolierte Verlegung des Spitzenseiles, das nur an einzelnen Stellen gut zu erden ist. Durch alle diese Maßnahmen wird der Überschlagsweg gegen Erde vergrößert und somit die Isolation der Anlage erhöht. Noch wirksamer ist die Verlegung einer Gegenpotentialleitung, deren Wesen darin besteht, daß dem ganzen Mastkopf ein höheres Potential gegen Erde aufgedrückt wird, womit die Potentialdifferenz zwischen Leiter und Mastkopf eindeutig festgelegt wird. Diese, die Mastköpfe verbindende Gegenpotentialleitung wird von den atmosphärischen Ladungen in derselben Weise beeinflußt, als der Starkstromleiter, so daß die Isolation des letzteren unter keinen Umständen unzulässig hohen Beanspruchungen ausgesetzt wird. Bei Holzmasten kann dies in einfacher Weise erreicht werden, wenn die eisernen Querträger mittels einer eigenen Leitung miteinander verbunden werden und zwischen diese Leitung und Erde Spannung von geeigneter Höhe gelegt wird. Gegen letztere bildet dann der Unterteil des Mastes die Isolation. Bei Eisenmasten ist die Einschaltung einer Isolationsstrecke, zum Beispiel aus Holz, unterhalb der Gegenpotentialleitung notwendig. Gegen direkte Blitzschläge in die Holzmaste empfiehlt er Funkenstrecken, die durch längs des Mastes isoliert

[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 831.

[5]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 572; 1928, S. 390.

Digitized by Google

verlegte Erdleitungen, welche an einzelnen Stellen unterbrochen sind, gebildet werden können. Auch die Verwendung von hölzernen Querträgern für Eisenmaste scheint in allen jenen Fällen erwägenswert zu sein, wo nicht mechanische Gründe zu eisernen Querträgern zwingen.

Vom Standpunkt des Schutzes der Isolatorenketten ist es von großer Bedeutung, wenn es gelingt, sie im Falle eines Lichtbogenüberschlages der unmittelbaren Einwirkung des Lichtbogens zu entziehen und dessen Weg in solcher Weise zu steuern, daß der Überschlag unmittelbar zwischen Leitungsklemme und Querträger stattfindet. Überdies wird durch derartige Maßnahmen auch eine erhöhte Sicherheit gegen Überschläge überhaupt erreicht, da bei Kaskadenbildung schon eine geringere Spannung zur Herstellung des vollständigen Überschlages genügt. Mit den aus diesem Gesichtspunkt empfehlenswerten Schutzmaßnahmen befaßte sich der von K. A. Hawley (V. St. A.) erstattete Bericht. Zufolge der längs der Kette bestehenden ungleichmäßigen Spannungsverteilung[6]) neigt der Lichtbogen ganz besonders im oberen, dem Querträger benachbarten Teil zur Kaskadenbildung. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Überspannungswellen hoher Frequenz oder von besonders steiler Stirne, die Entladungen längs der Isolatorenoberfläche hervorrufen und derart eine von Element zu Element wandernde Kaskade erzeugen. Als geeignetes Schutzmittel für den unteren, der Leitung benachbarten Teil der Kette haben sich lediglich die an der Leitungsklemme befestigten, den untersten Isolator umfassenden Schutzringe erwiesen, wogegen die ebenfalls untersuchten Schutzhörner offenbar eine zu geringe Kapazität besitzen, um die Spannungsverteilung in ausreichendem Maße günstig beeinflussen zu können. Dagegen sind die Schutzhörner am Befestigungspunkt der Kette am Querträger eher am Platze, da sie abgesehen von den geringeren Kosten auch vom Standpunkt der Beeinflussung der Spannungsverteilung an dieser Stelle günstiger zu wirken scheinen als Schutzringe, welche nach den angestellten Versuchen die Kaskadenbildung an dieser Stelle nicht zu unterdrücken vermögen. Die Anordnung der Schutzringe ist im übrigen auch am Klemmenende nur bei wichtigen Leitungen gerechtfertigt, wogegen bei solchen von geringerer Bedeutung die billigeren Schutzhörner empfohlen werden[7]).

Derselbe Verfasser hat auch über mit Hewlett-Isolatoren[8]) durchgeführte Versuche berichtet, welche zeigen, daß es durch zweckmäßige Ausbildung der Verbindungsarmaturen möglich ist, auch bei dieser Bauart Festigkeitswerte zu erzielen, die jenen der Kappenisolatoren nicht nachstehen. Da zufolge der weitgehenden Vervollkommnung in der Herstellung der Kappenisolatoren mit kittloser Bolzenbefestigung und zunehmender Verbreitung der durchschlagssicheren Knüppelisolatorenformen in Deutschland und bei uns die Hewlett-Type fast vollständig verdrängt wurde, erscheint eine Wiedergabe der betreffenden Werte an dieser Stelle nicht erforderlich.

Mit dem Aluminium als Leitermaterial, welches in Amerika für diese Zwecke schon vor dem Weltkriege des öfteren verwendet wurde, in Europa dagegen sich erst unter dem Drucke der durch den Krieg herbeigeführten Kupferknappheit eingeführt hat, haben sich mehrere Berichterstatter befaßt. Wenn sich auch seither die normalen Preis- und Beschaffungsverhältnisse für Kupfer wieder eingestellt haben, kann trotzdem von einer vollständigen Abkehr vom Aluminium nicht gesprochen werden, zumal die während des Krieges entstandenen neuen Fabriken entsprechende Absatzmöglichkeit für ihre Produktion suchen und die Verringerung der Kupfereinfuhr in den über keine eigenen Kupfervorkommen verfügenden Ländern auch vom allgemein volkswirtschaftlichen Gesichtspunkt von Bedeutung ist. Da Reinaluminium sich für große Spannweiten aus verschiedenen, bekannten Gründen nicht vollkommen eignet, ist man schon seit langer Zeit bemüht, einen mit dem Kupfer in jeder Hinsicht gleichwertigen Ersatz unter Heranziehung des Aluminiums zu finden. Auf diese Weise sind die Stahl-Aluminiumleitungen entstanden, über deren für den Leitungsbau wichtige Eigenschaften E. T. Painton (England) berichtet hat. Seine auch mit den einschlägigen Klemmen- und Verbinderkonstruktionen sich befassende Arbeit enthält nichts wesentlich Neues, so daß ein näheres Eingehen auf diese sich erübrigt.

Die von R. F. Nuttal (England) vorgelegte Arbeit beschäftigt sich mit der Berechnung derartiger Leitungen. Die in der deutschen einschlägigen Literatur behandelten Berechnungsmethoden[9]) haben sich als in jeder Richtung befriedigend erwiesen; die von ihm vorgeschlagene Berechnungsart leidet an Übersichtlichkeit, ohne aber sachlich etwas Neues zu bringen.

Über in den V. St. A. in den letzten Jahren unter Verwendung von Stahl-Aluminiumseilen errichteten wichtigen Höchstspannungsleitungen hat W. Binz (V. St. A.) berichtet. Diese Leitungen sind schon an mehreren Stellen beschrieben gewesen[10]), weshalb dieser Bericht hier übergangen werden kann.

Ein anderer Weg zur Veredlung des Aluminiums vom Standpunkt des Leitungsbaues bietet sich in der Herstellung von geeigneten Legierungen, in welcher Richtung schon seit vielen Jahren gearbeitet wird und nach den vorliegenden Berichten auch sehr erfolgversprechende Ergebnisse nunmehr vorzuliegen scheinen.

Obwohl es schon seit langer Zeit bekannt ist, daß die Festigkeitseigenschaften des Aluminiums durch gewisse Zusätze wesentlich verbessert werden können, mußte dies andererseits durch eine Einbuße an Leitfähigkeit und zum Teil auch an Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische und chemische Einflüsse erkauft werden, bis es der Aluminiumindustrie-Gesellschaft Neuhausen und den mit ihr verbundenen Unternehmungen gelang, durch besondere Arbeitsmethoden eine in jeder Beziehung entsprechende Legierung herauszubringen, welche in der Schweiz und Deutschland unter dem Namen Aluminiumlegierung Nr. 3 (auch als Aldrey bezeichnet), in Frankreich als Almelec in den Handel gebracht wird[11]). Nach den von E. Dusaugey (Frankreich) hierüber gemachten Mitteilungen enthält diese Legierung neben 98·5 bis 98·8 vH reinem Al etwa 0·6 vH Si, 0·4 vH Mg und bis 0·3 vH Fe. Für die Erlangung der gewünschten Eigenschaften ist die Sonderbehandlung von größter Wichtigkeit, welcher das Material in mechanischer und thermischer Beziehung unterworfen wird. Auf diese Weise läßt sich eine Bruchfestigkeit von 30 ÷ 40 kg/mm² und eine Leitfähigkeit von 33 ÷ 28 erzielen. Als mittlere Werte können folgende gelten:

Spezifisches Gewicht	2·7
Bruchfestigkeit auf Zug	35 kg/mm²
Dehnung bei Bruchbelastung	6 ÷ 8 vH
Elastizitätsgrenze	11 ÷ 13 kg/mm²
Leitfähigkeit	33·7 m/Ohm × mm²
Elastizitätsmodul	6500 kg/mm²

Durch Reckung über die Elastizitätsgrenze kann auch erreicht werden, daß bleibende Verlängerungen bis zu in der Nähe der Bruchgrenze gelegenen Beanspruchungen nicht entstehen, was bei Höchstspannungsleitungen mit großen Spannweiten ebenfalls von Vorteil ist. Ein Vergleich mit einem Kupferseil gleicher Leitfähigkeit zeigt, daß bei Verwendung der gegenständlichen Legierung der 1·8 fache Querschnitt, entsprechend dem 1·34 fachen Durchmesser benötigt wird, wobei das Seilgewicht nur das 0·54 fache jenes des Kupfers, dagegen die Bruchfestigkeit des ganzen Seiles das 1·5 fache erreicht. Ähnlich oder noch günstiger fällt der Vergleich mit Reinaluminium und Stahlaluminiumseilen aus.

[6]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 290; 1923, S. 204, 257; 1924, S. 365; 1926, S. 592, 905.
[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 767.
[8]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 9, 257.
[9]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 113; 1924, S. 421.
[10]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 38; 1926, S. 177; 1927, S. 407, 642.
[11]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 137, 603, 1071.

Digitized by Google

Die vorteilhaften Eigenschaften dieser neuen Legierung haben, wie dies aus dem Bericht von W. Wyssling (Schweiz) hervorgeht, die Schweizerischen Bundesbahnen bewogen, ihre 160 km lange 132 kV-Kraftübertragungsleitung Puidoux—Rupperswil mit diesem Material auszuführen, nachdem schon früher erstellte Versuchsleitungen auch im längeren Betrieb sich gut bewährt haben. Eine Vergleichsrechnung mit Kupferseilen von 120 mm², bzw. Stahlaluminiumseilen von 50 + 212 mm² Querschnitt ergab, daß bei Verlegung von 240 mm² von Aluminium Nr. 3 die Kosten der Seile gegenüber Kupfer zwar um 9 vH höher werden, dagegen bei den Masten 16 vH und bei den Fundamenten 17 vH erspart werden können, wozu noch Ersparnisse an Transport- und Verlegungskosten kommen, da das Seilgewicht nur 61 vH jenes von Kupfer beträgt, so daß im Endergebnis nicht unbedeutende finanzielle Vorteile sich ergeben. Gegenüber Stahlaluminium liegen die Verhältnisse noch günstiger. Das zur Verlegung kommende Seil besteht aus 37 Einzeldrähten von je 2·87 mm Durchmesser bei einem Gesamtdurchmesser von 20·1 mm; die innere Lage ist aus 1 + 7 Drähten gebildet mit einer Schlaglänge von 140 mm, über derselben liegen 12 Drähte mit entgegengesetzter Schlagrichtung und einer Schlaglänge von 200 + 250 mm, die aus 18 Drähten gebildete Außenlage hat dieselbe Schlaglänge und ist mit der Seele gleichgerichtet. Durch über 3000 Einzelversuche wurde der Nachweis erbracht, daß die gewährleistete Festigkeit und Leitfähigkeit nicht nur eingehalten, vielmehr zum Teil nicht unwesentlich überschritten wurde.

E. Poirson (Frankreich) hat in seinem Bericht darauf hingewiesen, daß die Entscheidung über das zu wählende Leitungsmaterial auf Grund der Kelvinschen Regel zu treffen ist, gemäß welcher der wirtschaftlichste Wert sich dann einstellt, wenn die Kosten der jährlichen Energieverluste gleich den Kosten für Verzinsung und Abschreibung des Leitermaterials sind. Bezeichnet man mit:

- r den spezifischen Widerstand des Leitermaterials in Mikroohm . cm,
- d die Dichte desselben,
- a den Preis der kWh,
- b den Satz für die Verzinsung und Abschreibung pro Jahr (zum Beispiel $a = 0{\cdot}1$ für 10 vH),
- c den Preis des Leitermetalles pro kg, ausgedrückt in denselben Einheiten wie a,
- h die Jahresbenutzungsdauer in Stunden,
- I die Stromstärke je Leiter in Ampere,
- L die Länge der Leitung in m,
- q den günstigsten Querschnitt in mm²,

so wird:

$$q = I\sqrt{\frac{rha}{100\,dcb}}\ \text{mm}^2.$$

Das Gesamtgewicht je Leiter ergibt sich mit diesem Wert zu:

$$P = \frac{LI}{10\,000}\sqrt{\frac{rhad}{cb}}\ \text{kg};$$

und die Kosten der Jahresverluste zu:

$$K = \frac{LI}{10\,000}\sqrt{rhadcb},$$

ausgedrückt in derselben Geldeinheit wie a und c.

Wie die Formeln zeigen, ist der so errechnete günstigste Querschnitt von der Übertragungslänge unabhängig. Die Formel gibt für mittlere Verhältnisse brauchbare Werte, dagegen einen zu kleinen Querschnitt, wenn die Benützungsdauer zu gering oder der Energiepreis im Verhältnis zum Materialpreis sehr klein ist; in diesen Fällen wird der Querschnitt thermisch nicht mehr ausreichen und muß entsprechend vergrößert werden. Wenn dagegen der Energiepreis verhältnismäßig hoch oder der Materialpreis ungewöhnlich niedrig ist, errechnet sich auf diese Weise ein zu großer Querschnitt, welcher mit Rücksicht auf das dann notwendige schwere Gestänge nicht ausführbar sein wird. Die Formel für die Errechnung des Wertes der jährlichen Verluste ermöglicht auch den wirtschaftlichen Vergleich zwischen den verschiedenen Leitermaterialien. Beträgt der spezifische Widerstand, die Dichte und der Preis für das eine Metall r, d und c, für das andere r', d' und c', so verhalten sich die Jahresverluste K, bzw. K', bei gleicher Benützungsdauer, gleichem Energiepreis und Satz für Verzinsung und Abschreibung, sofern in beiden Fällen der laut Vorstehendem sich ergebende wirtschaftlichste Querschnitt gewählt wird:

$$\frac{K}{K'} = \frac{\sqrt{rdc}}{\sqrt{r'd'c'}}.$$

Ebenso kann auch das Verhältnis der günstigsten Querschnitte für zwei verschiedene Metalle ermittelt werden. Dasselbe ergibt sich zu

$$\frac{S'}{S} = \frac{\sqrt{r'cd}}{\sqrt{rd'c'}}.$$

So ergibt sich zum Beispiel für Aluminium und Kupfer mit den Werten von $r' = 3$, $d' = 2{\cdot}7$ für Al bzw. $r = 1{\cdot}8$ und $d = 9$ für Cu: $\frac{K'}{K} = 0{\cdot}707\sqrt{\frac{c'}{c}}$, das ist ein nur vom Preis der Metalle abhängiges Verhältnis. Die Formel führt zur bekannten Beziehung, wonach beide Metalle gleichwertig sind, wenn der Aluminiumpreis doppelt so hoch als jener für Kupfer sich stellt; erst bei noch höherem Aluminiumpreis wird dessen Verwendung vom Kostenstandpunkt ungerechtfertigt.

Rein beschreibender Natur war der Bericht von Barrère (Frankreich) über das ostfranzösische 120 kV-Netz[12]), welches im dermaligem Ausbau das an der französisch-schweizerischen Grenze erbaute Rhônekraftwerk Chancy-Pougny[13]) von 35 000 kVA Leistung mit dem Dampfwerk Lucy der Cie. des Mines de Blanzy mit 40 000 kVA Leistung und den Anlagen in Creusot verbindet, sowie eine von der Public Service & Gas Co. of New Jersey (Ver. St. v. Am.) vorgelegte, sehr ausführlich gehaltene Beschreibung der Anlagen dieser Gesellschaft, welche in Hinblick auf Größe der Gesamtleistung (654 000 kW) der Kraftwerke und Ausdehnung des Netzes eine führende Rolle in den Vereinigten Staaten einnehmen.

(Schluß folgt.)

[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 429.
[13]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 660.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Ausnutzung elektrischer Überschußenergie durch Wärmespeicherung. Von Dipl. Ing. E. Walder. Im Frauenspital Basel wurde anläßlich einer Erweiterung und Zentralisierung der gesamten Wärmeerzeugung auch eine elektrische Dampferzeugungsanlage für 6400 V Drehstrom und 13 atü von 1200 kW Leistung (entsprechend der aus einem Wasserkraftwerke der Stadt im Höchstfall zur Verfügung stehenden Überschußenergie) aufgestellt. Die Anlage liefert während mindestens sechs Monaten des Jahres den gesamten Wärmebedarf des Spitals, sie wurde mit Rücksicht auf das zeitliche Auseinanderliegen des größten Wärmebedarfs und des größten Energieüberschusses auch mit einem Dampfspeicher ausgerüstet. Außerdem werden gegebenenfalls auch noch zwei Warmwasserkessel zur Speicherung herangezogen. Der von Escher, Wyss & Cie. gebaute Kessel von 1000 mm Durchmesser und einer Gesamthöhe von 2·77 m hat feststehende Elektroden, die am abnehmbaren Deckel befestigt sind. Die Stromdurchführungen werden ohne Stopfbüchse selbsttätig durch den inneren Überdruck abgedichtet. Die Lei-

Digitized by Google

stung wird durch Veränderung der Eintauchtiefe der Elektroden geregelt. Ein Austauchen der Elektroden aus dem Wasser und die damit verbundene Lichtbogenbildung wird durch das Öffnen des Hauptschalters beim Sinken des Wasserstandes unter ein gewisses Maß verhindert. Durch den Einbau eines Arcareglers[1]) kann der Kessel während der Nacht sich selbst überlassen werden. Die Leistung wird dabei dem Dampfverbrauch angepaßt. Bei einem täglichen Wärmebedarf von 6·9 Mill. WE, mußte der Speicher für 1·7 Mill. WE oder rund 2600 kg Dampf von 2 atü bemessen werden. Dies entspricht 31 m³ Gesamtinhalt des Speichers bezw. 2200 mm Durchmesser und 8500 mm Länge bei 12 atü Betriebsdruck. Bei Abnahmeversuchen an der Anlage wurde eine Dampferzeugung von 1·336 kg Normaldampf aus 1 kWh bezw. eine Wärmeausnutzung im Elektrokessel von 99·7 vH und eine Gesamtausnutzung der zugeführten Energie in der Anlage einschließlich Speicherkessel von 89·7 vH festgestellt. Im vorigen Betriebsjahr konnten rund 450 t Koks erspart werden. Besonders wertvoll erwies sich aber für den Spitalsbetrieb die Betriebssicherheit und stete Betriebsbereitschaft der Anlage, denn Stromunterbrechungen von 1 bis 2 Stunden lassen sich ohne weiteres durch den Speicher ausgleichen. J.

(Archiv f. Wärmewirtschaft u. Dampfkesselwesen, Bd. 8, Heft 12, 1927.)

Die erste Hochdruck-Dampfanlage der Schweiz in industriellem Betriebe. Von J. Broggi. Dem Entwurfe der für die Färberei Jenny & Cie. in Aarau gebauten Anlage wurde ein Dampfverbrauch von 6000 kg/h zu Heizzwecken und ein Stromverbrauch von 250 bis 300 kW zugrundegelegt, im Hinblick auf eine künftige Erweiterung aber ein Steilrohrkessel für 10 000 kg/h Dampf von 350 m² Heizfläche aufgestellt, der mit 35 atü und 400° arbeitet und von den Büttnerwerken in Uerdingen a. Rhein geliefert wurde. Der erzeugte Dampf wird in der Regel zunächst in einer Turbine von 380 kW höchster Dauerleistung bis auf 9 ata entspannt und dann zu Heizzwecken verwendet (bei der Höchstleistung werden 8000 kg Dampf/h benötigt). Die von BBC als Reaktionsturbine mit vorgeschaltetem Gleichdruckrad gebaute Maschine läuft mit 5000 U/min und treibt über ein Zahnradgetriebe einen mit 1500 U/min laufenden Zweiphasengenerator für 235 V unverkettet an. Sie ist nur mit einem Geschwindigkeitsregler ausgerüstet, der Gegendruck wird von Hand mittels des Frischdampfreduzierventiles eingestellt, über welches auch unmittelbar gedrosselter Frischdampf den Niederdruckdampfspeichern (zwei vorhandenen Flammrohrkesseln) bezw. der Heizanlage zugeführt wird. Während der Nacht wird der Dampfbedarf von den Speichern allein gedeckt und der Strom, etwa 30 bis 50 kW, vom Elektrizitätswerk Aarau bezogen, das andererseits auch Überschußstrom aus der Fabriksanlage übernimmt. Der vom Elektrizitätswerk gelieferte 5000 V Drehstrom wird in zwei Transformatoren in Scottschaltung auf 235 V Zweiphasenstrom, das ist die Stromart der bereits in der Fabrik bestehenden elektrischen Anlage, heruntertransformiert. Die ganze Anlage, das sind Gebäude, Kessel und Maschinen einschließlich der Schaltanlage mit Hoch- und Niederspannungssammelschienen und zwei Transformatoren kostete 370 000 Frk., wovon aber bei der Berechnung der Stromkosten nur 150 000 Frk. berücksichtigt werden dürfen, da eine moderne Niederdruckkesselanlage, sowie eine Schaltanlage und Transformatoren für Fremdstrombezug 220 000 Frk. erfordert hätten. Unter der Annahme, daß die Kessel- und Maschinenanlage in 10, die Gebäude in 25 Jahren abgeschrieben werden, und das Anlagekapital mit 6 vH verzinst und in 30 Jahren getilgt wird, ergibt sich bei Berücksichtigung der Steuern, Verwaltungsspesen usw. ein jährlicher Kapitalsdienst von 23 000 Frk. Die festen Betriebsauslagen (Personal, Öl, Putzmaterial, Reparaturen usw.) betragen 2000 Frk. jährlich. Bei der Berechnung der Brennstoffkosten ist zu berücksichtigen, daß der Abdampf der Turbine restlos verwertet wird, das heißt bei einem Wirkungsgrade des Stromerzeugers von 94 vH, einem mechanischen Wirkungsgrade der Turbine (einschließlich Vorgelege und Hilfsantriebe) von 95 vH, einem Kesselwirkungsgrade von 85 vH (im Betriebe tatsächlich erreicht) und 2 vH Wärmeverlusten in den Rohrleitungen werden je kWh bezogen auf Kohle am Rost nur

$$\frac{860}{0{\cdot}94 \times 0{\cdot}95 \times 0{\cdot}98 \times 0{\cdot}85} = 1150 \text{ WE}$$

verbraucht. Mit einem Kohlenpreise von 50 Frk/t bei 7500 WE Heizwert sind dann die Brennstoffkosten je kWh

$$\frac{1150}{7500} \cdot \frac{50 \times 100}{1000} = 0{\cdot}77 \backsim 0{\cdot}8 \text{ Rappen.}$$

Ist die Anlage täglich während 12 Stunden mit 380 kW im Betrieb, so würden jährlich 1·65 Mill. kWh erzeugt und demnach auf eine kWh insgesamt

$$\frac{23\,000 + 2000}{1\,650\,000} \times 100 + 0{\cdot}8 = 3{\cdot}3 \text{ Rappen}$$

entfallen. Würde die gleiche Strommenge vom Überlandwerk zu einem Preise von 5 bzw. 10 Rappen/kWh bezogen, so würden die jährlichen Mehrkosten 44 500 bzw. 126 500 Frk. betragen.

(BBC-Mitteilungen, 14. Jahrg., Heft 12, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 20.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Das synchronisierende Moment von Drehstromgeneratoren mit ausgeprägten Polen. Von A. Mandl. Die Eigenschwingungszahl eines Drehstromgenerators beträgt bekanntlich

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{S}{J}};$$

(J polares Trägheitsmoment des Rotors in kgm²; S synchronisierendes Moment in mkg je Winkeleinheit.) Die Ermittlung von S für die Volltrommelmaschine kann bekanntlich ohneweiters aus dem AW-Diagramm (Abb. 1) erfolgen. AW_0 sind die zur Überwindung der magnetischen Widerstände im Luftspalt und im aktiven Material nötigen AW (zu entnehmen der Leerlaufcharakteristik bei Nennspannung), AW_a die vom Stator ausgeübte Ankerrückwirkung und AW_e die Erreger-AW zur Überwindung der beiden genannten Komponenten, wobei allerdings das magnetische Gefälle in den Polen und im Rotorjoch unberücksichtigt bleibt, so daß der tatsächliche Erregerstrom größer wird, als es AW_e entspräche. Mit genügender Annäherung kann AW_0 der Nennspannung Δ, AW_a der fiktiven Ankerfeldspannung $J_1 R_1$, wobei J_1 den Statorstrom, R_1 die synchrone Reaktanz bedeutet, und AW_e der fiktiven Erregerspannung E verhältnisgleich gesetzt werden. Die Leistung des Generators wird dann

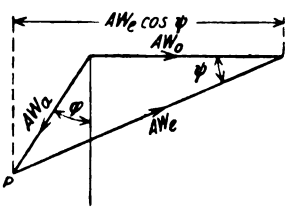


Abb. 1.

$$W = m J_1 \Delta \cos\varphi = m \frac{E \sin\psi}{R_1} \Delta \text{ Watt},$$

wo m die Anzahl der Phasen, φ die äußere Phasenverschiebung und ψ die Polradstellung bezeichnet. Mit Ω_m für die räumliche Winkelgeschwindigkeit und p als Polpaarzahl, ergibt sich das synchronisierende Moment in mkg zu

$$S = \frac{1}{9{\cdot}81} \cdot \frac{1}{\Omega_m} \cdot \frac{dW}{d\frac{\psi}{p}} = \frac{1}{9{\cdot}81} \cdot \frac{p}{\Omega_m} \cdot m \cdot \frac{E}{R_1} \cdot \cos\psi \cdot \Delta \quad (1).$$

E/R_1 ist der der Erregung AW_e nach Abb. 1 entsprechende Dauerkurzschlußstrom, der bei Beachtung des im Diagramm vernachlässigten AW-Gefälles in den Polen und im Rotorjoch um 5 bis 15 vH kleiner als der tatsächliche Dauerkurzschlußstrom ist.

Für eine Maschine mit ausgeprägten Polen gilt, wie der Autor zeigt, ein ähnlich aufgebautes AW-

Digitized by Google

Diagramm (Abb. 2), das den λ-fach größeren magnetischen Widerstand in der Querachse berücksichtigt[1]). Es entspricht hier die Strecke $\overline{PE}$ der Erregung AW_e. Mit

$$W = m J_1 \Delta \cos\varphi = m \frac{E \sin\psi + \Delta(\lambda - 1)\sin\psi\cos\psi}{R_1} \Delta$$

wird dann

$$S = \frac{1}{9{\cdot}81} \frac{p}{\Omega_m} m \frac{E\cos\psi + \Delta(\lambda - 1)\cos 2\psi}{R_1} \Delta \,. \quad (2).$$

Der in diese Formel für das synchronisierende Moment einzusetzende Dauerkurzschlußstrom

$$\frac{E\cos\psi + \Delta(\lambda - 1)\cos 2\psi}{R_1}$$

ermittelt sich daher aus einer AW-Zahl, die sich gra-

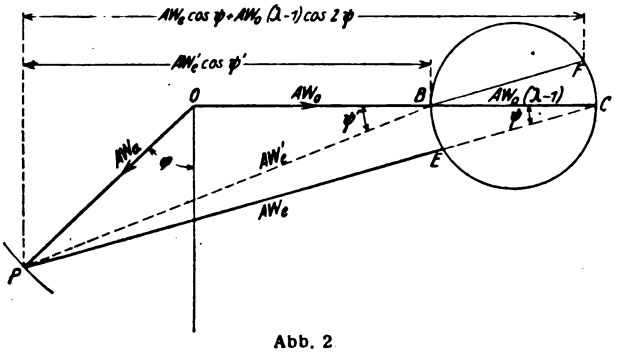


Abb. 2

phisch durch die Projektion des Linienzuges PBF auf die OC-Achse darstellen läßt.

Es wird nun meist in der Praxis mit einem synchronisierenden Moment

$$S = \frac{1}{9{\cdot}81} \frac{p}{\Omega_m} m J_{kd} \cdot \Delta \quad \ldots\ldots (3)$$

gerechnet; hierin ist J_{kd} die dem Betriebspunkt P entsprechende Dauerkurzschlußstromstärke ($m J_{kd} \Delta$ = sogenannte Kurzschlußleistung). Dieser Kurzschlußstrom ist aber nach dem vorher Gesagten um 5 bis 15 vH größer als ein aus AW_e nach Abb. 1 berechneter. Während nun die in der Formel (3) vorgenommene Vernachlässigung der ausgeprägten Pole die Kurzschlußleistung verkleinert, wirkt die zweite Vernachlässigung der Polradstellung ($\cos\psi = 1$), sowie die Berücksichtigung des AW-Gefälles im Induktor entgegengesetzt, die Kurzschlußleistung vergrößernd. Der Autor weist nun nach, daß diese beiden Vernachlässigungen sich annähernd kompensieren, so lange das Verhältnis AW_a/AW_e unterhalb 1 bleibt. Daß man bei Verwendung der Formel (3) durchschnittlich eine 10 vH größere Eigenschwingungsdauer als durch die genaue Rechnung erhält, erklärt, warum sich die angegebene Näherung in den meisten Fällen als brauchbar erwiesen hat. —hw—

(ETZ, 48. Jg., H. 52, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Differentialrelais sprechen mitunter unrichtig an, wenn sie für den Schutz von Transformatoren verwendet werden. Die Ursache liegt darin, daß für die Unter- und Oberspannung Stromwandler verschiedener Bauart, mit verschiedenem Übersetzungsverhältnis und mit abweichenden Charakteristiken verwendet werden müssen. Die Wicklung des Differentialrelais ist daher nur bei einem ganz bestimmten Belastungszustand stromlos, bei jedem anderen wird sie von einem Reststrom durchflossen, auch wenn kein zwischen den Wandlern liegender Fehler dazu Anlaß gibt. Der Reststrom wird im allgemeinen desto größer, je höher der Primärstrom der Wandler ansteigt und kann bei sehr großen Primärströmen, also etwa bei äußeren Kurzschlüssen das Relais zum Ansprechen bringen[1]). Ein Differentialrelais bei welchem dies vermieden werden soll, beschreibt H. P. Sleeper. Es ist nach dem Induktionsprinzip gebaut und besitzt drei Wicklungen. Zwei davon werden von den Sekundärströmen der Stromwandler durchflossen und erzeugen ein Drehmoment in Abhängigkeit von der Summe dieser Ströme, welches dem Ansprechen des Relais entgegenwirkt. Die dritte Wicklung wird zum Teil vom Differenzstrom durchflossen, zum Teil ist sie mit den vorherigen Wicklungen magnetisch verkettet; sie erzeugt ein Drehmoment in Abhängigkeit vom Differenzstrom und im Sinne des Ansprechens des Relais. Die Wicklungen sind nun so ausgelegt, daß bei normalen Belastungen das Haltemoment gering ist und daher ein kleiner Differenzstrom zum Ansprechen genügt, während bei starker Überlast das Haltemoment so anwächst, daß der aus den Stromwandlerungleichheiten entstehende Differenzstrom nicht genügt, um es zu überwinden.

A. Fr.

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 17, 1927.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 516; 1927, S. 181.

Elektrische Meßkunde.

Ein hochohmiger Flüssigkeitswiderstand wird von A. Gyemant, Charlottenburg, beschrieben. In einer an und für sich nicht leitenden Flüssigkeit wird eine geringe, jedoch wohldefinierte Ionenkonzentration hergestellt und außerdem für eine genügende, rasch nachliefernde Ionenreserve gesorgt. Diesen Forderungen kann durch Zusatz eines schwachen Elektrolyten entsprochen werden, der nur zu einem geringen Bruchteile dissoziiert ist; der nicht dissoziierte Anteil ist die Ionenreserve. Als Lösungsmittel hat man Flüssigkeiten mit geringem Dissoziationsvermögen, also, wegen des nach Nernst und Walden bestehenden Zusammenhanges, mit kleiner Dielektrizitätskonstante zu wählen, um hohe Widerstandswerte zu erhalten. Gemische aus zweierlei Lösungsmitteln mit verschiedenen Dielektrizitätskonstanten empfehlen sich wegen der Einstellbarkeit des Widerstandswertes; der Verfasser wählte Benzol und Äthylalkohol. Mit Rücksicht auf die Löslichkeit kommen als Elektrolyte nur die starken organischen Säuren wie Pikrinsäure, Trichloressigsäure und Benzolsulfosäure in Betracht. Der Verfasser verwendete Pikrinsäure in 1 vH Konzentration und erreichte hiemit spezifische Widerstände von 10^4 bis 10^{12} Ohm, die vollständig dem Ohmschen Gesetze gehorchen. Bis zu Feldstärken von 3000 V/cm waren Sättigungserscheinungen oder auf Ionenverarmung beruhende Polarisationsspannungen nicht zu bemerken. Der Einfluß des Mischungsverhältnisses Benzol-Alkohol entspricht der Bornschen Formel für die Dissoziationsarbeit. Die Leitfähigkeit nimmt mit steigender Temperatur entgegen dem Verhalten anderer Eletrolyte um 1 bis 2·5 vH/°C ab, was zum Teile auf die gleichzeitige Abnahme der Dielektrizitätskonstante zurückgeführt wird. Es gelang übrigens seither auch, Widerstände mit dem Temperaturkoeffizienten Null herzustellen.

Im Laufe von Monaten nehmen die Widerstandswerte um mehrere vH ab, behalten aber ihre Größenordnung im übrigen bei; soferne der genaue Wert in Betracht kommt, müßten sie also öfters nachgeeicht werden. Der beschriebene Widerstand könnte bei der Messung von Ionisationsströmen an Stelle der weniger brauchbaren Campbell-Widerstände, bei der Messung von verlustbehafteten Kapazitäten mit der Wagner-Nernstbrücke und auch mit Vorteil als Spannungsteiler bei Hochspannungsmessungen verwendet werden, da man ihn ohne weiteres an Hochspannungen anlegen kann und wegen seiner Größe selbst bei 200 kV nur Ströme von 10^{-5} bis 10^{-4} A erhält. Solche Spannungsteiler können in Verbindung mit statischen Voltmetern zur betriebsmäßigen Spannungsmessung dienen; bei Wechselstrom muß man natürlich auch auf die Kapazität dieses Voltmeters und den erreichbaren Mindestwert seiner Ableitung Rücksicht nehmen. Der Verfasser hat derartige Spannungsmeßeinrichtungen mit vollkommen befriedigendem Erfolge ausgeführt. R. H.

(Z. f. techn. Physik, Jg. 8, Nr. 11, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 935.

Digitized by Google

Das neue Zentrallaboratorium der niederländischen Vereinigung der Elektrizitätswerke in Arnhem. Das zu Ende des vorigen Jahres feierlich eröffnete Laboratorium ist mit großem Kostenaufwande für die laufenden Bedürfnisse der Elektrizitätswerke und auch für wissenschaftliche Untersuchungen errichtet worden und mit den modernsten Meß- und Untersuchungsbehelfen versehen. Das allgemeine Laboratorium für die Prüfung von Installationsmaterial, Sicherungen, Schaltern, Automaten, hauswirtschaftlichen Geräten usw. verfügt über Drehstrom von 3×380 und 3×220 V, über 2×220 V Gleichstrom, über zwischen 220 und 350 V regelbaren Gleichstrom mit 8·5 kW Höchstleistung und über von 0 bis 440 V regelbaren Wechselstrom von 85 kVA Dauerleistung. Das Laboratorium für die Eichung von Meßgeräten arbeitet vorwiegend mit Akkumulatoren. Die Spannungsbatterie soll binnen kurzem auf die Spannung von 1500 V gebracht werden, um auch die Meßgeräte für die holländischen Vollbahnen untersuchen zu können. Zur Prüfung von Kilowattstundenzählern dient ein eigener Eichmaschinensatz, um sich von Spannungsschwankungen im Netz, das den Strom für das Laboratorium liefert, unabhängig zu machen.

Im Hochspannungsmeßraum sind die für die Untersuchung von Isolationsmaterial und von Transformatoren erforderlichen Niederspannungs-Meß- und Regelgeräte aufgestellt. Es können auch Kapazitätsmessungen bei Nieder- und Hochspannung, Bestimmungen des Selbstinduktionskoeffizienten, des Wechselstromwiderstandes und andere mehr durchgeführt werden.

Im eigentlichen Hochspannungslaboratorium ist ein 50 kVA Transformator für 50 und 100 kV Oberspannung aufgestellt, ferner drei 5 kV Einphasentransformatoren für 11 kV, so daß je nach deren Schaltung 19 kV Drehstrom oder 33 kV Einphasenstrom erzeugt werden kann. Isolatoren können unter Öl bis 100 kV geprüft werden, bei gleichzeitiger mechanischer Belastung bis 5000 kg. Ferner sind auch Einrichtungen zur Prüfung von Kabeln für 10 kV Betriebsspannung vorhanden. Für die Untersuchung von Hochspannungsisolatoren im Freien bei künstlichem Regen und dergleichen ist dadurch vorgesorgt, daß der hochgespannte Strom aus dem Laboratorium ins Freie auf eine Prüfterasse geleitet werden kann. Zu erwähnen ist ferner das vielfach im Verein mit dem Hochspannungslaboratorium arbeitende chemische Laboratorium für die Untersuchung von Ölen, Isolationsmaterial, Kabelmassen usw. mit einer Waagen- und einer Dunkelkammer (auch für oszillographische Untersuchungen). Neben diesen liegt der nur von außen zugängliche und von den übrigen Räumen luftdicht abgeschlossene Akkumulatorenraum, in dem außer den schon erwähnten Batterien auch die für die automatische Telephonanlage aufgestellt ist. In der Hochspannungszelle, der Kraftquelle des Laboratoriums, steht ein 85 kVA Drehstromtransformator für 10 000/380 V in Stern-Dreieckschaltung mit geerdetem Nullpunkt, so daß man nach Bedarf auch über 3×220 V Drehstrom bis 50 kVA Höchstleistung verfügt. Außerdem ist hier noch ein 170 kVA 10 000/2×440 V Einphasentransformator vorhanden, der für jene Untersuchungen dient, bei welchen Einphasenstrom von größerer Leistung benötigt wird, sowie auch zur Speisung des Hochstromtransformators im Starkstromlaboratorium. Im letzteren werden alle Untersuchungen durchgeführt, bei welchen zwar große Stromstärken, aber keine Hochspannung erforderlich ist, insbesondere die Untersuchung von Transformatoren und Maschinen. Zur Belastung der letzteren dient, soferne elektrische Belastung nicht möglich ist, ein Pronyscher Zaun. In diesem Laboratorium ist, wie schon erwähnt, zur Untersuchung von Stromtransformatoren und anderen Apparaten, die großen Stromstärken ausgesetzt sind, ein 170 kVA Einphasentransformator aufgestellt, der von dem gleichstarken Einphasentransformator in der Hochspannungszelle gespeist und mit Hilfe eines Regeltransformators bedient wird. Er liefert 17 000 A bei 10 V, 8500 A bei 20 V, 4250 A bei 40 V und 2125 A bei 80 V, kurzzeitig aber die doppelten Stromstärken. Das Hauptschalterbrett dieses Laboratoriums besteht aus zwei Drehstromfeldern für 3×380 und 3×220 V, einem Einphasenfeld für den 170 kVA Transformator und einem 2×220 V Gleichstromfeld für 100 A Höchststromstärke für den Anschluß aus dem Gleichstromnetze der Stadt Arnhem. Zu dem Laboratorium gehören noch eine Werkstätte für Reparaturen und zur Herstellung der Versuchseinrichtungen, wobei alle Arbeitsmaschinen mit Einzelantrieb ausgerüstet sind, eine Lampenkammer zur Feststellung der Brenndauer von Glühlampen und eine Photometerkammer. In dem Laboratoriumsgebäude sind schließlich auch verschiedene Büros der Vereinigung, deren Bibliothek und ein kleines Museum untergebracht.

(Electrotechniek, 5. Jg., 1927, Heft 26.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Über die Kupplung von Verteilungsnetzen schreibt F. Cornu. Die auftretenden Aufgaben sind verschiedener Art: 1. Die Kupplung eines Gleichstromnetzes mit einem Wechselstromnetz bietet keine besonderen Schwierigkeiten, verliert jedoch immer mehr an Bedeutung, da die Gleichstromnetze immer mehr verschwinden.

2. Wichtiger ist schon die Kupplung zweier Wechselstromnetze verschiedener Frequenz[1]). Der Verfasser bespricht bloß die Kupplung mittels Synchron-Umformern. Diese bieten keine Schwierigkeiten, solange es sich jeweils um nur eine Einheit handelt; wenn aber der Parallelbetrieb mehrerer Umformeraggregate erforderlich ist, treten Schwierigkeiten dadurch auf, daß jeder Umformer auf beiden Seiten synchronisiert werden muß, die beiderseitigen Frequenzen jedoch durch das bereits laufende Aggregat starr gekuppelt sind. Als Abhilfe schlägt der Verfasser vor, den einen Stator drehbar zu machen, um auf solche Weise genauen Synchronismus erzielen zu können.

3. Die Kupplung zweier Wechselstromnetze gleicher Frequenz, der in der Praxis häufigste Fall, wird am ausführlichsten behandelt. Es sind hierbei zwei Fälle zu unterscheiden. *a*) Die Kupplung der Netze an ihren Ausläufern. Diese Art ist wohl die billigste, bietet aber verschiedene Nachteile, wie Begrenztheit der übertragbaren Leistung, Schwierigkeit der Spannungsregelung, geringere Betriebssicherheit, da zur Kupplung die untergeordneten Verteilungsleitungen verwendet werden. Als empfehlenswert wird daher *b*) die Errichtung einer eigenen Kuppelleitung bezeichnet. Diese Leitung ist mit besonderer Rücksicht auf ihren Zweck, gleichbleibenden, möglichst verlustfreien Energietransport, auszulegen. Als erste wünschenswerte Eigenschaft wird die Selbstkompensation untersucht, das wäre jener Betriebszustand, bei welchem der induktive Belastungsstrom durch den Ladestrom aufgehoben wird. Als Bedingung hierfür läßt sich

$$\frac{E}{I} = \sqrt{\frac{L}{C}} = 0{\cdot}06 \log \text{nat} \frac{2D}{d} \; \text{K}\Omega$$

ermitteln, worin E, I, L, C die bekannten elektrischen Größen bedeuten, D der Abstand der Leiter und d ihr Durchmesser ist; die Bedingung ist nur bei sehr großen Leistungen erfüllt. Unter Umständen ist zu erwägen, ob für die Kuppelleitung nicht die Wahl einer niedrigeren Frequenz von Vorteil ist, wodurch Ladestrom und Spannungsabfall herabgesetzt werden; allerdings werden die Transformatoren wesentlich größer, während andererseits die Frequenzumformer auch für Spannungsregelung mit Vorteil herangezogen werden können. Für die Wahl der Übertragungsspannung ist wohl in erster Linie die Leistung und Entfernung maßgebend, bei hohen Spannungen sind aber auch die Koronaerscheinungen, welche stets von einem zusätzlichen Strom dreifacher Frequenz begleitet sind, besonders zu beachten, da hierdurch eine Vergrößerung des Spannungsabfalles entsteht. Schließ-

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 135; 1927, S. 840.

Digitized by Google

lich ist die Spannungserhöhung am Ende langer Leitungen zu beachten, die gegebenenfalls für die Isolation gefährlich werden kann. Es wird vorgeschlagen, das Abschalten der Verbraucher am Ende solcher Leitungen mit einer Kurzschließung der Leitung zu kombinieren, da der Kurzschlußstrom durch die Leitungsimpedanz ohnedies so gedämpft ist, daß er gefährliche Werte nicht annehmen kann.

Besondere Untersuchungen sind bei der Kupplung von Netzen hinsichtlich der Spannungsregelung anzustellen. Es wird von den Betriebsverhältnissen abhängen, welche der verschiedenen hierfür vorhandenen Methoden am zufriedenstellendsten arbeitet und die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Die Regelung durch Änderung des Blindstromes[1]) ist zwar meist einfach, doch sind zusätzliche Verluste und gegebenenfalls eine Überlastung der Leitungen nicht zu vermeiden. Bei der Verwendung von Synchronkompensatoren[2]) ist dies in geringerem Maße der Fall, doch ergibt dies eigene Investitionen ebenso wie bei Stufentransformatoren[3]), bei welchen überdies die Stetigkeit der Regulierung verlorengeht. Schließlich kann die Spannungsregelung mittels Drehtransformators in Verbindung mit einem $\cos\varphi$-Regler[4]) erfolgen.

Für jeden Verbundbetrieb ist die einheitliche Leitung durch eine zentrale Befehlstelle eine unumgängliche Notwendigkeit, welche die günstigste Aufteilung der Belastung mit Rücksicht auf die Eigentümlichkeiten der Werke und die Bedürfnisse des Netzes bestimmt. Dieser Lastverteiler[5]) muß natürlich in einwandfreier Weise mit allen Werken und Unterstationen verkehren können, besonders in Störungsfällen darf die Verständigung nicht versagen. A. Fr.

(Revue générale de l'Électricité, Bd. 21, Heft 10, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Elektrische Stromleitung an feuchten Gebäudewänden. F. Ollendorf unternimmt den Versuch einer theoretischen Erfassung dieses vor allem für die Installationstechnik in Stallungen und Baderäumen wichtigen Problems. Seine Untersuchung, welche für die rechnerische Erfassung weitgehend idealisiert werden muß, behandelt die Stromleitung in einer Wand, die beiderseits symmetrisch zu einer Fehlerstelle von einer nach oben unbegrenzten Feuchtigkeitsschichte der Breite b, Dicke δ und Leitfähigkeit $\varkappa_F$ bedeckt wird und deren ebener Übergangsquerschnitt zur Erde konstantes Potential hat; der Stromübertritt aus der Fehlerstelle soll in einem Kreisradius ϱ_0 in der Höhe h über Erde erfolgen. Unter diesen Voraussetzungen erweist sich das Strömungsproblem in der Wand als zweidimensional und ist durch folgende Grenzbedingungen eindeutig festgelegt: Die seitlichen Wandbegrenzungen selbst sind Stromlinien, das Potential verschwindet an der Grenze gegen Erde und in unendlicher Höhe über der Fehlerstelle. Nach Einführung Gaußscher komplexer Koordinaten leitet sich die Lösung aus einem logarithmischen Potential ab und das richtige, den Grenzbedingungen genügende Potential- und Strombild wird durch Verwendung virtueller Quellen (Fehlerstellen) und durch Spiegelung gegen Erde hergestellt.

Einige bemerkenswerte einfache Formeln und Folgerungen lassen sich aus dem strengen Resultat ableiten: Der Ausbreitungswiderstand der Fehlerstelle bis zur Erdoberfläche ist

$$R_w = \frac{1}{2\pi\varkappa_F}\cdot\frac{1}{\delta}\cdot\left[\ln \operatorname{Sin}\frac{2h}{b}\pi + \ln\frac{b}{\pi\varrho_0}\right];$$

das erste Glied dieses Ausdruckes entspricht dem Einfluß der Wand, das zweite dem Übergangswiderstand der Fehlerstelle selbst. — Die Berührungsspannung gegen Erde, E, eines senkrecht unter der Fehlerstelle in der Höhe s über dem Erdboden die Wand berührenden Lebewesens hat ungefähr den Wert

$$E_s = \frac{J}{2\pi\varkappa_F}\cdot\frac{1}{\delta}\cdot\frac{2\pi s}{b}\cdot\operatorname{Cotg}\frac{h}{b}\pi,$$

wobei J der Fehlerstrom ist und $s \ll h$ vorausgesetzt ist. Der Körperstrom i, der durch das Lebewesen geht, welches die Wand in einem Kreisdurchmesser d berührt, berechnet sich, wenn $s \ll b$, aus

$$i = \left(J\cdot\frac{2\pi s}{b}\cdot\operatorname{Cotg}\frac{h}{b}\pi\right) : \ln\frac{4s}{d};$$

er ist also unabhängig von Leitfähigkeit und Stärke der Feuchtigkeitsschicht; schmale Wände erhöhen i fast zum vollen Betrag des Fehlerstromes; eine Verbreiterung der Wand über eine bestimmte Grenze hinaus bleibt ohne Einfluß.

Das Strömungsfeld im Erdboden ist ein dreidimensionales Problem und wird durch das Feld eines langgestreckten Rotationsellipsoids ersetzt; aus diesem errechnet sich der Widerstand R_e der Übergangsschicht Wand-Erde zu

$$R_e = \frac{1}{2\pi\varkappa}\cdot\frac{2}{b}\cdot\ln\frac{4b}{\delta},$$

wobei $\varkappa$ die Leitfähigkeit des Erdreiches ist. Der gesamte Ausbreitungswiderstand der Fehlerstelle ist also $R = R_w + R_e$; in praktischen Fällen ist R_w so groß, daß R_e dagegen vernachlässigt werden kann. In einem willkürlich gewählten Zahlenbeispiel zeigt der Autor schließlich, daß der Körperstrom schon bei niedrigen Betriebsspannungen lebensgefährliche Werte annehmen kann und daß, wegen der vielen idealisierenden Voraussetzungen der Theorie, eine experimentelle Nachprüfung sehr wünschenswert wäre. Frd.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, H. 2, 1927.)

Energiewirtschaft.

Die Stromerzeugung Italiens im Jahre 1927[1]). Nach Zusammenstellungen in der wirtschaftsstatistischen Beilage zu Heft 1 von 1928 der Zeitschrift „L'Energia Elettrica" wurden aus Wasserkräften im Jahre 1927 6094 Mill. kWh (5834 im Jahre 1926) und mit Wärmekraftmaschinen 193 Mill. kWh (255) erzeugt. Die installierte Leistung aller Wasserkraftwerke war am Jahresbeginn und Jahresschluß 1·8 und 2 Mill. kWh (1·63 und 1·74), die der Wärmekraftwerke 381 456 und 430 371 kW (354 161 und 356 636). Etwa zwei Drittel der Leistung der Wasserkräfte und die Hälfte der Leistung der Wärmekraftmaschinen entfällt auf Oberitalien, während die Stromerzeugung der Wärmekraftmaschinen in Oberitalien nicht ins Gewicht fällt. Bemerkenswert ist, daß der Lichtstromverbrauch mit höchstens 87 Mill. kWh im Februar 1927 gegenüber dem gesamten Stromverbrauch von rund 500 Mill. kWh im Monatsdurchschnitt sehr gering ist, ferner daß die Stromerzeugung aus Wasserkräften von Anfang 1926 bis Ende 1927 nur zwischen 429 und 545 Mill. kWh im Monat schwankt. Die Stromeinfuhr aus der Schweiz betrug im Dezember 1927 16·1 Mill. kWh (17·54 Mill. im Dezember 1926), die Erzeugung in diesem Monate auf den Kopf der Bevölkerung 18·7 kWh (18·2), entsprechend rund 210 kWh (200 i. J. 1926) jährlich. Die vorstehenden Zahlen umfassen die Angaben von 176 Werken, die etwa drei Viertel der gesamten Stromerzeugung des Landes liefern.

---

[1]) Vgl. Burger, E. u. M. 1927, S. 541.

[2]) Vgl. Jansen, ETZ 1926, Heft 42; E. u. M. 1927, S. 303.

[3]) Vgl. Burger, E. u. M. 1927, S. 537; Jansen, a. a. O.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 651.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 410, 242, 247.

[1]) Vgl. die Statistik für das Jahr 1925: E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 18; für das Jahr 1924: E. u. M. 1926, S. 63.

Digitized by Google

Patentbericht.

Elektrische Bahnen.

(Fortsetzung aus Heft 14, Seite 316.)

Fahrzeuge.

Um einen kurzen Radstand durch enge Aneinanderreihung der Treib- (Kuppel-) Räder zu erreichen, verwendet die AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien insbesonders bei Maschinen mit größerer Achsenzahl eine hochgelegte Blindwelle *k*, mit deren Hilfe die treibende (Motor- oder Vorgelege-) Welle *i* eine der Lokomotivachsen *e* mittels eines Dreieckrahmens *h* antreibt. Dieser Rahmen kann starr oder gelenkig (als Dreistangenantrieb) ausgeführt

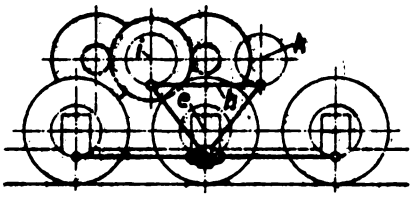


Abb. 7.

oder auch durch einen Zweistangenantrieb ersetzt werden. Der Antrieb kann auch auf eine der die Lokomotivachsen verbindenden Kuppelstangen erfolgen. (Abb. 7.) (Ö. P. Nr. 103655.)

Der Kuppelstangenantrieb für elektrische Lokomotiven mit nur einem, hochliegenden Antriebsmotor *a* ist von der vorgenannten Firma für schwere Lokomotiven, bei denen 2 Paare Antriebsstangen *c c* von der Motorwelle ausgehen, in der Weise ausgebildet worden, daß jede der Antriebsstangen mittels einer Verbindungsstange *d* an eine Blindwelle *b* angelenkt und an der Antriebsstange *c* oder der Verbindungsstange *d* zu der Blindwelle *b* ein Punkt *f* in Höhe der Kuppelstangen der Radsätze enthalten ist, in welchem die Stangenkraft mit Hilfe eines Gleitschlitzes auf die Kuppelstangen über-

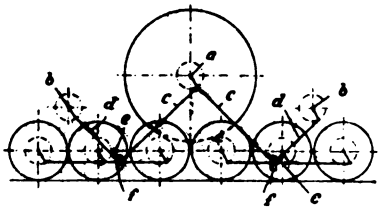


Abb. 8

tragen wird. Die Gleichschlitzführung kann durch einen Gelenkkörper ersetzt sein, an welchem einerseits die Antriebsstangen zur Motorwelle und zu den Blindwellen, anderseits die Kuppelstangen zu den Treibradsätzen angreifen. (Abb. 8.) (Ö. P. Nr. 105416.)

Für die Kupplung zwischen der Triebachse eines elektrischen Fahrzeuges mit einer sie umgebenden Antriebshohlwelle ist von der Firma Österreichische Siemens-Schuckert-Werke in Wien eine nachgiebige Kupplung vorgeschlagen worden, bei der ein in einer annähernd achsensenkrechten Ebene angeordnetes Gelenkparallelogramm vorgesehen ist, von dem eine Seite mit der einen Welle und die gegenüberliegende Seite mit der anderen Welle drehfest verbunden ist, wobei eine dieser Seiten oder beide gegen das Mittel ihrer zugehörigen Welle verschiebbar sind. Die drehfesten, eine Verschiebung zulassenden Verbindungen werden durch Kulissen und Gleitklötze gebildet, wobei die geometrischen Mittel der Kulissengleitbahnen und der Lenker des Gelenkparallelogrammes in einer Ebene liegen. In Abb. 9 bedeutet *g* das Kupplungsgehäuse, das mit der einen Welle starr verbunden ist. Dieses Gehäuse trägt die Gelenke *a* und *b*, um die die Lenker *e* und *f* schwingen können. An den Enden dieser Lenker ist eine Querstange *h* angelenkt, mit der eine dazu senkrechte Kulisse *i* starr verbunden ist. In dieser läuft ein Gleitklotz oder Mitnehmer *k*, der in starrer Verbindung mit der zweiten Welle steht. Wird die eine der beiden Wellen gedreht, so dreht sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit auch die ihr zugeordnete Parallelogrammseite. Da aber die gegenüberliegende Parallelogrammseite zu letzterer unverändert parallel bleibt, auch wenn sich der Abstand zwischen beiden ändert, so dreht sie sich ebenfalls mit derselben Winkelgeschwindigkeit. Die beiden Wellen besitzen also übereinstimmende Drehzahlen. Die Kupplung erlaubt die Anordnung sämtlicher kraftübertragender Teile in einer einzigen Ebene.

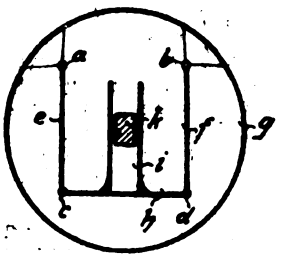


Abb. 9.

Eine weitere Ausbildung dieser nachgiebigen Kupplung besteht darin, daß die drehfeste Verbindung zwischen Welle und Parallelogrammseite durch eine reine Gelenkverbindung gebildet wird, wobei die eine Parallelogrammseite um eine zu ihr parallele, mit der zugehörigen Welle starr verbundene, außerhalb der Parallelogrammebene liegende Achse schwenkbar ist. Die eine Parallelogrammseite wird durch an der zugehörigen Welle gelagerte Kurbeln getragen, deren Schwenkebenen zur Parallelogrammebene senkrecht stehen. Die Kurbeln sind miteinander durch eine Hülse starr verbunden, die um eine mit einer der Wellen starr verbundene und diese senkrecht kreuzende Lagerachse drehbar ist. (Ö. P. Nr. 103625 und Nr. 105392.)

Um die Schüttel- und Resonanzerscheinungen, die häufig bei Blindwellenantrieben auftreten, zu vermindern, ist von der vorgenannten Firma ein Getriebe angegeben worden, bei dem der Antrieb und der angetriebene Teil nicht unmittelbar an derselben Blindwelle angreifen, sondern der eine dieser Teile mit einer gesonderten Welle verbunden ist, die mit der eigentlichen Blindwelle so nachgiebig gekuppelt ist, daß sie sich gegen diese parallel verschieben oder auch verschwenken kann. Die zweite Welle wird vorzugsweise als eine mit der Blindwelle nachgiebig gekuppelte und diese umgebende Hohlwelle ausgeführt. Die Wellen können unabhängig voneinander in ihrer Lagerung eingestellt werden oder es kann die genaue Einstellbarkeit auf die eine der Wellen beschränkt werden. (Ö. P. Nr. 104810.)

Es ist bekannt, bei Antrieben mit wagrechter Motorachse zwischen einen Motor und ein Kegelradgetriebe ein Stirnradvorgelege einzuschalten. Um für große Motorleistungen den Raum womöglich bis unter das Dach ausnützen zu können, wird von der letztgenannten Firma vorgeschlagen, bei Antrieben mit vertikaler Motorachse und Kegelrädern zwischen Motor und Getriebe ein in einer wagrechten Ebene liegendes Stirnradvorgelege einzuschalten. Es wird hierdurch ermöglicht, bei gleicher Leistung kleinere Motorabmessungen zu erhalten und den Motor gegenüber dem Kegelradgetriebe nach beliebiger Richtung versetzt anordnen zu können. (Ö. P. Nr. 104811.)

Eine günstige Massenverteilung und Raumausnützung bei elektrischen Lokomotiven ist bei einer Anordnung der vorgenannten Firma dadurch angestrebt worden, daß ein oder mehrere Triebmotoren *m* mit ver-

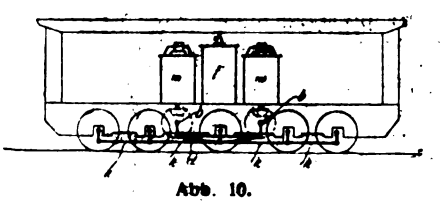


Abb. 10.

tikaler Achse auf eine Blindwelle *b* arbeiten, von der aus die Triebräder mittels Kurbeln und Kuppelstangen *d*, *K* angetrieben werden. Wenn zwei Blindwellen und ein Transformator *t* oder Umformer verwendet werden, schließen die die Blindwellen antreibenden, stehenden Doppelmotoren den Transformator oder Umformer zwi-

Digitized by Google

schen einander ein. Sind eine ungerade Zahl von Triebachsen und zwei Blindwellen vorgesehen, steht der Transformator oder Umformer über der mittleren Triebachse, neben der beiderseits die von stehenden Motoren angetriebenen Blindwellen liegen. (Abb. 10.)

(Ö. P. Nr. 106754.)

Eine günstige räumliche Anordnung bei Verwendung stehender Motoren für Lokomotiven mit elektrischem Antrieb will die letztgenannte Firma dadurch erzielen, daß die Motoren über Kegelräder *k* auf eine Vorgelegewelle arbeiten, mit der eine oder mehrere Triebwellen *f* des Fahrzeuges durch Stirnräder *r*, *z* gekuppelt sind. Das Stirnradvorgelege wird zweckmäßig in der Fahrzeugmitte angeordnet und verbindet die Vorgelegewelle mit

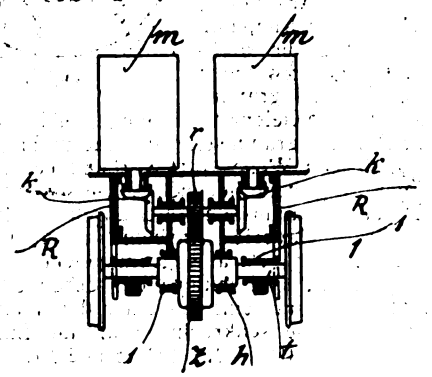


Abb. 11.

der Triebachse oder einer diese umgebende Hohlwelle *h*. Es ist dabei möglich, die Motoren hoch zu lagern und das Ritzel der Vorgelegewelle größer zu wählen und federnd auszuführen. Die Hohlwelle erhält durch die Kegelradübersetzung keinen Axialschub oder sonstige ungünstige Beanspruchungen, so daß ganz einfache Halslager verwendet werden können, die wenig Raum beanspruchen. Die Lager *l* finden innerhalb des Rahmens *R* Platz. (Abb. 11.) (Ö. P. Nr. 107423.)

Eine besondere Anordnung für elektrische Triebfahrzeuge von der gleichen Firma besteht darin, daß die Triebmotoren mit vertikaler Achse in der einen der durch die Längsmitte gebildeten Fahrzeughälften untergebracht werden, während der Transformator oder Umformer oder andere entsprechende Hilfseinrichtungen des Fahrzeuges in der anderen Fahrzeughälfte liegen. Dadurch können alle schweren Massen, zum Beispiel der Transformator, ohne Vergrößerung des Radstandes in der Lokomotivmitte untergebracht werden, so daß das Trägheitsmoment des Fahrzeuges in bezug auf die vertikale Achse kleiner wird, was ebenso wie die Verringerung des Radstandes den Kurvenlauf verbessert und die Fahrt ruhiger macht. (Ö. P. Nr. 107626.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

67. Hauptversammlung des Vereines Deutscher Ingenieure. Für die diesjährige Hauptversammlung, die vom 9. bis 11. Juni d. J. in Essen und Duisburg abgehalten wird, sind außer zwei allgemeinen Vorträgen „Kunst und Technik" (Prof. R. Riemerschmied) und „Naturwissenschaft und Technik" (Prof. Dr. Ing. R. Plank) eine Reihe von Fachsitzungen vorgesehen, und zwar drei Vorträge auf dem Gebiete der Dampftechnik (Vorsitz Prof. Eberle, Bearbeiter Dr. Heller), fünf Vorträge auf dem Gebiete der Schweißtechnik (Vorsitz Oberbaurat Fuchsel, Bearbeiter Dr. Ing. Adrian), drei Vorträge über Verbrennungsmotoren (Vorsitz Prof. Romberg, Bearbeiter Dr. Hehler), drei Vorträge über Betriebstechnik (Vorsitz Dr. Ing. E. h. Köttgen, Bearbeiter Regierungsbaumeister Kothe), zwei Vorträge über Metallkunde (Vorsitz Oberingenieur Czochralski, Bearbeiter Dipl.-Ing. Groeck), drei Vorträge über Vertrieb (Vorsitz Dr. Ing. Litz, Bearbeiter Dipl. Ing. Zeidler) und drei Vorträge auf dem Gebiet des Ausbildungswesens (Vorsitz Dr. Ing. E. h. Lippart, Bearbeiter Dr. Ing. Harm). In Verbindung mit der Hauptversammlung finden auch Besichtigungen zahlreicher industrieller Anlagen und die Eröffnung der Ausstellung „Kunst und Technik" der Stadt Essen und des VDI statt.

9. Vollversammlung des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei. Auf der vom 3. bis 5. Mai l. J. in Aussig stattfindenden Versammlung werden Vorträge über „Das Problem der Rechtssicherheit und der Elektrizitätswirtschaft und die neuen Verwaltungsgesetze" (Dr. B. Knöpfl-macher), über „Die Erhaltung und den Betrieb von Mittel-Hochspannungsfreileitungen in Berücksichtigung der Transformatorenstationen" (Ing. E. Rudolph, Bodenbach), über „Höchstspannungsleitungen mit besonderer Berücksichtigung der 380/220 kV Rheinlandleitung" (Dr. R. Heinisch, Wien) und über „Bau und den Betrieb des Großkraftwerkes Klingenberg" (Ing. Rossow, Wien) gehalten. Ferner ist ein Besuch des Großkraftwerkes Türmitz der Nordböhmischen E. A. G. vorgesehen.

26. Verbandstag des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installateurgewerbes e. V. (VEI) in München. (3. bis 6. Juni 1928.) Die Tagung wird eröffnet mit einem Fernmelde- und Radiotag und mit einer technischen Aussprache und Beratung der Mitglieder des Verbandes, die ihn in den verschiedenen technischen Kommissionen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin, vertreten. An die Erstattung des Geschäftsberichtes durch den Vorsitzenden F. Baumann, Zwickau, schließt sich ein Vortrag: „Neuzeitliche Kundenwerbung im Elektro-Installateurgewerbe" an. In einer besonderen Ausstellung wird der Verband seine Entwicklung und Bedeutung für das deutsche Elektro-Installateurgewerbe dartun.

Literaturberichte.

2764 **Die Technik elektrischer Meßgeräte.** Von Dr. Ing. Georg Keinath. Dritte, vollständig umgearbeitete, Auflage. Band I: Meßgeräte und Zubehör. 620 S., 561 Abb. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1928. Preis geh. Mk. 33—, geb. Mk. 35—.

Das bekannte Buch von Keinath liegt nunmehr in dritter Auflage vor. Der Umfang des Buches hat gegenüber der zweiten Auflage (1922)[1]) bedeutend zugenommen. Es hat sich daher die Unterteilung in zwei Bände als notwendig erwiesen. Der vorliegende 1. Band, der die Meßgeräte und ihr Zubehör behandelt, übertrifft mit 620 Seiten den Umfang der einbändigen zweiten Auflage (477 Seiten). Im demnächst erscheinenden 2. Band werden die Meßverfahren behandelt werden. Wird noch das Werk von Keinath über elektrische Temperaturmeßgeräte (1923)[2]) hinzugenommen, so besitzen wir aus der Feder des rühmlichst bekannten Verfassers ein Handbuch der elektrischen Meßkunde, wie es vollständiger und gediegener nicht leicht gedacht werden kann. Gegenüber der zweiten Auflage wurden in diesen Band neu aufgenommen: ein Abschnitt über die Baustoffe für elektrische Meßgeräte, die trägheitslosen Oszillographen, ferner der Glimmlichtoszillograph, der Kathodenstrahlenoszillograph und der Klydonograph. Die Ausführungen Keinaths im ersten Kapitel „Allgemeine Eigenschaften elektrischer Meßgeräte" über Beeinflussung von Instrumenten durch magnetische Fremdfelder scheinen besonders beachtenswert. Noch immer besteht ein Mißtrauen der Verbraucher gegen die Verwendung von Meßwandlern zusammen mit Präzisionswattmetern und Strommessern. Keinath weist darauf hin, daß die so

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 519; 1923, S. 191.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 612.

Digitized by Google

beliebten eisenlosen elektrodynamischen „Präzisionsinstrumente" im praktischen Betrieb, in Prüffeldern, Fehler aufweisen können — infolge Fremfeldeinfluß —, die weit über das hinausgehen, was man sonst für mäßig gute Schalttafelinstrumente zuläßt. Die Baustoffe sind nach Leitmaterial, Widerstandsmaterial, Isolierstoffe und magnetische Materialien gegliedert. Das dritte Kapitel „Beschreibung der Meßwerke" behandelt Drehmagnet-, Drehspul-, Dreheisen-, thermische, elektrodynamische, Drehfeld-, elektrostatische und Resonanzinstrumente. Mit besonderer Ausführlichkeit werden die eisengeschlossenen Elektrodynamometer hinsichtlich aller auftretenden Fehler, deren Abschätzung und Kompensierung behandelt. Bei den schreibenden Meßgeräten interessiert besonders das ausführliche Kapitel über Oszillographen. Das Kapitel „Zubehör für Meßgeräte" behandelt Nebenwiderstände, Vorwiderstände, Induktivitäten, Kapazitäten, Stromwandler, Spannungswandler und deren Prüfung. — Das Keinathsche Buch ist in der Praxis so gut eingeführt, daß es keiner Empfehlung bedarf. Es erfüllt seinen Zweck, den mit Messungen beschäftigten Ingenieur mit den Eigenheiten der von ihm benutzten Meßgeräte vertraut zu machen, in ausgezeichneter Weise. Die in zahlreichen Abbildungen vorgeführten Ausführungsbeispiele berücksichtigen alle Firmen des In- und Auslandes in gleichmäßiger Weise. Auch unsere heimischen Norma-Instrumente finden wiederholt entsprechende Berücksichtigung. Conrad.

2256 **Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie.** Jahrbuch des Vereines Deutscher Ingenieure, herausgegeben von Conrad Matschoß. 17. Band. 180 S. mit 307 Abb. und 14 Bildnissen. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1927. Preis geb. Mk. 16·—.

An erster Stelle steht in dem vorliegenden Bande, der zum erstenmale im Format der technischen Zeitschriften erscheint (Din- bzw. ÖNorm-Format A 4), die Elektrotechnik. Prof. Dr. A. Mieli (Rom) bringt zur Gedenkfeier an den hundertjährigen Todestag Voltas eine kurze Lebensbeschreibung dieses vielseitigen Forschers, Dr. Fr. Fuchs (München) schildert die Entwicklung der Hochfrequenztechnik, wobei auch die Verdienste der Österreicher Lecher, Lieben und Strauß gebührend gewürdigt sind, und Dr. Ing. W. Weicker gibt einen Überblick über die Entwicklung des Freileitungs-Stützisolators. Ferner gehören hieher aus der Rundschau die Beiträge „Aus der Geschichte der Transformatorenbleche" und „Zum fünfzigjährigen Jubiläum des Fernsprechers". Außerordentlich interessant ist eine Mitteilung von Dr. Ing. Theobald über ein venezianisches Patent Galileo Galileis auf ein Wasserhebewerk aus dem Jahre 1594. Wie dem Gesuche und der Privilegiumsurkunde zu entnehmen ist, waren schon damals, also schon vor der Erlassung des ersten englischen Patentgesetzes, alle Grundsätze des modernen Patentrechtes bekannt und auch in Anwendung. Die übrigen Aufsätze betreffen unter anderem die Erfindung der Schnellpresse, die Geschichte der Brille, den Werdegang wichtiger Erfindungen auf dem Gebiete der Spinnerei, Weberei und der Werkzeugmaschinen. Für die weitesten Kreise der Technik ist eine Sammlung von Berichten über technische Kulturdenkmäler (vorwiegend Bauwerke) bestimmt, die auf Grund einer Anregung Oskar v. Millers entstand und fortgeführt werden soll. Gelegenheit zu gleichen Arbeiten, zweckmäßig im Zusammenarbeiten mit den Bestrebungen zur Erhaltung alter Baudenkmäler, wäre auch in Österreich reichlich gegeben. Den Beschluß des Bandes, dem man ebenso wie den früheren Bänden nur die weiteste Verbreitung wünschen kann, bildet eine Übersicht über die in den letzten Jahren erschienenen Schriften und Aufsätze technisch-geschichtlichen Inhaltes. Jellinek.

Neue Preislisten.

AWF-Betriebsblatt 47. Löten. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung, 4 S. Beuth-Verlag, Berlin 1928. Preis Mk. 0·25.

Das Betriebsblatt gibt in knapper Form die für den Arbeiter beim Löten zu beachtenden, wichtigsten Regeln. Außer den Hinweisen auf die Maßnahmen für eine haltbare und gefahrlose Lötung sind noch Richtlinien für die Behandlung der Lötlampen und das Aluminiumlöten behandelt.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Eisen- und Stahlerzeugung Österreichs im Jahre 1927. Nach der in der „Montanistischen Rundschau" vom 1. März veröffentlichten Statistik des Verbandes der Hüttenwerke Österreichs wurden in den, wie im Vorjahre, im Betriebe stehenden vier Hochöfen — vorhanden sind insgesamt neun — 1 357 478 t inländische Erze verschmolzen (982 622 t i. J. 1926) und 375 105 t Koks und 5533 t Holzkohle als Brennstoff verwendet. Von der Gesamterzeugung an Stahl- und Gießereiroheisen von 435 404 t (332 863 t i. J. 1926) wurden 80 709 t (48 501 t) ausgeführt. An Öfen waren insgesamt 54 Martinöfen, 20 Elektroöfen, 1 Puddelofen, 8 Tiegelöfen und 2 Birnen vorhanden, von welchen während des Berichtsjahres 22 bis 24 Martin-, 15 bis 16 Elektro- und 4 bis 5 Tiegelöfen, sowie 1 bis 2 Birnen im Betrieb standen. Erzeugt wurden 851 t (516) Bessemerstahl, 488 261 t (426 706) Martinstahl und 62 104 t (46 444) Edelstahl. Die Erzeugung an Fertigware aus Eisen- und Stahl (Stabeisen, Stabstahl, Träger und U-Eisen, Schienen, Fein- und Grobbleche, Walzdraht, façonierte Schmiede- und Preßerzeugnisse und anderes) betrug 396 033 t (335 593), die an Stahlformguß 9144 t (7360). J.

Elektrotechnischer Handel und Elektrizitätsversorgung Argentiniens. Nach einem in „The Electrical Review" vom 6. Jänner 1928 auszugsweise wiedergegebenen Bericht des Britischen Handelsattachés in Buenos Aires über die Wirtschaftsverhältnisse in Argentinien wurden im Jahre 1926 elektrotechnische Erzeugnisse im Werte von 4·67 Mill. engl. Pfund (3·6 Mill. i. J. 1925) eingeführt. Darunter stammten von insgesamt 13 491 t (8614 t) Kabeln und Drähte 6200 t (3220) aus Deutschland und 4352 t (3310) aus England, sowie von 3970 t (3633) elektrischen Maschinen 2379 t (1873) aus Deutschland und 359 t (526) aus England. Die Vorherrschaft Deutschlands ist unter anderem dadurch zu erklären, daß wichtige Stromlieferungsunternehmen in deutschem Besitze sind, außerdem spielen die Preise eine wesentliche Rolle. Sonstige Einfuhrländer sind noch die V. St. A., Italien (auch hier ist der Besitz an elektrischen Unternehmungen von Bedeutung) und Schweden. Bei der geringen Erzeugung im Lande und dem großen Bedarfe sind die Aussichten für die Zukunft recht günstige. Die Einkäufe werden, da die bedeutendsten Firmen über eingearbeitete und mit den Bedürfnissen des Landes vertraute Vertretungen verfügen, zum allergrößten Teile bereits im Lande selbst bewirkt, wobei aber eine ziemlich ausgedehnte Kreditgewährung in Frage kommt. Als wichtig für die Einfuhr betreibenden Unternehmen wird noch die Notwendigkeit von Katalogen und dergleichen in spanischer Sprache hervorgehoben.

Der Bericht enthält auch einige Angaben über den derzeitigen Stand der Elektrizitätsversorgung in Argentinien. (Ausführlicheres ist in einer kürzlich erschienenen Sondernummer der Zeitschrift der argentinischen elektrotechnischen Gesellschaft zur Voltagedenkfeier zu finden. Der Ber.) Die beiden größten Stromlieferungsunternehmen sind die Cia. Hispano-Americana de Electricidad (Chade) und die Cia. Italo-Argentina de Electricidad. Die erstere gab im Jahre 1926 450 Mill. kWh ab, davon 126 Mill. Kraftstrom und 87 Mill. für Straßenbahnen. Sie verfügt derzeit über 242 620 kW Maschinenleistung, zwei neue Sätze von 84 000 kW sind in der Montage begriffen und ein Großkraftwerk im neuen Hafen von Buenos Aires mit 630 000 kW Leistung im Vollausbau ist im Entstehen. Die Italo-Argentina erzeugte 1926 108 Mill. kWh, sie beabsichtigt ebenfalls im neuen Hafen ein Großkraftwerk von 300 000 kW zu errichten. Die Länge der von vier Gesellschaften (die größte ist in englischem Besitze) in Buenos Aires betriebenen Straßen- und Untergrundbahnen ist 840 km, Erweiterungen sind geplant.

Digitized by Google

Vereins-Nachrichten.

Entwurf von Regeln für Elektrizitätszähler.

Ein Arbeitsausschuß des Regulativkomitees des Vereines (Obmann: Oberbaurat Dr. Boltzmann, Mitglieder: Ing. Balz, Kommerzialrat Ing. Ehrenfest, Ing. Grünhut, Direktor Guttmann, Ing. Häberli, Ing. Hartmann, Direktor Ing. Helmer, Ing. Holzlechner, Dr. Piesch, Ing. Seidel, Oberinspektor Ing. Schlechter, Direktor Ing. Springe, Ing. Marx und Bohland) hat unter Zugrundelegung der bezüglichen Regeln des Verbandes Deutscher Elektrotechniker den nachfolgenden Entwurf von „Regeln für Elektrizitätszähler" ausgearbeitet, der hiemit zur Stellungnahme veröffentlicht wird; Abänderungsvorschläge wollen bis spätestens Ende Mai d. J. dem Vereinssekretariate, Wien VI., Theobaldgasse 12, übermittelt werden.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

---

§ 1.

Geltungstermin.

Diese Regeln treten am . . . . . in Kraft; sie sind nicht rückwirkend.

§ 2.

Stromstärken.

Als normale Nennstromstärken für Elektrizitätszähler ohne oder mit Nebenwiderständen gelten:

Ampere			
1·5	15	150	1 500
—	20	200	2 000
3	30	300	3 000
5	50	500	5 000
—	—	750	7 500
10	100	1000	10 000

Die Zähler müssen nach Maßgabe folgender Tafel gelegentlich überlastbar sein:

	Nennstromstärke des Zählers A	Überlastung während 2 min	Überlastung während 2 h
Wechsel- und Drehstromzähler Gleichstrom-Ah-Zähler	1·5 und 3	um 200 vH	um 100 vH
Gleichstrom-Wh-Zähler	1·5 und 3	um 100 vH	um 50 vH
Alle Zähler	5 bis 30	um 100 vH	um 50 vH
	50 bis 10 000	um 50 vH	um 25 vH

Die angegebenen Werte der Überlastung gelten auch für getrennt angeordnete Zähler-Nebenwiderstände, jedoch nicht für getrennt angeordnete Stromwandler.

§ 3.

Gewinde.

Für Elektrizitätszähler gilt bis 10 mm das metrische Gewinde nach ÖNORM M 1501.

§ 4.

Anschlußklemmen.

Als normale Hauptstromklemme gilt eine Klemme, die gerade Leitungen einzuführen gestattet.

Die Hauptstromklemmen der Zähler bis 30 A müssen für den Anschluß von Leitungen von mindestens 16 mm² bemessen sein.

Jede Leitung wird mit zwei Druckschrauben festgeklemmt. Bei Verwendung von nur je einer Druckschraube muß der Anschluß in anderer Weise gesichert werden.

Für den Hauptstrom ist — von vorne gesehen — stets von links die erste Hauptstromklemme die Einführungs- die zweite die Ausführungsklemme (bei Schaltung Nr. 2 umgekehrt).

Zwei nebeneinander liegende, nicht durch einen Isoliersteg getrennte Klemmen dürfen keinen nennenswerten Spannungsunterschied aufweisen. Jede Spannungsklemme liegt bei den zugehörigen Stromklemmen, bei Zählern bis 30 A ist die Reihenfolge sämtlicher Klemmen durch die Schaltungsbilder bestimmt.

Für die Art der Befestigung der Anschlußleitungen an den Spannungsklemmen der Meßwandlerzähler gelten die Bestimmungen wie für die Befestigung der Hauptstromleitungen.

Die Klemmen und Anschlußpunkte für größere Schaltanlagen können im Schaltbild bezeichnet werden: sie sind dann mit arabischen Zahlen von links nach rechts, mit 1 anfangend, fortlaufend zu versehen.

§ 5.

Klemmendeckel

(für Stromstärken bis 30 A).

Als Klemmendeckel gelten:

a) Einfacher Klemmendeckel, nur zur Abdeckung der Klemmen,

b) verlängerter Klemmendeckel, der mit der Auflagefläche des Zählers abschließt, zur Abdeckung der Anschlußleitungen.

Der Klemmendeckel wird unabhängig von der Zählerkappe plombierbar befestigt. Für den verlängerten Klemmendeckel wird als Abstand von der unteren Klemmenstückkante bis zum unteren Klemmendeckelrande das Maß von mindestens 30 mm festgelegt.

§ 6.

Zählerkappe.

Die Zählerkappe wird durch plombierbare Schrauben befestigt oder durch einen anderen staubsicheren Verschluß, dessen Plombierung die Unzugänglichkeit des Zählerinneren gewährleistet. Die Zählerkappe trägt ein Schild, das ohne Entfernung der Gehäuseplomben nicht ausgewechselt werden kann.

§ 7.

Zählwerk.

Das Zählwerk eines Elektrizitätszählers für Einfachtarif muß mindestens fünf Zahlenrollen oder fünf Ziffernscheiben aufweisen. Falls ein Rollenzählwerk mehr als fünf Stellen hat, kann für die niederste Stelle, wenn sie eine Dezimalstelle ist, eine Ziffernscheibe oder eine besonders gestaltete Zahlentrommel verwendet werden.

Das Zählwerk muß außerdem folgenden Bedingungen entsprechen:

Der Umfang der Zahlenrolle oder Ziffernscheibe der niedrigsten Stelle muß in 100 Teile geteilt sein, jeder fünfte Teilstrich ist besonders kenntlich zu machen. Die Bewegung der Rolle oder Scheibe, bzw. des Zeigers dieser Stelle muß kontinuierlich erfolgen.

Die Zahlen der Zählwerksrollen müssen mindestens 4 mm hoch sein.

Der Durchmesser der Ziffernscheiben darf nicht kleiner als 13 mm sein.

Das Anzeigeorgan der niedrigsten Stelle darf bei Nennlast in 60 min. nicht weniger und in 0·6 min. nicht mehr als eine Umdrehung machen.

Der Sprung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Übersetzungen der gleichen Zählerform muß mindestens das 1·2fache betragen.

Digitized by Google

Das Zählwerk darf bei Nennlast in 750 Stunden noch keinen vollen Durchlauf genommen haben.

Die Anzeige des Zählwerkes erfolgt in Kilowattstunden bzw. in Amperestunden mit entsprechender Kennzeichnung der Dezimalstellen.

Im Falle das Zählwerk Ziffernscheiben enthält, werden diese entsprechend mit der Bezeichnung „Einer", „Zehner", „Hunderter" . . . bzw. „Zehntel", „Hundertel" . . . oder 1, 10, 100 . . . bzw. 0·1, 0·01 . . . versehen.

Die Ablesekonstante ist die Zahl, mit welcher die Ablesung am Zählwerk multipliziert werden muß, um die Zählerangabe in Kilowattstunden zu erhalten. Sie muß, sofern sie größer als 1 ist zum Beispiel 10, 100 . . . in der Form × 10, × 100 . . . auf dem Zifferblatt des Zählwerkes angegeben werden.

§ 8.

Ankerdrehrichtung.

Für Motorzähler gilt als Drehrichtung des Ankers „Rechtslauf". Die Drehrichtung wird durch einen Pfeil angegeben.

§ 9.

Drehfeldrichtung.

Die drei Hauptleitungen eines Drehstromnetzes werden mit R, S, T, die entsprechenden Hauptspannungen mit $R-S$, $S-T$ und $T-R$ bezeichnet. Bei der Eichung eines Drehstromzählers ist die Phasenfolge so zu wählen, daß die Spannung $R-S$ der Spannung $S-T$ um 120° und der Spannung $T-R$ um 240° voreilt. Mit dieser Drehfeldrichtung ist der Zähler auch anzuschließen.

§ 10.

Aufschriften.

Die Grundplatte ist mit der von außen sichtbaren Fertigungsnummer zu versehen. Das Schild auf der Zählerkappe erhält nachstehende Angaben: Ableseeinheit (Kilowattstunden, Amperestunden), Art und Form des Zählers, Betriebspannung, Nennstromstärke, Frequenz, Fertigungsnummer, Zahl der Ankerumdrehungen für 1 Kilowattstunde (Amperestunde), Name mit Wohnort des Herstellers oder ein Ursprungzeichen.

Das Wort „Kilowattstunde" („Amperestunde") ist unverkürzt anzugeben.

1. Beispiel eines Schildes für einen Kilowattstundenzähler.

Kilowattstunden
Wechselstromzähler Form ABD Nr. 123 450
220 Volt 5 Amp. 50 Per/s
2500 Ankerumdr. = 1 Kilowattstunde
Danubia A. G., Wien

2. Beispiel eines Schildes für einen Amperestundenzähler der in der Einheit Kilowattstunden registriert.

Kilowattstunden bei 220 Volt
Gleichstrom-Amperestundenzähler Type CR
5 Amp. Nr. 2 214 984
7000 Ankerumdr. = 1 Kilowattstunde
„Electra" Apparatebauges. m. b. H., Wien

Die Einteilung der Angaben ist sowohl was die Reihenfolge als die Aufteilung in den Zeilen betrifft entsprechend diesen Beispielen auszuführen. Für die Bezeichnung von Nennspannung und Nennstrom auf den Zählerschildern bei den verschiedenen Stromarten gilt die Tafel von Seite 3.

Das Schild auf der Zählerkappe kann, sofern dies nicht auf einem anderen Schilde erfolgt, außerdem den Namen und Wohnort sowie das Warenzeichen des Verkäufers oder Bestellers, einen Eigentumsvermerk sowie die Werknummer und das Jahr der Herstellung des Zählers tragen, zum Beispiel:

Eigentum des Städt. Elektrizitätswerkes Innsbruck, Nr. 3450, 1926.

§ 11.

Erdung.

Elektrizitätszähler, die für Betriebspannungen über 250 V gegen Erde bestimmt sind, erhalten eine Vorrichtung für die Erdung des Gehäuses, die den Anschluß einer Leitung von mindestens 16 mm² Querschnitt gestattet.

§ 12.

Isolationsprüfung.

Die Isolation der stromführenden Teile gegen das Gehäuse ist bei Wechsel- und Drehstromzählern mit 1500 V, bei Gleichstromzählern mit 1000 V Wechselspannung zu prüfen, und zwar mit praktisch sinusförmiger Wechselspannung von 50 Per/s.

Die Spannung ist allmählich auf die Höhe der Prüfspannung zu steigern und dann 1 Minute auf dieser Höhe zu halten.

Die zur Isolationsprüfung benützte Stromquelle muß eine Leistung von mindestens 1 Kilowatt besitzen.

§ 13.

Zählerkonstante, Fehler.

Die Zählerkonstante C ist die Zahl, mit der man die Zählerangaben A multiplizieren muß, um den wirklichen Verbrauch W zu erhalten:

$$C = \frac{W}{A}.$$

Der Fehler des Zählers ist die Angabe des Zählers vermindert um den wirklichen Verbrauch $A-W$; der perzentuelle Fehler wird in Prozenten des wirklichen Verbrauches angegeben:

$$F_{\%} = \frac{A-W}{W} \cdot 100 = \frac{1-C}{C} \cdot 100.$$

§ 14.

Fehlergrenzen.

Für die Fehlergrenzen sind die in der Verordnung des Handelsministeriums R. G. Bl. Nr. 261 vom 21. Dezember 1903 erlassenen Bestimmungen betreffend die eichamtliche Prüfung und Beglaubigung von Elektrizitätsverbrauchsmessern maßgebend.

§ 15.

Zähleraufhängung.

Für die einheitliche Aufhängung von Elektrizitätszählern mit drei Aufhängepunkten gelten nachstehende Maße (Abb. 1).

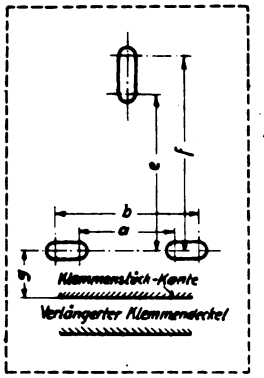


Abb. 1.

Größe	a	b	e	f	g
I	60	120	90	160	15 — 30
II	100	180	200	280	30 — 50
III	100	200	200	360	

Digitized by Google

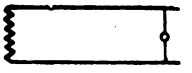
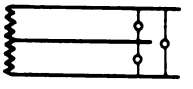
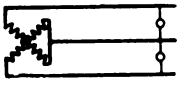
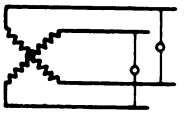
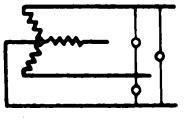
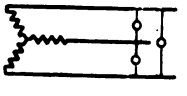
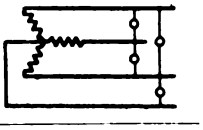
a und *b* sind die kleinste und die größte Entfernung für die Mittelpunkte der unteren Befestigungslaschen des Zählers.

e und *f* sind die kleinste und die größte Entfernung der Mittelpunkte von der oberen Befestigungslasche bis zu den beiden unteren Befestigungslaschen des Zählers.

von den Normalschaltungen vorgenommen werden, so ist durch eine besondere Aufschrift auf dem Zähler darauf hinzuweisen.

Die Schaltungsbilder Nr. 15 a, 15 b, 19, 20 a, 20 b, 24, 25 a und 25 b gelten nicht nur für Zähler nach Schaltung Nr. 9, sondern sinngemäß auch für solche nach Schaltung Nr. 10.

Bezeichnung von Nennspannung und Nennstrom auf Zählerschildern.

Art der Anlage		Bezeichnung der Spannung	Bezeichnung der Stromstärke
Gleich- und Wechselstrom, Zweileiter-Anlage		220 V	10 A
Gleich- und Wechselstrom, Dreileiter-Anlage		2 × 220 V	10 A
Zweiphasen-Wechselstrom, verkettet		2 × 220/310 V	10 A
Zweiphasen-Wechselstrom, unverkettet		2 × 220 V	2 × 10 A
Drehstrom-Vierleiter-Anlage, wobei nur 2 Hauptleiter und der Nulleiter verwendet werden		2 × 220/380 V	10 A
Drehstrom-Dreileiter-Anlage		3 × 380 V	10 A
Drehstrom-Vierleiter-Anlage		3 × 220/380 V	10 A
Drehstrom-Dreileiter-Anlage bei Verwendung von Meßwandlern, wenn das Übersetzungsverhältnis der Wandler in der Ablesekonstante	berücksichtigt ist	3 × 10000/110 V	50/5 A
	nicht berücksichtigt ist*)	3 × 110 V	5 A

*) Hiebei müssen die Angaben des Zählwerkes mit dem Übersetzungs-Verhältnis der Strom- bzw. Strom- und Spannungswandler multipliziert werden.

Das Maß *g* ist die Entfernung der Mittellinie der beiden unteren Befestigungslaschen von der Unterkante des Klemmenstückes.

§ 16.

Schaltungen.

Als Normalschaltungen für Elektrizitätszähler gelten die Schaltungsbilder Nr. 1 bis 25 b. Das numerierte Schaltungsbild wird im Klemmendeckel des betreffenden Zählers angeordnet. Das Zeichen ○ in den Schaltungsbildern bedeutet allgemein — ohne Rücksicht auf die Betriebspannung — einen Verbrauchsapparat. Müssen aus meßtechnischen Gründen Abweichungen

Bei Schaltung Nr. 3, 4 und 5 ist die normale Bezeichnung der einzelnen Hauptleiter mit Rücksicht auf ihre verschiedene Bezeichnung in Gleich- und Wechselstromanlagen bzw. Zwei- und Mehrleiteranlagen allgemein nicht angegeben. Sofern bei älteren Zählerkonstruktionen in Gleichstromanlagen die Polarität beim Anschluß eines Zählers berücksichtigt werden muß, ist durch eine Bemerkung im Schaltungsbild besonders darauf hinzuweisen.

Bei Schaltung Nr. 8, die einen Anschluß nach dem Drehfeld voraussetzt, sind die Bezeichnungen der Hauptleiter dementsprechend verschieden. Die Leiter sind im Bild von oben nach unten zu bezeichnen und zu suchen wie folgt: *ROT* oder *SOR* oder *TOS*.

Digitized by Google

Die Schaltungen für Zweiphasenzähler, das heißt mit Verschiebung der Hauptspannungen um 90° zueinander, verkettet oder unverkettet, sind wegen des seltenen Vorkommens in der Praxis nicht aufgenommen.

Bei allen Drehstromzählerschaltungen ist der Anschluß nach der Drehfeldrichtung angegeben. Die Bezeichnungen der Hauptleiter dürfen also nur zyklisch vertauscht werden, zum Beispiel im Bild von oben nach unten, statt *R S T* nur *S T R* bzw. *T R S*.

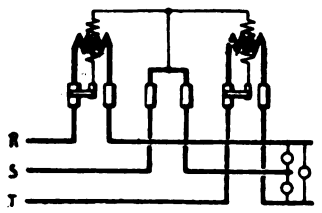
Bei Schaltung Nr. 11 wurde die normale Bezeichnung der Hauptleiter mit Rücksicht auf die verschiedene Bezeichnung bei Verwendung für Wechselstrom-Zwei- oder Mehrleiteranlagen fortgelassen.

Bei Schaltung Nr. 12 ist die normale Leiterbezeichnung des Einphasenstromes nicht angegeben mit Rücksicht auf wechselnde Bezeichnungen bei zyklischer Vertauschung in Drehstromanlagen.

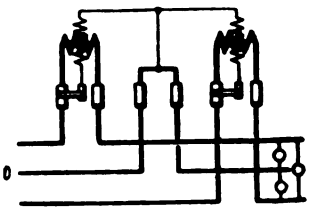
Für Gleichstromzähler mit getrennt angeordneten Nebenwiderständen wurden Schaltungsbilder nicht festgelegt, da die Ausführungsformen dieser Zähler noch nicht zusammengefaßt werden können.

Für Drehstromzähler in Verbindung mit Meßwandlern wurden je zwei Schaltungsbilder festgelegt, und zwar *a)* mit getrennten und *b)* mit zusammengefaßten sekundären Stromzuleitungen.

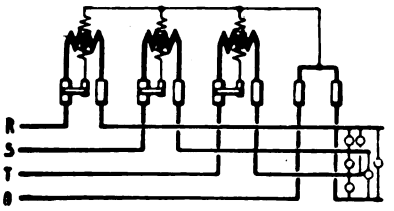
Die Verlegung farbiger Verbindungsleitungen von den Meßwandlern zum Zähler ist sehr zweckmäßig und wird deshalb empfohlen.



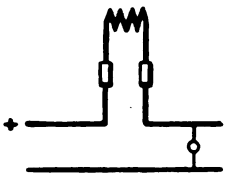
Nr. 7.
Für Drehstromzähler für drei Hauptleiter.
Der äußere Anschluß des Spannungskreises kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht vorgenommen werden.



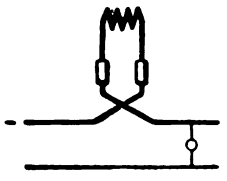
Nr. 8.
Für Drehstromzähler für zwei Haupt- und Nulleiter.
Der äußere Anschluß des Spannungskreises kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht vorgenommen werden.



Nr. 9.
Für Drehstromzähler für vier Leitungen.
Der äußere Anschluß des Spannungskreises kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht vorgenommen werden.

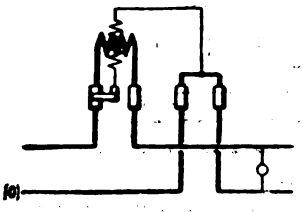


Nr. 1.
Für Gleichstrom-Amperestundenzähler im + Leiter.

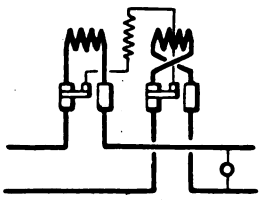


Nr. 2.
Für Gleichstrom-Amperestundenzähler im — Leiter.

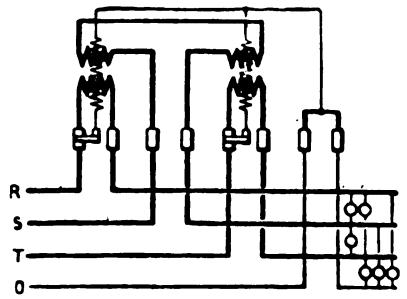
Die Schaltbilder 1 und 2 werden gleichzeitig mitgegeben.



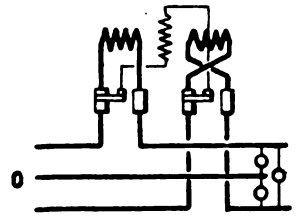
Nr. 3.
Für Wattstunden-Zweileiterzähler
Der äußere Anschluß d. Spannungskreises kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht vorgenommen werden.



Nr. 4.
Für Wattstunden-Zweileiterzähler doppelpolig, in Anlagen ohne geerdeten Nulleiter (Sonderschaltung nur für Ausnahmefälle).



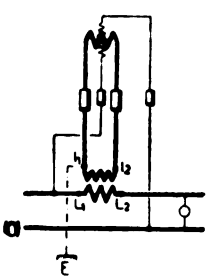
Nr. 10.
Für Drehstromzähler für vier Leitungen (mit nur zwei Spannungspulen).
Der äußere Anschluß des Spannungskreises kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht vorgenommen werden.



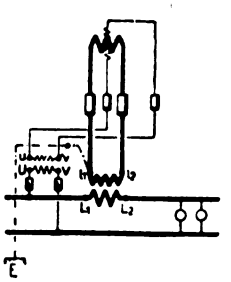
Nr. 5.
Für Wattstunden-Dreileiterzähler (Außenleiteranschluß).

entfällt

Nr. 6.
Für Wattstunden-Dreileiterzähler (Nulleiteranschluß).

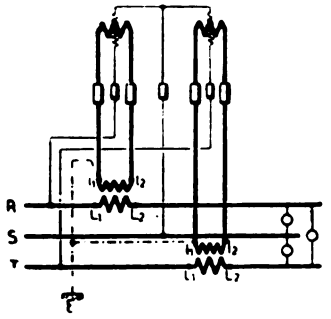


Nr. 11.
Für Wechselstrom-Einphasenzähler mit Stromwandler.

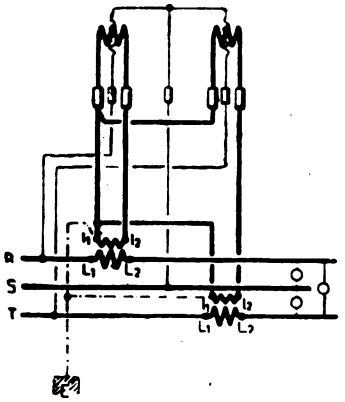


Nr. 12.
Für Wechselstrom-Einphasenzähler mit Strom- und Spannungswandler.

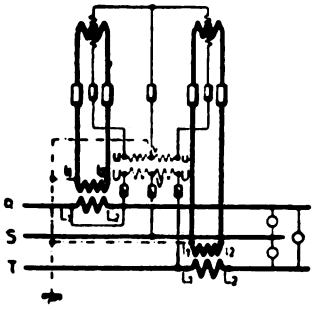
Digitized by Google



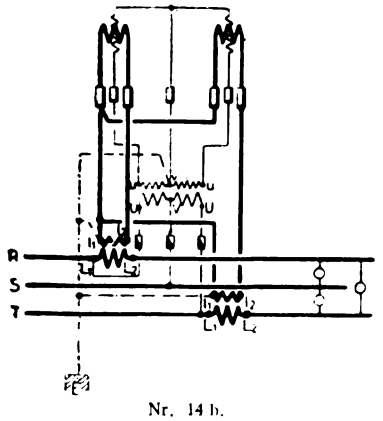
Nr. 13 a.
Für Drehstromzähler für 3 Hauptleiter mit zwei Stromwandlern.



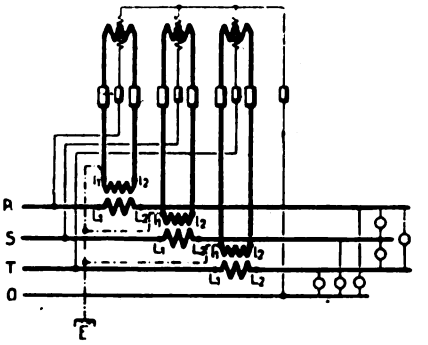
Nr. 13 b.
Für Drehstromzähler für 3 Hauptleiter mit zwei Stromwandlern. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



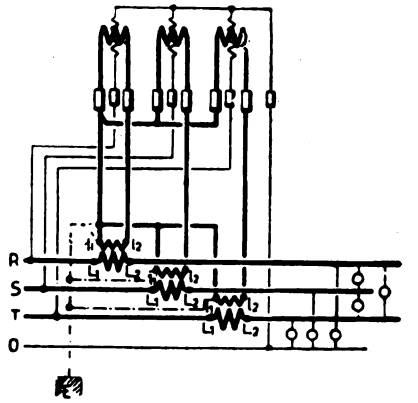
Nr. 14 a.
Für Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern.



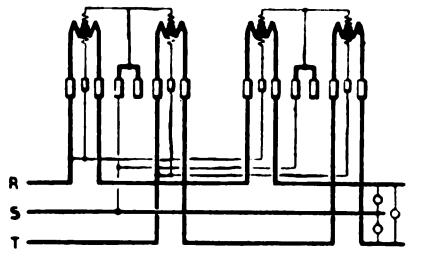
Nr. 14 b.
Für Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



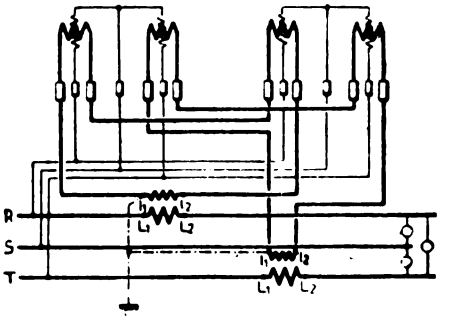
Nr. 15 a.
Für Drehstromzähler für vier Leitungen und drei Stromwandlern.



Nr. 15 b.
Für Drehstromzähler für vier Leitungen und drei Stromwandlern. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.

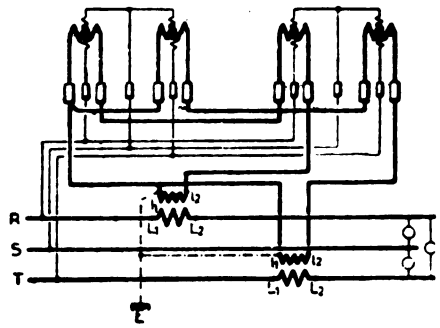


Nr. 16.
Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter in Kontrollschaltung.



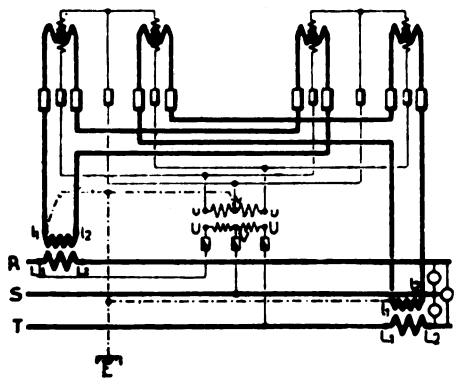
Nr. 17 a.
Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter mit zwei Stromwandlern in Kontrollschaltung.

Digitized by Google



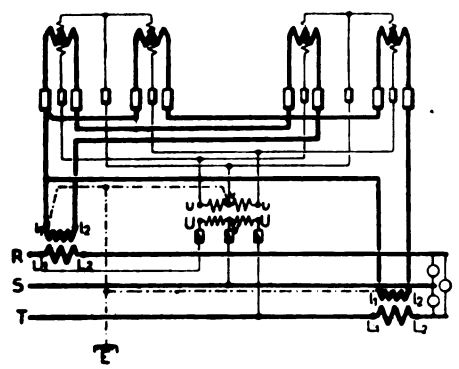
Nr. 17 b.

Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter mit zwei Stromwandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



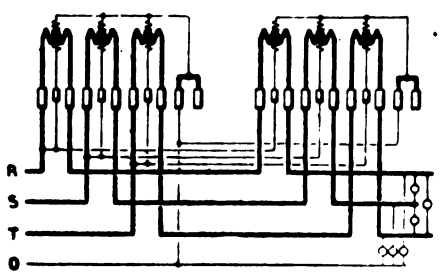
Nr. 18 a.

Für zwei Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern in Kontrollschaltung.



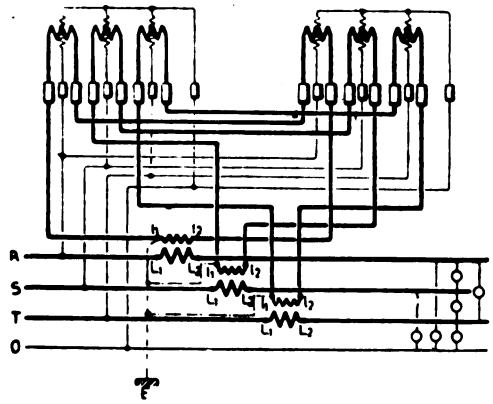
Nr. 18 b.

Für zwei Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



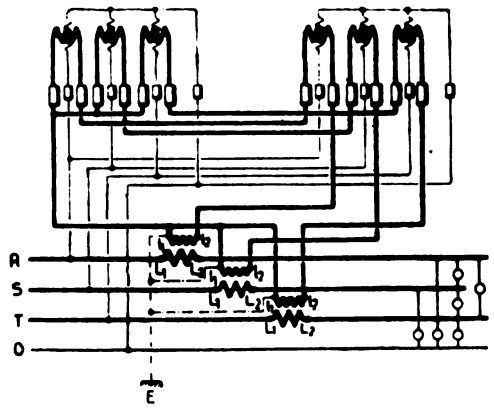
Nr. 19.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen in Kontrollschaltung.



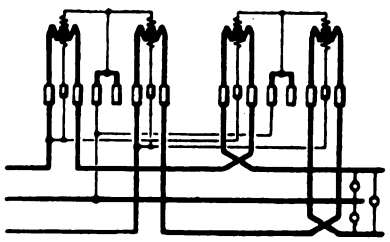
Nr. 20 a.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen mit drei Stromwandlern in Kontrollschaltung.



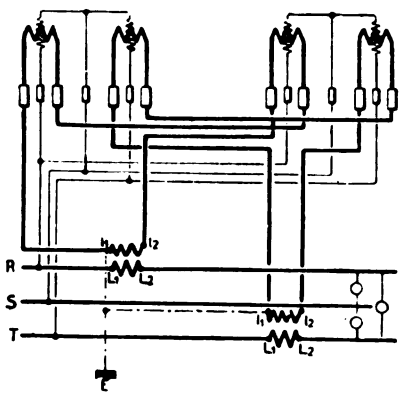
Nr. 20 b.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen mit drei Stromwandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



Nr. 21.

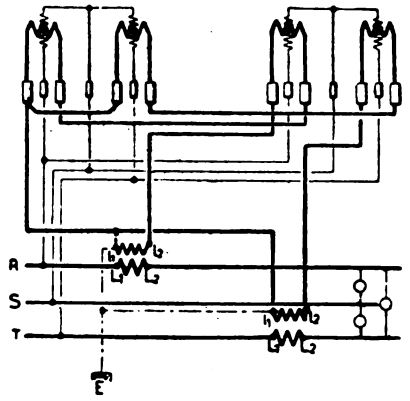
Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter mit Rücklaufhemmungen für Vor- und Rückstrom.



Nr. 22 a.

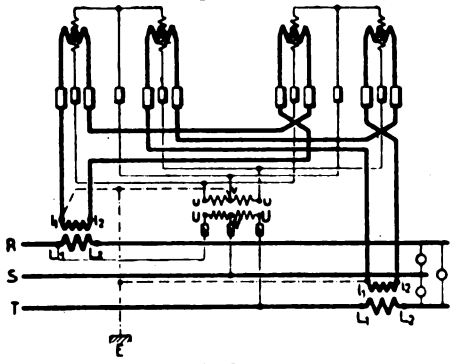
Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter mit Rücklaufhemmungen mit zwei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom.

Digitized by Google



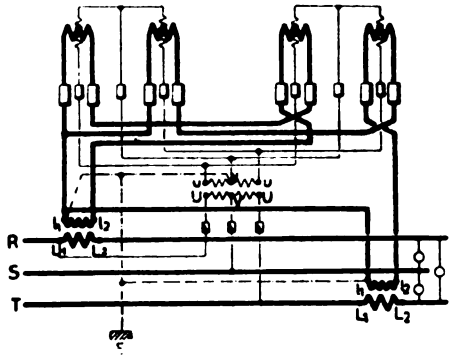
Nr. 22 b.

Für zwei Drehstromzähler für drei Hauptleiter mit Rücklaufhemmungen mit zwei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



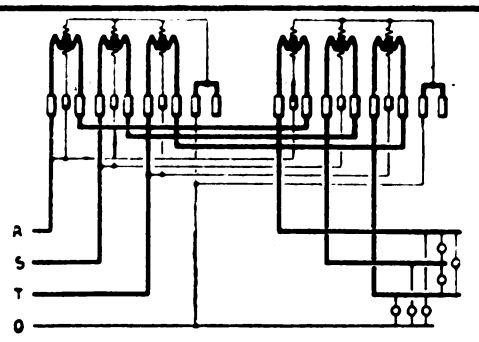
Nr. 23 a.

Für zwei Drehstromzähler mit Rücklaufhemmungen mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern für Vor- und Rückstrom.



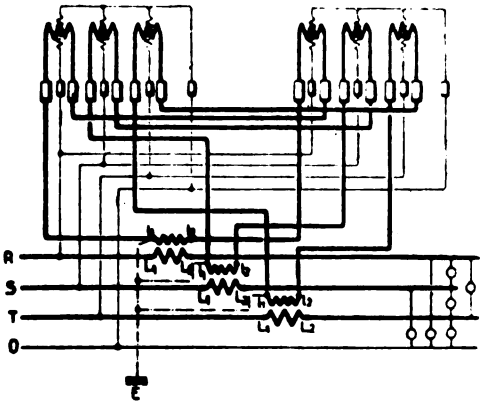
Nr. 23 b.

Für zwei Drehstromzähler mit Rücklaufhemmungen mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



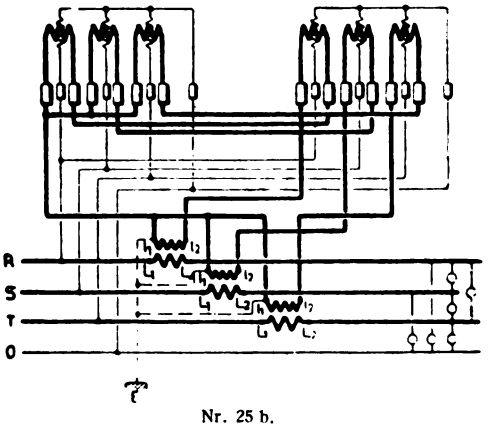
Nr. 24.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen mit Rücklaufhemmungen für Vor- und Rückstrom.



Nr. 25 a.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen mit Rücklaufhemmungen mit drei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom.



Nr. 25 b.

Für zwei Drehstromzähler für vier Leitungen mit Rücklaufhemmungen mit drei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg)

	16. IV. 1928	18. IV. 1928	20. IV. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134³/₄	134³/₄	134³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	83—88	86—91	89—94

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 20. April 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard. Kassa . .	61	12	6	61	13	9
Standard. 3 Monate .	61	15	0	61	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	234	15	0	235	15	0
Standard Kassa . .	234	12	6	234	15	0
Standard 3 Monate .	234	5	0	234	7	6
Blei:						
Engl. pig common . .	22	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	18	9	25	13	9
Remelted	25	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	8	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 6. Mai 1928 | Heft 19

Neue graphische Methode zur Berechnung von Spannung und Durchhang bei primär auftretender Zustandsänderung.

Ing. A. **Thiry**, Wien.

Inhaltsangabe: Ausgehend von der allgemein gebräuchlichen Zustandsgleichung (Weil) entwickelt der Verfasser eine neue graphische Methode zu deren Aufstellung und Lösung, welche insbesonders für serienweise Berechnung von Zustandsänderungen gewisse Vorteile gegenüber anderen, bisher veröffentlichten Methoden verspricht.

Im Zuge der Projektierung elektrischer Freileitungsanlagen nimmt die zwecks Ermittlung der Leiterzüge, bezw. der Durchhänge und damit der Bodenabstände durchzuführende Berechnung der Zustandsänderungen einen breiten Raum ein. Es machte sich daher von je das Bestreben geltend, die rechnerische Auflösung der — übrigens auch im Hinblick auf ihre Aufstellung — ziemlich unhandlichen Weilschen Zustandsgleichung durch graphische Methoden zu ersetzen und so einerseits Zeit zu sparen und andererseits auch mögliche Rechenfehler auszuschalten. So existieren denn auch heute eine Reihe trefflicher Behandlungen des Problems, an deren Spitze die nomographische Darstellung[1]) der funktionellen Zusammenhänge zwischen den zahlreichen Veränderlichen zu nennen ist, welche sogar auf einem einzigen Blatte alle denkbaren Aufgaben ohne Ansehung der Verschiedenheit der Leitermaterialien zu lösen gestattet[2]).

Indes zeigen sich, insbesonders bei serienweiser Zustandsberechnung, auch hier gewisse Nachteile, durch deren Hinnahme eben erst jene erwähnten Vorteile gewonnen werden konnten. So müssen zum Beispiel Zwischenresultate von einer Funktionsleiter auf eine andere übertragen werden, was einerseits fortwährend größte Aufmerksamkeit fordert, um die nicht ganz fern liegenden groben Ablese- und Auftragfehler zu vermeiden, ferner Zeit erfordert und auf die Dauer sehr ermüdend wirkt, andererseits aber auch der Genauigkeit abträglich ist. Darum muß schließlich eine Methode, die zur oftmaligen Lösung derselben Gleichung (zum Beispiel zum Aufstellen von Spanntabellen u. dgl.) verwendet werden kann, dem Praktiker auch dann willkommen sein, wenn sie — bei zumindest gleicher Verläßlichkeit — auch einen Übergang von einem Leitermaterial auf ein anderes nicht gestattet.

Als weitere Vorteile der im folgenden entwickelten Methode insbesondere gegenüber einer Reihe anderer, zum Teil älterer Verfahren, welche mit Kurvenscharen arbeiten, zwischen welchen ständig interpoliert werden muß, können noch geltend gemacht werden: 1. Die Diagramme erfordern bloß die spezielle Aufstellung je einer Punktreihe zweiten und dritten Grades; 2. alle Operationslinien sind Gerade; 3. der Gang der Lösung ist übersichtlich, das heißt, die projektive Verwandtschaft der bestimmten Wirkungsgrößen zugeordneten Punktreihen ist mit einem Blicke klar erfaßbar.

I. Ableitung der Diagramme aus der Zustandsgleichung.

1. Spannungsermittlung.

Ausgegangen wird von der Weilschen Zustandsgleichung[3])

$$\frac{1}{24}\left(\frac{p^2}{s^2}-\frac{p_0^2}{s_0^2}\right).a^2=(t-t_0).\vartheta-\frac{s_0-s}{E},$$

welche zunächst auf einfachste Weise in folgende Form gebracht wird:

$$\frac{a^2p^2E}{24\,s^2}-s=\frac{a^2p_0^2E}{24\,s_0^2}-s_0+\vartheta.E(t-t_0)\quad(1).$$

Hierin bedeuten:

E Elastizitätsmodul (kg/mm²) } d. Leiter-
ϑ Wärmedehnungsziffer (ohne Dimens.) } materials,
a horizontale Länge des Spannfeldes (m),
p_0 Belastung (kg/m.mm²) } des Ausgangs-
s_0 Beanspruchung (kg/mm²) } zustandes,
t_0 Temperatur (°C) }
p Belastung }
s Beanspruchung } des Endzustandes.
t Temperatur }

In der Regel ist Gl. (1) nach s aufzulösen, was bei rechnerischer Behandlung der Aufgabe zumeist

[1]) Dr. Seefehlner, E. u. M. 1919, H. 51; EKB 1920, H. 3; ETZ 1921, H. 9.

[2]) Dr. Riedlinger, E. u. M. 1923, H. 38.

[3]) Vgl. Weil: „Beanspruchung und Durchhang von Freileitungen", Verlag Springer, Berlin 1910, S. 7, Gl. (2).

Digitized by Google

mittels regula falsae geschieht. Dies ist unbequem und zeitraubend und wird auf folgendem Wege umgangen: Gl. (1) kann auch in der Form

$$\frac{\xi}{s^2} - s = \eta \quad \ldots\ldots (2)$$

angeschrieben werden, worin ξ und η Funktionen der für einen gegebenen Fall bekannten Größen a, E, ϑ, p_0, s_0, t_0, p und t sind, und zwar:

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \frac{a^2 p^2 E}{24} \\ \eta &= \frac{a^2 p_0^2 E}{24 s_0^2} - s_0 + \vartheta . E (t - t_0) \end{aligned}\right\} \quad . (3).$$

Gl. (2) stellt eine im (ξ, η)-System liegende Geradenschar mit dem Parameter s dar, welche die Eigenschaft hat, daß der negative Wert dieses Parameters auf der η-Achse abgeschnitten wird: Für $\xi = 0$ wird $\eta = -s$.

Die Einhüllende einer Kurvenschar wird bekanntlich durch Elimination des Parameters s aus den beiden Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} f(\xi, \eta, s) &= 0 \\ \frac{\partial f(\xi, \eta, s)}{\partial s} &= 0 \end{aligned}\right\}$$

gefunden.

Im vorliegenden Falle ergibt sich

$$\left.\begin{aligned} f(\xi, \eta, s) &= \frac{\xi}{s^2} - s - \eta = 0 \\ \frac{\partial f(\xi, \eta, s)}{\partial s} &= -\frac{2\xi}{s^3} - 1 = 0 \end{aligned}\right\}$$

und mit Elimination von s

$$\xi = \frac{4}{27} \eta^3 \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Die gesuchte Einhüllende ist also für alle denkbaren Problemstellungen eine und dieselbe kubische Parabel (Leitkurve). Da s nur positive Werte annehmen kann, gilt natürlich nur deren negativer Ast.

Aus dieser Erkenntnis ergibt sich aber auch schon der Grundsatz zur graphischen Lösung der Zustandsgleichung: die nach Gl. (3) berechneten Werte ξ und η bestimmen einen Punkt P des rechtwinkeligen Koordinatensystems (ξ, η). Von diesem Punkt P aus wird die Tangente an die Leitkurve gelegt und an ihrem Schnittpunkt mit der η-Achse die gesuchte Spannung s im η-Maßstabe abgelesen (vgl. Abb. 1).

Diese Konstruktion setzt, wie bereits gesagt, die Kenntnis der Werte ξ und η voraus, deren Bestimmung an Hand der Gleichungen (3) aber — als viel zu umständlich — durch eine geeignetere graphische Darstellung der durch (3) gekennzeichneten Funktionen zu ersetzen sein wird.

Um die Darstellung tunlichst übersichtlich zu halten, muß von der Annahme ausgegangen werden, daß es sich zunächst nur um solche Endzustände handle, bei denen als Seilbelastung bloß das Eigengewicht des Leiters auftritt, das allein von dessen Art (Seil oder Einzeldraht) und dessen Material abhängig ist. Tatsächlich ist die Aufgabe auch zumeist in dieser Form gestellt. Spanntabellen werden selbstverständlich nur für blanke Leiter entworfen; die maximalen Durchgangswerte treten unter bestimmten Umständen bei blankem Seil auf. Die Berechnung von Endzuständen mit Zusatzlast ist aber — bei nicht allzugroßen Spannweiten — auch möglich, worauf in der Folge noch näher eingegangen werden soll.

Dann ist $\xi = \frac{p^2 E}{24} . a^2 = k . a^2$, worin $k = \frac{p^2 E}{24}$ nur mehr vom Leitermaterial abhängig ist. Die Funktionsskala $\xi = k . a^2$ wird nun berechnet und in geeignetem Maßstabe (1 cm entspricht m_ξ ξ-Einheiten) aufgetragen. Durch Beschreibung der Argumente a wird sie zur Spannweitenskala.

Aus der Betrachtung der Gl. (3) geht hervor, daß zugehörige Werte ξ und η für eine bestimmte

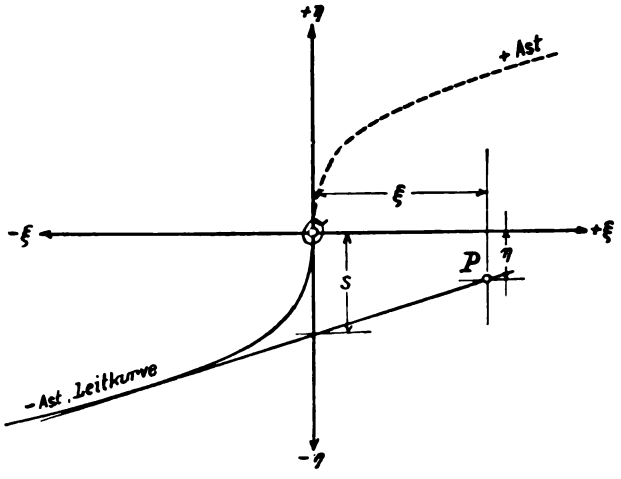


Abb. 1.

Temperatur $\bar{t}$ proportional werden. Die Bedingung hiefür ist:

$$-s_0 + \vartheta . E (\bar{t} - t_0) = 0 \quad \ldots\ldots (5),$$

so daß

$$\eta = \frac{a^2 p_0^2 E}{24 s_0^2} = \frac{a^2 p^2 E}{24} \cdot \frac{p_0^2}{p^2 s_0^2} = \left(\frac{p_0}{p s_0}\right)^2 . \xi \quad (6).$$

Der Proportionalitätsfaktor ist also $\left(\frac{p_0}{p s_0}\right)^2$ und wird im (ξ, η)-System als trigonometrische Tangente jenes Winkels φ erkannt, den die Gerade Gl. (6) mit der positiven ξ-Achse einschließt, wobei die Gerade durch den Koordinatenursprung hindurchgeht.

Bei Änderung der Spannweite und konstanter Temperatur $\bar{t}$ wird sich also der Punkt P (in Abb. 1) auf der Geraden nach Gleichung (6) bewegen. Diese ist somit die Isotherme für die Temperatur $\bar{t}$.

Nach Obigem folgt aus (6), wenn die Größen ξ und η in gleichem Maßstabe zur Auftragung gelangen,

$$\operatorname{tg} \varphi = \left(\frac{p_0}{p s_0}\right)^2 = \left(\frac{p_0}{p}\right)^2 : s_0^2 .$$

Praktisch kommt aber dieser Fall niemals in Betracht und muß darum das Maßstäbeverhältnis

Digitized by Google

$\frac{m_\xi}{m_\eta}$ in die Gleichung hineingenommen werden:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{m_\xi}{m_\eta} \cdot \left[\frac{p_0}{p} : s_0\right]^2 \quad \ldots\ldots (7).$$

Dieser Ausdruck ist nun mit Hilfe der bereits gewonnenen (quadratischen) a-Skala leicht darstellbar; besonders dann, wenn $m_\xi = 100\, m_\eta$, welches Verhältnis übrigens den praktischen Bedürfnissen ziemlich gut entspricht.

In diesem Falle wird nämlich für $\operatorname{tg}\varphi = 1$ nach Gl. (7) $\frac{p_0}{p} = \frac{s_0}{\sqrt{100}} = \frac{s_0}{10}$ oder, etwas anders ausgedrückt: Wird zunächst die a-Skala kongruent, bei $\eta = 0$ beginnend, in der positiven η-Richtung aufgetragen und werden hierauf die zu diesen Teilungen gehörigen Parallelsysteme gezeichnet, wird ferner eine Umbenennung der a-Skala auf s_0-Werte vorgenommen (in der Art, daß an Stelle der Werte $a = 100, 200, 300 \ldots$ m die Werte zum Beispiel $s_0 = 10, 20, 30 \ldots$ kg/mm² treten), so schneidet der unter $+45^0$ durch O gelegte Strahl die Vertikale durch s_0 in einem Punkte, der dem Werte $\frac{p_0}{p} = \frac{s_0}{10}$ entspricht. Auf diese Weise wird ohne alle weiteren Vorbereitungen eine Skala für die Werte des Verhältnisses zwischen den Belastungen des Ausgangs- und des Endzustandes $\alpha = \frac{p_0}{p}$ gefunden (siehe Abb. 2).

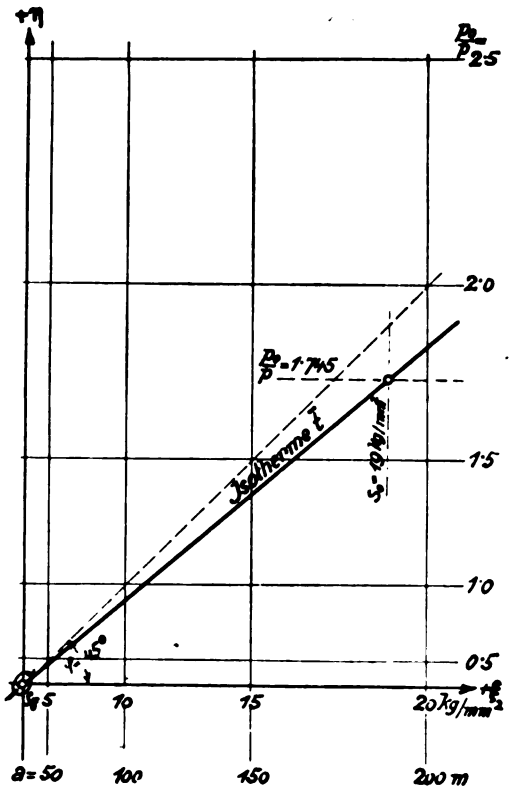


Abb. 2. Ermittlung der Isothermen $\bar{t}$, Fall $m_\xi = 100\, m_\eta$. Beispiel: Kupferseil 95 mm², Ausgangszustand mit $180\sqrt{d}$; $s_0 = 19$ kg/mm²; $p_0 = 0{\cdot}01571$, $p = 0{\cdot}009$ kg/m . mm²; $p_0 : p = 1{\cdot}745$.

Zur Bestimmung der Isotherme $\bar{t}$ wird im speziellen Falle der (mit Rechenschieber) berechnete Wert $\frac{p_0}{p}$ auf der Vertikalen durch s_0 aufgesucht und der gefundene Punkt mit dem Koordinatenursprung verbunden. Da die Werte $\frac{p_0}{p}$ für bestimmte Leiterquerschnitte konstant sind, ergeben sich in den entsprechenden Punkten der Vertikalteilung horizontale (das heißt zur ξ-Achse parallele) Gerade, welchen der zugehörige Leiterquerschnitt beizuschreiben sein wird.

Im Falle, daß $\frac{m_\xi}{m_\eta} \neq 100$, ändert sich die Sache nur insoweit, als dann die $\frac{p_0}{p}$-Skala der s_0-Skala nicht mehr kongruent, sondern im Verhältnis $\sqrt{\frac{m_\xi}{100\, m_\eta}}$ ähnlich ist, was übrigens auch keine wesentliche Mehrarbeit bedingt.

Der nächste Schritt führt zu den Isothermen beliebiger, von t verschiedener Temperaturen. Da ist zunächst festzustellen, daß die Änderung von η bei Temperaturänderung nur von dieser, und zwar linear, nicht aber von a abhängt (vgl. Gl. [3]). Daraus geht hervor, daß die Isothermen alle zur $\bar{t}$-Isotherme parallel sein müssen. Die zweite Frage betrifft die Änderung von η bei Temperaturänderung um 1° C. Diese beträgt $1 \,.\, \vartheta \,.\, E$ η-Einheiten, nach Obigem dargestellt durch $\frac{\vartheta \,.\, E}{m_\eta}$ cm. Schließlich muß noch auf den Wert $\bar{t}$, bezw. dessen Lage auf der Temperaturskala eingegangen werden: In Abb. 3 ist letztere dargestellt.

Sie umfaßt den jeweils zutreffenden Temperaturbereich (zum Beispiel $-25^0 \leqq t \leqq +40^0$ C)

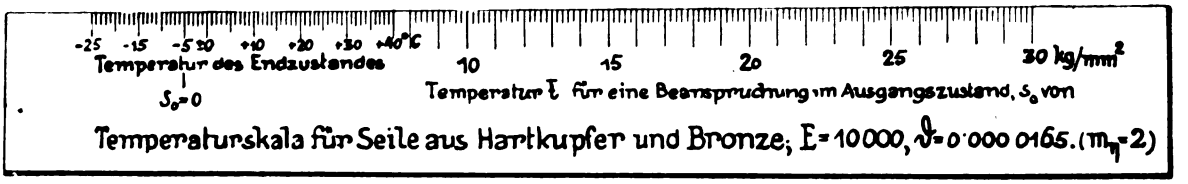


Abb. 3.

und erscheint nach oben hin zur Auftragung der Temperaturpunkte $\bar{t}$ verlängert. Aus Gl. (5) ergibt sich

$$\bar{t} = \frac{s_0}{\vartheta \,.\, E} + t_0,$$

Digitized by Google

oder in η-Einheiten ausgedrückt

$$\eta_{\bar{t}} = s_0 + \eta_{t_0} \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, daß die $\eta_{\bar{t}}$ genau der Änderung von s_0 folgen und daß mit $s_0 = 0$ $\eta_{\bar{t}} = \eta_{t_0}$ wird. Das heißt, daß bei veränderlichen s_0 die Werte $\bar{t}$ sich auf der Temperaturskala so bewegen, daß sie auf einer η-Teilung vorrücken, die ihren Nullpunkt im Punkte t_0 (zum Beispiel -5^0 C) der Temperaturskala hat. Die ziffernmäßigen Werte von $\bar{t}$ sind belanglos und werden daher durch die zugehörigen Werte s_0 ersetzt.

Nun kann auch schon die Spannungsberechnung blanker Seile für wechselnde Temperaturen

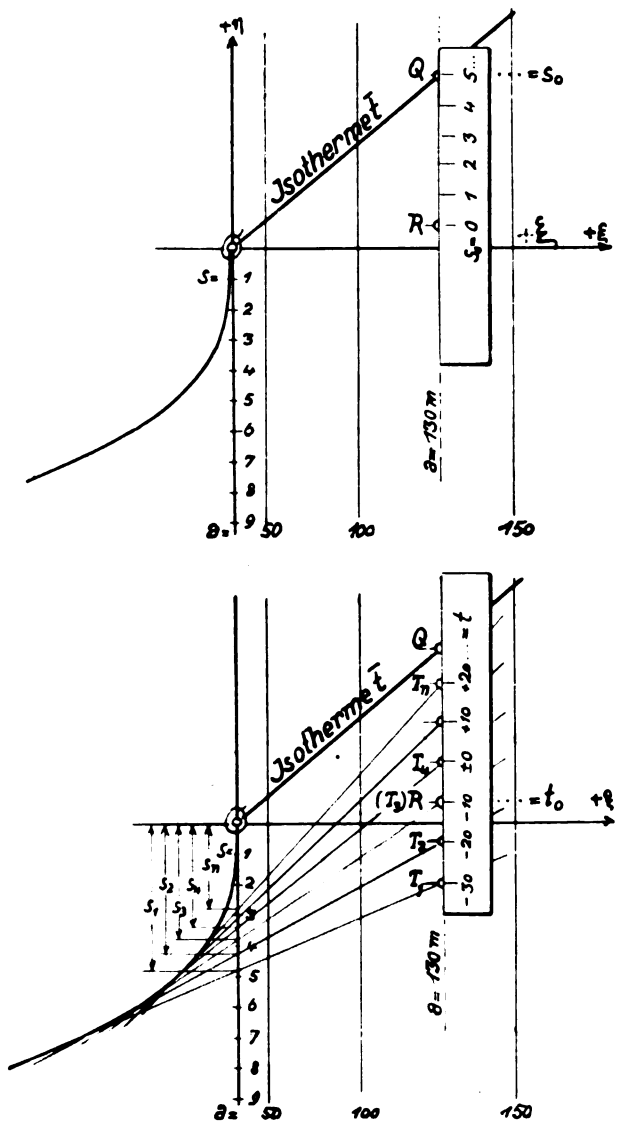


Abb. 4.

durchgeführt werden. In Abb. 4 ist die nach Obigem gefundene Isotherme $\bar{t}$ und die Spannweitenskala, sowie die Leitkurve skizziert. Der Vorgang ist nun folgender[4]):

[4]) Der Vorgang ist auf Abb. 4 der Deutlichkeit halber in zwei Abschnitte getrennt dargestellt. In Wirklichkeit sind die Teilungen „s_0" und „t" auf der gleichen beweglichen Skala angebracht (vgl. Abb. 3).

1. Aufsuchen der Spannweite, Zeichnen der Vertikalen durch den betreffenden Skalenpunkt. Diese schneidet die $\bar{t}$-Isotherme im Punkte Q.

2. An Q wird die gegebene Beanspruchung s_0 der beweglichen Temperaturskala angelegt und im Nullpunkt der s_0-Teilung der Punkt R bezeichnet.

3. An R wird die Temperatur t_0 der Temperaturskala angelegt und die Reihe der fraglichen Temperaturpunkte verzeichnet: Punkte $T_1 - T_n$.

4. Von $T_1 - T_n$ werden die Tangenten an die Leitkurve gelegt, wodurch die zugehörigen Beanspruchungen auf die früher angegebene Weise gefunden sind.

Anmerkung zu 2 und 3: Für Deutschland und Österreich ist die Temperatur des Ausgangszustandes (bei gleichzeitigem Wirken von Zusatzlast) mit -5^0 C festgelegt. Darum wurde in Abb. 3 der Punkt $s_0 = 0$ in $t = -5^0$ C gelegt. Die Vorgänge 2 und 3 fließen dann zusammen, das heißt der Punkt R braucht nicht eigens verzeichnet, die Temperaturskala nicht erst verschoben zu werden.

Die Kritische Spannweite, das heißt jenes a, für welches die Beanspruchung bei -5^0 C und Zusatzlast gleich ist jener bei der Minimaltemperatur (-25^0 C für Österreich) und blankem Leiter, in der Weise, daß bei $a \gtrless a_{kr}$ der erstere oder der letztere Ausgangszustand für die mechanische Beanspruchung der Leiter maßgebend ist, kommt bei der geschilderten Betrachtungsweise gleichfalls in einfachster Weise geometrisch zum Ausdruck (siehe Abb. 5):

In allen Fällen $a \geqq a_{kr}$ muß die Isotherme der Minimaltemperatur (-25^0 C) parallel zu der auf bereits bekannte Weise gefundenen $\bar{t}$-Isotherme verlaufen. Unterschreitet bei Spannweitenverringerung der Punkt P (aus Abb. 1) eine gewisse Lage, so ist damit eine Überschreitung der gegebenen Maximalbeanspruchung verbunden. Soll dies, weil unzulässig, vermieden werden, so muß bei weiterer Spannweitenverringerung der Punkt P sich auf der durch den Punkt s_0 der Beanspruchungsskala an die Leitkurve gezogenen Tangente weiterbewegen, wodurch diese zur -25^0-Isotherme wird. Diese muß übrigens, wie leicht einzusehen ist, zur jeweiligen $\bar{t}$-Isotherme für s_0 und $\alpha = \frac{p}{p_0} = 1$ parallel sein, denn für $a < a_{kr}$ ist bekanntlich die Belastung des Ausgangszustandes jener des Endzustandes gleich, soferne es sich, wie oben bemerkt, um die Lösung von Aufgaben handelt, in welchen für den Endzustand bloß das Eigengewicht des Leiters in Betracht gezogen wird. Daher wird die kritische Spannweite immer im gegenseitigen Schnitt der beiden -25^0-Isothermen gefunden.

Betreffend Änderung der Belastung des Endzustandes nach p_1 — bei Auftreten von Zusatzlast, zum Beispiel Wind — wäre zu sagen, daß die geschilderte Methode gleichfalls zu verwenden ist, solange die fiktive Spannweite $a_1 = \frac{p_1}{p} \cdot a$ noch auf der Spannweitenskala vorkommt, welche aus diesem Grunde von vornherein umfangreicher ge-

Digitized by Google

halten werden muß, als dies die normal ausführbaren Spannweiten ($a \leqq 300\,m$) erfordern würden. In solchen Fällen wird natürlich $\frac{p_0}{p_1}$ eigens zu berechnen und zusammen mit s_0 zur Auffindung der t-Isotherme zu verwenden sein.

Schließlich möge noch dargetan werden, daß die geschilderte Methode auch die Berechnung der Zustandsänderung bei gleichzeitiger Änderung der Spannweite a_0 um den Betrag Δ auf a — hervorgerufen durch Mastausbiegungen, Nachgeben von Isolatorenstützen, Ausweichen von Hängeketten u. dgl. — mit sehr guter Annäherung gestattet. Die zu diesem Zwecke modifizierte Zustandsgleichung lautet:

$$\frac{a^2.p^2.E}{24\,s^2} - s = \frac{a_0}{a}\left[\frac{a_0^2.p_0^2.E}{24\,s_0^2} - s_0 + \right.$$
$$\left. + \frac{a_0 - a}{a_0}.E + \vartheta.E\left(\frac{a}{a_0}t - t_0\right)\right] \quad . \quad (9).$$

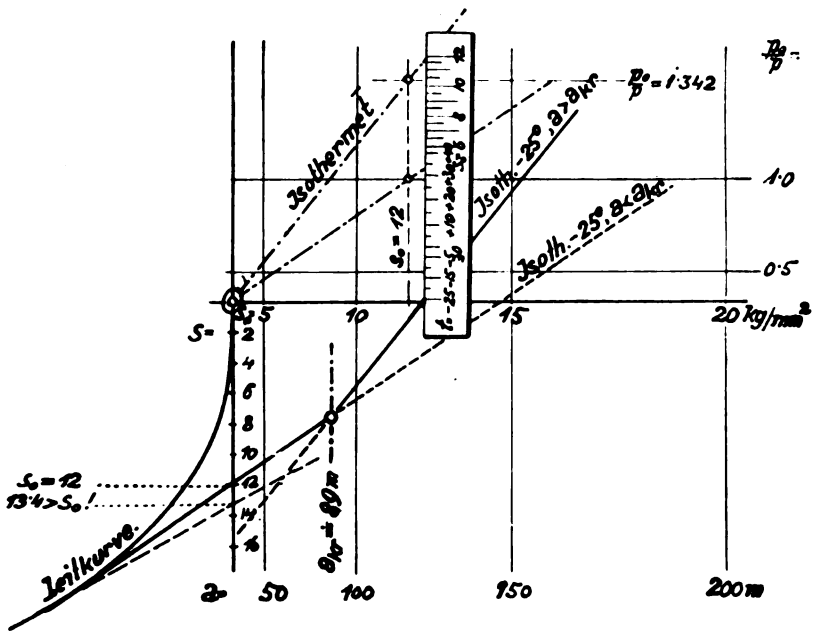


Abb. 5.

Ihre Ableitung erfolgt ganz analog jener für die Original-Gleichung Weil's, bzw. Gl. (1), in welche sie auch — mit $a = a_0$ — ohne weiteres übergeführt werden kann. Da die praktisch auftretenden Werte Δ, die bei Spannfeld verkürzungen positiv zu rechnen sind, immer nur geringe Bruchteile der Spannweite sein können, läßt sich mit $a_0 \cong a$, $a_0 - a = \Delta$ die Gl. (9) vereinfachen, wie folgt:

$$\frac{a^2p^2E}{24\,s^2} - s =$$
$$= \frac{a^2p_0^2E}{24\,s_0^2} - s_0 + \vartheta.E(t - t_0) + \frac{\Delta}{a}E \quad (10),$$

woraus zu erkennen ist, daß die Spannweitenänderung durch Verschiebung der Temperaturpunktreihe $T_1 - T_n$ nach aufwärts um $\frac{\Delta}{a}.E$ η-(oder s-) Einheiten mit guter Annäherung an die exakte Lösung der Gl. (9) berücksichtigt werden kann. Spannung und Durchhang wird dann auf bekannte Weise ermittelt.

2. Durchhangsbestimmung.

Aus der Grundgleichung

$$f = \frac{a^2p}{8\,s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

geht hervor, daß bei festem E und p, also für ein bestimmtes Leitermaterial, der Wert

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{a^2p^2E}{24\,s}.\frac{m_\eta}{m_\xi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

die Größe des Durchhanges eindeutig bestimmt. Wird nämlich Gl. (12) beiderseits mit $\frac{3}{E.p}$ multipliziert, so ergibt sich

$$\frac{3}{E.p}.\frac{m_\xi}{m_\eta}.\operatorname{tg}\psi = \frac{a^2p}{8\,s} = f \quad . \quad . \quad . \quad (13),$$

das heißt, es kann der jeweilige, zu a, p und s gehörige Durchhang an einer linearen Skala abgelesen werden, deren Teilung dadurch gegeben ist, daß der von O unter -45^0 durch den zur ξ-Achse parallelen Skalenträger gezogene Strahl dort den Durchhangswert $f = \frac{3}{Ep}.\frac{m_\xi}{m_\eta}$ (in m) abschneidet (siehe Abb. 6). Durch geeignete Wahl des Abstandes des Skalenträgers von der ξ-Achse läßt sich das Intervall dieser Durchhangsskala auf runde Werte bringen.

Zusammenfassend sei der Vorgang der Durchhangsermittlung kurz geschildert: 1.) die nach Abschnitt I, Punkt 1, gefundene Beanspruchung wird in geeigneter Weise (bei Serienlösung: Papierstreifen) auf die Vertikale durch den Punkt a der Spannweitenskala übertragen (Punkt S der Abb. 6). 2.) Dieser Punkt S wird geradlinig mit O verbunden und dieser Strahl mit der Durchhangsskala zum Schnitt gebracht, woselbst der fragliche Wert unmittelbar abgelesen werden kann.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß bei Berechnung schiefer Spannfelder die Berechnung der Beanspruchungen zwar mit Zugrundelegung der Horizontalprojektion a der wahren, schief zu messenden Spannfeldlänge c, also genau wie für ein horizontales Spannfeld zu erfolgen hat, daß hingegen zur Bestimmung des Vertikaldurchhanges in Spannfeldmitte mit dieser schiefen Länge zu rechnen ist[5]), was dadurch geschieht, daß die gefundenen s-Werte auf der Vertikalen durch den Punkt c der Spannweitenskala aufgetragen werden.

[5]) Vgl. L. Truxa, E. u. M. 1924, H. 33,

Digitized by Google

Wenn im Endzustand Zusatzlasten vorhanden sind (resultierende Belastung p_1), sind die auf obige Weise gefundenen Durchhangswerte noch mit $\frac{p}{p_1}$ zu multiplizieren, um den wirklichen Durchhang zu erhalten, weil ja in diesem Falle mit der fiktiven Spannweite gearbeitet werden mußte.

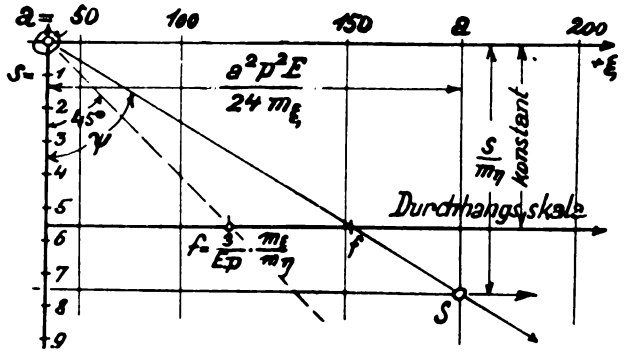


Abb. 6.

II. Beschreibung der Diagramme.

Bei Entwurf der Diagramme ist zunächst auf die Wahl geeigneter Maßstäbe für ξ und η, das heißt der Werte m_ξ und m_η, zu achten. Maßgebend ist hiefür zunächst der Bereich der Spannweiten und Beanspruchungen, für welche das Diagramm verwendet werden soll, also das Leitermaterial. Für Bronze mit $s_{max} \cong 30$ kg/mm² und $a \leqq 600$ m — bereits mit Rücksicht auf das Vorkommen fiktiver Spannweiten — wird sich $m_\xi = 200$, $m_\eta = 2$ besonders geeignet erweisen. Hiebei ist auch $m_\xi = 100\, m_\eta$, wofür sich nach Obigem die $\frac{p_0}{p} = \alpha$-Teilung zwanglos in die a- (oder s_0-)Teilung einfügt, so daß also bloß eine einzige quadratische Skala zu entwerfen ist. Entsprechend dem Entwurf der neuen Freileitungsvorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien[6]), der für Seile aus Bronze und Hartkupfer die gleichen Materialkonstanten, nämlich $E = 10\,000$ kg/mm², $p = 0{\cdot}009$ kg/m.mm² und $\vartheta = 0{\cdot}0000165$ einführt, werden diese beiden Leitermaterialien auf dem gleichen Blatte behandelt werden können, dessen a-Teilung nach der Gleichung

$$l_a \text{ cm} = a^2 \frac{10\,000 . 0{\cdot}009^2}{24 . 200} = 0{\cdot}00016875\, a^2$$

zu berechnen sein wird, worin die Spannweite a in Metern einzusetzen ist. Die Leitkurve $\xi = \frac{4}{27}\eta^3$ ist bis $\eta = \frac{3}{2} s_{max} = 45$ zu entwerfen, weil bekanntlich die in diesem Punkte berührende Tangente den Wert $\eta = s_{max}$ auf der η-Achse abschneidet. Die Bezifferung der α-Skala geht unmittelbar aus den im Anschlusse an Gleichung (7) gegebenen Erklärungen hervor, ebenso wie die Eintragung der a-Werte für die gebräuchlichen Leiterquerschnitte; hiebei wird zwischen den beiden, auf den bestehenden Vorschriften fußenden Annahmen bezüglich der Zusatzlast unterschieden: Normaleis $180\sqrt{d}$ bezw. 13 mm Eismantel und 50 kg/m² Wind. Jeder dieser Ausgangsbelastungen entspricht dann ein System ξ-paralleler Kennlinien für die gebräuchlichen Seilquerschnitte, mit deren Hilfe ein überwiegender Teil aller in der Praxis vorkommenden derartigen Aufgaben gelöst werden kann.

Die zu den oben angeführten Konstanten (für Hartkupfer und Bronzeseile) und Maßstäben gehörige bewegliche Temperaturskala wurde bereits in Abb. 3, und zwar in $^3/_4$ ihrer natürlichen Größe, gezeigt. Das Intervall des Temperaturmaßstabes wurde dort (für 1° C) mit

$$\frac{\vartheta . E}{m_\eta} = \frac{10\,000 . 0{\cdot}0000165}{2} = 0{\cdot}0825 \text{ cm}$$

oder 0·825 mm gefunden.

Die auf der gleichen Skala aufgetragenen Werte s_0 entsprechen der Skala der Beanspruchungen s, welche ihren Nullpunkt in jenem Punkte der Temperaturskala hat, welcher der Temperatur jenes Ausgangszustandes entspricht, in welchem die Zusatzlast auftritt (— 5° C).

Die Skala der Durchgangswerte wird durch den unter — 45° gegen die ξ-Achse durch O gelegten Strahl in einem Punkte getroffen, welcher einem Durchhange von

$$\frac{3}{E . p} \cdot \frac{m_\xi}{m_\eta} = \frac{3 . 200}{10\,000 . 0{\cdot}009 . 2} = 3{\cdot}33 \text{ m}$$

entspricht. Hieraus ergibt sich bei einer Entfernung von 20 cm dieses Skalenträgers von O ein Maßstab der Durchhangswerte 1 : 16·66 (6 cm Skalenlänge = 1 m Durchhang).

Die mit Rücksicht auf die erforderliche Ablesegenauigkeit gewählten Maßstäbe für ξ und η, sowie die in der Anwendung festgelegten Bereiche von s, a und $\frac{p_0}{p}$ erlauben die Behandlung sämtlicher Aufgaben auf einem Blatte vom Formate zirka 130 × 180 cm, das für den Bürogebrauch hinreichend handlich ist.

Leider war es, um nicht zu ausführlich zu werden, nicht möglich, die Einfachheit und Übersichtlichkeit des geschilderten Verfahrens an Hand von Durchführungsbeispielen unmittelbar zu demonstrieren, doch haben die vorstehenden Erörterungen ihren Zweck erfüllt, wenn es gelungen ist, den Leser anzuleiten, sich durch eigenen Versuch von der Richtigkeit und Zweckmäßigkeit des Verfahrens zu überzeugen.

[6]) E. u. M. 1927, S. 239.

Digitized by Google

Zur Frage des Parallelschaltproblemes von Transformatoren.

Von Dr.-Ing. E. **Wirz**, Privatdozent an der ETH Zürich.

(Schluß aus Heft 18, S. 393.)

Im folgenden soll nun auf Grund von Versuchswerten die Nachrechnung zweier paralleler Drehstromtransformatoren mit natürlicher Ölkühlung für je 300 kVA Leistung durchgeführt werden, um an Hand dieser Versuchsresultate noch einzelne Erscheinungen zu besprechen, die bisher noch nicht besprochen werden konnten. Die experimentelle Prüfung für jeden einzelnen Transformator ergab folgende Resultate:

Transformator *a*:

primär gemessener Leerlauf

Leerlaufleistung $P_{10a} = 1365$ W, Primärspannung $V_1 = 6300$ V, Sekundärspannung verkettet $V_2 = 390$ V oder pro Phase $V_{2ph} = 225$ V, Leerlaufstrom primär $J_{10} = 0{\cdot}3031$ A verkettet und $0{\cdot}175$ A pro Phase, Schaltung: primär in Dreieck, sekundär in Stern mit Nulleiter;

sekundär gemessener Leerlauf

Leerlaufleistung $P_{20a} = 1370$ W, Sekundärspannung $V_2 = 391{\cdot}5$ V verkettet oder 226 V pro Phase, Primärspannung $V_1 = 6300$ V, Leerlaufstrom $J_{20} = 5{\cdot}0$ A;

primär gemessener Kurzschluß

Kurzschlußleistung $P_{1ka} = 3765$ W, Kurzschlußspannung $V_{1k} = 193$ V, Kurzschlußstrom primär $J_{1k} = 28{\cdot}9$ A verkettet oder $16{\cdot}7$ A pro Phase.

Die Windungszahlen beider Wicklungen sind primär $w_{1a} = 812$ und sekundär $w_{2a} = 29$ und die Eisenbeanspruchung in den Kernen ist $B_{ka} = 11\,300$.

Transformator *b*:

primär gemessener Leerlauf

Leerlaufleistung $P_{10b} = 3290$ W, Primärspannung $V_1 = 6300$ V, Sekundärspannung $V_2 = 390$ V verkettet oder 225 V pro Phase, Leerlaufstrom $J_{10} = 3{\cdot}394$ A verkettet oder $1{\cdot}96$ A pro Phase;

sekundär gemessener Leerlauf

Leerlaufleistung $P_{20b} = 3330$ W, Sekundärspannung $= 394{\cdot}5$ V verkettet oder $227{\cdot}8$ V pro Phase, Primärspannung $V_1 = 6300$ V, sekundärer Leerlaufstrom $J_{20} = 56{\cdot}0$ A.

primär gemessener Kurzschluß

Kurzschlußleistung $P_{1kb} = 3590$ W, Kurzschlußspannung $P_{1k} = 189$ V, primärer Kurzschlußstrom $J_{1k} = 17{\cdot}1$ A pro Phase oder $29{\cdot}6$ A verkettet, Sekundärstrom $J_2 = 455$ A. Die Windungszahlen der Wicklungen sind primär $w_{1b} = 644$, sekundär $w_{2b} = 23$ und die Eisenbeanspruchung in den Kernen ist $B_{kb} = 14\,200$.

Aus diesen Versuchsresultaten lassen sich nun, wie in der früheren Arbeit gezeigt wurde, die Übersetzungsverhältnisse bei Leerlauf und Kurzschluß mit ihren Winkelfehlern berechnen und man erhält für

Transformator *a*: bei Leerlauf

$C_{0a} = 28{\cdot}2245$ und $\psi_{0a} = -16{\cdot}05'$,

bei Kurzschluß

$C_{ka} = 0{\cdot}035441$ und $\psi_{ka} = +16{\cdot}05'$.

Transformator *b*: bei Leerlauf

$C_{0b} = 28{\cdot}2813$ und $\psi_{0b} = -1{\cdot}35'$,

bei Kurzschluß

$C_{kb} = 0{\cdot}035468$ und $\psi_{kb} = +4{\cdot}85'$.

Mit diesen Werten läßt sich nun aus Gl. (25) bis (27) das Ausgleichsübersetzungsverhältnis mit seinen Komponenten bestimmen und man erhält für die α-Komponente

$$c_{0A\alpha} = c_{0b\alpha} - c_{0a\alpha} = 21{\cdot}2813 - 28{\cdot}2245 = 0{\cdot}0568$$

und für die β-Komponente

$$c_{0A\beta} = c_{0b} \cdot \sin\psi_{0b} - c_{0a} \cdot \sin\psi_{0a} = 0{\cdot}13024.$$

Beziehen wir diese Komponenten auf das Windungsverhältnis der Transformatoren, so macht die α-Komponente $0{\cdot}2025$ vH und die β-Komponente $0{\cdot}465$ vH des Windungsverhältnisses aus, das heißt die Komponenten der Ausgleichsspannung erhalten diese Prozentsätze von der Sekundärspannung.

Wir sehen daraus, daß schon eine sehr kleine Abweichung in der Übersetzung der Spannungen bereits eine sehr beträchtliche Ausgleichsspannung hervorbringt und daß in diesem Falle der Einfluß der Winkelfehler bereits mehr als doppelt so groß wie derjenige der Spannungsabweichung ist. Für das Ausgleichsübersetzungsverhältnis ergibt sich nach Gl. (26)

$$C_{0A} = \sqrt{0{\cdot}0568^2 + 0{\cdot}13024^2} = 0{\cdot}1421$$

oder aber $0{\cdot}507$ vH des Windungsverhältnisses.

Für den Ausgleichswinkel erhalten wir schließlich aus Gl. (27) den Wert

$$\operatorname{tg}\varphi_{0A} = \frac{0{\cdot}130238}{0{\cdot}0568} = +2{\cdot}3105,$$

so daß wir den Winkel selbst erhalten zu

$$\varphi_{0A} = 66^0\,36'.$$

Dieses Rechnungsbeispiel zeigt uns die bemerkenswerte Erscheinung, daß unter Umständen der Winkelfehler der Transformatoren einen größeren Einfluß auf den Ausgleichsstrom ausübt als die Abweichungen der Leerlaufspannungen, so daß wir diese Erscheinung etwas genauer untersuchen müssen. Gleichen wir nämlich Transformatoren mit verschiedenen Eisenbeanspruchungen so aufeinander ab, daß ihre Leerlaufspannungen numerisch einander gleich sind, so wird bei gleichen Kurzschlußspannungen der Ausgleichsstrom um so größer werden, je größer der Unterschied in den Eisenbeanspruchungen der parallel geschalteten Transformatoren ist. Sind B_{ka} und B_{kb} die Induktionen in den Eisenkernen, so ergibt sich ohne Rücksicht auf die Größe der Verlustziffer der verwendeten Blechqualitäten für $c_{0a\alpha} \cong c_{0b\alpha}$ das einfache Gesetz

Digitized by Google

$$\frac{B_{kb}}{B_{ka}} \gtrless 1 \text{ oder } c_{0A\beta} \gtrless 0,$$

das heißt, je größer der Unterschied zwischen den Induktionen ist, desto mehr weicht bei der Parallelschaltung die Komponente $c_{0A\beta}$ bezw. der Ausgleichsstrom in der positiven oder negativen Richtung von Null ab. In der Richtung nach abwärts ist hierbei diese Erscheinung weniger ausgeprägt wie nach aufwärts, da sich naturgemäß die Sättigung im Eisen beim Leerlaufstrom stärker bemerkbar macht. Durch Nachrechnung zahlreicher Beispiele wurde dieses Gesetz bestätigt gefunden und lassen sich die gefundenen Resultate in Kurvenform darstellen, wie dies in Abb. 5 geschehen ist. Die Werte dieser Kurven sind natürlich nur als Relativwerte zu betrachten und können von Fall zu Fall erheblich verschieden sein. Die stark ausgezogene Kurve zeigt den Verlauf von $c_{0A\beta}$ als Funktion von B_{kb}/B_{ka} an für $c_{0A\alpha} = 0$. Die gestrichelten Kurven dagegen stellen den Verlauf für $c_{0a} \gtrless c_{0b}$ dar, da die Abweichungen in den Leerlaufspannungen nur eine Verschiebung der Komponente $c_{0A\beta}$ in der positiven oder negativen Richtung verursachen. Aus diesen Kurven erkennen wir unschwer, daß der Parallelbetrieb zweier Transformatoren außerordentlich stark durch den Unterschied in den Eisenbeanspruchungen beeinflußt wird. Auf diese wichtige Erscheinung wurde bisher von keiner Seite hingewiesen, obschon mehrfach beobachtet wurde, daß ältere Transformatoren niemals mit modernen hochgesättigten befriedigend parallel arbeiten können, auch wenn die Leerlauf- und Kurzschlußspannungen einwandfrei miteinander übereinstimmen. Wie bereits schon erwähnt, können in solchen Fällen zu große Ausgleichströme nur durch Änderung der Übersetzung mittels Anzapfungen verkleinert werden, wodurch jedoch eine gleichmäßige Lastaufteilung nicht mehr erreicht werden kann.

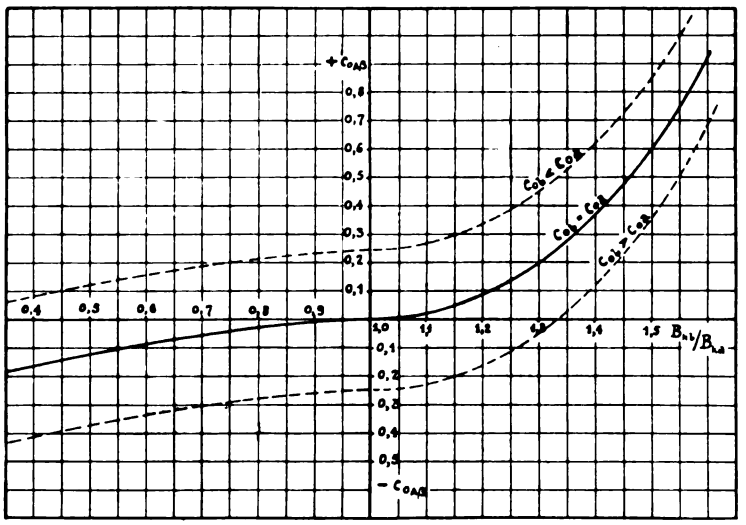


Abb. 5. Komponente $c_{0A\beta}$ der Ausgleichkonstanten als Funktion des Verhältnisses der Eisenbeanspruchungen B_{kb}/B_{ka}.

Bei unserem Berechnungsbeispiel können wir nun auch den Ausgleichsstrom berechnen, indem wir aus Gl. (28) die resultierende Kurzschlußimpedanz $Z_{kt} = 22{\cdot}095$ Ohm ermitteln, und erhalten schließlich aus Gl. (29) den auf primär reduzierten Ausgleichsstrom zu

$$J'_{2g} = \frac{6300 . 0{\cdot}05075}{22{\cdot}095} = 1{\cdot}447 \text{ A.}$$

Der sekundäre Ausgleichsstrom ist dann

$$J_{2g} = 1{\cdot}447 . 28 = 40{\cdot}51 \text{ A,}$$

das heißt, er beträgt 8·9 vH des Vollaststromes eines Transformators. Rechnen wir auch hier die beiden Stromkomponenten aus, die allein durch das numerische Übersetzungsverhältnis der Leerlaufspannung und durch die Winkelfehler verursacht werden, so ergibt sich für diese

$$J_{2g\alpha} = \frac{6300 . 0{\cdot}0568}{22{\cdot}095 . 28} . 28 = 16{\cdot}19 \text{ A}$$

oder 3·56 vH des Vollaststromes,

$$J_{2g\beta} = \frac{6300 . 0{\cdot}13024}{22{\cdot}095 . 28} . 28 = 37{\cdot}13 \text{ A}$$

oder 8·16 vH des Vollaststromes.

Für alle praktischen Zwecke werden wir Ausgleichsströme in der Größenordnung bis 5 vH des Vollaststromes zulassen müssen, da die Leerlaufspannungen bei Transformatoren meist nicht so genau abgestimmt werden können, so daß wir auch die berechnete Komponente von 3·56 vH durchaus als zulässig betrachten müssen. Andererseits verursacht der Winkelfehler jedoch bereits einen so großen Ausgleichsstrom, daß dieser eine unzulässig große Überlastung des Transformators hervorbringt. Bei unserem Rechnungsbeispiel war die Eisenbeanspruchung beider Transformatoren, bei dem einen $B_{ka} = 11\,300$ und bei dem anderen $B_{kb} = 14\,200$, woraus sich ein Verhältnis der Eisenbeanspruchungen von $\frac{B_{kb}}{B_{ka}} = 1{\cdot}26$ ergibt, dem wir die β-Komponente des Ausgleichsstromes von 8·16 vH gegenüber halten müssen. Würden wir bei dem einen Transformator die Induktion noch größer werden lassen, zum Beispiel $B_{kb} = 15\,800$, so steigt das Verhältnis der Eisenbeanspruchungen auf 1·4, so daß sich aus den Kurven der Abb. 5 ein $c_{0A\beta} = 0{\cdot}37$ ergibt, das einen Ausgleichsstrom von $J_{2g\beta} = 106$ A oder 23·2 vH des Vollaststromes erfordert. Obwohl diese Zahlenwerte nur Relativwerte darstellen, so erkennen wir doch, daß offenbar mit dem Verhältnis der Eisenbeanspruchungen praktisch gewisse Grenzen gezogen sind, über welche hinaus stets große Ausgleichsströme zu erwarten sind. In der Tat ergibt auch die Nachrechnung zahlreicher parallel geschalteter Transformatoren, daß diese Grenze bei 10 bis 15 vH in den Abweichungen der Eisenbeanspruchungen oberhalb von $B = 10\,000$ liegt. Unterhalb von $B = 10\,000$ ist die Grenze entsprechend höher, aber praktisch kommt diese Grenze wohl kaum mehr in Frage, da die fort-

Digitized by Google

schreitende Technik im Sinne der Materialausnützung die Eisenbeanspruchung nicht erniedrigt, sondern zu immer höheren Werten hinauftreibt. Erst kürzlich hat der Verfasser an zwei 10 000 kVA Transformatoren beobachtet, daß bei vollständig

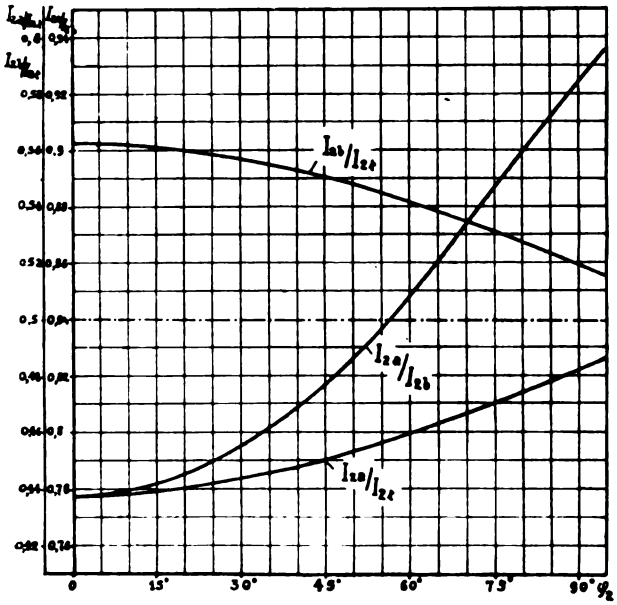


Abb. 6. Verhältnisse der Teilströme als Funktion der sekundären Phasenverschiebung.

befriedigenden Leerlauf- und Kurzschlußspannungen dennoch beim Parallelbetrieb sich ein Ausgleichsstrom von zirka 41 vH ergab. Die Nachrechnung ergab auch bei dem einen Transformator eine Induktion von 11 500 und bei dem anderen 16 800, so daß sich hierbei ein Verhältnis von $B_{kb}/B_{ka} = 1{\cdot}46$ oder aus den Kurven der Abb. 5 eine Abweichung von 46 vH ergibt. Der Parallelbetrieb dieser Transformatoren wurde dadurch vollständig unmöglich, da eine Überlastung von 41 vH des einen Transformators nicht mehr dauernd zugelassen werden konnte. Natürlich wird auch der andere Transformator beeinflußt werden, aber niemals gleichzeitig überlastet, sondern in demselben Maße wird sein Leistungsanteil heruntergehen, wie der speisende Transformator ihm Energie zuführen muß, um sein magnetisches und elektrisches Gleichgewicht herzustellen. Aus diesem Grunde ist es nicht recht verständlich, weshalb Vidmar in seiner Arbeit sagt, daß möglicherweise beide Transformatoren überlastet werden, was sich weder theoretisch noch praktisch nachweisen läßt.

Aus Gl. (39) können wir nun auch das Verhältnis der Teilströme berechnen und erhalten bei einer mittleren Sekundärspannung von $V_2 = 220$ V als Funktion der sekundären Phasenverschiebung die Teilverhältnisse der Ströme in der folgenden Tabelle:

φ_2	I_{2a}/I_{2t}	I_{2b}/I_{2t}	I_{2a}/I_{2b}
0	0·4375	0·5625	0·777
15°	0·438	0·562	0·782
30°	0·443	0·557	0·796
45°	0·450	0·550	0·816
60°	0·460	0·540	0·848
75°	0·470	0·530	0·887
90°	0·480	0·520	0·924

Tragen wir diese Werte noch in Kurvenform auf, so erhalten wir die in Abb. 6 dargestellten Teilverhältniskurven, die uns angeben, daß mit zunehmender Phasenverschiebung der Belastungsausgleich besser wird. Die sekundäre Phasenverschiebung hat daher eine sehr günstige Wirkung, jedoch vermag diese nicht die Belastung vollständig auszugleichen. Aus diesen Kurven können wir jedoch das Verhalten der beiden Transformatoren bei verschiedenen Belastungen noch nicht eindeutig beurteilen, da der Ausgleichsstrom sich nicht bei allen Belastungen in gleicher Weise

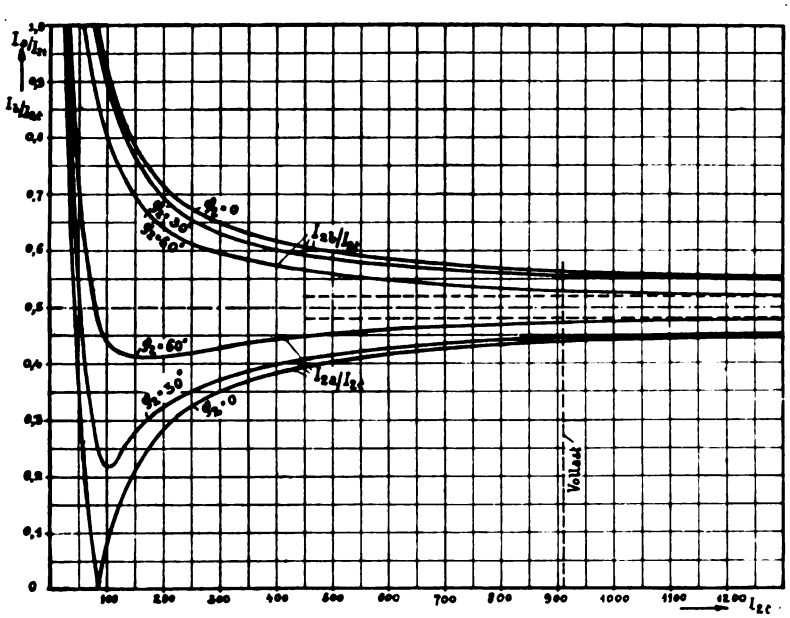


Abb. 7. Teilverhältnisse der Ströme als Funktion der Sekundärbelastung bei verschiedenen sekundären Phasenverschiebungen.

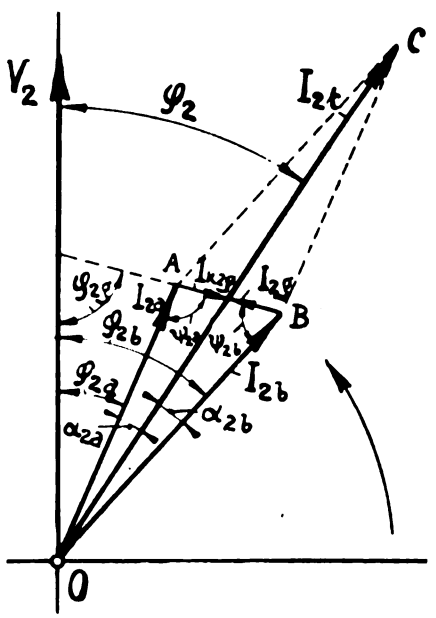


Abb. 8. Diagramm d. Sekundärströme bei einer beliebigen sekundären Phasenverschiebung.

Digitized by Google

bemerkbar macht. In Abb. 7 sind deshalb die Teilverhältnisse als Funktion der Belastung und der Phasenverschiebung nochmals dargestellt und ergibt sich daraus, daß sich der speisende Transformator völlig verschieden verhält wie der gespeiste. Für $\varphi_2 = 0$ tritt sogar der Fall ein, daß bei einer bestimmten Belastung der gespeiste Transformator überhaupt keine Energie mehr an das äußere Sekundärnetz abgibt. Mit zunehmender sekundärer Phasenverschiebung verflacht sich diese Erscheinung immer mehr und die Kurven bei $\varphi_2 = 90^0$ nähern sich asymptotisch dem durch die Kurzschlußimpedanzen beider Transformatoren geschaffenen Grenzzustande, wie in der Abb. 7 durch die beiden gestrichelten Linien dargestellt ist. Diesem Grenzzustande streben auch diese Kurven im Kurzschlußzustande zu. Daraus geht hervor, daß im Arbeitsbereiche der Transformatoren vom Leerlauf bis Kurzschluß bezw. Vollast den Kurzschlußspannungen nur dann die führende Rolle zukommt, wenn die Ausgleichskonstante bezw. der Ausgleichsstrom verschwindet. Hat dagegen der Ausgleichsstrom eine bestimmte Größe erreicht, so übernimmt er im ganzen Arbeitsbereich die Führung. Selbstverständlich haben diese Kurzschlußspannungen stets einen gewissen Einfluß auf die Lastaufteilung, aber noch lange nicht in demselben Maße, wie die Ausgleichskonstante diese beeinflußt. Um auch diese Erscheinungen vollständig abzuklären, ist es notwendig, den Ausgleichsstrom bei Belastung zu untersuchen, da die berechneten Teilverhältniskurven nicht in allen Teilen darüber Aufschluß geben.

Für eine beliebige sekundäre Phasenverschiebung φ_2 ist deshalb in Abb. 8 das Vektordiagramm der Ströme mit ihrer Phasenlage gegenüber der Sekundärspannung dargestellt.

Die Teilströme sind hiebei gegenüber der Sekundärspannung V_2 um die Winkel φ_{2a} und φ_{2b} verschoben, wenn der resultierende Strom J_{2t} um den Winkel φ_2 verschoben ist. Die beiden Teilströme J_{2a} und J_{2b} sind dann um den Winkel $\varphi_g = \varphi_{2b} - \varphi_{2a}$ gegeneinander verschoben, so daß sich aus dem Dreieck OAB für den resultierenden Ausgleichsstrom die Beziehung ergibt

$$J_g^2 = J_{2a}^2 + J_{2b}^2 - 2 \cdot J_{2a} \cdot J_{2b} \cdot \cos \varphi_g \quad . \quad (40).$$

Den resultierenden Sekundärstrom erhalten wir auf dieselbe Weise, da beide Teilströme miteinander den Winkel $180^0 - \varphi$ bilden:

$$J_{2t}^2 = J_{2a}^2 + J_{2b}^2 - 2 \cdot J_{2a} \cdot J_{2b} \cdot \cos (180^0 - \varphi_g) \quad (41).$$

Eliminieren wir aus beiden Gleichungen $\cos \varphi_g$, so wird

$$\cos \varphi_g = \frac{J_{2a}^2 + J_{2b}^2 - J_g^2}{2 \cdot J_{2a} \cdot J_{2b}} = \frac{J_{2t}^2 - (J_{2a}^2 + J_{2b}^2)}{2 \cdot J_{2a} \cdot J_{2b}} \quad (42),$$

so daß wir schließlich das Verhältnis des resultierenden Ausgleichsstrom zum resultierenden Sekundärstrom erhalten

$$\frac{J_g}{J_{2t}} = \sqrt{2 \cdot \frac{J_{2a}^2 + J_{2b}^2}{J_{2t}^2} - 1} \quad . \quad . \quad . \quad (43).$$

Dieser aus Gl. (43) ermittelte resultierende Ausgleichsstrom stellt jedoch nicht den wahren Ausgleichsstrom dar, da er im gespeisten Transformator einen Strom J_{2kg} kompensiert, so daß gelten muß

$$J_g = J_{2g} + J_{2kg} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (44).$$

Andererseits ergibt sich aus dem Diagramm der Abb. 8, daß stets der Ausgleichsstrom J_{2g} gleich groß ist und entgegengesetzte Richtung wie der Kompensationsstrom J_{2kg} hat, so daß der wahre Ausgleichsstrom den Wert erhält

$$J_{2g} = J_{2kg} = \frac{J_g}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45).$$

Aus dem Diagramm der Abb. 8 kann auch der Phasenwinkel zwischen der Sekundärspannung und dem Ausgleichsstrom bestimmt werden zu

$$\varphi_{2g} = \alpha_{2a} + \psi_{2a} - \varphi_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46),$$

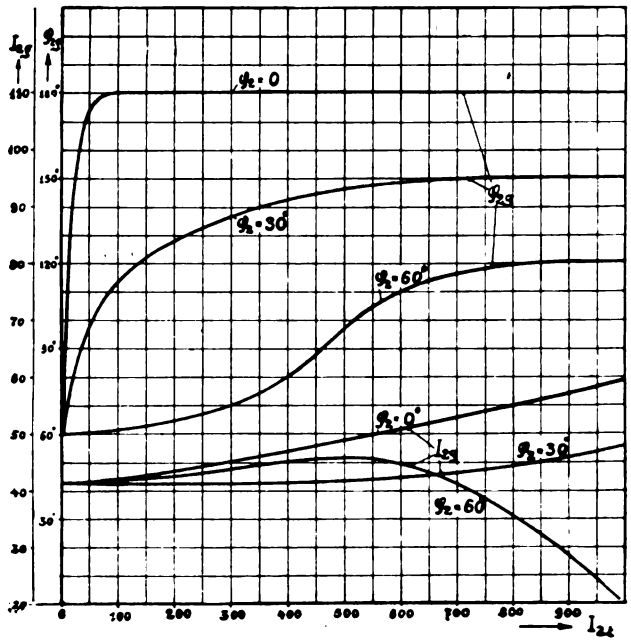


Abb. 9. Ausgleichstrom und sein Phasenwinkel als Funktion des resultierenden Belastungsstromes bei verschiedenen sekundären Phasenverschiebungen.

wobei die Winkel α_{2a} und ψ_{2a} bestimmbar sind aus

$$\left.\begin{aligned} \cos \alpha_{2a} &= \frac{4\left(\frac{J_{2a}}{J_{2t}}\right)^2 + \left(\frac{J_g}{J_{2t}}\right)^2 - 1}{4 \cdot \frac{J_{2a}}{J_{2t}} \cdot \frac{J_g}{J_{2t}}} \\ \cos \psi_{2a} &= \frac{1 + 4\left(\frac{J_{2a}}{J_{2t}}\right)^2 - \left(\frac{J_g}{J_{2t}}\right)^2}{4 \cdot \left(\frac{J_{2a}}{J_{2t}}\right)} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (47).$$

Rechnen wir aus der Abb. 7 die Werte von J_{2g} und φ_{2g} aus, so erhalten wir die Kurven der Abb. 9, die uns das überraschende Resultat ergeben, daß für die Phasenverschiebung $\varphi_2 = 0$ der Ausgleichsstrom J_{2g} mit zunehmender Belastung von einem Anfangswert an langsam zunimmt und dabei der Phasenwinkel φ_{2g} sehr rasch auf 180^0 ansteigt und dann konstant bleibt. Mit zunehmender Phasenverschiebung wird entsprechend auch

Digitized by Google

der Phasenwinkel φ_{2g} herabgedrückt und der Ausgleichsstrom nimmt mit zunehmender Belastung wieder ab. Aus Abb. 7 und 8 erkennen wir auch, daß für $J_{2a} = 0$ und $\varphi_2 = 0^0$ der Phasenwinkel $\varphi_{2g} = 180^0$ gerade erreicht wird, so daß dieser Punkt eine charakteristische Erscheinung der Parallelschaltung darstellen muß, da auch der gespeiste Transformator *a* in diesem Momente seine Leistungsabgabe ans Sekundärnetz einstellt.

Wie wir aus diesen Ausführungen ersehen, können wir daher bei der Parallelschaltung von Transformatoren aus den Prüfresultaten jedes einzelnen Transformators alle Fragen einwandfrei beurteilen, die für den Parallelbetrieb wichtig sind, und das Rechnungsbeispiel zeigt uns, daß der Ausgleichsstrom bei Leerlauf das Verhalten beider Transformatoren vollständig beherrscht. Nur für den Fall, daß der Ausgleichsstrom nahezu verschwindet, beherrschen die Kurzschlußspannungen die Lastaufteilung. Aus diesem Grunde können die heutigen Vorschriften über den Parallelbetrieb von Transformatoren den praktischen Anforderungen nicht genügen, da darin die Ausgleichskonstante gar nicht berücksichtigt ist und doch, wie im vorstehenden gezeigt wurde, die Hauptsache vom Ganzen bildet.

Zum Schlusse können wir nun auch kurz den Fall besprechen, wenn zwischen beide Transformatoren Ohmsche und induktive oder kapazitive Widerstände eingeschaltet sind, wie dies zum Beispiel bei einem dazwischen liegenden Kabel eintritt. Aus unseren Gleichungen für den Ausgleichsstrom beantwortet sich diese Frage dahin, daß eine Vergrößerung der Impedanzen stets eine Herabsetzung der Ausgleichsströme bewirken muß, was auch mit den praktischen Erfahrungen vollkommen übereinstimmt. Es hätte jedoch gar keinen Sinn, durch eine Vergrößerung der Impedanzen diese Ausgleichsströme zu begrenzen, da hiedurch vergrößerte Verluste entstehen, die den Parallelbetrieb unwirtschaftlich machen würden.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Kraftwerk der Bergbau A.-G. Lothringen auf Schacht IV in Gerthe bei Bochum. Von P. Dettenborn. Das Werk ist zur Versorgung mehrerer Betriebe mit Strom, sowie Kraft- und Heizdampf bestimmt. Verfeuert werden anfallende minderwertige Brennstoffe wie Koksgrus und Schlamm. Der in den Hochdruckkesseln erzeugte Dampf von 28 atü und 470° C tritt mit 25 atü und 375° C in die als Anzapfturbinen ausgebildeten Kraftmaschinen und wird diesen nach Bedarf bei 10 atü entnommen, um dann in vorhandenen, mit diesem Druck arbeitenden Maschinen weitere Arbeit zu leisten. Reicht die den Turbinen entnommene Dampfmenge nicht aus, so wird über ein Druckminderventil und einen Enthitzer, Bauart Bayer[1]), Frischdampf dem Dampfverteiler I für die 10 at Maschinen zugeführt. Der Verteiler I wird auch noch durch drei Rauchrohrkessel unmittelbar mit Dampf versorgt. Erhält er mehr Dampf, als die an ihn angeschlossenen Verbraucher benötigen, so strömt der Überschuß in den gleichfalls mit der Hauptdampfleitung verbundenen Verteiler II und von dort zu den übrigen, gegen Dampfdruckschwankungen weniger empfindlichen Verbrauchern. Mit Rücksicht auf plötzliche große Schwankungen im Dampfverbrauch ist noch ein Ruthsspeicher von 120 m³ an den Verteiler II angeschlossen. Beim Sinken des Druckes in der Hauptleitung unter 26 at wird der Verteiler II vom Hochdrucknetz und vom Verteiler I abgeschlossen und der Ruthsspeicher tritt in Tätigkeit. Zur Dampflieferung an eine an den Verteiler II angeschlossene Zweidruckturbine kann auch noch ein Abdampfspeicher, Bauart Harlé, herangezogen werden. Da der Entnahmedampf der Dampfturbinen, der zu den Verbrauchern des Verteilers II strömt, eine Temperatur von rund 275° C hat, der aus dem Ruthsspeicher strömende Dampf nur 175° C, wird der letztere durch einen Überhitzungsspeicher um rund 40° C mittels der beim Einströmen in den Ruthsspeicher an den Überhitzungsspeicher abgegebenen Wärme wieder überhitzt. Der Abdampf aller Verbraucher wird zu Heizungszwecken und dgl. verwendet, ein etwaiger Überschuß in der Zweidruckturbine.

Die Kesselanlage des Werkes besteht derzeit aus sechs Hanomag-Steilrohrkesseln von je 600 m² Heizfläche und 460 m² Vorwärmerfläche. Vier Kessel sind mit Unterwindwanderrosten und Kohlenstaubzusatzfeuerung ausgerüstet, die restlichen zwei mit reiner Kohlenstaub- und Gasfeuerung; letztere kann gleichzeitig mit der Kohlenstaubfeuerung betrieben werden. Jeder Kessel liefert 21 bis 26·4 t/h Dampf bei 150° C Speisewassertemperatur. Die von den Kesseln getrennt untergebrachte Kohlenstaubmahlanlage besteht aus zwei Mühlen von je 6 t/h Normalleistung. Zur Speisewasseraufbereitung dient eine Dreifachverdampferanlage.

Außer der erwähnten älteren 1250 kW-MAN-Zweidruckturbine sind noch zwei 10 000 kW-Anzapfturbinen für 20 000 kg/h Entnahmedampfmenge aufgestellt worden, die mit 3000 U/min laufen und mit Drehstromerzeugern für 6300 V gekuppelt sind. Die von der AEG ebenso wie der zugehörige Stromerzeuger gebaute Turbine ist zweigehäusig. Im ersten Gehäuse sind der Hoch- und Mitteldruckteil, je aus einem Curtisrad und mehreren Gleichdruckstufen bestehend, untergebracht, im zweiten Gehäuse der Niederdruckteil mit einer Überdrucktrommel. Ein Druck- und ein Drehzahlregler wirken auf die Düsenventile des Hoch- und Mitteldruckteiles sowie auf die Ventile der Anzapfsteuerung ein. Die von der MAN gelieferte, mit einem SSW-Stromerzeuger gekuppelte Turbine, Bauart Brünn, ist dreigehäusig mit zusammen 34 Stufen. Auch hier sind bei der ersten Stufe des Mitteldruckteiles Düsenventile vorgesehen, um den Dampfverbrauch bei Teillasten niedrig zu halten.

Die Stromerzeuger sind mit Schnellreglern und Schutzvorrichtungen gegen Windungsschluß, Erdschluß, Überspannung und Überstrom ausgerüstet. Die Schaltanlage ist vollständig vom Maschinenhaus getrennt. Zur Stromverteilung dienen drei Gruppen von Doppelsammelschienen für 25, 6 und 2 kV. Alle angeschlossenen Motoren über 150 kW haben 6 kV-Spannung, die übrigen zum größten Teil 380 V, außer einigen vorhandenen Motoren für 2 kV. In die Kessel- und Maschinenanlage sind überaus zahlreiche Meßgeräte eingebaut worden, deren Anzeigegeräte sowie die zugehörigen Mengenzähler in einer besonderen Meßwarte untergebracht sind. Der Bau der Anlage wurde 1925 begonnen, und trotz länger dauernden Streiks und Aussperrungen konnte im Oktober 1926 die Strom- und Dampflieferung aufgenommen werden.

(Z. V. D. I., Bd. 72, H. 4 und 5, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN S. 45.

Digitized by Google

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Feuerungseinrichtungen im Charles R. Huntley-Werk (Buffalo). H. M. Cushing und R. P. Moore. Die Buffalo General Electric Cie. hat als Reserve- und Spitzenwerk für die Niagarafallanlagen das Huntley-Werk ausgebaut. Der Neubau stellt eine Erweiterung der alten Anlage dar und mußte den vorhandenen Gebäuden angepaßt werden. Es wurden vier Kessel (einer als Reserve) mit einer höchsten Einzelleistung von 100 000 kg/h Dampf und eine Turbine mit 60 000 kW aufgestellt. Die Kessel gehören der B. & W.-Schrägrohrtype an, haben je eine quer zu den Rohren liegende Obertrommel und senkrecht stehende Rohrsektionen. Die Heizfläche beträgt 1160 m². Die Feuerungen sind nach der „Brunnen"-Type (well type) gebaut[1]).

Um für den Bau der Feuerungen die nötigen Erfahrungen zu sammeln, wurde zunächst ein Kessel für Versuchszwecke aufgestellt. Der Versuchskessel wurde zuerst mit einem Feuerraum ausgestattet, dessen unterer Teil — der „Brunnen" — die Form eines Würfels (rund 2·5 m Seitenlänge) mit von senkrechten Wasserrohren gebildeten Seitenwänden erhielt. Oberhalb des „Brunnens" liegen die Seitenwände schräg nach außen, so daß die Wasserrohre auf den Mantelflächen eines Pyramidenstumpfes liegen, dessen größere Grundfläche von den ersten Kesselrohren gebildet wird. Der Kohlenstaub wird im Unterteil des Feuerraumes durch vier hohe, schmale Brenner, die normal zu den Wasserrohrwänden liegen, exzentrisch zur senkrechten Mittelachse des Kessels eingeblasen (Brunnenbrenner). Dadurch erhält die Flamme eine kreisende Bewegung und werden die Gase gut durcheinander gewirbelt. Die oberen und unteren Wasserkammern der Kühlrohre sind mit der Kesseltrommel verbunden und haben keine eigenen Rücklaufrohre. Die hohlen Mauern der Brennkammer werden mittels Sekundärluft abgekühlt. Das Feuerraumvolumen beträgt 143 m³.

Die Brennkammern der drei übrigen Kessel, welche auf Grund der Erfahrungen mit der ersten Brennkammer des Versuchskessels gebaut wurden, erhielten ein Volumen von 290 m³, sind also doppelt so groß. Der „Brunnen" ist bei diesen Kammern 7·5 × 7·5 m im Querschnitt und 2·3 m hoch. Oberhalb desselben sind die Vorder- und die Rückwand der Feuerung als senkrechte Ebenen bis zu den Kesselrohren hochgezogen, während die ebenfalls senkrechten Seitenwände im oberen Teil der Kammer über kurze schräge Absätze nach rechts und links hinausgeschoben sind und bis zu den Kesselrohren reichen. Im Gegensatz zum Versuchskessel sind sämtliche Kühlrohre mit Blöcken verkleidet. Jede Rohrwand hat ihre eigenen Rücklaufrohre. Den flachen Boden der Kammer bilden zwei Reihen feuerfester Steine, die auf einer Stahlplatte liegen und mittels Sekundärluft gekühlt werden. Die Schlacke fällt in flüssigem Zustand an und wird von Zeit zu Zeit abgelassen. Die Feuerraumtemperaturen sind daher nur mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Kühlrohre begrenzt. Der Strahl glühender Schlacke wird in einem eigenen Gußgehäuse mit einem kräftigen Wasserstrahl abgeschreckt. Dadurch wird die Schlacke granuliert, gelangt dann gemeinsam mit dem Wasser in einen Sumpf, aus dem sie eine Pumpe in einen Hochbehälter fördert. Vor jedem Kessel stehen zwei mit Windsichtern versehene Kugelmühlen von je 8 t Stundenleistung. Die Kohle fällt den Mühlen ungetrocknet zu und wird von jeder Mühle mit zwei zugehörigen Brennern in den Feuerraum geblasen. Es ist auch möglich mit einer einzigen Mühle zu arbeiten.

Der Versuchskessel wurde zunächst möglichst stark belastet, um die Güte der Baustoffe zu erproben. Der Unterteil der Brennkammer war zuerst mit nackten Stahlblöcken verkleidet. Mit dieser Brennkammer konnten Leistungen von 100 000 kg Dampf/h erreicht werden. Die Abgastemperatur betrug dabei rund 300°. Jedoch zeigte sich starke Rauchbildung und außerdem brannten die Stahlblöcke an gewissen Stellen der Kammer bald ab. Der nächste Schritt bestand darin, daß die nackten Stahlblöcke mit Schamotte verkleidet wurden. Auch wurden die früheren, wassergekühlten Brenner, die eine fast quadratische Öffnung hatten, durch luftgekühlte Brenner mit schmaler, hoher Öffnung ersetzt. Diesen Brennern wird auch an den beiden Seiten Sekundärluft zugeführt, welche früher direkt durch die Wände in den Feuerraum geblasen wurde. Der Erscheinung, daß ungleiche Staub- und Luftverteilung auf die beiden zu einer Mühle gehörigen Brenner eintrat, wurde dadurch abgeholfen, daß ein eigener Verteiler für Staub und Luft eingebaut wurde. Um auch nasse Kohle verfeuern zu können, hat man einen dampfbeheizten Primärluftvorwärmer aufgestellt, der es ermöglicht, daß Kohle mit 15 vH Feuchtigkeit bei einer Lufttemperatur von rund 170° mit demselben spezifischen Kraftverbrauch vermahlen werden kann wie trockene Kohle.

Bei einer Wand, bei der versuchsweise die nackten Wasserrohre dem Feuer ausgesetzt waren, traten an den Rohren Ausbeulungen auf. Andererseits zeigte sich, daß je mehr Rohre auf der Feuerseite verkleidet waren, desto weniger Rauchbildung auftrat und desto mehr Schlacke sich an den Wänden ansammelte. Mit der Versuchskammer konnten dauernd Feuerraumbelastungen von 280 000 WE/m³ gefahren werden, ohne daß die Lebensdauer der Blöcke besonders litt. Bei 370 000 WE/m³ (90 000 kg/h Dampferzeugung) war bei sonst günstigen Verhältnissen die Lebensdauer der Blöcke schon zu kurz. Da man aber 100 000 kg/h Dampf erzeugen wollte, wurde der Feuerraum vergrößert. Bei den drei später gebauten Kesseln konnten ohne Schwierigkeiten 110 000 kg Dampf dauernd stündlich erzeugt werden. Die Schlacke wird bei diesen Kesseln alle 24 Stunden einmal abgelassen. Der Kessel muß aber vor dem Abschlacken genügend lange Zeit im Betrieb gewesen sein. Die Rauchgase enthalten durchschnittlich 16 vH CO_2. Die Feuerraumtemperatur beträgt bei diesen hohen Belastungen 1500°. Die unterste Leistungsgrenze der Kessel ist 27 000 kg/h, die oberste 125 000 kg/h. Beim Betrieb mit einer Mühle kann noch eine Leistung von 90 000 kg/h bei 83 vH Wirkungsgrad erreicht werden. Der reine Wirkungsgrad unter Berücksichtigung des Kraftverbrauches der Hilfsantriebe beträgt bei einer Belastung von 60 000 kg/h 86 vH und bei 125 000 kg/h 82 vH. Die Primärluftmenge ist bei allen Belastungen konstant und beträgt 36 000 kg/h während die Sekundärluftmenge von rund 18 000 kg/h bei 60 000 kg Dampf/h auf 90 000 kg/h bei 125 000 kg/h Dampf steigt. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese Kessel bei genügender Regulierfähigkeit und hohem Wirkungsgrad Kohle mit niedrigem Schlackenschmelzpunkt in verhältnismäßig kleinen Feuerräumen verbrennen können. Stip.

(Power, Bd. 66, Nr. 21, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 235.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Der Wirkungsgrad von Spiralgehäusen wird von Prof. Dr. Baudisch, Wien, untersucht. Zur Bestimmung des Wirkungsgrades werden sowohl die Fliehkraft- als auch die Reibungsverluste im Spiralgehäuse berechnet. Bei den Spiralgehäusen der Francisturbine treten nur sehr kleine Wassergeschwindigkeiten auf. Ihre Einheitswerte stellen sich auf $\frac{c}{\sqrt{H}} = 0{\cdot}8$ bis $1{\cdot}2$. Ist d der Eintrittsdurchmesser der Spirale, D der Konstruktionsdurchmesser des Gehäuses (welchen alle Gehäusequerschnitte außen berühren), so ergeben sich, geordnet nach den Werten $\frac{d}{D}$, folgende Gehäusewirkungsgrade:

$\frac{c}{\sqrt{H}}$	$\frac{d}{D}$			
	0·5	0·4	0·3	0·2
0·8	0·972	0·975	0·978	0·981
1·0	0·953	0·959	0·964	0·968
1·2	0·940	0·942	0·949	0·955

Digitized by Google

Bei der Wirbelstrahlturbine[1]) hingegen treten sehr große Wassergeschwindigkeiten auf. Hier treten die Fliehkraftverluste derart in den Vordergrund, daß sich die Gehäusewirkungsgrade nur innerhalb der Grenzen 0·52 bis 0·67 bewegen.

(Deutsche Wasserwirtschaft, 23. Jg., Heft 1, 1928.)

Talsperrenmodellversuche sind nach C. Camichel und L. Escande, Toulouse, nur hinsichtlich statischer Verhältnisse[2]), nicht aber auch hinsichtlich dynamischer Verhältnisse streng dem Verkleinerungsmaßstab entsprechend. Durch Vergleichsversuche an einer Talsperre von 13 m Höhe, über deren Krone je m Überfallbreite 40 m³/s überfließen, und an Modellen, die im Verkleinerungsmaßstab $\lambda = 1/300$, $1/150$, $1/100$ und $1/19{\cdot}5$ ausgeführt wurden, konnte dies festgestellt werden. Die drei kleineren Modelle waren hiebei in Bronze, das große Modell in armiertem Beton an einem 800 l/s führenden Wasserlaufe erstellt worden. Die Vergleichsversuche wurden nach dem 1832 von Reech gefundenen, 1872 von Froude wiedergefundenen Reech-Froude'schen Gesetze[3]) mit Hilfe der Umrechnungszahl $\lambda^{5/2}$ auf die Originalsperre umgerechnet. Es ergaben sich folgende Überfallwassermengen in m³/s bei H m Überfallhöhe:

	$\lambda = 1/300$	$1/150$	$1/100$	$1/19{\cdot}5$
$H = 2$	—	5·1	5·2	6·0
3	9·6	10·3	10·7	11·1
4	16·3	16·8	17·1	18·0
5	24·5	25·2	25·6	26·5
6	33·5	34·2	35·0	36·0
7	43·0	44·1	45·5	—

Die Tabelle zeigt, daß die Zahlwerte trotz ihrer Unstimmigkeit einem gewissen System unterliegen. Die Abweichungen lassen sich am natürlichsten daraus erklären, daß die Nebenströmungen, insbesondere die sich ausbildenden Wälzwirbel[4]), infolge der nicht im Maßstab verlaufenden Verkleinerung des Gefüges der Baustoffe und des Bodens nicht in der gleichen Gesetzmäßigkeit auftreten. β.

(Le Génie civil, Band 42, Nr. 8, 1928.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Die Hochspannungsverteilung beim Shannonkraftwerk (Irland.)[5]) Der im Werk erzeugte 10·5 kV Drehstrom wird teils auf 110 kV, teils auf 38 kV hinauftransformiert. Eine 186 km lange 110 kV Doppelleitung geht vom Kraftwerke in nordöstlicher Richtung bis zum Umspannwerke Dublin, eine 95 km lange 110 kV Einfachleitung nach Süden zum Umspannwerke Cork. Das 38 kV-Netz umfaßt vier vom Kraftwerke und den Umspannwerken ausgehende Schleifen von zusammen 1660 km, an welchen die 38/10 kV Umspannwerke liegen. An das noch nicht endgiltig festgelegte 10 kV-Netz sollen dann auch die Umspannwerke für 380/220 V angeschlossen werden. Geplant ist noch, ein 38/10 kV Umspannwerk, in der Mitte zwischen dem Kraftwerk und Dublin, später zu einem 110/38 kV Werk auszubauen. Die 110 kV Leitungen von 3×95 mm² sind ausschließlich auf Gittermasten ausgelegt, die 38 kV Leitungen von 3×50 mm², bezw. 3×95 mm² im südlichen Teile auf Gitter- und im nördlichen Teile auf Holzmasten, für das noch zu erbauende 10 kV-Netz sind ausschließlich Holzmaste vorgesehen. —k.

(Siemens Progress on the Shannon, 2. Jg., 1928, Nr. 4 und 5.)

Fernmeldewesen.

Elektrische Fernsteuerung. Elektronenröhre und Telephon gehören zu den empfindlichsten Apparaten, die die Elektrotechnik geschaffen hat; daher auch ihre hervorragende Eignung zu Relaiswirkungen. Sinnfällig wird dies für die Elektronenröhre durch einen Demonstrationsversuch von D. D. Knowles von der Westinghouse Co. gezeigt, bei welchem der kapazitive Einfluß, den das Nähern und Entfernen einer Hand an eine mit einer besonders ausgebildeten Senderöhre[1]) in Verbindung stehende Metallplatte ausübt, ein Automobil in Bewegung zu setzen und vor- und rückwärts zu steuern vermag. Der Automobilmotor wird von Relais gesteuert, die im Stromkreis eines Wellenempfängers eingeschaltet sind.

Aber auch das Telephon ist imstande, recht bedeutende Relaiswirkungen hervorzurufen, wie neuerdings das sogenannte „Televocal System" von R. J. Wensley beweist. Bei diesem werden gewisse telephonisch übermittelte Worte zu charakteristischen Sprachlauten gesiebt und von einem Mikrophon verstärkt an einen Lautsprecher weitergegeben, der seinerseits, rein akustisch, verschiedene im gleichen Raum aufgestellte, auf Schallwellen reagierende Relais in Bewegung setzt, die je nach Wunsch gewisse Stromkreise öffnen und schließen. Auf diese Weise ist es möglich, Fernsteuerungen und Fernkontrolle (auch im Haushalt) auf elektro-akustischem Weg auszuführen. Fr—r.

Elektrokapillares Mikrophon. M. Latour hat der französischen Akademie der Wissenschaften ein Mikrophon vorgeführt, welches auf Grund der Erscheinungen der Elektrokapillarität arbeitet. In ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß wird mit ihrer engen Öffnung eine Kapillarröhre eingetaucht, welche sich nach außen trichterförmig erweitert und mit irgend einem Elektrolyten gefüllt ist, der zum Schutz gegen Verdunsten mit einer Ölschichte bedeckt wird. In den Elektrolyt wird das eine, in das Quecksilber das andere Ende einer zum Empfänger gehenden Leitung eingeführt. Spricht man in einiger Entfernung von diesem einfachen Apparat, so sendet er in die Leitung Mikrophonströme, die aber nicht auf der Veränderung des inneren Gleichstromwiderstandes der Anordnung, sondern auf einer elektrokapillaren Wechsel-EMK beruhen, da sie durch Einschalten eines Kondensators in den Stromkreis nicht unterdrückt werden. Schickt man umgekehrt durch diesen Apparat von außen Wechselströme von Tonfrequenz, so arbeitet er auch als Telephon. Frd.

(Le Génie Civil, Bd. 92, Nr. 6, 1928.)

Die Verwendung von Hochfrequenzströmen zur Schaltersteuerung behandelt C. A. Boddie. Die Fernsteuerung und Fernkontrolle mit Hilfe von Drahtleitungen gewinnt stets mehr an Verbreitung. Oft aber begegnet die Herstellung der Drahtleitungen besonderen Schwierigkeiten oder Kosten, so daß die Benützung vorhandener Starkstromleitungen zur Fortleitung von Hochfrequenz Vorteile bietet. Hoch- und Niederfrequenz sind dabei voneinander unabhängig, so daß die erstere zu Steuerzwecken benutzt werden kann. Anlagen dieser Art für Hauptleitungsölschalter, Unterstationseinrichtungen und Straßenbeleuchtung stehen schon seit 2·5 Jahren erfolgreich im Betriebe. Es wird sowohl Mittelfrequenz von etwa 500 Per/s, für die zum Beispiel die Transformatoren durchlässig sind, als auch Hochfrequenz von etwa 50 000 Per/s verwendet. Erstere wird durch einen Motorgenerator erzeugt und durch Kondensatoren auf die Starkstromleitung übertragen. Der Vorteil des Systems liegt in den geringen Fortleitungsverlusten, die es ermöglichen, entfernte, abgestimmte Relaismagnete ohne Röhrenverstärker zu betätigen. Das Hochfrequenzsystem verwendet Röhrensender und am Empfangsorte Röhrenverstärker, ist daher verwickelter als das vorhergehende[2]); auch sind die Transformatoren für diese Frequenz undurchlässig, so daß es hauptsächlich auf Hochspannungsleitungen beschränkt ist.

Eine definitive Anlage der letzteren Art wurde für die Stromversorgung der Stadt Tipton (Indiana, V. St. A.) zwischen den durch eine 66 kV-Leitung verbundenen Kraftwerken Indianopolis und Kokomo eingerichtet. Die beiden Leitungsabschnitte sind in Tipton über Ölschalter

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 132.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 181.

[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 279; 1925, S. 337; 1927, S. 487, 839.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 619.

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, Das Elektrizitätswerk, S. 326; E. u. M. 1927, S. 640.

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1928, S. 53.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 421.

Digitized by Google

an die Schienen der bedienungslosen Unterstation angeschlossen. Diese Ölschalter werden von dem 32 km entfernten Kokomo aus ferngesteuert, um im Störungsfalle einer Leitung die Stromversorgung über die zweite, ungestörte Leitung aufrecht zu erhalten. Schon vor Einrichtung der Fernschaltung war ein Hochfrequenztelephonverkehr zwischen den beiden Kraftwerken im Gange, dessen 250 W-Sender auch für die Fernschaltung, jedoch zur Vermeidung gegenseitiger Störungen mit anderer Frequenz, benutzt wurde. Letztere konnte durch einen Frequenz-Wechselschalter ohne weiteres eingestellt werden. Die Empfangsantenne in Tipton bestand aus einem parallel zu den Hochspannungsleitungen auf demselben Gestänge isoliert gespannten Drahte. Der Empfänger war mit einem Schwingaudion versehen, das die zweite Frequenz für Schwebungsempfang mit 1000 Per/s erzeugte und mit einem Niederfrequenzverstärker in Verbindung stand. Der letztere arbeitete über einen Ausgangstransformator auf zwei parallel geschaltete Steuerröhren, die wie ein Audion mit einem gemeinsamen Gitterkondensator und Ableitungswiderstand versehen waren und in deren Anodenkreise ein polarisiertes Relais lag. Kam ein Zeichen an, so lud sich das Gitter der Steuerröhren negativ auf, der Anodenstrom nahm ab und der Relaismagnet ließ seinen Anker los, der den Stromkreis eines automatischen Linienwählers schloß. Der Wähler besteht aus einem Kontaktarm, der durch einen ein Schaltrad betätigenden Treibmagnet über eine Kontaktreihe bewegt wird. Eine nicht näher beschriebene Zusammenstellung von schnellwirkenden und trägen Relais, die mit dem Wähler in Verbindung stehen, bewirkt, daß ein bestimmter Schaltstromkreis nur dann geschlossen wird, wenn eine, an zwei bestimmten Stellen durch Pausen unterbrochene Folge einer bestimmten Anzahl von Stromstößen am Empfangsorte eintrifft. Die Stromstöße wurden in Kokomo einfach dadurch erzeugt, daß der Betriebsbeamte die eine von zwei leeren Ölschalterkurbeln im gewünschten Sinne umlegte und hiemit das entsprechende Signal in einem automatischen Signalgeber auslöste. In der Nähe der Schaltkurbeln befanden sich auch in üblicher Weise eine rote und grüne Signallampe, die durch eine von Tipton aus betätigte Rückmeldeeinrichtung geschaltet wurden und ihrerseits wieder den automatischen Signalgeber steuerten. Ein kleiner automatischer Sender in Tipton und ein mit Wähler versehener Empfänger in Kokomo besorgten die richtige Schaltung dieser Lampen. Die Stellung der Schalter konnte im Zweifelsfalle auch vom Betriebsbeamten überprüft werden. Bei späteren Ausführungen wurden die mechanischen Einzelheiten verbessert und die steuernde und gesteuerte Station in je einen Schaltkasten eingebaut. Eine kleine, derartige Einrichtung enthält im Sender eine Steuerröhre und vier 7·5 W-Röhren, die entweder für Fernschaltung alle parallel, oder für Telephonverkehr zu je zwei und zwei als Oszillatoren und Modulatoren geschaltet werden können. Den erforderlichen Gleichstrom von 500 V liefert ein Motorgenerator, der von einer Akkumulatorenbatterie für 24 V angetrieben wird.

Das Mittelfrequenzsystem mit 500 Per/s wurde im Jahre 1901 von Rhodes (New York Edison Co.) zum Anzünden und Löschen von Straßenbeleuchtungskreisen vorgeschlagen, jedoch erst vor vier Jahren praktisch verwendet, und zwar zuerst im Kabelnetze der Unterstation Fordham der obigen Gesellschaft. Der Mittelfrequenzgenerator wird durch einen Induktionsmotor mit nur 1·5 vH Schlüpfung und zwei Drehzahlen von 1200 und 1800 U/min entsprechend 440 und 660 Per/s angetrieben. Er speist die Primärwicklung eines Transformators, dessen Sekundärwicklung über Kondensatoren mit Ölisolation mit dem durch Drosselspulen vom übrigen Netze getrennten Speisekabel eines bestimmten Netzbereiches in der Nähe seiner Abzweigstelle verbunden ist. Induktionsspulen in den Zuleitungen dienen zur Abstimmung des gesamten Netzbereiches. Parallel zu den Lampenkreisen der Netztransformatoren sind ferner durch Serienkondensatoren abgestimmte Relais geschaltet, die den Strom zur Betätigung der Schalter für die betreffenden Straßenbeleuchtungslampen schließen oder öffnen. Die dem Speisekabel aufgedrückte Spannung beträgt 100 V und wird durch die Netztransformatoren auf etwa 5 V herabgesetzt. Durch die Abstimmung der Relais ist nur deren Ohmscher Widerstand wirksam, so daß die verfügbare Spannung bei entsprechend sorgfältiger Konstruktion ausreicht. Für die Straßenbeleuchtung werden zweierlei Frequenzen und daher auch zweierlei abgestimmte Relais, das eine zum Einschalten, das andere zum Ausschalten, benutzt. Die Relais sind in kleine, wetterfeste Kästen eingebaut, die im Sockel der Beleuchtungsmaste Platz finden.

Da die Relais auch einzelnen Stromstößen folgen, können sie, wie beim Hochfrequenzsystem, mit einem Wähler verbunden und zu ähnlichen Schaltzwecken verwendet werden. Eine solche Anwendung fand kürzlich auf einer langen 110 kV-Strecke zur Steuerung zahlreicher, in Abständen von 15 Meilen eingebauter Unterteilungsschalter und einiger Ölschalter statt. Hiezu wurden zwei Erddrähte isoliert, so daß sie nur über die Mitten der angeschlossenen Steuertransformatoren und über Funkenstrecken geerdet waren, und als Steuerleitung benützt. Der Generator liefert etwa 0·5 kW bei 100 V, die auf 300 bis 500 V Linienspannung auf- und an den Relaistransformatoren auf 10 V abtransformiert werden. Von den beschriebenen Systemen wird besonders auf Strecken ohne Leitungsreserve eine beträchtliche Erhöhung der Betriebssicherheit erwartet. R. H.

(Journ. of A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 3, 1927.)

Baustoffe.

Baustahl mit Kupferzusatz. Die Verluste an sachlichen Werten, die durch Verrosten von Eisen und Stahl entstehen, hat Radfield für die Vereinigten Staaten auf 1·5 Milliarden Schw. Frcs. im Jahre geschätzt, ungerechnet die Verluste an Betriebsstörungen. Der Kampf gegen den Rost durch Schaffung nichtrostender Stähle ist daher von höchster wirtschaftlicher Bedeutung. Der rostfreie, hochprozentige Chromstahl ist aber einstweilen noch zu teuer, um in die Wirtschaft des Bauwesens Eingang finden zu können. Man sucht daher, wenn schon nicht rostfreie[1]), so doch wenigstens schwerer rostende und dabei billige Stähle zu schaffen. Solche Stähle durch Zusatz von Kupfer zu erzeugen, ist schon seit hundert Jahren bekannt, doch erst um die Jahrhundertwende ist das Verfahren wieder aufgenommen worden. Der auf Kupferstahl sich bildende Rost ist ein gleichmäßiger, glatter, dunkelrötlichbrauner bis schwarzer Überzug, der für sich schon ähnlich wie eine Rostschutzfarbe wirkt. Langjährige, ausgedehnte Versuche in Amerika ergaben schließlich, daß durch einen Kupferzusatz von 0·20 bis 0·25 vH die Wetterbeständigkeit gegen atmosphärische Einflüsse und Rauchgasangriffe derart gesteigert wird, daß mit einer um 50 vH höheren Lebensdauer als bei Stahl ohne Kupferzusatz gerechnet werden kann. Eine Überprüfung dieser Arbeiten im Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem bestätigte diese Ergebnisse. Die Wirkung des Kupfergehaltes wird nicht als unmittelbarer Einfluß des Legierungselementes, wie zum Beispiel durch Änderung des Potentiales, angesehen, sondern nur mittelbar durch die sich bildende Oxydschichte. Man nimmt an, daß der geringe Kupfergehalt die Oberfläche befähigt, die sich stets bildende Oxydschicht und, im Gegensatz zu der auf gewöhnlichem Stahl sich allmählich abblätternden Farbe, die Farbe oder den Metallüberzug festzuhalten und auf irgend eine Weise zu veranlassen, daß sich die Oxydschicht durch besonders günstige Verhältnisse in bezug auf Durchlässigkeit, Ausdehnung und Festigkeit auszeichnet. Die Festigkeitseigenschaften, die Wärme- und Kaltbearbeitbarkeit wird durch die Kupferbeimengung bis etwa 0·5 vH nicht wesentlich beeinflußt. In Amerika sind im Jahre 1925 bereits über eine Million Tonnen gekupferter Stahl erzeugt worden. Trotz des etwas höheren Preises gegenüber gewöhnlichem Stahl rechnet man auch für Deutschland auf Ersparnisse, selbst wenn man die Vermeidung von Betriebsunterbrechungen nicht berücksichtigt. V. H.

(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 91, Heft 9, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 94, 785.

Digitized by Google

Über Untersuchungen an Transformatorenöl berichtet Torigama. Je ein russisches, ein amerikanisches und ein Öl unbekannter Herkunft wurde nach verschiedenen Reinigungsgraden (Filtrieren des Öls durch Papier-, Glas-, Porzellanfilter, Auskochen bei 110° C) auf den Isolationswiderstand und die Durchschlagsfestigkeit bei hohen Feldstärken und bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Während die Art der Reinigung von großem Einfluß auf die Durchschlagsfestigkeit ist, hat sie auf den Isolationswiderstand eines halbwegs reinen Öls nahezu keinen Einfluß. Umgekehrt ist wieder die Temperatur ohne Einfluß auf die Durchschlagsfestigkeit des Öls, und zwar zwischen — 30° und + 100° C bei Wechselspannung und zwischen 20° und 60° C bei Stoßspannungen, während der bekannte große Einfluß auf das Isolationsvermögen bestätigt wird. Die Reinigung der Öle wurde dabei so hoch getrieben, daß die größte bisher an Öl gefundene Durchbruchsfeldstärke von 570 kV/cm (Kugelelektroden von 40 mm Durchmesser, 0·5 mm Abstand, Wechselspannung) beobachtet wurde. Die Durchbruchspannung erwies sich bei Stoßspannungen innerhalb von 0·2 bis 8 Mikrosekunden Zeitdauer als von der Zeitdauer der Beanspruchung unabhängig. Konst.

(Arch. f. El., Bd. 19, H. 1, 1927.)

Metalle und Legierungen für Thermo-Elemente und ihre Verwendung zur Messung hoher Temperaturen. W. Rohn. Zur genauen Messung der Temperaturen oberhalb 600 bis 700° C, kommt nur das Thermo-Element in Betracht. Das zuerst von Le Chatelier angewandte Element aus Platin und Platin-Rhodium (10 vH Rhodium) wird noch heute in der Industrie vielfach benützt und steht für Temperaturen über 1250° C als einziges zur Verfügung. Seine Thermokraft beträgt bei 1000° C etwa 10 mV. Es kann ohne weiteres durch ein anderes ersetzt und mit demselben Meßinstrument ohne Neueichung verwendet werden, soferne nur das Mengenverhältnis der Legierung genau gleich gehalten wird, was bei Edelmetallen ja unschwer erreicht werden kann. Der Schmelzpunkt liegt bei 1750° C, doch findet man über 1600° C keine geeigneten Schutzrohre mehr.

Mit Rücksicht auf den übermäßig gesteigerten Preis des Platins trachtete man, wenigstens für Temperaturen unter 1200° C Elemente aus unedlen Metallen herzustellen, wofür nur Kobalt und Nickel in Betracht kommen. Da ersteres wegen des nicht eindeutigen Verlaufes seiner Thermokraftkurve ausscheidet, erweist sich nur Nickel in Kombination mit einer etwa 10 vH-igen Chromnickellegierung als brauchbar. Eingehende Untersuchungen ergaben, daß die Oxydierbarkeit von Chromnickellegierung mit 9 vH Chrom etwa 2·5 mal so groß als die von Reinnickel ist, während Legierungen mit höherem Chromgehalt um ein vielfaches oxydationsbeständiger sind als Nickel selbst. Bei der starken Abhängigkeit der Thermokraft von der Reinheit der Legierung bedeutete es einen großen Fortschritt, daß es gelang, die Schmelzung im Vakuum vornehmen und dadurch dieselben günstigen Bedingungen wie bei den nicht oxydierenden Edelmetallen herzustellen. Es lassen sich Paare von Chromnickellegierungen kombinieren, deren Thermokraftkurve, insbesondere bei Zusatz geringer Mengen Kobalt, sich ganz der des Pt-Rh-Elementes anschmiegt. Da man die kalte Lötstelle in einen Raum konstanter Temperatur verlegen muß und dies beim Pt-Element wegen der langen Zuleitungen viel zu teuer käme, verwendet man sogenannte Kompensationsleitungen aus Kupfer-Nickel-Legierungen, die sich thermoelektrisch praktisch vollkommen einerseits mit dem Platin, andrerseits mit dem Platin-Rhodium decken. Der an und für sich geringe Nickelgehalt dieser Legierungen muß allerdings mit einer Genauigkeit bis zu 0·004 vH richtig getroffen werden, wenn die Fehlweisungen unter 5° C betragen sollen.

Für die Schutzrohre der Thermo-Elemente sind schlechte Wärmeleitfähigkeit und große Wandstärken nachteilig, da sie eine übermäßige Verzögerung der Anzeige bewirken; seit kurzem ist es gelungen, Chromnickel zu nahtlosen Schutzrohren zu ziehen, die auch große Lebensdauer aufweisen. Daneben sind durch Ausbohren hergestellte Schutzrohre aus Eisen-Chrom-Legierungen von Wichtigkeit, da sie von flüssigem Kupfer fast nicht angegriffen werden; man kann sie daher in geschmolzenes Kupfer und in hochhaltige Kupferlegierungen direkt eintauchen und deren Temperatur vor dem Guß genau und rasch bestimmen.

In einer zweiten Arbeit behandelt W. Rohn die Meßverfahren mit Thermo-Elementen, die damit erreichbare Genauigkeit und die, die Messung beeinflussenden Fehlerquellen. Zur unmittelbaren Messung der E. M. K. kommen nur sehr empfindliche Meßinstrumente in Frage mit möglichst hohem inneren Widerstand von 300 bis 600 Ohm, damit die Widerstandsveränderungen der Verbindungsleitungen die Genauigkeit der Messung wenig beeinträchtigen.

Für die mittelbare Messung der E. M. K. sind einige Kompensationsverfahren in Anwendung, wobei entweder die zu messende E. M. K. unter Benützung einer Abzweigsskala direkt mit dem Normalelement verglichen wird, oder, indem der Hilfsstrom mittels eines genauen Strommessers im Abzweigungswiderstand eingestellt wird, wie in der Kompensationsschaltung nach Lindeck[1]). Besonders in Amerika wird diese Methode bevorzugt, weil hierbei der Einfluß des Widerstandes der Verbindungsleitungen vollständig eliminiert wird. Nachteil: Keine direkte Ablesbarkeit der Temperaturen. Eine Zusammenfassung der vorbeschriebenen Methoden ist die „halbpotentiometrische" Messung, wobei auf eine bestimmte Temperatur kompensiert wird und die Abweichung vom Galvanometer-Nullpunkt nach links und rechts in Temperaturgrade eingeteilt ist.

Um die Thermo-Elemente den zerstörenden Einflüssen der Gase und Chemikalien, die ihre Zusammensetzung und damit die EMK-Kurve verändern, zu entziehen und vor mechanischen Verletzungen zu schützen, werden sie armiert. Die Armierung bedingt oft große Meßfehler bis 100° C infolge der Trägheit der Wärmeleitung und durch die Wärmeableitung. Die an die Temperatur-Meßeinrichtungen gestellten Anforderungen sind oft zu hoch; eine Genauigkeit von 1 vH oder gar 0·5 vH vom Sollwert ist nicht zu erhalten. Schon durch die Beeinflussung des Meßgerätes von der Raumtemperatur allein können Fehler von 2 bis 10 vH entstehen.

In jüngerer Zeit werden Temperaturmeßgeräte mit staub- und wasserdichten Gehäusen versehen, die auch große Wärmefestigkeit aufweisen. Eine weitere Fehlerquelle ist die Inkonstanz der kalten Lötstelle; um sie zu vermeiden, werden die kalten Enden des Thermo-Elementes in den Erdboden oder in einen besonderen Schrank, dessen Temperatur durch einen selbsttätigen Regler konstant gehalten wird, geführt; auch durch eine Bimetallspirale wird diese Korrektur direkt durch Verstellen des Meßgerätezeigers vorzunehmen versucht. Die Unsicherheit, die durch die Inkonstanz der kalten Enden hervorgerufen wird, beträgt etwa 10° C.

Eine Summierung der vorerwähnten Fehler ergibt eine Ungenauigkeit in den Angaben von etwa 3 vH. Schlecht isolierte Meßgeräte können, besonders in Gleichstromnetzen, große Meßfehler aufweisen. Ebenso wichtig ist auch eine ständige fachgemäße Beaufsichtigung und Pflege der gesamten Meßanlage; dadurch ist es möglich, mit einer Genauigkeit vielleicht von 1 bis 2 vH in den Temperaturanzeigen zu rechnen. R. K.

(Zeitschrift f. Metallkunde, Jg. 19, H. 4, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Schwachstromstörungen beim Schalten von Gleichstrombahnen. Von R. Rüdenberg. Bei Schaltvorgängen wie auch bei Kurzschlüssen tritt zum konstanten Betriebstrom I einer Gleichstrombahn ein zeitlich exponentiell verlaufender Ausgleichstrom, dessen Rückleitung durch die Erde erhebliche Fernwirkungen auf Nachbarleitungen hervorrufen kann. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Stromdichte i im Erdboden in der Nähe einer stromführenden Oberleitung ist bestimmt durch die partielle Differentialgleichung

$$\frac{1}{\varrho}\frac{\partial}{\partial \varrho}\left(\varrho\frac{\partial i}{\partial \varrho}\right)=\frac{2\pi}{s}\frac{\partial i}{\partial t},$$

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 102.

Digitized by Google

in welcher s der spezifische Widerstand des Erdbodens, t die Zeit und ϱ der Abstand von der Oberleitung ist; der kleinste Wert des letzteren ist die Höhe h der Oberleitung über Erde. Berücksichtigt man den exponentiellen Charakter des Ausgleichsvorganges und erfüllt ferner die Bedingung, daß der gesamte Erdstrom (unter Vernachlässigung des Schienenrückstroms) gleich dem Hinleitungsstrom in der Fahrleitung sein muß, so ergibt sich als Lösung der Differentialgleichung für alle praktisch in Betracht kommenden Fälle eine Stromdichte

$$i = \frac{\pi}{sT} \cdot N_0(\beta\varrho) \cdot I \cdot \varepsilon^{-\frac{t}{T}};$$

hier bedeutet T die Zeitkonstante des Ausgleichsvorganges und β eine reziproke Länge, die durch $\beta = \sqrt{\frac{2\pi}{sT}}$ definiert ist. Die Funktion $N_0(\beta\varrho)$ ist eine Bessel'sche Zylinderfunktion von der Ordnung Null des Argumentes $\beta\varrho$ und bestimmt die räumliche Verteilung der ihr proportionalen Stromdichte, welch letztere daher mit wachsender Entfernung ϱ unter wellenförmigem Verlauf außerordentlich langsam abnimmt; bei kleiner Zeitkonstante können also die Störungen durch Schalten erheblich in die Ferne wirken. Für Abschätzungen der Größenordnung — und auf diese kommt es nur an — kann man annähernd setzen: für Werte $\beta\varrho \leqq 0{\cdot}5$

$$N_0(\beta\varrho) \cong -\frac{2}{\pi} \ln \frac{2}{\gamma\beta\varrho},$$

für Werte $\beta\varrho \geqq 0{\cdot}5$

$$N_0(\beta\varrho) \cong \sqrt{\frac{2}{\pi\beta\varrho}} \cdot \sin\left(\beta\varrho - \frac{\pi}{4}\right),$$

wo $\gamma = 1{\cdot}7811$ die Eulersche Konstante ist. Legt man als Ausbreitungszone der Störung in der Erde jene Entfernung z fest, in der die Stromdichte nur 1 vH ihres unmittelbar unter der Leitung geltenden Wertes hat, so ergeben die obigen Näherungsgleichungen hiefür

$$z = \frac{\pi \cdot 10^4}{2\beta\left(\ln\frac{2}{\gamma\beta h}\right)^2}.$$

Ein Zahlenbeispiel mit $h = 10$ m Leitungshöhe, $s = 10^{13}$ cm³/sek, $T = \frac{1}{10}$ sek, also $\beta = \frac{1}{4000\text{ m}}$, gibt für $\varrho = 10$ m unmittelbar unter der Leitung eine Stromdichte $i = 0{\cdot}122\,I/\text{km}^2$ und eine Ausbreitungszone $z = 1680$ km, während die Fernwirkungen von Wechselstromleitungen nur auf wenige km reichen.

Der Anfangswert E der zeitlich exponentiell verlaufenden Spannung, die vom Erdstrom in einer Nachbarleitung erzeugt wird, welche in der Entfernung ϱ von der Fahrleitung auf einer Länge l zu dieser parallelgeführt ist, ergibt sich aus obigen Näherungsformeln für kleine Entfernungen ϱ (etwa bis 1 km) zu

$$E = s \cdot l \cdot i_{(t=0)} = \frac{Il}{T} \cdot \ln \frac{2sT}{\pi\gamma^2\varrho^2}$$

und für große Abstände ϱ zu

$$E = \frac{Il}{T} \cdot \sqrt{\frac{2\pi}{s\varrho}} \cdot \sin\left(\beta\varrho - \frac{\pi}{4}\right).$$

Im früher angeführten Zahlenbeispiel erhält man damit bei $I = 1000$ A Schaltstrom und $l = 10$ km Parallelführung in 100 m Abstand 76 V, in 1000 m 30 V und in 10 000 m 16 V Anfangsspannung, also mit wachsendem Abstand der Leitungen eine sehr langsame Abnahme der Spannung unter wellenförmiger Ausbreitung.

Oszillographische Messungen von künstlich herbeigeführten Kurzschlüssen an einer Gleichstrom-Vollbahnstrecke, die von A. Zastrow und E. Benda durchgeführt wurden, ergaben befriedigende Übereinstimmung der Meßresultate mit der Theorie des Verfassers. Frd.
(Wissensch. Veröffentl. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, H. 3, 1927.)

Anfangsspannungen für Mehrfachelektroden in Luft. Zu ihrer Bestimmung hat W. Sahland umfangreiche Messungen mit Gleichstrom und mit Wechselstrom angestellt. Die Gleichspannung wurde von einer Starkstrominfluenzmaschine geliefert und mit einem eigenst konstruierten und geeichten Hochspannungsvoltmeter (Bereich 0·3 bis 50 kV) gemessen, das auch für die Wechselspannungen verwendet wurde. Letztere lieferte je ein Transformator für 50 und 500 Per/s.

Von den zahlreichen Meßergebnissen seien hervorgehoben: Hinreichende Übereinstimmung, ferner Ergänzung der Werte von A. Klemm und W. O. Schumann[1]) für Einzelelektroden. Die Anfangsspannungen von einer gegen mehrere Elektroden sinken bei Anwachsen der Elektrodenzahl, wenn die Schlagweite einen gewissen Wert überschreitet. Kammartige Elektroden zeigen je nach Anordnung, Größe und Schlagweite und je nach dem, welche Seite geerdet ist, sehr verschiedene Werte. Bei Mehrfachelektroden (1 bis 17) gegen eine geerdete Zinkplatte wächst für Schlagweiten über 3 mm die Anfangsspannung mit der Elektrodenzahl; für diese Anordnung wird auch eine Formel angegeben. Im allgemeinen setzt jede Bevorzugung einzelner Elektroden die Anfangsspannung herab; ein Dielektrikum an der geerdeten Elektrode bewirkt Streuen der Meßwerte, auch seine Lage ist von Einfluß. Bei zwei parallelen Zylindern und bei Zylinder — geerdete Platte besteht ziemliche Übereinstimmung mit den Werten von Löber. Messungen an einem Glimmschutz von Paul Meyer[2]) ergaben Mittelwerte, die unterhalb denen der Meyerschen Anordnung liegen, wobei der große Einfluß von ultravioletter Bestrahlung der Funkenstrecke wieder festgestellt wurde. Alle Messungen zeigen keinen Unterschied der Werte bei 50 und 500 Per/s und keinen Einfluß des Elektrodenmaterials. Frd.
(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, H. 2, 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Bahnen.

(Fortsetzung aus Heft 18, Seite 411.)

Regulereinrichtungen für elektrische Lokomotiven und Motorwagen.

Bei Verwendung eines Druckluftantriebes für den Kontroller elektrischer Fahrzeuge mit gleichen Ventilen, die im erregten Zustand der Ventilspulen die Zylinder mit der Außenluft und bei aberregten Spulen mit dem Druckluftbehälter verbinden, und unter der Voraussetzung, daß die Steuerung für selbsttätige schrittweise Bewegung in beiden Drehrichtungen des Schaltwerkes bestimmt ist, kann der Fall eintreten, daß die Rasteneinrichtung (Rastenscheibe in Zusammenarbeit mit einer durch Druckluft gesteuerten Rastenklinke) nicht in zufriedenstellender Weise arbeitet. Wenn beispielsweise bei einer solchen Steuerung die Netzspannung ausbleibt und der Druckluftantrieb in die Anfangslage zurückgebracht werden soll, so steht die Rastenklinke, da ihre Spule bei Nullspannung aberregt ist, mit der Rastenscheibe fest im Eingriff und es wird nicht ausgeschaltet. Um dies zu vermeiden, wird gemäß einer Erfindung der AEG-Union in Wien das Ventil der Rastenvorrichtung durch einen Druckzylinder umgestellt, dessen Ventilspule von der Netzspannung erregt wird. Bei Nullspannung bringt dieser dann unter Druck gesetzte Zylinder das Ventil der Rastenvorrichtung in eine Lage, in der die Rastenscheibe durch die Klinke freigegeben wird. Hiedurch kann der Steuerapparat ungehindert in die Nullage zurückkehren. Gemäß der weiteren Erfindung wird dieser Druckzylinder auch zum Steuern weiterer Schaltvorrichtungen benützt, deren Umstellen beim Eintreten des Nullspannungszustandes erwünscht ist. So zum Beispiel kann dieser Druckzylinder gleichzeitig als Nullspannungsrelais dienen oder das die Ausschaltung des Steuerapparates bewirkende Ventil in die dazu erforderliche Lage bringen, wozu sonst ein besonderes schweres Gewicht oder ein weiterer Kraftspeicher verwendet werden müßte.
(Ö. P. Nr. 108350.)

Nach einer Erfindung der Österr. Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien wird bei Druckluft-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 620, 710.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 205; 1924, S. 205, 575; 1928, S. 72.

Digitized by Google

antrieben die höchste Genauigkeit der Einstellung des Stufenschalters dadurch erreicht, daß die Bewegung des Luftmotors jeweils durch eine Sperrklinke begrenzt wird, die selbst zugleich als Antrieb für die Steuerventile des Luftmotors benutzt wird. Gemäß Abb. 12 ist die Vorrichtung in Ruhe, da beide Zylinder *b* und *k* mit der Druckluft verbunden sind. Die Abschaltspule *s* ist erregt, die Zuschaltspule *t* stromlos. Zum Vorwärtsschalten wird die Spule *t* erregt und durch das Ventil *r* Druckluft in den Hilfszylinder *n* gelassen. Dieser hebt die Klinke *k* aus der Lücke des Sperrades *h* und öffnet dann mittels des Steuerhebels *p* den Auslaß des Ventils *g*, so daß die Druckluft aus dem Zylinder *c* ent-

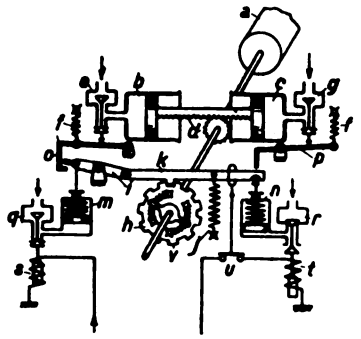


Abb. 12.

weicht. Infolgedessen drückt die Luft im Zylinder *b* die Zahnstange *d* nach rechts und bewegt die Schaltwalze *a* im Uhrzeigersinn. Der Schalter *u* wird bei jeder Lösung der Klinke *k* vom Rad *h* geöffnet und unterbricht dabei den Erregerstromkreis des Elektromagneten *t*, so daß der Hilfsluftzylinder *n* sogleich in die gezeichnete Nullage zurückkehrt. Da aber die Klinke *k* inzwischen bereits auf einen Zahn des Rades *h*, das zu diesem Zweck durch eine Federkupplung *v* mit der Welle verbunden ist, aufgelaufen ist, fällt sie erst dann wieder ein, wenn sich das Rad *h* um eine ganze Zahnteilung weiterbewegt hat. Entspricht diese Stellung noch nicht dem vom Steuerstand gegebenen Kommando, so beginnt das Spiel von neuem, indem nun der Schalter *u* wieder geschlossen ist und der Magnet *t* wieder erregt wird, und das Sperrrad *h* rückt um eine Zahnteilung fort.

(Ö. P. Nr. 105750.)

Ein Druckluftantrieb mit beiderseits mit einer Zahnstange festverbundenen Kolben zum elektropneumatischen Antriebe von Steuerungen für elektrisch betriebene Fahrzeuge der AEG in Berlin weist erfindungsgemäß einen dritten Kolben auf, dessen wirksame Fläche gleich der eines jeden der beiden anderen Kolben ist und welcher mit diesen letzteren durch Zahnstange und Zwischenzahnrad zwangsläufig verbunden und neben einem dieser Kolben angeordnet ist. Die zwei in demselben Sinne auf den Antrieb wirkenden Zylinder werden durch elektrisch gesteuerte Ventile bedient, die unerregt Druckluft in ihre Zylinder hineinlassen, während der dritte Zylinder dauernd mit dem Druckluftbehälter verbunden ist. Die schrittweise Vorwärtsschaltung wird durch absatzweises Erregen der einen Spule erzeugt, während die andere Spule dauernd erregt wird. Beim schrittweisen Zurückschalten bleibt die eine Spule dauernd unerregt, während die andere Spule zeitweise aberregt wird. Bei Nullspannung oder bei Maximalauslösung kehrt der Anlasser selbsttätig in die Anfangslage zurück. (D. R. P. Nr. 440484.)

Bei Schützensteuerungen für elektrische Lokomotiven kommt es häufig vor, daß irgendwelche Apparate nur dann bewegt oder geschaltet werden dürfen, wenn eine bestimmte Anzahl von Schützen eingeschaltet ist. Gegenstand einer Erfindung der Pöge Elektrizitäts-Akt.-Ges. in Chemnitz und von Hellmuth Beyer in Berlin-Neukölln ist eine Verriegelungsvorrichtung für Apparate solcher Steuerungen, bei welcher erfindungsgemäß die Leitungen, welche die unmittelbar oder mittelbar zu und von den Schützen fließenden Ströme oder Teile davon führen, so zu einem magnetisierbaren Kern geführt sind, daß in den Hauptstellungen, in denen die Schalttransformatorspule beiderseitig vom Arbeitsstrom durchflossen wird, sich die magnetisierenden Wirkungen auf diesen Kern ganz oder nahezu ganz aufheben, während sie sich in den Übergangsstellungen, in denen die Spule nur einseitig vom Arbeitsstrom durchflossen wird, nicht aufheben. Von dem im letzterwähnten Fall in einer um den genannten magnetisierbaren Kern gelegten weiteren Wicklung induzierten Strom wird ein Sperrmechanismus oder eine andere Vorrichtung betätigt.

(D. R. P. Nr. 437791.)

Eine Erfindung der SSW in Berlin bezieht sich auf Kurzschlußbremseinrichtungen für Fahrzeuge mit Hüpfersteuerung und bezweckt, eine Einrichtung dieser Art zu schaffen, die eine Kurzschlußbremsung auch dann gestattet, wenn die normalerweise zur Speisung der Hüpferwicklung benützte Fahrleitungsspannung ausbleibt. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß bei fehlender Fahrleitungsspannung in den Bremsstellungen des Führerschalters einer der den Kurzschlußbremsstrom liefernden Fahrzeugmotoren (zum Beispiel der Motor des Kopfwagens) zugleich als Stromquelle für die Erregung der Hüpfer dient. Zweckmäßig wird dabei der Erregerstrom für die Hüpferwicklungen von einem Widerstand abgezweigt, der parallel zum Fahrzeugmotor liegt, oder im Kurzschlußbremsstromkreise selbst angeordnet ist. Durch eine selbsttätige Schaltvorrichtung werden bei abnehmender Fahrgeschwindigkeit die Hüpferwicklungen stufenweise an wachsende Bruchteile der jeweiligen Ankerspannung des als Erregerstromquelle dienenden Motors angeschlossen.

(D. R. P. Nr. 443923.)

Eine weitere Erfindung dieser Firma betrifft eine Schützensteuerung für elektrische Fahrzeuge, bei der zum Öffnen eines Schützes dessen Spulenklemmen kurzgeschlossen werden und bei welcher erfindungsgemäß zwischen dem Anschluß der Verbindungsleitung 8 (Abb. 13) und einer Spulenklemme ein Schalter 7 eingefügt ist, der sofort nach Herstellung der Kurzschlußverbindung geöffnet wird. Das Schütz 1 wird in der Schließlage durch einen Strom festgehalten, der aus der Stromquelle 6 über die Widerstände 4 und 5, Spule 2,

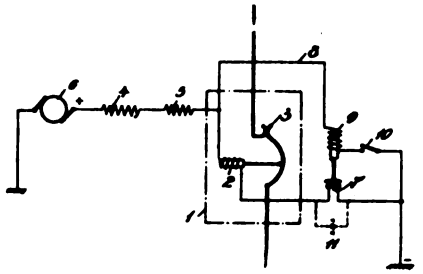


Abb. 13.

Relaisanker 7 und Erde zur Stromquelle 6 zurückfließt. Zum Öffnen des Hüpfers 3 wird der Schalter 10 geschlossen. Der aus den Widerständen kommende Strom fließt über Leitung 8, Relaisspule 9, Schalter 10 zur Erde. Dadurch wird die Spannung an den Klemmen der Spule 2 herabgesetzt; gleichzeitig hebt die Relaisspule 9 ihren Anker an und öffnet die Relaiskontakte 7, so daß die Spule 2 stromlos wird und die Kontakte des Schützes 3 geöffnet werden. Da dabei der Selbstinduktionsstrom der Spule 2 unterbrochen wird, empfiehlt es sich, den Relaiskontakten 7 einen Kondensator 11 parallel zu schalten.

(Ö. P. Nr. 108838.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3662 **Kurzgefaßtes Handbuch der Elektrizitätszähler-Technik.** Von Dr. Ing. F. Bergtold. 250 Seiten mit 327 Abb. und einem Anhang mit 42 Abb. Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart 1927. Preis geh. Mk. 16·—, geb. Mk. 17·80.

Das Buch weicht in mancher Beziehung von den bereits bekannten Werken über Elektrizitätszähler ab.

Digitized by Google

Da die physikalischen Grundlagen der Meßkunde als bekannt vorausgesetzt werden, wendet sich das Buch an den Zählerpraktiker, Ingenieur- oder Zählerprüfer, der schon über einige Erfahrung auf diesem Gebiete verfügt. Bei allen angegebenen Schaltungen und Systemen ist den prinzipiellen Meßfehlern und Betrugsmöglichkeiten ein besonderes Augenmerk gewidmet. Inhaltlich zerfällt das Werk in folgende Abschnitte: Die Verrechnung der elektrischen Arbeit und die dementsprechende Einteilung der Zähler, die Meßprinzipien, die meßtechnischen Eigenschaften, die Schaltungen, die Zählwerke, das Gemeinsame der Motorzählermeßwerke, die Motortriebwerke, die sonstigen Meßwerke, die Zähleraußenteile, die Meßwandler, die Eichung und Prüfung der Zähler. Der Anhang bringt Ausführungsbeispiele von Zählern und deren Bestandteilen unter Angabe der Herkunft. Die zahlreichen Abbildungen im Text sind vom Verfasser selbst gezeichnet und müssen als mustergültig bezeichnet werden. Die Blind-, Schein- und Mischverbrauchszähler, welche bei uns nur zum Teil eichfähig sind, werden entsprechend ihrer häufigen Anwendung in Deutschland ausführlich behandelt. Conrad.

3560 **Die gleislose Flurförderung.** Nr. 10, 11, 12 der RKW-Veröffentlichungen (herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliches Förderwesen beim AWF). Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14.

Die von dem genannten Ausschuß gesammelten Erfahrungen sind in drei Druckschriften niedergelegt, von denen der Teil I die Grundlagen der wirtschaftlichen Flurförderung, Teil II die Handfahrgeräte und Teil III die mechanisch angetriebenen Flurfördermittel behandelt. Im Teil II werden nach einem kurzen geschichtlichen Überblick allgemeine Gesichtspunkte für Auswahl und Anwendung der einzelnen Bauarten gegeben und eine Gliederung nach der Art der Radanordnung und Ausführung und des die Last aufnehmenden Teiles vorgenommen. Weiters werden Bedienung und Wartung besprochen. Die hauptsächlichsten Bauformen werden beschrieben und eine einheitliche Bezeichnung eingeführt. Schließlich werden die wichtigsten der zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie, Landwirtschaft und anderen Verwendungsgebieten in Wort und Bild angeführt. Ein Herstellerverzeichnis beschließt die Druckschrift. Teil III befaßt sich mit den mechanisch angetriebenen Flurfördermitteln, wozu der Elektrokarren mit Batterie und der mittels Verbrennungsmotor getriebene Karren gehört. Beim Elektrokarren wird zwischen Karren mit fester Plattform und solchen mit beweglichem Hubtisch, Kran und Spill unterschieden. Auch hier werden die Einzelteile und die verschiedenen Anordnungen beschrieben und abgebildet, sowie die Wartung, Besteuerung und die Bestimmungen über die Zulassung zum Führerdienst kurz behandelt. Eine Zahlentafel gibt die wichtigsten Angaben über die gebräuchlichsten Elektrokarren. Von den mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Fördermitteln werden angeführt: der Autokarren, der Rad- und der Raupenschlepper. Die bildliche Darstellung verschiedener Anwendungsmöglichkeiten nimmt auch hier einen großen Teil ein. Die gründliche Ordnung des Gebietes und die zahlreichen und guten Abbildungen geben einen guten Überblick. Angaben über die Wirtschaftlichkeit der mechanisch angetriebenen Fahrzeuge würden in diesem Zusammenhang gewiß interessieren. Wl.

3659 **Technisches Denken und Schaffen.** Eine leicht verständliche Einführung in die Technik. Von Prof. Dipl. Ing. Georg v. Hanffstengel. Vierte, neubearbeitete Auflage. 227 Seiten mit 175 Textabb. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 6·90.

Das Werk liegt nunmehr in vierter, erweiterter und neu durchgearbeiteter Auflage vor[1]). Schon dieser Umstand ist eine Empfehlung und es wäre zu wünschen, daß diese Arbeit, die in meisterhafter Weise den Gedankengang darstellt, welcher den Ingenieur bei der Schöpfung seiner Werke leitet, weiteste Verbreitung, nicht nur unter den Technikern, sondern auch in Laienkreisen findet. Ist es doch bei der heutigen Durchdringung der Kulturwelt mit Werken der Technik beschämend, daß selbst der gebildete Nichttechniker vor den schönsten technischen Werken ahnungslos steht und weder ihre technisch-physikalischen Grundlagen noch den gedanklichen Weg ihrer Entstehung kennt, am allerwenigsten aber die hochstehende geistige Arbeit und die Männer zu würdigen weiß, welche sie geleistet haben. Schon das Ziel des Verfassers, technisches Arbeiten vor der Allgemeinheit in das richtige Licht zu rücken, wäre allein dankenswert, aber er stellt sich noch eine weitere Aufgabe. Zu den Laien der Technik zählt eine Reihe von Berufsmenschen, die täglich mit der Technik in Berührung kommen, wie Richter, Anwälte, Verwaltungsbeamte und Kaufleute. Ihnen will der Verfasser behilflich sein, zu den technischen Fragen eine vertrautere Stellung zu gewinnen. — In meisterhafter Weise, knapp und klar und unter Beigabe tadelloser technischer Zeichnungen sowie gut gewählter Bilder, stellt der Verfasser zunächst die Hebelgesetze, die Kräftezusammensetzung und andere Grundlagen der Mechanik dar und zeigt an zahlreichen Beispielen, wie der Techniker mit Hilfe verhältnismäßig einfacher Verstandesschlüsse und unter weitgehender Zuhilfenahme der Phantasie die schwierigeren Aufgaben der Technik anpackt. Ein weiterer Abschnitt ist der Ausnutzung der natürlichen Kraftquellen, des Wassers und der Brennstoffe, ein dritter den Eigenschaften der Baustoffe und ihrer Verarbeitung gewidmet, wobei eine Betrachtung moderner Fließarbeit nicht unterlassen wird. Ebenso wird die Bedeutung der Ästhetik im Maschinenbau und im Bauwesen und ihr Verhältnis zum Zweck in geistreicher Weise erläutert. Der letzte Abschnitt zeigt die innige Verflechtung wirtschaftlicher Erwägungen und technischen Schaffens in der modernen Industrie und von besonderem Reiz ist das Kapitel, in welchem der Werdegang einer maschinellen Anlage, von der Anfrage der Kundschaft angefangen, über Anbotverfassung, Konstruktion, Herstellung und Aufstellung bis zur Abrechnung in lebendiger und wahrheitsgetreuer Weise geschildert wird. — Klarer Gedankengang, flüssige Darstellung und nicht zuletzt weitblickende Anschauungsart sind für das Werk kennzeichnend, das kein Gebildeter, darunter auch kein Techniker, der mit Liebe an seinem Beruf hängt, ungelesen lassen sollte. Dr. Horschitz.

2702 **Leitfaden der Mechanik für Maschinenbauer.** Mit zahlreichen Beispielen für den Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Ing. Karl Laudien, Oberstudiendirektor der Staatlichen Höheren Maschinenbau-, Schiffsingenieur- und Seemaschinistenschule in Stettin. Erstes Heft. Statik und Dynamik. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 246 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1927. 179 Seiten, 16 × 23 cm. Preis geh. Mk. 5·50.

Die erste Auflage dieses Teiles des Leitfadens ist seinerzeit in dieser Zeitschrift besprochen worden[1]). Nunmehr soll der Leitfaden in erweiterter Form erscheinen. Dem vorliegenden Hefte sollen sich drei weitere betreffend „Hydraulik", „Festigkeitslehre" und „Wärmemechanik" anschließen. Es ist ein einfaches Lehrbuch, leicht geschrieben, wohl geeignet für den durch die Lehrtätigkeit des im Unterricht erfahrenen Verfassers gekennzeichneten Leserkreis. 127 leichte, meist vollends durchgerechnete Beispiele sind in den Teilen des Heftes gleichmäßig verteilt. Die Textfiguren zeichnen sich durch große Deutlichkeit aus.

A. Basch.

3644 **Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle.** Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im Verein Deutscher Ingenieure. Beuth-Verlag G. m. b. H. Berlin 1927. Preis einschließlich Schutzkarton Mk. 18·—, einschließlich Ringbuchdecke Mk. 24·—.

Das anläßlich der Werkstofftagung erschienene Buch soll dem Konstrukteur die Möglichkeit geben, sich über Fragen der Verwendbarkeit, Bearbeitbarkeit und Behandlung der Nichteisenmetalle und Legierungen

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, Heft 13.

[1]) E. u. M. 1922, TWN, S. 42.

Digitized by Google

rasch zu unterrichten. Hiezu ist eine neue Form gewählt worden, nämlich die Aneinanderfügung kurzer Aufsätze von Sonderfachleuten, und dadurch konnte erreicht werden, daß insbesondere die Erfahrungen der beteiligten Industrien der Allgemeinheit nutzbar gemacht wurden; außerdem aber kann das aus losen Blättern bestehende Buch durch den Ersatz veralteter Teile durch Neubearbeitungen, die ständig in Aussicht genommen sind, stets auf dem neuesten Stande der Wissenschaft und Praxis gehalten werden. Trotz dem scheinbar losen Aufbaue ist durch das Festhalten an einen bestimmten Plane die Einheitlichkeit des Buches gewahrt worden, das in einen allgemeinen Teil und die Abschnitte Mechanische Metallprüfung, Röntgenuntersuchung, Gewichts-, Maß-, Elektro-, Mikroanalyse und dgl. der Metalle, Kupfer, Messing, Bronze und Rotguß, Aluminium, knetbare Aluminiumlegierungen, Aluminiumgußlegierungen, Magnesium und dessen Legierungen, Zinn, Blei und Zink, Nickel, Mangan und Chrom, Edelmetalle, sonstige Metalle und Legierungen, hitze- und säurebeständige metallische Werkstoffe, Lagermetalle, Überzüge und technologische Vorgänge zerfällt. Im Zusammenhange mit dem behandelten Stoffe steht es, daß auf die elektrischen Eigenschaften und die Anwendungen in der Elektrotechnik überall näher eingegangen wird. Das Buch wird neben den Sonderwerken über Metallographie, Legierungen und Materialprüfung und neben den begreiflicherweise viel knapper gehaltenen Nachschlagewerken, wie die „Hütte", gewiß bald ausgedehnte Verwendung finden. Ein kleiner, leicht behebbarer Mangel ist, daß sich bei den vielen nur unter Phantasienamen bekannten Legierungen nirgends ein Hinweis auf den Erzeuger findet, so daß gerade der Nichtsonderfachmann, für den das Buch in erster Linie bestimmt ist, erst Nachforschungen anstellen muß. Das auf der Werkstoffschau geübte Zurückhalten des einzelnen Unternehmens ist in diesem Falle nicht berechtigt.

Jellinek.

Neue Preislisten.

Siemens-Schuckertwerke-A.-G. in Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 3647. Vorgelegemotoren. 4 S. mit 5 Abb. — Nr. 3746. Schnellschalter mit Verbunddrossel. 4 S. mit 8 Abb. (Sonderabdruck aus der ETZ, 1928, H. 5.) — Nr. 3864. Motorschutzschalter für Drehstrommotoren bis 25 A und 500 V. 8 S. mit 11 Abb. — Nr. 3492. Spitzenzähler. 6 S. mit 7 Abb. — Nr. 3635. Schlottergebläse und Luttenlüfter für Sonderbewetterung in Gruben. 8 S. mit 9 Abb. — Nr. 3721. Selbsttätige Schalteinrichtung zur Gleichhaltung des Flüssigkeitsstandes in Behältern. 2 S. — Nr. 3390. Leuchten für Eisenbahnbetriebe. 7 S.

Prospekte: Selbstschalter für Gleich- und Wechselstrom bis 750 V und 20 000 A (Nr. 3669), Protos-Trockengleichrichter zum Laden von Akkumulatoren (Nr. 3652), Antrieb einer Drehbank durch Gehäuseflanschmotor mit Druckknopfsteuerung (Nr. 3752), Elektrische Handbohrmaschinen für 6 und 10 mm (Nr. 3373), Leuchtfeuer für Luftverkehr (Nr. 3623).

Preislisten und Einzelpreisblätter: M 7, 2. Teil, Nachtrag I, März 1928. Geschlossene Drehstrommotoren mit Mantelkühlung für Leistungen bis 28 kW. — H 5, Nachtrag 1, Februar 1928. Kranschaltkasten für Gleichstrom bis 220 A, 500 V mit einpoligem Überstrom-Schnellschalter, System Krupp, und Trennschalter. — EP 97. Protos-Gleichrichter zum Laden von Akkumulatoren aus Wechselstrom- oder Drehstromnetzen bis 250 V und 0·5 A mittlere Landesstromstärke. — EP 101. Anthygron-Rohrdraht und Abzweigdosen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Zusammenhänge und Trusts in der europäischen Elektroindustrie. Einer Besprechung des kürzlich von der BEAMA (British Electricical and Allied Manufacturers' Association) herausgegebenen Werkes „Combines and Trusts in the Electrical Industry. The position in Europe in 1927" durch Dr. Ing. G. Becker in der ETZ, Heft 11 von 1928, entnehmen wir folgendes: Die französische Elektroindustrie, die fünftwichtigste des Landes, ist in Syndikate zusammengefaßt, als deren bedeutendstes das Syndicat Général de la Construction Electrique bezeichnet wird. Die beiden wichtigsten Konzerne sind die Thomson-Houston-Gruppe und die Schneidergruppe. Die Thomson-Houston Cie., eine Tochtergesellschaft der General Electric Co., kontrolliert eine große Zahl von Stromfinanzierungs- und Stromlieferungsgesellschaften und steht in Verbindung mit der Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. Diese und die Thomson-Houston Cie. liefern zusammen etwa die Hälfte der französischen elektrotechnischen Erzeugung. Zu diesem Konzern gehört noch die Cie. Générale d'Electricité, die gemeinsam mit der Thomson-Houston Cie. eine Glühlampen- und eine Telephon- und Telegraphenfabrik gegründet hat. Die Schneider & Cie., die bekanntlich auch enge Beziehungen zu Unternehmungen der Schwerindustrie in anderen Ländern unterhält (so zum Beispiel zu den Skodawerken, die seit einigen Jahren auch eine elektrotechnische Fabrik besitzen), steht in Verbindung mit der Forges et Ateliers de Jeumont und deren Tochtergesellschaft, den belgischen Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi. Die außerhalb der beiden Großkonzerne stehenden Unternehmungen, wie die Cie. Electromécanique (zum BBC-Konzern gehörig), treten an Bedeutung stark zurück. In Belgien gibt es außer den schon erwähnten Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi noch die Société d'Electricité et de Mécanique und die Constructions Electriques de Belgique, die Tochtergesellschaften von Thomson-Houston, bzw. der Constructions Electriques de France, einer außerhalb der Großkonzerne stehenden Unternehmung, sind. Belgien verfügte anfangs 1926 über öffentliche Kraftwerke mit etwa 400 000 kW installierter Leistung, der jährliche Zuwachs an Maschinenleistung wird auf 100 000 kW geschätzt. Die bedeutendste elektrotechnische Fabrik Italiens ist der Tecnomasio Italiano Brown-Boveri, der zusammen mit der Cia. Generale di Elettricità etwa zwei Drittel des Inlandsbedarfes deckt. Die schwedische Elektroindustrie ist im Sveriges Elektroindustriförening, einem Verband, ähnlich dem Zentralverbande der deutschen elektrotechnischen Industrie, vereinigt. Die größte Unternehmung, die „ASEA", liefert etwa 60 vH der gesamten Erzeugung des Landes. Von den Beziehungen der amerikanischen Industrie zur europäischen wird besonders erwähnt, daß die International Standard Electric Corp. (die frühere International Western Electric Co.) von der französischen Thomson-Houston Cie. die Cie. des Téléphones Thomson-Houston übernommen und auch die Cie. de Matériel Téléphonique saniert habe. Ferner habe sie sich mit Charleroi zur Kontrolle des belgischen Marktes verbunden und die Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane gegründet. Mittels dieser Beziehungen soll die amerikanische Gesellschaft sehr große Aufträge von den französischen, belgischen und italienischen Telephonverwaltungen erhalten haben.

Der zweite Hauptabschnitt der Schrift befaßt sich mit den Elektrofinanzierungsgesellschaften. In Frankreich haben namentlich die Gruppen Thomson-Houston-Société Alsacienne, Cie. Générale d'Electricité und Schneider-Jeumont-Charleroi eine lebhafte Finanzierungstätigkeit entfaltet. Zur Einflußsphäre der hauptsächlichen Finanzierungsgesellschaft der ersten Gruppe, der Société Financière Electrique, gehören unter anderen die d'Union Electricité (Erzeugung i. J. 1926 rund 800 Mill. kWh), die Energie Electrique du Littoral Méditerranéen (600 Mill. kWh) und die Cie. Electrique de la Seine et du Centre (290 Mill. kWh). Die Schneider-Gruppe kontrolliert durch drei Finanzierungsgesellschaften viele große Stromversorgungs- und Bahnunternehmen in Frankreich, Spanien, Belgien, der Türkei, Ägypten, Argentinien, China usw. Diese Beziehungen haben natürlich den Muttergesellschaften viele Auslandsaufträge verschafft. Brüssel hat sich im letzten Jahrzehnt zu einem Elektrofinanzierungszentrum ersten Ranges ent-

Digitized by Google

wickelt. Die bedeutendste belgische Gesellschaft, die Société Financière de Transports et d'Entreprises Industrielles ist nicht nur an Stromversorgungs- und Verkehrsunternehmen beteiligt, sondern auch die technische Beraterin großer Stromversorgungsunternehmen, wie der Cia. Hispano-Americana de Electricidad. Sie verteilt die Aufträge der von ihr kontrollierten Gesellschaften, wobei selbstverständlich die Thomson-Houston Cie. und deren belgische Tochtergesellschaft (siehe oben) bevorzugt werden. Zu dieser Gruppe gehören noch zwei Finanzgesellschaften, die Société d'Energie Hydro-électrique und die Société d'Eléctricité de la Région de Malmédy. Letztere beherrscht Unternehmungen in Deutschland (Gesfürel), Belgien, Frankreich, Italien, Portugal, Spanien, der Türkei und Übersee. Zwei weitere belgische Finanzierungsgruppen erstrecken gleichfalls ihre Tätigkeit über einen Teil von Europa und einige Überseeländer, die eine von ihnen, an der auch englisches Kapital beteiligt sein soll, hat auch die Stromversorgung Polens durchgeführt. Die schweizerischen Finanzierungsunternehmen, wie Bank für elektrische Unternehmungen, Motor-Columbus und andere stehen sämtlich unter dem Einflusse von BBC, die Stromerzeugungsunternehmen, an welchen sie beteiligt sind, sollen über 9 Milliarden kWh jährlich erzeugen. Auch auf diesem Gebiete führen zahlreiche Fäden von den Vereinigten Staaten nach Europa. Die auch für das Inland geschaffene International Power Securities Corp. (General Electric) und die American European Utilities Corp. (Westinghouse) haben in Italien, Jugoslawien, Spanien und der Tschechoslowakei erfolgreich gearbeitet, die General Electric hat auch eine Gesellschaft gegründet, die das japanische Geschäft entwickeln soll. In England fehlt sowohl die Konzentration in der Industrie als auch der enge Zusammenhang zwischen dieser und der Finanz, wie in Deutschland, Frankreich, den Vereinigten Staaten, Italien, Belgien und der Schweiz. Auch habe sich die Stromversorgung noch nicht genügend entwickelt. Zur Deckung des Kapitalbedarfes käme der Anschluß an die mächtigen Gruppen in den V. St. A. oder in Belgien in Betracht. Die englische Elektroindustrie schließlich müsse sich ein eigenes Finanzierungssystem schaffen, um genügenden Auslandsabsatz für ihre Erzeugnisse zu finden.

—k.

Oberösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft. (Aus dem Geschäftsbericht über das Geschäftsjahr 1927.) Das Geschäftsjahr 1927 ist das erste, in welchem der volle Ausbau des Kraftwerkes Partenstein (III. Aggregat) zur Verfügung stand[1]). Wenngleich die gesamte Abflußmenge (291·9 Mill. m³) beträchtlich hinter der Wassermenge des Jahres 1926 (454·6 Mill.) und auch hinter dem langjährigen Mittel des Abflusses zurückblieb, konnte doch infolge der vergrößerten Maschinenleistung die Erzeugung des Kraftwerkes Partenstein mit 73 719 628 kWh fast die Höhe des Vorjahres erreichen. Für Verbesserung und Ergänzung der baulichen und maschinellen Anlagen wurden im Berichtsjahre insgesamt S 183 886·25 aufgewendet. Der trotz der unzweifelhaft noch immer schlechten Wirtschaftslage steigende Strombedarf und das Bestreben, den Großkonsumenten auch in wasserarmen Zeiten hochwertigen Spitzenstrom über die jetzigen vertraglichen Lieferungsverpflichtungen hinaus liefern zu können, haben das Unternehmen bewogen, dem Studium des bereits in der ersten Konzessionsurkunde vorgesehenen Jahres-Ausgleichsweihers im Oberlauf der Mühl besonderes Interesse zuzuwenden. Die Studien, welche seit langen Jahren an der oberösterreichischen Enns betrieben wurden, konnten im Jahre 1927 durch ein Projekt über die noch durch keine Konzession belegte oberste Strecke der Enns ergänzt werden. Der im Sinne des Goldbilanzengesetzes vorzunehmende Umtausch der alten auf Kronen lautenden Aktien in neue Schilling-Aktien ist zum größten Teil bereits durchgeführt, bis Ende 1927 wurden fast 90 vH aller alten Aktien eingereicht. Die von der vorjährigen ordentlichen Generalversammlung beschlossene Erhöhung des Aktienkapitals von 12 Mill. S Nennwert auf 18 Mill. S Nennwert wurde noch bis Ende 1927 zur Gänze durchgeführt.

Trotz der etwas geringeren Erzeugung in Partenstein wird ein gegenüber dem Vorjahre gestiegener Brutto-Betriebsüberschuß von S 3 288 607·26 ausgewiesen, bzw. ein Reingewinn von S 924 364·41, aus welchem eine Dividende von 7 vH ausgeschüttet wird. Das Kraftwerk Partenstein, die Unterwerke, Hochspannungs-Leitungen, Gründe und Wohnhäuser stehen mit rund 35 Mill. S zu Buche.

Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft in Berlin. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1927.) Das im Jahr 1926 von den Norddeutschen Seekabelwerken Nordenham gelegte und am 3. März 1927 in Betrieb genommene Kabel Emden — Azoren hat sich im Betrieb bewährt. Das Kabel wird in fünf Kanälen mit einer Geschwindigkeit von etwa 1500 Buchstaben in der Minute mit Druckapparaten betrieben; die Telegramme nach und von Amerika werden ohne Umtelegraphierung zwischen Emden und New York befördert. Auch auf der Kabelverbindung Emden — London (Eastern Station), die zur Beförderung der Telegramme nach und von Südamerika, Afrika, Asien und Australien, sowie den Mittelmeerländern dient, hat sich der Betrieb glatt abgewickelt. Der Verkehr auf den Kabeln hat sich im Berichtsjahr günstig entwickelt. Die Einnahmen haben sich wesentlich erhöht. Über das Azorenkabel werden jetzt mehr Telegramme befördert als in den Vorkriegsjahren über die beiden von Emden nach New York gehenden Kabel der Gesellschaft zusammen. In Gemeinschaft mit der Transradio Aktiengesellschaft für drahtlosen Überseeverkehr wurde im Dezember 1927 die Allgemeine Telegraphengesellschaft m. b. H. gegründet, welche die Förderung des Schnellnachrichtendienstes im Auslandsverkehr zum Ziele hat. Aus dem Reingewinn von rund 761 000 Mk. wird auf das Aktienkapital von 7·09 Mill. Mk. 7 vH Dividende bezahlt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	23. IV. 1928	25. IV. 1928	27. IV. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134³/₄	134³/₄	134³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	89—94	90—98	90—95

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 27. April 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa	61	11	3	61	12	6
Standard 3 Monate	61	15	0	61	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	233	0	0	234	0	0
Standard Kassa	232	15	0	233	0	0
Standard 3 Monate	233	5	0	233	7	6
Blei:						
Engl. pig common	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	26	3	9	25	15	0
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea	26	13	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 13. Mai 1928 | Heft 20

Die Elektrizitätsversorgung des Pariser Gebiets.

Von Ing. J. **Hak**, Paris.

Das Versorgungsgebiet der Pariser Großkraftwerke, die heute eine installierte Leistung von etwa 1 250 000 kVA vorstellen, umfaßt:

Die innere Stadt Paris (2·87 Mill. Einwohner, 78 km², 36 800 Einw./km²).

Die anliegenden Vorstädte (Departement Seine mit 80 Gemeinden, 1·76 Mill. Einwohner, 396 km², 4450 Einw./km²).

Das durch Freileitungen versorgte weitere Gebiet (etwa 1·4 Mill. Einwohner).

In der inneren Stadt, wo das erste Elektrizitätswerk im Jahre 1888 erbaut wurde, entstanden in den ersten Jahren der Elektrizitätsentwicklung fünf unabhängige Sektoren, von denen zwei Wechselstrom von 3000/110 V und drei Gleichstrom 5×110 V oder 3×110 V unabhängig voneinander erzeugten und lieferten. In der Umgebung ist eine Reihe von Gesellschaften entstanden, die verschiedene Stromart und Spannung besaßen und über keine Möglichkeit für die gegenseitige Unterstützung verfügten. Seit dem Anfang der Entwicklung von Transportunternehmungen (Untergrundbahn und Tramways) ist ihr Strombedarf von besonderen Kraftwerken gedeckt worden, die noch heute bestehen und eine spezielle Gruppe bilden.

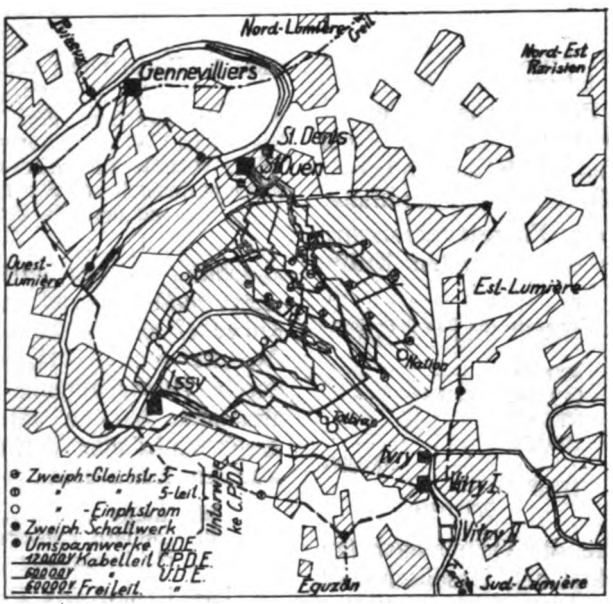


Abb. 1. Pariser Großkraftwerke und ihre Primärnetze.

Die durch den steigenden Strombedarf notwendig gewordene Vereinheitlichung der Energieerzeugung wurde zuerst in der inneren Stadt und erst viel später auch in der Umgebung durchgeführt.

Die im Jahre 1907 gegründete Comp. Parisienne de Distribution d'Electricité (C. P. D. E.) ist eine Aktiengesellschaft, die durch eine mit der Stadt abgeschlossene Konvention einen munizipalen Charakter erhielt. Die Stadt übertrug an die Gesellschaft das Verteilungsrecht nach dem Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1906, die Gesellschaft verpflichtete sich, die bestehenden Sektoren weiter zu versorgen und die Elektrizitätserzeugung in großen, wirtschaftlicheren Werken zu vereinigen. Die Erweiterungsarbeiten sind von der Gesellschaft für die Rechnung der Stadt durchgeführt, so daß alle Einrichtungen und Gebäude Eigentum der Stadt werden und an die Gesellschaft für die Dauer der Konvention leihweise übertragen sind. Ein Reservefond für den weiteren Ausbau ist mit einem bestimmten Anteile der Stromverkaufspreise dotiert. Außerdem sind für denselben bestimmte Anteile des die 6 vH Dividende der ungetilgten Aktien überschreitenden Reingewinns vorbehalten. Dagegen garantiert die Stadt diese Minimaldividende[1]).

Die Stadt verfügt über ein strenges Kontrollrecht in allen finanziellen und technischen Angelegenheiten. Zur Kompetenz der „Oberen Kontrollkommission", deren sechs Mitglieder von der Stadt, die übrigen vom Präfekten des Departements Seine ernannt werden, gehört zum Beispiel die periodische Bestimmung der Kohlenpreise und des Lohnindex, die Genehmigung neuer Arbeiten usw.

Mit Rücksicht auf die bestehenden Stadtsektoren wurde zur Vereinheitlichung der Erzeugung Zweiphasenstrom von 42 Per/s und Primärspannung von 12 000 V gewählt. Nebst den notwendigen Unterwerken erbaute die C. P. D. E. zwei Kraftwerke, das Werk „Norden" in St. Ouen und das Werk „Süden" in Issy-les-Moulineaux, in welchen bis zum Jahre 1914 zusammen 150 000 kVA installiert wurden.

[1]) Rev. Gén. d'Electr., 1921, Bd. 9, S. 735. — ETZ, 1921, S. 1200.

Digitized by Google

Infolge der in den Kriegsjahren unterbrochenen Entwicklung genügte diese installierte Leistung bis zur Nachkriegszeit, wo eine neue, noch nicht beendete Vergrößerung beider Kraftwerke begann und dieselben in den heutigen Stand brachte.

Der Zusammenschluß der Energieerzeugung in dem Vorstadtgebiet wurde erst später und viel mehr im Interesse der einzelnen Gesellschaften als durch eine öffentliche höhere Macht durchgeführt. Im Jahre 1919 entstand durch den Zusammenschluß von einigen Gesellschaften die Union d'Electricité (U. D. E.), welche durch Ankauf auch die Mehrzahl der in dem Gebiet damals bestehenden Kraftwerke erwarb. Die früher auch erzeugenden Gesellschaften blieben nur zur Verteilung der von der U. D. E. übernommen Energie bestehen. Von den Kraftwerken ließ die U. D. E. nur das Werk Vitry in Gang, das zum Spitzenwerk umgebaut wurde. Die übrigen Kraftwerke wurden oder werden bald stillgesetzt und die Erzeugung wurde in dem neuen Großkraftwerk Gennevilliers konzentriert. Ein weiteres Großkraftwerk Vitry II ist im Projekt.

Die nur für die Transportzwecke liefernde Gesellschaft (Soc. d'Electricité de Paris) besitzt das Kraftwerk St. Denis und das im Bau befindliche Kraftwerk Ivry.

Zur Deckung des immer steigenden Strombedarfes wird in den nächsten Jahren die hydraulische Energie des Zentralgebiets Frankreichs und eventuell auch die der Rhône in Frage kommen. Zwei Umspannwerke (Nation und Tolbiac) von etwa 300 000 kW sind zu diesem Zwecke in Vorbereitung.

Zusammenfassend ist die Energieversorgung des Pariser Gebiets durch die folgenden Kraftwerke gesichert.

Gesellschaft	Kraftwerk	Ausbau kW	Im Bau kW	Projekt kW
C. P. D. E.	Norden, St. Ouen	400 000	—	—
„	Süden, Issy	110 000	60 000	—
U. D. E.	Gennevilliers	350 000	—	—
„	Vitry I	100 000	—	—
„	Vitry II	—	—	400 000
S. E. P.	St. Denis	175 000	—	—
„	Ivry	—	200 000	—

Die Lage der Kraftwerke, die Verteilungsnetze und die Unterwerke der einzelnen Gesellschaften sind in der Abb. 1 eingetragen.

Die Entwicklung der Energieversorgung des ganzen Gebietes kann infolge mangelhafter Statistik nur teilweise verfolgt werden. Einige für die innere Stadt, das heißt die C. P. D. E., geltenden Daten sind in der Abb. 2 vereinigt. Die Spitzenleistung beider Kraftwerke dieser Gesellschaft erreichte im Jahre 1926 257 000 kW, was eine Vergrößerung um 100 vH gegen das Jahr 1921 vorstellt (Abb. 2, Kurve *a*). Der Lichtverbrauch steigt in den letzten Jahren fast gleichmäßig um 25 Mill. kWh jährlich, oder um 10 vH (*b*). Der sogenannte „Verbrauch für andere Zwecke" (hauptsächlich Motorverbrauch) hat in den letzten Jahren eine durch die Stabilisierungspolitik verursachte Anwachsverminderung erfahren; er ist im Jahre 1926 nur um 4·8 vH gegen 8 vH im Jahre 1925 gestiegen (*c*). Die Stromabnahme der Hochspannungsabnehmer stellt etwa 25 vH des Gesamtverbrauches vor (Kurven *d* und *e*).

Die Abnehmerzahl steigt jährlich um etwa 65 000, oder um 13 vH. Sie erreichte im Jahre 1926 die Zahl 577 592 (während die der Gasabnehmer 881 279 betrug). Die Lichtabnehmerzahl steigt natürlich viel rascher (um 14 vH jährlich, Kurve *f*) als die Zahl der Abnehmer für andere Zwecke (um 7 vH, Kurve *g*). Die Anzahl der durch Hochspannung direkt versorgten Großabnehmer hat im Jahre 1925 555 erreicht. Der durchschnittliche Verbrauch für einen Abnehmer war im Jahre 1926:

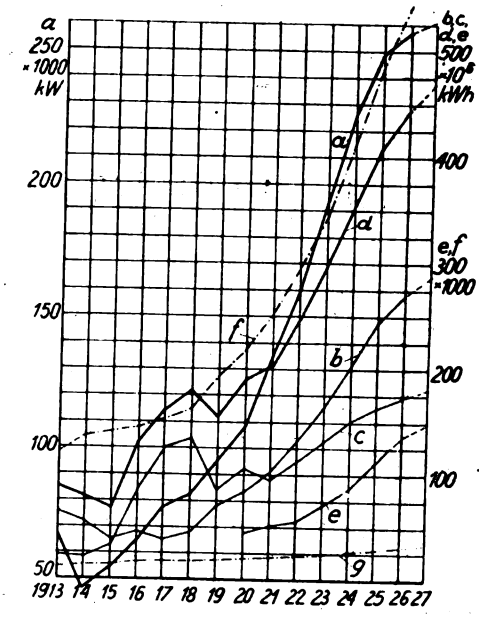


Abb. 2. Entwicklung der Energieversorgung der Stadt Paris (C. P. D. E.).

a = Spitzenleistung der Werke in kW, *b* = Lichtverbrauch in kWh, *c* = Verbrauch für „andere Zwecke" in kWh, *d* = Gesamtverbrauch in kWh, *e* = Hochspannungsverbrauch in kWh, *f* = Lichtabnehmerzahl, *g* = Abnehmerzahl für „andere Zwecke".

für Licht	497	kWh
für „andere Zwecke"	5 810	„
für Hochspannung	205 000	„

Die Länge des Primärnetzes, die bei Übernahme der alten Stadtsektoren im Jahre 1907 138 km betrug, ist auf 1943 km im Jahre 1926 gestiegen. Die entsprechenden Zahlen für das Sekundärnetz sind 551 und 1591 km.

Die angeschlossene Leistung (Zählergröße) der Lichtabnehmer ist von 245 530 im Jahre 1920 auf 479 342 kW Ende 1926 gestiegen. Für die „anderen Zwecke" sind diese Zahlen 155 350 und 251 401 kW. Die Benutzungsstunden (= Verbrauch : Anschlußgröße) sind in den letzten Jahren bedeutend gestiegen, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht:

Benutzungsstunden:	Licht	„and. Zwecke"	Gesamtverbrauch
im Jahre 1913	336	397	348
1920	348	680	475
1922	447	661	526
1924	534	725	604
1926	567	696	612

Digitized by Google

Die im Jahre 1926 dem Motorverbrauch entsprechende Verminderung ist auf die wirtschaftlichen Verhältnisse zurückzuführen. Trotzdem ist der dem Gesamtverbrauch entsprechende Wert auch in diesem Jahre gestiegen.

Die Einwohnerzahl der inneren Stadt betrug im Jahre 1921 2·9 Mill., so daß mit Rücksicht auf den Gesamtverbrauch 70 kWh jährlich je Einwohner entfielen. Im Jahre 1926, wo die Einwohnerzahl 2·87 Mill. beträgt, ergeben sich 156 kWh/Einw. Da die Bevölkerung der Stadt fast stationär ist, kann man für 1930 etwa 220 kWh/Einw. annehmen. Beim Vergleich dieser Werte mit jenen anderer Städte muß berücksichtigt werden, daß sie nicht den Energieverbrauch für Transportzwecke enthalten.

Die erzeugten kWh der beiden Kraftwerke der C. P. D. E. sind infolge des Eigenverbrauches und der bedeutenden Anzahl von Unterwerken fast um 25 vH größer als die verkauften kWh. Dieser Unterschied erfährt eine regelmäßige stetige Verminderung. Die Erzeugung betrug:

im Jahre 1920	250·275	Mill. kWh
1922	322·3	„ „
1926	532	„ „

Die tägliche und jährliche Belastungskurve ist, da es sich um eine ausgesprochene Stadtversorgung handelt, ziemlich ungünstig. Die tägliche Variation in der Belastung beider Werke erreicht das Verhältnis 1 : 4 im Sommer und 1 : 12 im Winter. Die Sommerbelastungskurve hat drei, die Winterkurve zwei Spitzen (Abb. 3). Die Benutzungsziffer (= erzeugte kWh : Spitzenleistung) ist infolgedessen niedrig. Sie beträgt in den letzten Jahren durchschnittlich 2100 Stunden[2]).

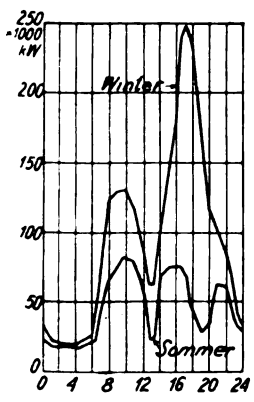


Abb. 3. Belastungskurven der Werke der C. P. D. E.

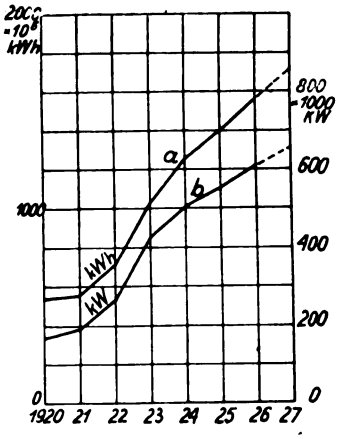


Abb. 4. Gesamterzeugung der Kraftwerke des Pariser Gebiets (*a*) und ihre Spitzenleistung (*b*).

Infolge der großen Industriekonzentrierung und infolge der Angliederung von weiteren, teilweise auch landwirtschaftlichen Gebieten, sind die Absatzverhältnisse in dem ganzen, in Betracht gezogenen Pariser Gebiet günstiger als in der Stadt Paris selbst, und die Entwicklung ist infolge der noch nicht beendeten Elektrifikation des Gebietes eine noch raschere als in Paris.

[2]) Vgl. Rev. Gén. d'Electr. 1927, Bd. 21, S. 867.

Die Gesamterzeugung aller Kraftwerke (die oben allein betrachteten zwei Kraftwerke der C. P. D. E. inbegriffen) erreichte im Jahre 1926 1560 Mill. kWh (Kurve *a*, Abb. 4). Die Spitzenleistung sämtlicher Kraftwerke betrug 604 000 kW (Kurve *b*). Die Benutzungsziffer war etwa 2600 Stunden. Der Verbrauch erreichte 1400 Mill. kWh und steigt regelmäßig um 150 Mill. kWh jährlich. Der jährliche Verbrauch pro Einwohner, wenn man die Bevölkerung des versorgten Gebietes zu 6 Mill. annimmt, betrug in diesem Jahre 235 kWh/Einw.

Die unsicheren wirtschaftlichen Verhältnisse der Nachkriegszeit zeigen sich, wie überall, auch hier in der Ausgestaltung der Tarife. Die Möglichkeit beweglicher Tarife auch für die Kleinabnehmer wurde im Jahre 1918 durch eine Ministerialverordnung gegeben, durch welche der sogenannte Elektrizitätsindex (*E*) eingeführt wurde. Periodisch wird für jedes Departement der Kohlenpreis (*K*) (= Preis pro 1 t Kohle einschließlich Transport) und der Lohnindex *L* bestimmt; diese Werte ergeben dann den Elektrizitätsindex *E* nach den Gleichungen:

$$E = K + 0{\cdot}25\,L \text{ für Hochspannung und}$$
$$E = K + 0{\cdot}60\,L \text{ für Niederspannung.}$$

Die Gestaltung der Tarife mit Benützung dieser beweglichen ökonomischen Werte ist den Vereinbarungen zwischen den Gesellschaften und den Gemeinden bzw. den Abnehmern überlassen. Die beiden, für die ganze Elektrizitätswirtschaft wichtigen Werte von *E* und *K* sind in der Abb. 5

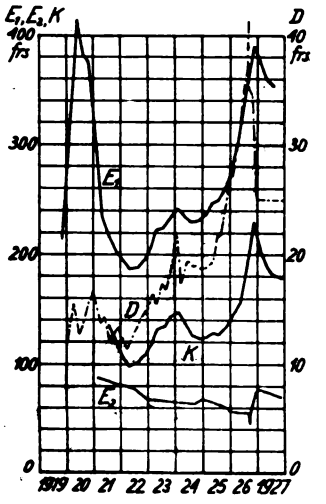


Abb. 5. Elektrizitätsindex *E* für die Niederspannung im Departement Seine (E_1 Papier-, E_2 Goldfranken). *K* = Kohlenpreis, *D* = Dollarkurs.

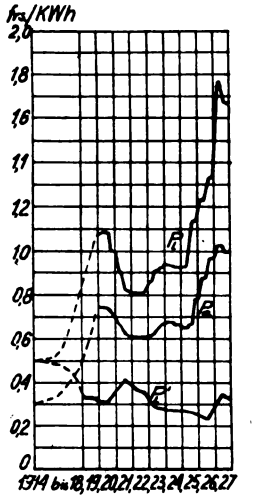


Abb. 6. Einheitspreis Frcs./kWh für Licht P_l und für „andere Zwecke" P_a. (P_l Lichtpreis in Goldfranken.)

durch die entsprechenden Kurven angegeben, und zwar E_1 für Niederspannung und für das Departement Seine in Papierfrancs, E_2 desgleichen in Goldfrancs, wobei zur Umrechnung der durchschnittliche Dollarkurs (Kurve *D*) genommen wurde. *K* stellt die zur Bestimmung von *E* dienenden Kohlenpreise dar. Die Francsentwertung

Digitized by Google

und die schweren Folgen der Stabilisierung sind an der Kurve E_2 zu erkennen.

Der nach diesen Grundsätzen im Jahre 1921 eingeführte bewegliche Tarif der C. P. D. E. ist der folgende. Bezeichnet man durch z den Grundpreis, durch K den Kohlenpreis und durch s eine spezielle, der Bewegung der Löhne folgende Lohnziffer, so ist der Einheitspreis durch

$$P = z + (K - 20) \cdot m + s \cdot n \text{ Francs./kWh} \quad (1)$$

gegeben. Je nach der Spannung und Benützung ist:

	Niederspannung		Hochspannung	
	Licht	and. Zwecke	Licht	and. Zwecke
$z =$	0·50	0·30	0·375	0·225
$m =$	0·0027	0·0027	0·002	0·002
$n =$	4	2	1	1

Seit der besonders starken Francsentwertung im Jahre 1925 reicht die durch diese Tarife gegebene Stabilität nicht aus und es mußten besondere zeitliche Preiserhöhungen zur Hilfe genommen werden. Eine Erhöhung von 20 vH trat im Jahre 1925 für die Niederspannung in Kraft; sie betrug im Jahre 1926 35 vH für Licht und 20 vH für andere Zwecke. Gegenwärtig ist sie 40 bzw. 15 vH.

Werte von P für Licht und für andere Zwecke für Niederspannung sind in der Abb. 6 für die letzten Jahre zusammengestellt, und zwar für Licht auch in Goldfrancs. Der Goldpreis des Lichtstromes ist vom Jahre 1914 bis 1927 um mehr als 30 vH gesunken[3]).

Eine Vervollständigung dieses Grundtarifes stellt der im Jahre 1923 eingeführte „reduzierte Tarif" für Anschlüsse von mehr als 10 kW dar, durch welchen man besonders eine Erhöhung der Benutzungszeit anstrebte. Zwei von der Benutzungszeit (T) abhängige Koeffizienten α und β wurden in die Grundformel (1) eingeführt, welche nun in der Form

$$P = z(1 - \alpha) + [(K - 20) \cdot m + s \cdot n](1 - \beta) \quad (2)$$

erscheint. Für Niederspannung, Licht und für einen Anschluß von mehr als 24 kW ist zum Beispiel

für $T =$	400	600	800	1000	1200	1400	1800 Stunden
$\alpha =$	9	23	37	44	47	49	53 vH
$\beta =$	5	13	21	25	27	28	30 „

Gegenwärtig stellt dieser Tarif folgende prozentuale Verbilligung des Einheitspreises für einen solchen Anschluß vor:

T in Stunden	unter 400	400	600	1000	größer als 1800
Einheitspreis in vH		100	93	83	67	58

Der gleichzeitig eingeführte cos φ-Tarif der C. P. D. E.[4]) führt zwei vom cos φ abhängige Koeffizienten ϱ und σ ein, durch welche die Formel (2) folgende Gestalt erhält:

$$P = z(1 - \alpha \cdot \varrho) + [(K - 20) \cdot m + s \cdot n](1 - \beta \cdot \sigma).$$

Es ist:

für cos φ =	größer als 0·95	$\varrho = 1{\cdot}20$	$\sigma = 1{\cdot}10$
= 0·95	bis 0·90	= 1·15	= 1·075
= 0·90	„ 0·85	= 1·10	= 1·05
= 0·85	„ 0·80	= 1·05	= 1·025
=	0·80	= 1	= 1
= 0·80	bis 0·75	= 0·95	= 0·975
	usw.	usw.	usw.

[3]) Vgl. Rev. Gén. d'Electr. 1927, Bd. 21, S. 347.
[4]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 537.

Gegenwärtig hat, für einen Niederspannungskraftabnehmer, die Verbesserung bzw. die Verschlechterung des cos φ folgende prozentuale Veränderung des Einheitspreises zur Folge:

cos φ =	0·91	0·86	0·80	0·74	0·64	0·39
Einheitspreis bei						
$T = 1000$ St.	96	97	100	103	106	118 vH
$T = 2800$ „	93	95	100	105	109	127 „

Um eine Verbilligung des Einheitspreises durch Verbesserung der Benutzungszeit auch den Kleinabnehmern zu ermöglichen, wurde im Jahre 1924 ein Spezialtarif mit Teilverrechnung eingeführt. Die jährliche Stromabnahme wird in drei Teile geteilt: Jeder der beiden ersten beträgt:

f. Elektrizitätszähler von	0·3	0·5	1·0	1·5	2·0	kW
	114	190	240	360	480	kWh

Für den zweiten Teil der Stromabnahme wird z und n um 30 vH und m um 15 vH ermäßigt; für den dritten Teil sind diese Prozentsätze 50 bzw. 20 vH. Für einen Kleinabnehmer von 0·5 kW ergeben sich darnach gegenwärtig folgende Einheitspreise:

bei einem Jahresverbrauch von:	unter 190	250	350	450	600 kWh
wird d. Einheitspreis:	1·68	1·57	1·46	1·37	1·28 Frcs./kWh

Um einen besseren Belastungsausgleich über Nacht- und Mittagsstunden zu fördern, führte die Gesellschaft im Jahre 1927 einen neuen Nachttarif ein[5]). Dieser kann für jeden Anschluß für „andere Zwecke" in Verwendung kommen und setzt den Einbau eines Dreitarifzählers voraus, dessen Umschaltungen (vier- bzw. fünfmal täglich) durch eine Schaltuhr oder in einigen Bezirken durch mit Hochfrequenz-Hilfsstrom betriebene Relais erfolgen. Die Zeitabschnitte sind, wie folgt, bestimmt:

	Winter (vom 1. X. bis 31. III.)	Sommer
„Nacht"	v. 18 b. 7 u. v. 11½ b. 13½	desgl. ohne
„Tag"	„ 7 „ 11½ „ „ 13½ „ 15	Spitze
„Spitze"	von 15 bis 18	(Spitze = Tag)

Der Einheitspreis ist durch die Gleichung gegeben:

$$P = a \cdot z + b(K - 20) \cdot m + c \cdot s \cdot n \text{ Frcs./kWh},$$

wobei für

„Nacht"	$a = 0{\cdot}30$	$b = 0{\cdot}50$	$c = 0{\cdot}10$
„Tag"	$a = 0{\cdot}70$	$b = 0{\cdot}85$	$c = 0{\cdot}70$
„Spitze"	$a = 1{\cdot}60$	$b = 1{\cdot}30$	$c = 1{\cdot}90$

einzusetzen ist. Außerdem wird für den Nachtverbrauch die jetzige Preiserhöhung von 15 vH nicht verrechnet. Bei einem gewöhnlichen Niederspannungsanschluß ergibt sich bei Verwendung dieses Tarifes statt des heutigen Normalpreises von 1 Frcs./kWh nur 0·32 Frcs./kWh für den Nacht-, 0·77 Frcs./kWh für den Tag-, aber 1·50 Frcs./kWh für den Spitzenverbrauch. Wie ersichtlich bezweckt der Nachttarif eine Verbreitung von Nachtheizung und eine Verschiebung des Gebrauches von Haushalt- und Kleingewerbeapparaten auf die Nacht- und Mittagsstunden.

Die Anzahl der Abnehmer, bei welchen die drei Spezialtarife in Verwendung kamen, ergab

[5]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 71.

Digitized by Google

sich Ende 1927: für den „reduzierten Tarif" zu 10843; für den Tarif mit Teilverrechnung zu 32485; für den Nachttarif zu 1007.

Die in dem Vorstadtgebiet eingeführten Tarife sind je nach den Lokalverhältnissen und nach den älteren Verträgen verschieden. Auch hier werden Tarife mit Teilverrechnung auch für die Kleinabnahme verwendet. So verrechnet zum Beispiel die Gesellschaft „Est-Lumière" bei Verwendung ihres Teiltarifes nur die ersten 200 Benutzungsstunden zum Lichtpreis (gegenwärtig 1·50 Frcs./kWh), der diese verhältnismäßig niedrige Grenze überschreitende Verbrauch wird zum Motorpreis (1·0 Frcs./kWh) verrechnet.

Für den Hochspannungsverbrauch kommen natürlich kompliziertere Formeln zur Verwendung, bei welchen auch der $\cos\varphi$ berücksichtigt wird. Dieselbe Gesellschaft setzt zum Beispiel für einen Hochspannungsabnehmer eine minimale Benutzungsdauer von 800 Stunden voraus; der diese Grenze überschreitende Verbrauch wird um etwa 30 vH billiger verrechnet. Der Grundpreis ist je nach der Anschlußgröße verschieden; für 100 kVA beträgt er zum Beispiel 0·37 Frcs./kWh, wobei $\cos\varphi = 0{\cdot}80$ und der Elektrizitätsindex gleich 100 vorausgesetzt wird. Für jede 0·01 betragende Abweichung des $\cos\varphi$ von dem Normalwert von 0·80 tritt

zwischen 0·80 bis 0·70 eine Grundpreiserhöhung von 0·3 vH
„ 0·70 „ 0·60 „ „ „ 0·6 „
unter 0·60 „ „ „ 0·9 „

ein. Für jede 1 Frc. betragende Erhöhung von E wird der Grundpreis um 0·0017 Frcs. erhöht. Wird für eine bestimmte Periode der Nachweis gebracht, daß während der Spitzenstunden keine Stromabnahme stattfand, so wird eine Ermäßigung von 0·02 des Grundpreises gewährt. Diese Ermäßigung beträgt 0·04 Frcs., falls nur Nachtverbrauch bewiesen werden kann. Wird die Minimalgrenze von 800 Stunden nicht erreicht, so werden die noch fehlenden kWh zum Einheitspreise von 0·25 Frcs./kWh verrechnet.

Der Verbesserung des $\cos\varphi$ ist in allen Vorstadtnetzen erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Verschiedene diesem Zwecke dienende Mittel (auch statische Kondensatoren usw.) werden untereinander verglichen und untersucht[6]).

Die technischen Einrichtungen der einzelnen oben angeführten Großkraftwerke des Pariser Gebiets entsprechen der stetigen und raschen Vergrößerung des Energiebedarfs. Seit 1922 werden ausschließlich Großkessel von 1600 bis 2100 m² Heizfläche gebaut; Turbosätze von 35000 bis 50000 kW ersetzen oder vervollständigen die alten kleineren Einheiten; schließlich, verhältnismäßig spät, wird auch Staubfeuerung und höherer Dampfdruck verwendet.

Ohne auf alle Einzelheiten eingehen zu können, wollen wir die drei wichtigsten Großkraftwerke kurz beschreiben, wobei besonders die neuesten Erweiterungen berücksichtigt werden sollen.

Großkraftwerk „Norden" der C. P. D. E.
(Abb. 7 und 8).

Infolge der durch den Krieg verursachten Unterbrechung in der Entwicklung sind in fast allen Einrichtungen des Werkes zwei Teile, der ältere (bis zum Jahre 1914) und der neuere Teil (von 1922 an) wahrzunehmen[7]).

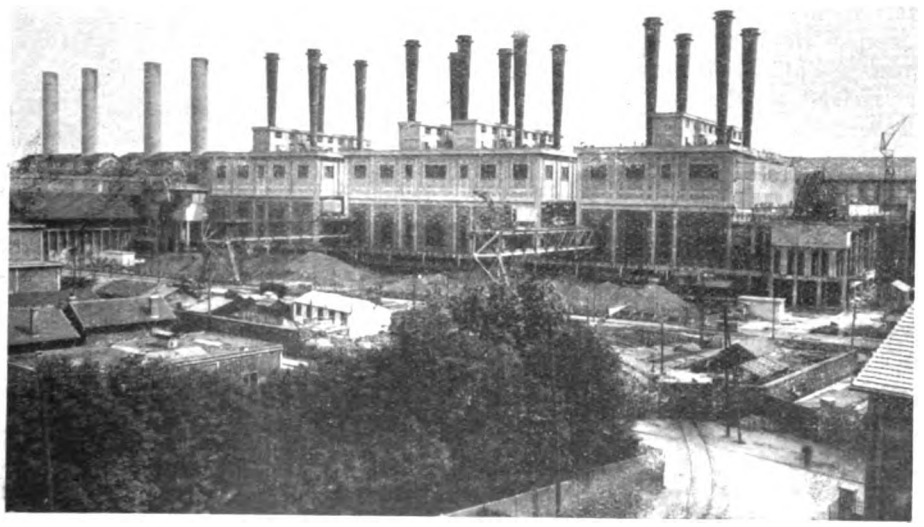


Abb. 7. Ansicht des Großkraftwerkes „Norden" der C. P. D. E. (Die beiden letzten 2100 m²-Kessel im Bau.)

Die Kohlenversorgung kann nach Bedarf mit

[6]) Vgl. Rev. Gén. d'Electr. 1927, S. 154 U.
[7]) Eingehende Beschreibung: „Génie Civil" 1927, Heft 13 und 14.

Digitized by Google

Kahn oder durch Bahnanfuhr erfolgen. Es wird (wie in allen Kraftwerken des Gebietes) Steinkohle von 7000 bis 7500 kcal. verfeuert. Die wasserseitig angelangte Kohle wird aus dem Kahn durch zwei Auslegerkrane von je 100 t/h und zwei solche von je 50 t/h in die Reservebunker der Entladungsanlage entleert. Eine zweigeleisige elektrische Bahn verbindet die Entladungsanlage mit dem Kohlenlager. Die speziellen Kohlenwagen mit Einzelbetrieb befördern die den Reservebunkern entnommene Kohle entweder zu den Lagerbunkern oder zu dem Kohlenpark oder direkt zu den Einwurftrichtern der die einzelnen Kesselhäuser bedienenden Becherketten. Die durch Bahnanfuhr angelangte Kohle wird entweder in die Einwurftrichter der Becherketten, oder in die offenen Kohlenlager entleert. In diesem letzten Fall wurde ein neues Entladungsverfahren durch Wasserstrahl verwendet: Auf einer das Kohlenlager bedienenden Förderbrücke (Abb. 9) ist eine Motorpumpe von 15 kW (*a*) die einen kräftigen Wasserstrahl (*b*) liefert, aufgebaut. Vom Führerstand (*c*) wird derselbe in den betreffenden Wagen gerichtet. Ein Mann kann in 30 min zirka 10 Kohlenwagen von je 20 t entleeren, wobei dieselben nicht verschoben werden müssen, da die Förderbrücke die entsprechende Bewegung dem Kohlenzug entlang durchführt[8]).

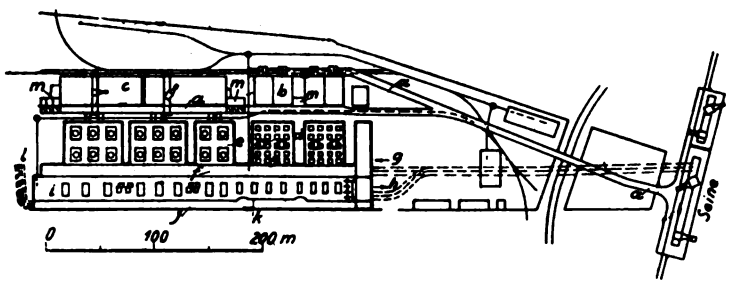


Abb. 8. Grundriß des Werkes „Norden": *a* = elektr. Bahn, *b* = Lagerbunker, *c* = Kohlenlagerplatz, *d* = alte Kesselhäuser, *e* = neue Kesselhäuser, *f* = Pumpenhalle, *g*, *h* = Kühlwasserkanäle, *i* = Maschinenhaus, *j* = Schalthaus, *k* = Schalttafel, *l* = abgehende Kabelleitungen, *m* = Schlackenbunker.

Der ältere Teil des Kohlenlagers besteht aus acht Lagerbunkern mit entsprechenden Becherketten und Einwurftrichtern. Mit Rücksicht auf die Vorteile, die eine Lagerung unter Wasser vorstellt (keine Verminderung des Heizwertes, keine Betonkonstruktion), wurde für den neueren Teil ein offenes Kohlenlager angelegt, das bei 32 × 150 m² Lagerfläche eine Tiefe unter Wasser von 3·8 m und ein Fassungsvermögen von 30 000 t besitzt. Es ist von zwei Förderbrücken von 42 m Länge, die je einen Auslegerkran tragen, bedient. Die aus dem Kohlenpark entnommene Kohle wird entweder den Einwurftrichtern der Becherketten oder den auf der Förderbrücke befindlichen Einwurftrichtern der elektrischen Bahn zugeführt. Sie kann deshalb auch in die Lagerbunker oder in die alten Kesselhäuser befördert werden.

Die Kohlenbeförderung in den alten und neuen Kesselhäusern geschieht in üblicher Weise durch Becherketten.

Von den vier alten Kesselhäusern besitzen drei je zehn Babcock-Wilcox-Kessel von 420 m² Heizfläche. Das vierte Kesselhaus hat zehn Dalaunay-Belleville-Kessel von 320 m² Heizfläche; die allgemeine Anordnung ist die übliche. Für je zwei Kesselreihen ist eine Becherkette angeordnet, deren rückkehrender Teil gleichzeitig zur Entfernung der Schlacke dient.

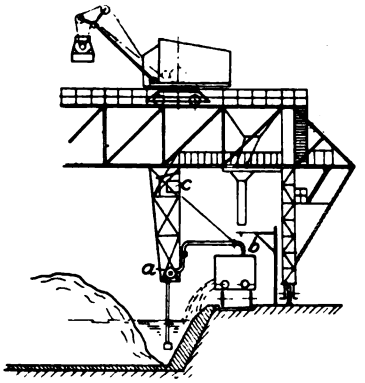


Abb. 9. Entladen der Kohlenwagen durch Wasserstrahl.

Die drei neuen Kesselhäuser besitzen 13 Stirling- und 3 Ladd-Belleville-Steilrohrkessel von je 2100 m² Heizfläche. Die Hauptdaten dieser Kessel, von denen die ersteren von der Comp. Fives-Lille, die letzteren von Etabl. Delaunay-Belleville erbaut worden sind, sind die folgenden:

	Stirling	Ladd-Belleville
Dampfdruck	20 atu	
Dampfüberhitzung	350° C	
Normalleistung	60 t/h	
Forcierte Leistung	80 „	
Heizfläche der Überhitzer	450 m²	660 m²
Rostfläche	60 m²	
Wasserinhalt	81 m³	68 m³
Dampfinhalt (ohne Überhitzer)	20 „	17·5 m³
Heizfläche der Ekonomiser	1300 u. 1560 m²	1560 m²

Jeder Kessel ist mit zwei gegenseitig angeordneten Riley-Fama Schubrosten versehen, die die Kohle aus den Kesselbunkern (je 360 t Fassungsvermögen für jeden Kessel) entnehmen und je 18 Zylinder besitzen, durch welche die Kohle, von Kolben gepreßt, auf die geneigte Rostfläche gelangt. Die drei in jeder Reihe befindlichen

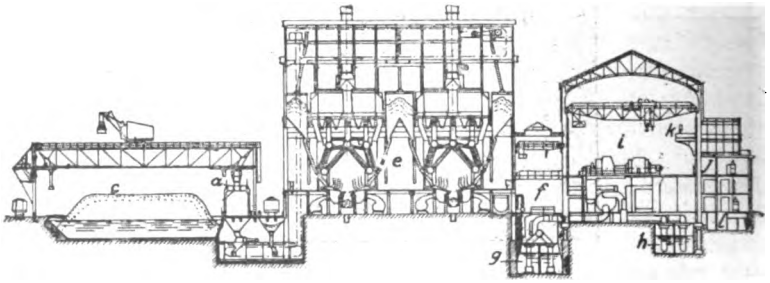


Abb. 10. Querschnitt des Werkes „Norden". (Neues Kesselhaus, *a* bis *l*, siehe Abb. 8.)

[8]) Le Génie Civil vom 27. März 1926.

Digitized by Google

Kesselbunker sind von zwei Becherketten von je 50 t/h Leistung bedient (Abb. 10). Vier Unterwindventilatoren von je 75 000 m³/h bei 25 kW Motorleistung von denen zwei normal im Betrieb sind, liefern die Verbrennungsluft. Auf einigen Kesseln sind wassergekühlte Schlackenbrecher angebaut.

Jeder Kessel ist von fünf Quertrommeln, die durch vier Hauptrohrbündel verbunden sind, gebildet. Die drei oberen Quertrommeln allein sind an den Betonquerbalken befestigt und die übrigen Kesselteile sind auf diesen Quertrommeln aufgehängt, so daß freie Ausdehnungsmöglichkeit besteht. Zum Ingangsetzen aus kaltem Zustande benötigen die Kessel 3 bis 4 Stunden; aus dem gedämpften Gang (Nacht) auf normalen Betrieb überzugehen, ist 1 Stunde notwendig. Dagegen kann auf forcierten Gang (80 t/h Dampf und 10 t/h Kohle) in 3 bis 5 min übergegangen werden.

Die oberhalb jedes Kessels befindlichen vier Green-Ekonomiser erwärmen das Wasser von 30 auf 100° C. Jeder Kessel besitzt einen Blechschornstein mit zwei Saugzugventilatoren von je 35 kW, System Prat. Bei dem normalen Gang ist jedoch der natürliche Zug ausreichend. Die Abb. 11 zeigt diese Kessel in einem der neuen Kesselhäuser.

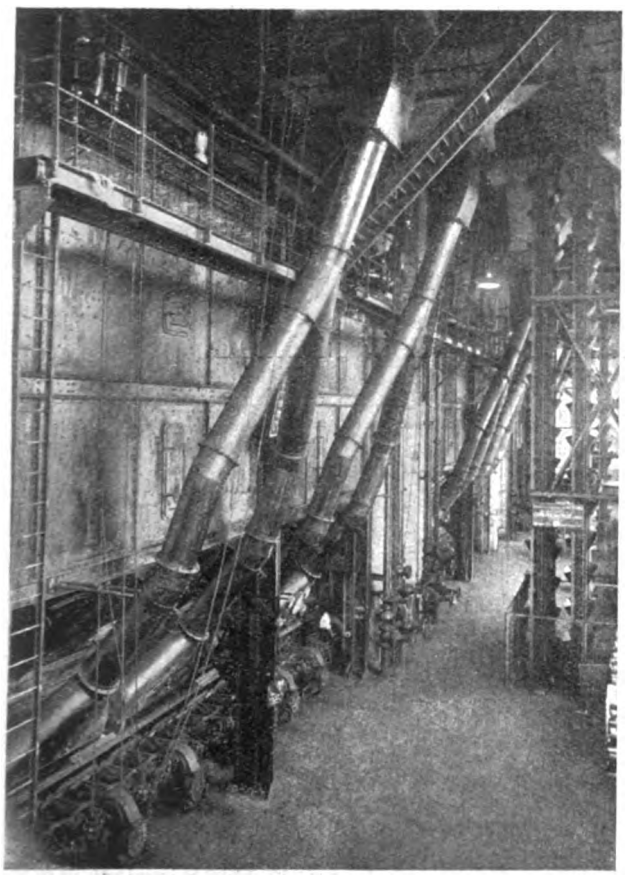


Abb. 11. Stirling-Kessel von 2100 m² Heizfläche in einem der neuen Kesselhäuser der C. P. D. E. (Comp. de Fives-Lille.)

Die in dem älteren Teil bestehende Entaschung durch Becherketten wurde in der neuen Anlage durch Wasserentaschung ersetzt. Die eine Neigung von 2·5 vH besitzenden Wasserkanäle (*a*, Abb. 12) führen von den Aschentrichtern jeder Kesselreihe beiderseitig zu einer Aschengrube (*b*).

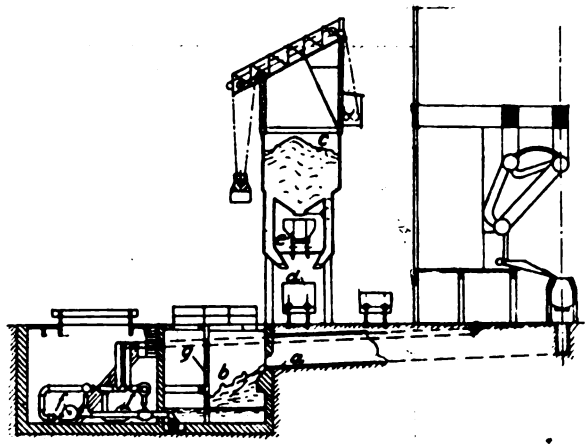


Abb. 12. Wasserentaschung im Werke „Norden".

Die Asche und Schlacke werden von hier durch eine vollkommen automatisch wirkende Hubanlage von 30 t/h Leistung in den Schlackenbunker (*c*) befördert, um von hier entweder in die Eisenbahnwagen (*d*) oder in die Transportwagen der elektrischen Bahn (*e*) abgelassen zu werden. Die eine Wand der Schlackengrube ist durch ein Gitter (*g*) ersetzt, und das Wasser wird wieder von den Pumpen (*f*) in die unter die Kessel führende Druckleitung gedrückt. Die für zehn Kessel ausreichende Anlage verbraucht 70 kW, die nur während der Entaschung (je 4 bis 6 Stunden) in Anspruch genommen werden[9]).

Das Kühl- und Gebrauchswasser wird der Seine in einer 107 m langen Wasserentnahmestelle entnommen. Diese besitzt einen festen, mechanisch gereinigten Rechen und zwei Siebe, welche vollständig aufgehoben und durch Wasserstrahlen automatisch gereinigt werden können. Die gesamte Oberfläche beträgt 290 m². Zwei Wasserkanäle von je 7·5 m² Querschnitt führen unter die Pumpenhalle und zwei ähnliche Kanäle dienen zum Wasserabfluß (Abb. 8 und 10).

Als Speisepumpen sind vorhanden: 4 Motorpumpen von je 100 m³/h und 3 Dampfpumpen von je 180 m³/h für die alten, und 16 Motorpumpen von je 180 m³/h Leistung für die neuen Kesselhäuser. Von den zwei Hauptspeisewasserleitungen, von denen eine als Reserve dient, zweigen in jedes Kesselhaus ebenfalls zwei Speiseleitungen ab; die Speiseregler sind Bauart Copes und Genevet. Sämtliche übrigen Wasserleitungen (Gebrauchswasser-, Feuer-, Verbindungs- und Ablaßleitungen) sind parallel zu den Hauptspeiseleitungen an der Wand der Pumpenhalle angeordnet.

Der ältere Teil des Maschinenhauses besaß ursprünglich acht Turbosätze von je 12 500 kVA und 1255 U/min. Da ihre Geschwindigkeit nicht gesteigert werden konnte, erschien, mit Rücksicht auf die im Jahre 1918 gesetzlich als normale eingeführte

[9]) Le Génie Civil vom 28. August 1926.

Digitized by Google

Frequenz von 50 Per/s, ihre Ersetzung notwendig. Sie werden durch neue 15 000 kVA Turbosätze mit vorläufig 2500 U/min ersetzt, deren Geschwindigkeit, nach erfolgter Umstellung des ganzen Netzes auf 50 Per/s, auf 3000 gesteigert wird. Die Leistungsvergrößerung der Einheiten konnte ohne Steigerung des Dampfverbrauches erfolgen. Bis jetzt sind vier neue Einheiten in Betrieb. Von den mit 13 atü arbeitenden Turbinen sind 5 von der Comp. Electro-Mécanique, 2 von der Soc. Alsacienne und 1 von Rateau. Auf jeder Welle befinden sich zwei Gleichstromgeneratoren, die den Erregerstrom und den Hilfsstrom für die Umlauf-, Wasser- und Vakuumpumpe der betreffenden Turbine liefern. In der Abb. 13 sind diese Einheiten ersichtlich. Die von der Comp. Electro-Mécanique gelieferten Turbinen sind dreiteilige Turbinen, Bauart Brown-Boveri. Die Richtung der Dampfströmung ist im Hoch- und Mitteldruckteil entgegengesetzt, im Niederdruckteil ist die Zweiflußbauart verwendet[10]).

Abb. 13. Blick in die Maschinenhalle des Werkes „Norden". (Seite der 15 000 kVA-Turbosätze.)

Der neue Teil des Maschinenhauses besitzt acht Turbosätze von je 37 500 kVA Dauer- und 43 750 kVA Maximalleistung (zweistündig). Die Turbinen arbeiten mit 16 atü und 1255 U/min. Ihre Geschwindigkeit wird auf 1500 U/min gesteigert. Fünf Turbinen wurden von der Soc. Alsacienne, zwei von der Comp. Electro-Mécanique und eine von Schneider geliefert. Im Durchschnitt ist der Dampfverbrauch dieser Einheiten 4·92 kg/kWh bei

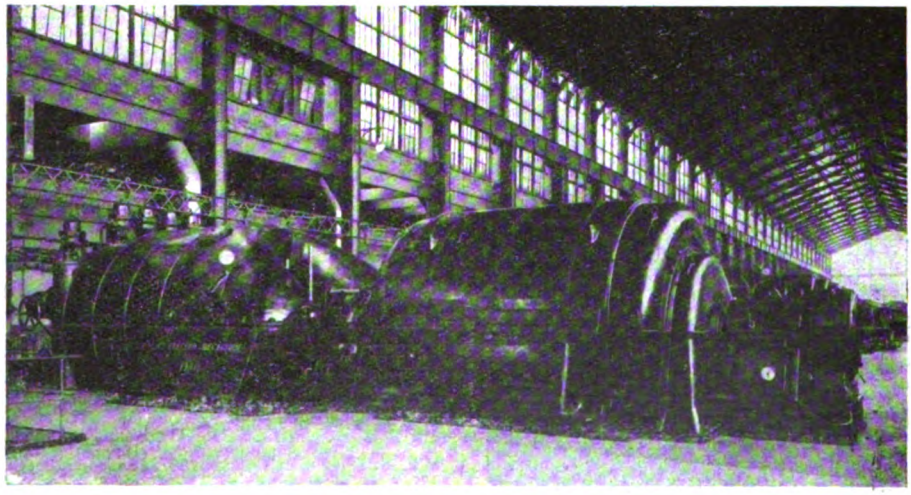


Abb. 14. Einer der acht 35 000 kVA-Turbosätze des Werkes „Norden". (Comp. Electro-Mécanique.)

[10]) Vgl. BBC-Mitteilungen 1927, Heft 4; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 763.

Digitized by Google

35 000 kW und 4·89 kg/kWh bei 30 000 kW und 1255 U/min und wird bei 1500 U/min um etwa 1 vH vermindert (Hilfsmaschinen berücksichtigt).

Die Kondensatoren von 3500 m² Kühlfläche sind von zwei Umlauf- und einer Vakuumpumpe bedient, die auf einer gemeinsamen Welle sitzen und von einer Dampfturbine von 650 kW über Zahnradübersetzung 3500/720 U/min angetrieben werden. Eine elektrisch angetriebene Vakuumpumpe dient als Reserve.

Sämtliche Generatoren sind Zweiphasengeneratoren, die mit 12 300 V (Primärspannung des

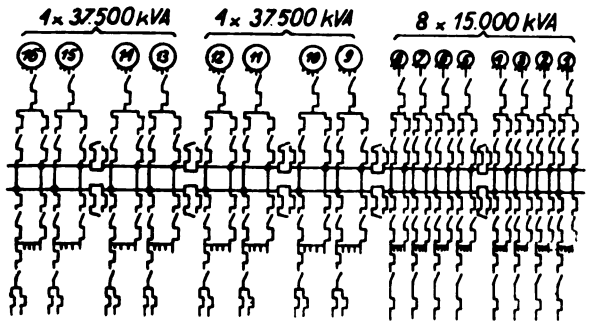


Abb. 15. Schaltbild des Werkes „Norden".

Netzes) direkt auf die Hauptsammelschienen arbeiten. Die Abb. 14 zeigt einen dieser Turbosätze (Cie. Electro-Mécanique).

Die Schaltanlage besitzt 16 Generatorensammelschienen, zwei Hauptsammelschienen und 16 Gruppensammelschienen für die Abgänge (Abb. 15). Die Hauptsammelschienen können in drei (bzw. sechs) Gruppen unterteilt werden. Die auf Magnetantrieb bei 220 V eingerichteten Ölschalter sind als Vierkesselschalter ausgebildet. Die Zeitrelais sind für die Maschinenschalter auf 8, für die Gruppenschalter auf 5 und für die Schalter der Abgänge auf 2·5 sec eingestellt. Vom Kraftwerk gehen 78 vieradrige Kabelleitungen ab.

Die Schalttafeln sind auf einer erhöhten Galerie in der Maschinenhalle vereinigt, woselbst sich auch zwei Hauptwarten befinden. In einer anliegenden Kabine befindet sich eine Signalisierungs- und Kontrollanlage, wo auf einem Schema sämtliche Ölschalter durch bewegliche, mit den Schaltern durch Relais verbundene Zeigerapparate wiedergegeben sind. Erfolgt ein selbständiges Abschalten, so ertönt ein Glockensignal und der betreffende Schalter wird durch eine Lampe signalisiert. Sämtliche Apparate der über 600 Hochleistungsölschalter besitzenden Schaltanlage wurden von der Soc. des Téléphones in Paris geliefert.

Sämtliche Hilfsmaschinen sind mit Gleichstrom bei 220 V betrieben. Die Gleichstromanlage ist aus Sicherheitsrücksichten vollkommen selbständig durchgeführt, das heißt, sie besitzt 4 Gleichstromturbosätze von je 2500 kW und zwei Akkumulatorenbatterien von je 3000 Ah. Die 4 Turbosätze besitzen eine Zahnradübersetzung 3000/360 U/min. Außerdem sind vier Umformer von je 750 kW vorhanden.

In dem Maschinenhaus befinden sich zwei 50 t-Laufkrane, die zu einer Einheit vereinigt werden können. Zwei Laufkrane von je 12 t sind in der Pumpenhalle und je zwei Laufkatzen von 2 t in jedem der neuen Kesselhäuser vorhanden.

(Schluß folgt.)

Über Hängeisolatorketten.

Von Prof. Dr. F. **Niethammer** und Ing. R. **Nitsche**, Prag.

1. Am elektrotechnischen Institut der deutschen technischen Hochschule in Prag wurden auf Veranlassung der Porzellanfabrik G. Bihl u. Co. in Ladowitz (Nordböhmen) Ende vorigen Jahres mit der nunmehr in einjährigem Betriebe einwandfrei arbeitenden Höchstspannungsprüfstation Untersuchungen über das Verhalten der Überschlagspannung von Kugelkopf-Hängeisolatorketten bei Veränderung der Länge der Verbindungsklöppel zwischen den einzelnen Gliedern angestellt. Die Verlängerung erfolgte hiebei um $a = 3$, 6 bzw. 9 cm durch Einschrauben entsprechender Verbindungsstücke (Abb. 1). Die Gliederzahl der Kette wurde jeweils von zwei bis auf fünf verändert.

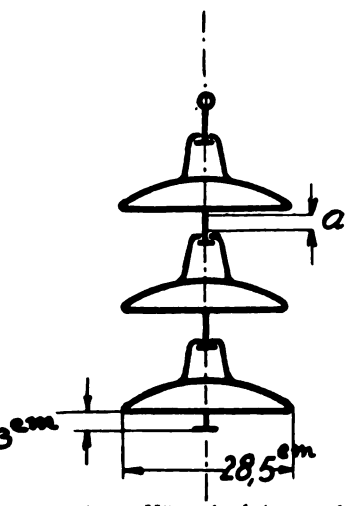


Abb. 1. Hängeisolator und die Verlängerung a des Eisenklöppels.

Die Ergebnisse sind aus den Kurven der Abb. 2 ersichtlich, und zwar für die Versuche an der trockenen Kette, die bei 18° C Raumtemperatur durchgeführt wurden. Das günstigste Verhalten zeigen die Ketten bei einer Verlängerung der Klöppel um 6 cm, wobei zu bemerken ist, daß der Höchstwert der Überschlagspannung zwischen 5 und 7 cm Verlängerung liegen kann. Besonders bei der viergliedrigen Kette trat hiebei eine wesentliche Erhöhung gegenüber dem mit der normalen Kette festgestellten Werte ein. Bei dieser Kette betrug zum Beispiel die Überschlagspannung bei Verwendung der normalen Klöppel 298 kV, bei 3 cm Verlängerung steigt sie auf 326 kV, bei 6 cm Verlängerung weiter auf 338 kV und sinkt bei Verlängerung um 9 cm wieder auf 330 kV. Die Beanspruchung der Isolatoren auf Durchschlag ist jedoch bei der 6 cm Verlängerung so hoch, daß bereits Durchschläge des Porzellans bei den untersten Gliedern erfolgten, wobei die Durchschlagstellen im Innern der Metallhaube liegen. Es müßte somit, um die Kette in diesem Falle betriebssicher zu gestalten, die Widerstandsfähigkeit der Isolatoren gegen Durchschlag erhöht werden.

Digitized by Google

Auch an der Art der Überschläge war die Verbesserung der Ketten mit den verlängerten Klöppeln wahrzunehmen. Bei der normalen Kette dauerten die einmal eingetretenen Überschläge stets

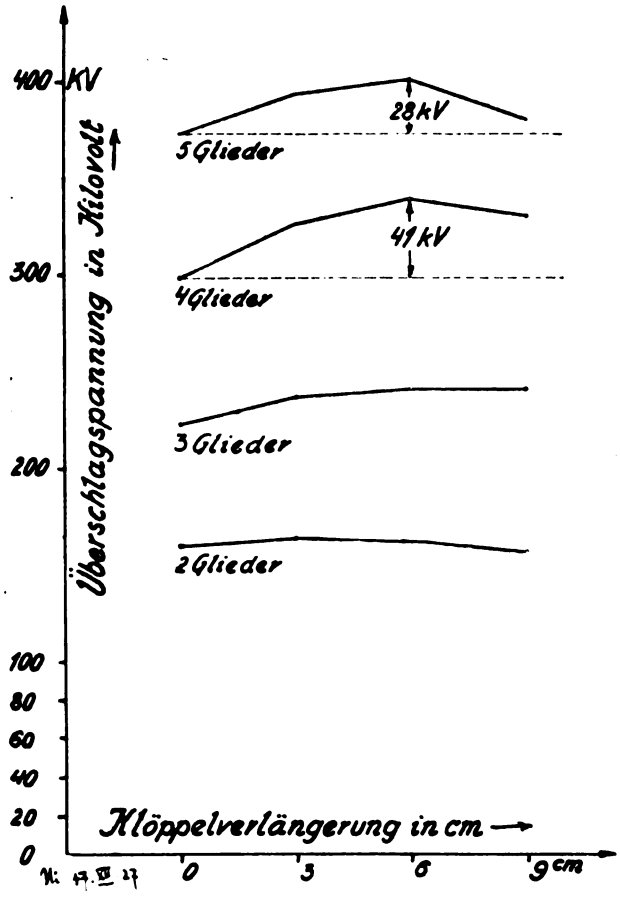


Abb. 2. Überschlagspannung in Abhängigkeit der Klöppelverlängerung a.

einige Sekunden an. Bei den verlängerten Ketten erfolgten die Entladungen nur schlagweise, es traten also nur ganz kurzandauernde Überschläge auf. Allerdings suchten diese Überschläge die Oberfläche der einzelnen Isolatoren ab und erfolgten jeweils von Klöppel zu Klöppel zwischen die einzelnen Glieder hinein, was durch Schirmringe- bzw. -körbe gemildert werden kann. Bei den kurzen Ketten erfolgten auch Entladungen um die ganze Kette herum, ohne die einzelnen Isolatorflächen zu berühren.

Bei den Versuchen hing die Kette parallel zu einer geerdeten Wand, ähnlich wie im tatsächlichen Betriebe, so daß auch die Spannungs- und Kapazitätsverteilung den tatsächlichen Verhältnissen annähernd entsprach.

Mit der zweigliedrigen Kette wurden auch Versuche unter Regen von etwa 8 mm Höhe und 45° Einfallswinkel vorgenommen, die lediglich eine Zunahme der Überschlagsspannung mit wachsender Körperverlängerung ergaben.

Die Klöppelverlängerung bedingt wohl eine Vergrößerung der Masthöhe, die aber innerhalb der genannten Grenzen durch die Erhöhung der Überschlagsspannung der Kette wettgemacht wird. Besonders in jenen Fällen, wo sich die Hinzufügung eines weiteren Kettengliedes noch nicht lohnt, dürfte diese Maßnahme zweckentsprechend sein. Die durch sie bedingte Vergrößerung der Erdkapazität wirkt auf die Verteilung der Spannung auf die einzelnen Kettenglieder allerdings eher ungünstig.

2. Bei dem großen Umfang des Flugwesens wird es immer wichtiger, die Hochspannungsleitungen bei Nacht kenntlich zu machen. Es geschieht dies am besten durch Leuchtröhren, die mit Neon oder ähnlichen Gasen gefüllt und auf allen oder einer größeren Anzahl von Masten regelmäßig angebracht sind. Die Röhren kann man, wie Versuche im Hochspannunglaboratorium zeigten, einfach parallel zu den Ketten hängen, also kapazitiv speisen, oder aber an das letzte Glied der Kette gegen Erde leitend anschließen. Auch andere kapazitive oder induktive Einbaumöglichkeiten gibt es. Diese mit Leuchtröhren versehenen Maste können natürlich auch die Flugrichtung bezeichnen.

IV. Internationale Hochspannungskonferenz in Paris.

Von Dr. P. **Beck**, Wien.

(Schluß von Heft 18, S. 402.)

III. Betriebsfragen.

Die von Ch. Lavanchy (Frankreich) vorgelegte Arbeit bezieht sich auf die Ermittlung der Grenzbelastung von großen Kraftübertragungsleitungen. Bei verhältnismäßig kurzen Leitungen, bei welchen der Einfluß von Kapazität und Ableitung noch vernachlässigbar ist, beträgt die von einem Punkte mit der Spannung V zu einem anderen Punkt mit der Spannung V' über eine Leitung von der Impedanz Z und dem Impedanzwinkel ϑ übertragbare Wirkleistung W in Abhängigkeit vom Phasenwinkel α, den beide Spannungsvektoren miteinander bilden,

$$W = \frac{VV'}{Z}\left[\cos(\vartheta - \alpha) - \frac{V'}{V}\cos\vartheta\right]$$

und die Blindleistung

$$B = \frac{VV'}{Z}\left[\sin(\vartheta - \alpha) - \frac{V'}{V}\sin\vartheta\right],$$

wobei die Werte für Einphasenwechselstrom gelten und für Drehstrom, falls die verkettete Spannung eingeführt wird, mit $\sqrt{3}$ zu multiplizieren sind. Bei Festhaltung aller Werte und lediglich Änderung des Winkels α ergibt sich der Höchstwert für $\alpha = \vartheta$ mit:

$$W_{max} = \frac{VV'}{Z}\left(1 - \frac{V'}{V}\cos\vartheta\right),$$

zu welchem der Blindleistungswert von

$$B_{W_{max}} = -\frac{V'^2}{Z}\sin\vartheta$$

gehört. Zur Ermöglichung der Übertragung der größtmöglichen Wirkleistung muß sonach die Übertragung mit voreilendem Leistungsfaktor erfolgen, das heißt es ist die entsprechende nacheilende Blindleistungsmenge im Abnahmepunkt zu erzeugen oder dorthin anderweitig hinzubringen.

Können Kapazität und Ableitung nicht mehr vernach-

Digitized by Google

lässigt werden, so ist der Rechnungsgang ähnlich, doch ist der Impedanzvektor $\overline{Z}$ durch eine fiktive Impedanz $\overline{Z}'$ zu ersetzen und sind überdies im Anfangs- und Endpunkt zwei gleiche, fiktive Admittanzen $\overline{S}'$ angebracht zu denken. Die Werte dieser Größen betragen für eine Leitung von der Länge L km mit den kilometrischen Werten für den ohmschen Widerstand w, den induktiven Widerstand x, die kapazitive Leitfähigkeit c und die Ableitung g:

$\overline{Z}' = \overline{Z}\,k'$ unter Winkel ε' bzw. $\overline{Z}' = Z\,k'$ unter Winkel $\vartheta + \varepsilon'$,

$$\overline{S}' = \frac{\overline{S}}{2}\,k'' \text{ unter Winkel } \varepsilon''$$

bzw.

$$\overline{S}' = \frac{S}{2}\,k'' \text{ unter Winkel } \vartheta' + \varepsilon'';$$

wo

$$Z = L\sqrt{w^2 + x^2};\quad S = L\sqrt{g^2 + c^2};$$

$$\vartheta = \operatorname{arc\,tg}\frac{x}{w};\quad \vartheta' = \operatorname{arc\,tg}\frac{c}{g};$$

k' = abs. Wert des Vektors $1 + \frac{1}{6}Z.S\,\underline{\vartheta + \vartheta'}$;
mit Argument ε';

k'' = abs. Wert des Vektors $1 - \frac{1}{12}Z.S\,\underline{\vartheta + \vartheta'}$;
mit Argument ε''.

Die übertragene Wirkleistung beträgt

$$W = \frac{V.V'}{k'Z}\left[\cos(\vartheta + \varepsilon' - \alpha) - \frac{V'}{V}\cos(\vartheta + \varepsilon')\right]$$

und die zugehörige Blindleistung

$$B = \frac{V.V'}{k''Z}\left[\sin(\vartheta + \varepsilon' - \alpha) - \frac{V'}{V}\sin(\vartheta + \varepsilon')\right].$$

Der Höchstwert der Wirkleistung stellt sich für $\alpha = \vartheta + \varepsilon'$ ein; wenn bei Einhaltung dieser Bedingung das Verhältnis der Spannungen $K = \frac{V'}{V}$ geändert wird, erhält man aus der in diesem Fall geltenden Formel

$$W_{max} = \frac{V^2}{k'Z}[K - K^2\cos(\vartheta + \varepsilon')],$$

welche die Grenzparabel für die Leitung darstellt, den Höchstwert für $K = \frac{1}{2\cos(\vartheta + \varepsilon')}$ mit

$$W_{max,max} = \frac{V^2}{4\,k'Z\cos(\vartheta + \varepsilon')}.$$

Unter Zuhilfenahme dieser Formel läßt sich das Verhalten der Leitung vollständig untersuchen und die vom Standpunkte der Betriebssicherheit äußerst wichtige Frage der Stabilität prüfen, wobei man selbstverständlich im praktischen Betrieb nicht so weit gehen darf, da sonst eine jede, auch nur vorübergehende Unregelmäßigkeit ein Herausfallen zur Folge hätte.

Eine sehr ausführliche Störungsstatistik an Leitungen wurde von H. Tachikawa (Japan), und zwar über die Leitungen der Tokyo Electric Light Co. vorgelegt, welche bei Betriebsspannungen von 11 bis 154 kV eine Trassenlänge von 1952 km und eine Gesamtlänge sämtlicher Stromkreise von 3253 km aufweisen. Die auf über $2^1/_2$ Jahre sich erstreckenden Beobachtungen lassen wichtige Schlüsse auf die Betriebssicherheit der verschiedenen Bauarten ziehen und geben auch Einblick in die wesentlichsten Störungsursachen. Über die Hälfte aller Störungen wurden durch äußere Einwirkung, wie Vögel, hereinfallende Äste und dergleichen mehr verursacht; auf unzweckmäßiges Material wie schlechte Isolatoren, Leitungsbrüche, Versagen von Schaltapparaten und Ähnliches waren 24 vH sämtlicher Störungen zurückzuführen, wogegen sich die Zahl der Störungen durch Gewitter nur auf 12 vH, jene durch unbekannte Ursachen auf 11 vH belief. Im allgemeinen zeigt es sich, daß die Zahl der auf 1000 km entfallenden Störungen mit der zunehmenden Betriebsspannung bedeutend abnimmt, was die auch andernorts gemachten Erfahrungen bestätigt und durch die sorgfältigere Auswahl der Materialien und bessere Bauweise von Höchstspannungsleitungen erklärt werden kann. Die prozentuelle Verteilung der verschiedenartigen Störungen zeigt naturgemäß große Unterschiede je nach der Betriebsspannung; insbesondere ist die Zahl der Isolationsstörungen bei den mit Stützenisolatoren gebauten 66 kV-Leitungen unverhältnismäßig groß, ein Beweis dafür, daß bei dieser Spannung schon die Verwendung von Kettenisolatoren unbedingt empfehlenswert erscheint. Eine weitere Gesetzmäßigkeit läßt sich in Abhängigkeit von der Spannweite feststellen, mit deren Wachsen die Zahl der Störungen abnimmt. In Hinblick auf die Betriebssicherheit der verschiedenen Bauarten stehen an erster Stelle die auf Eisenmasten mit großen Spannweiten verlegten, mittels Kettenisolatoren befestigten Leitungen; ihnen folgen solche auf Holzmasten mit Stützenisolatoren und am ungünstigsten scheinen sich Leitungen zu verhalten, die auf Eisengestänge verlegt und an Stützenisolatoren befestigt sind.

O. Kapp (England) hat in seinem Bericht die für die Projektierung von Landesversorgungsnetzen maßgebenden Gesichtspunkte besprochen. Als solche kommen in erster Linie die Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Vorsorge für die weitere Entwicklung in Betracht. Solche Netze können entweder als Sammelschienen betrachtet werden, in welche einerseits die einzelnen Kraftwerke speisen und an welche andererseits die Abnehmer angeschlossen sind, oder man kann sie auch als ein System von Speiseleitungen ansehen, die die wichtigen Abnehmer bedienen. In beiden Fällen ist der Entwurf derart zu treffen, daß das Gesamtnetz in möglichst viele, selbständige Teile aufgelöst werden kann, auf welchen die Kraftquellen und Abnehmer derart vereinigt sind, daß jeder Teil für sich auch unabhängig betrieben werden kann. Ausschlaggebend sowohl für die Kosten als auch für die Spannungsregulierungsverhältnisse ist das Produkt aus Leitungslänge und über dieselbe geförderter Kraftmenge (kW × km); je geringer dasselbe ist, umso günstiger wird die gefundene Lösung sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht. Jede wichtige Abnahmestelle sollte über mindestens zwei auf getrenntem Weg geführte Leitungen versorgt werden, deren jede im Notfall die ganze benötigte Leistung zu übertragen in der Lage ist. Die Speisespannung soll möglichst hoch sein, damit die Spannungsregulierung ohne große Aufwendungen sichergestellt werden kann; auch die Betriebssicherheit wächst mit der Spannung. Mit Rücksicht auf die erheblichen Kosten der Transformatorenstationen für hohe Spannungen ist die Zahl der Speisepunkte tunlichst zu beschränken.

Ein großzügiger Zusammenschluß von Kraftwerken zwecks gemeinsamer Verwertung der vorhandenen Überschüsse bei gleichzeitiger Veredlung der Kraft wurde von der Union des Producteurs d'Electricité des Pyrénées Occidentales verwirklicht, wie dies aus dem die Zusammensetzung und Arbeitsweise dieser Interessengemeinschaft beschreibenden Bericht von J. Godin (Frankreich) hervorgeht. Sie verdankt ihre Entstehung dem Umstande, daß die während des Krieges vorwiegend zur Versorgung der elektrochemischen und sonstigen Kriegsindustrien unter Ausnützung der reichen Wasserkräfte der Nord- und Ostabhänge der Pyrénéen erbauten Kraftwerke[1]) nach Aufhören der Kriegskonjunktur keinen ausreichenden Absatz fanden und sich daher unter Führung der Compagnie des Chemins de fer du Midi, welche für die Belieferung ihres Bahnnetzes ein leistungsfähiges Kraftübertragungsnetz bereits besaß, zusammengeschlossen haben[2]). Die genannte Eisenbahngesellschaft betreibt eine 150 kV-Leitung, die von Toulouse über Lannemezan und Pau bis Bordeaux führt und die für Bahnbetriebszwecke hochgespannten Gleichstrom liefernden Bahnunterwerke mit Drehstrom aus den bahneigenen Kraftwerken versorgt[3]).

[1]) Vgl. E. u. M. 1917, S. 48, 364.
[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 634.
[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 138, 348.

Digitized by Google

Die verschiedenen Kraftwerke liefern in dieses Netz ihren Überschuß über 60 kV Leitungen; die Abgabe an die Großabnehmer erfolgt mit derselben Spannung. Die Leistung aller angeschlossenen Werke beträgt 267 000 kW in insgesamt 16 Anlagen bei einer Erzeugungsmöglichkeit von 870 Mill. kWh im Jahre. Ein Teil der verfügbaren Kraft ist speicherungsfähig. Die Gesellschaften geben nur ihre nach Befriedigung ihrer eigenen Abnehmer noch verbleibenden Überschüsse ab, wobei ein Teil als höher bewertete ständige Kraft, zu deren Lieferung sich die betreffende Gesellschaft fest zu verpflichten hat, zur Verfügung gestellt wird, aber auch unständige Abfallkräfte, für die eine geringere Entschädigung bezahlt wird, geliefert werden können. Die Verwertung dieser Energien ist Aufgabe der Interessengemeinschaft, die auch die Eisenbahngesellschaft für die Fortleitung derselben über das Bahnnetz entschädigt. Die einzelnen Gesellschafter erhalten für ihre Stromlieferung eine Entschädigung je gelieferte kWh; von den erzielten Stromeinnahmen werden die Leitungsgebühren und Betriebskosten in Abzug gebracht und der sodann verbleibende Überschuß unter den Gesellschaftern nach einem bestimmten Schlüssel aufgeteilt. Der ganze Betrieb wird von einem in Lannemezan stationierten Lastverteiler[4]) gelenkt, der die jeweilige Lieferung den einzelnen Werken im Rahmen der von diesen übernommenen Lieferungsverpflichtungen vorschreibt und für die Einhaltung der Periodenzahl, Blindlastverteilung usw. sorgt. Grundsätzlich wird darauf geachtet, daß in erster Reihe die reinen Laufkräfte voll ausgenützt werden und die Vorteile des Zusammenschlusses sämtlichen Mitgliedern gleichmäßig zukommen. Die einzelnen Anlagen arbeiten mit konstanter, bezw. nur nach den eigenen Bedürfnissen geregelter Spannung, wogegen die Spannungsregulierung für das gemeinsame Netz mittels Synchronphasenschiebern bewirkt wird. Der durch diesen Zusammenschluß erreichte Erfolg wird am besten durch die Tatsache beleuchtet, daß im Jahre 1926 von der damals verfügbar gewesenen Kraftmenge von 489 Mill. kWh 420 Mill. = 86 vH verwertet werden konnten und bei 70 000 kW Höchstleistung eine Benützungsdauer von rund 6000 Stunden erreicht wurde; die Übertragungs- und Umformungsverluste stellten sich auf 13·6 vH. Nicht zuletzt wurde dies auch unter Heranziehung der 120 Mill. kWh betragenden Speicherenergie erzielt.

Das zielbewußte Zusammenarbeiten von mehreren Kraftwerken auf ein gemeinsames Netz hat zur Voraussetzung, daß die Verteilung der Wirk- und Blindleistung auf die einzelnen Werke stets in der vom betriebstechnischen und wirtschaftlichen Standpunkt besten Weise erfolgen kann. Wie in der Arbeit von F. Grieb (Schweiz) gezeigt wird, gelingt dies in Fällen, wo die Verhältnisse nicht ganz einfach liegen, nur durch Anwendung von aus einer Synchron- und einer Asynchronmaschine gebildeten Periodenumformern in Verbindung mit Regelsätzen[5]), von welchen im Bericht die Scherbiusmaschine[6]) in ihren Einzelheiten und ihrer Wirkungsweise näher beschrieben wird.

Entgegen der vielfach vorherrschenden Meinung, daß die Kupplung von Netzen verschiedener Periodenzahl[7]) zweckmäßigerweise über Periodenumformer erfolgen kann, tritt M. Rieunier (Frankreich) in seiner Arbeit dafür ein, daß in derartigen Fällen die abnormale Periodenzahl besser vollständig ausgemerzt werden sollte, und zeigt an Hand von ausführlichen, für den Fall von zwei Pariser Netzteilen ausgeführten Berechnungen, wo es sich um den Übergang von 41²/₃ bzw. 25 auf 50 Per/s gehandelt hat, daß der Anschluß der betreffenden Netzteile an das allgemeine 50 Per.-Netz sowohl in den Anschaffungskosten als auch im Betrieb, letzteres zufolge der wesentlich geringeren Verluste, sich bedeutend billiger stellt, obwohl auch die nicht unerheblichen Kosten für die Abänderung der Einrichtungen der Abnehmer mit zu übernehmen sind.

F. W. Peek jr. (V. St. A.) hat über das Ergebnis der letzten auf dem Gebiete der Überspannungserscheinungen angestellten Forschungen berichtet. Der Blitzgenerator (Abb. 1 *a*), dessen Einrichtung hier als bekannt angenommen werden kann[8]), gestattet an Hand von Modellversuchen ein tieferes Eindringen in das Wesen und den Verlauf dieser Vorgänge, da er die künstliche Wiedergabe der Naturerscheinungen ermöglicht. Abb. 1 *b* zeigt die Form einer mit dem Blitzgenerator erzeugten Spannungswelle und läßt erkennen, daß dieselbe in weniger

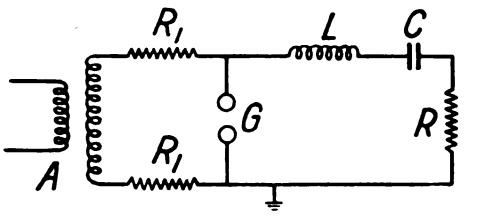


Abb. 1 *a*. Schaltung des Blitzgenerators.
R_1, R_1 ohmsche Widerstände; R ohmscher Widerstand zur Spannungsabnahme; L induktiver Widerstand; C Kondensator; G Zündstrecke; A Transformator.

als 10^{-6} sec den Höchstwert erreicht und dann ganz langsam abfällt. Die Versuche wurden mit Spannungswerten bis 2000 kV und Stromstärken bis 10 000 A ausgeführt und auf diese Weise mit natürlichen Blitzschlägen vollständig übereinstimmende Wirkungen erzielt. Die natürlichen Verhältnisse, wie gegenseitige Lage, Größe und Anordnung der Leitungen und Wolken, werden in Modellen maßstabrichtig dargestellt; es kann dann aus den gemessenen induzierten Spannungen durch verhältnismäßige Vergrößerung auf die in der Natur selbst auftretenden Werte geschlossen werden. Derart wurde zum Beispiel festgestellt, daß das größte Spannungsgefälle zwischen einer geladenen Wolke und Erde 330 kV/m beträgt, daher die größte auf einer Leitung induzierte Spannung einen Betrag gleich der Höhe über Boden multipliziert mit diesem Wert erreichen kann[9]). Solche Werte treten praktisch äußerst selten auf, da sie zur Voraussetzung haben, daß die Leitung sich unmittelbar unter der Wolke im Moment der Entladung befindet und letztere sich über ein ganz kurzes Stück der Leitung

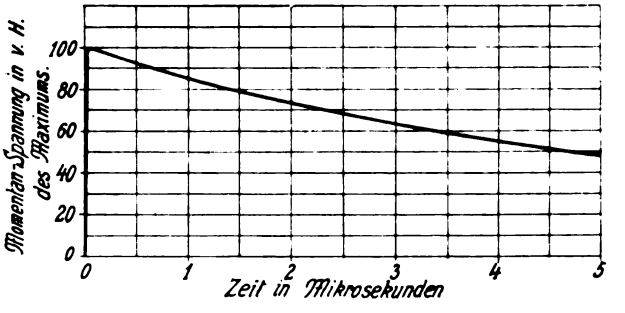


Abb. 1 *b*. Spannungswelle, vom Blitzgenerator erzeugt.
($C = 1{\cdot}31 \cdot 10^{-3}\,\mu$F, $L = 2{\cdot}88 \cdot 10^{-2}$ mH, $R = 5000\,\Omega$.)

vollständig entlädt; immerhin wurden aber Werte bis zu 165 kV/m schon beobachtet. Einen guten Einblick in den hohen Schutzwert der Erdseile zeigten die darauf bezughabenden Versuche[10]): sie haben auch die Wichtigkeit einer durchgehend guten Erdung dieses Seiles klar gezeigt. Sie sollen grundsätzlich über die zu schützende Leitung angeordnet sein, um auch gegen direkte Einschläge Abwehr zu bieten. Aus den Versuchen kann darauf geschlossen werden, daß ein

[4]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 29.
[5]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 512; 1927, S. 731, 766, 840; 1928, S. 409.
[6]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 110; 1925, S. 630.
[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 70, 642.
[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 320, 767.
[9]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 55.
[10]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 55; 1926, S. 767; 1928, S. 387.

Digitized by Google

Erdungsseil die induzierte Spannung auf die Hälfte, zwei auf ein Drittel und drei solche Seile auf ein Viertel herabsetzen. Direkte Blitzschläge treffen zu 98 vH das Spitzenseil. Weitere Versuche betrafen die Wirksamkeit der Blitzableiterstangen[11]); sie zeigten, daß diese stets vom Blitz getroffen werden, wenn ihre Höhe über Boden mindestens 2·5 vH der Höhe der Wolke erreicht, wogegen, wenn dieselbe nur 1·1 vH der letzteren beträgt, die Schläge ungefähr je zur Hälfte zum Blitzableiter und zur Erde gehen. Der Schutzbereich erstreckt sich auf eine Kreisfläche, deren Halbmesser das Vierfache der Blitzableiterhöhe beträgt; bei großer Höhe der Wolke ist auch der Schutzbereich größer.

Bekanntlich ist die Überschlagsspannung einer Luftstrecke von der Kurvenform und der Elektrodenform stark abhängig; der Unterschied ist für Spitzenelektroden am größten, bei welchen die Amplitude der Sprungwelle das 2·5 fache der 60 periodigen Welle für dieselbe Luftstrecke sein muß. Bei Kugelelektroden besteht dagegen kein merklicher Unterschied. Auch Isolatoren zeigen diesen Unterschied, wobei deren Überschlagsspannung für Sprungwellenbeanspruchung von der Oberflächenbeschaffenheit (trocken oder naß) unabhängig zu sein scheint. Für die Beurteilung des Isolationswertes von festen und flüssigen Körpern ist die Ansprechverzögerung von Bedeutung. Der Isolationswiderstand ist von der Höhe der Spannung, deren Einwirkungsdauer und der An-

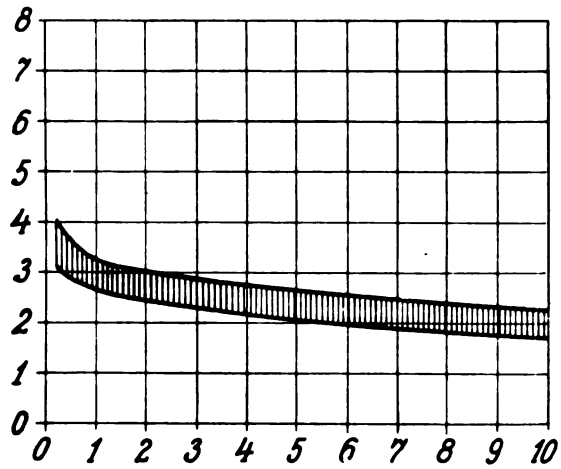


Abb. 2. Einfluß der Anzahl der Sprungwellen auf die Überschlagspannung.

Abszisse: Dauer einer einzelnen Sprungwelle in Mikrosek.
Ordinate: Verhältnis der Amplitude der Überschlagspannung bei Sprungwellen zu jener bei 60-periodigen Wellen.
Obere Kurve: Beanspruchung durch eine einzelne Sprungwelle.
Untere Kurve: Beanspruchung durch unendlich viele Sprungwellen.

zahl der Spannungsstöße abhängig, wie dies Abb. 2 für einen typischen Fall zeigt. Öfter sich wiederholende Beanspruchungen führen zur Vernichtung des Materiales, wenn die Amplitude der Spannung 80 vH jenes Wertes überschreitet, welcher bei einmaliger Einwirkung von derselben Zeitdauer zum Durchschlag führt. Alle diese Verhältnisse sind bei der Wahl der Isolatoren zu beachten.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Höhe der Überspannungen, welche die Apparatur der an die Leitung angeschlossenen Stationen treffen können, von der Überschlagsspannung der verwendeten Isolatorenketten abhängt. Aus diesem Grunde darf die Überschlagsspannung der Isolatorenketten in der Nähe der Stationen jene der Apparatenisolatoren nicht überschreiten, da sonst letztere gefährdet sind. Jede Leitung weist von Überspannungen besonders gefährdete Strecken auf; die Stationen sollen von derartigen Stellen möglichst weit entfernt angeordnet werden.

K. B. Mc. Eachron (V. St. A.) hat sich mit den an die Überspannungsschutzapparate zu stellenden Anforderungen befaßt. Als unerläßlich ist die Vermeidung jedweder Ansprechverzögerung zu bezeichnen. Der in Reihe mit der Funkenstrecke liegende Dämpfungswiderstand muß den der Entladung nachfolgenden Betriebsstrom rasch auf einen kleinen Wert begrenzen. Diesen Forderungen entsprechen am besten die in Amerika jetzt allgemein verwendeten Ableiter mit Ventilwirkung, als deren Vorläufer die Aluminiumzellen anzusehen sind und die im Bleisuperoxydableiter[12]) und Ventilableiter (auto valve arrester)[13]) zu hoher Vollkommenheit entwickelt wurden. Zur genauen Prüfung der Eigenschaften der verschiedenen Apparate steht heute als vorzügliches Mittel der Kathodenoszillograph[14]) zur Verfügung, der die Verfolgung aller Vorgänge gestattet. Die Ableiter sind in möglichster Nähe der zu schützenden Einrichtungen unterzubringen und die Erdleitungen tunlichst kurz zu halten. Es ist zu beachten, daß in Freiluftanlagen mit ausgedehnten Schienensystemen in diesen selbst unter Umständen nicht unerhebliche Überspannungen induziert werden können, gegen die die Ableiter keinen Schutz gewähren; in solchen Fällen empfiehlt sich die Anordnung von Erdseilen oder sonstigen geerdeten, abschirmenden Konstruktionen oberhalb der Schienen. In Hinblick auf die sehr hohen, auch 10 000 A erreichenden Ableiterströme muß die Erdung mit geringstem Widerstand ausgeführt sein, was vielfach nicht genügend beachtet wird, obwohl bei dieser Stromstärke pro Ohm schon 10 kV Spannungsabfall auftritt.

R. Dubusc (Frankreich) hat sich mit den Fragen des Überstromschutzes befaßt. Anschließend an die Besprechung der verschiedenen bekannten Anordnungen für den reinen Überstromschutz mit stromabhängiger und stromunabhängiger Zeitcharakteristik, unter eingehender Würdigung der Vor- und Nachteile beider Systeme, der Differentialschutzsysteme für Leitungen und Maschinen und des auf dem Impedanzprinzip beruhenden Selektivschutzes[15]), die alle als bekannt vorausgesetzt werden können, hat er über die weitere Entwicklung des von ihm schon früher angegebenen[16]), auf der im Falle eines Fehlers auftretenden Unsymmetrie beruhenden Schutzsystemes berichtet. Bekanntlich läßt sich ein aus drei beliebigen Vektoren bestehendes, unsymmetrisches System in drei Einzelsysteme zerlegen[17]), deren eines aus drei symmetrischen mit dem ursprünglichen System gleichläufigen, das zweite aus drei symmetrischen, jedoch gegenläufigen, das dritte aus drei gleich großen und gleichphasigen Vektoren besteht. Ist die Summe der drei, das ursprüngliche System bildenden Vektoren gleich Null, was zum Beispiel für die verketteten Spannungen eines Drehstromsystemes stets zutrifft, so verschwindet das dritte System und es bleiben nur zwei symmetrische Systeme, ein gleichläufiges und ein gegenläufiges, übrig. Von den verschiedenen graphischen Methoden zur Ermittlung der symmetrischen Komponenten ist die in der Abb. 3 dargestellte besonders einfach. Das über die Seitenhalbierende *AD* errichtete rechtwinklige Dreieck mit dem Spitzenwinkel von 30° ergibt in der Strecke *CE* die gleichläufige und in der Strecke *EB* die gegenläufige Komponente der Spannung V_1 der Lage und Richtung nach; die Komponenten der Spannung V_2 und V_3 sind gleich groß und gegen die erstgenannten um 120° bzw. 240° einmal im gleichläufigem, das andere mal im gegenläufigen Sinne verschoben. Es sind verschiedene Schaltungen bekannt und

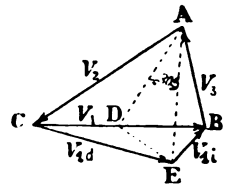


Abb. 3. Graphische Ermittlung der symmetrischen Komponenten eines unsymmetrischen Drehstromsystems.

[11]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 320.

[12]) Vgl. E. u. M. 1918, S. 463, 538; 1924, S. 25, 393; 1928, S. 72.

[13]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 515; 1928, S. 72.

[14]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 431; 1927, S. 330; 1928, S. 53.

[15]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 469, 881; 1927, S. 801; 1928, S. 169.

[16]) Rev. Gén. de l'Electricité, Bd. XVI, S. 659.

[17]) Vgl. Oberdorfer, E. u. M. 1927, S. 298.

Digitized by Google

auch angewendet worden, mittels welcher es möglich ist, die im Fehlerfalle aufscheinende gegenläufige Komponente herauszusieben und zur Betätigung eines Relais zu verwenden, doch ergeben sich bei der praktischen Ausführung Schwierigkeiten, welche durch die erforderliche genaue Abgleichung der bei diesen Schaltungen zu verwendenden Widerstände und Reaktanzen bedingt sind. Der Verfasser zeigt, daß es möglich ist, auch ohne solche Siebanordnungen auszukommen. Nach den Regeln der Vektorenrechnung ist die Fläche des von den drei Vektoren V_1, V_2 und V_3 gebildeten Dreieckes ABC dem äußeren Vektorenprodukt von zwei Seiten proportional; andererseits läßt es sich aber zeigen, daß diese Fläche auch der Differenz der Quadrate der beiden Komponenten V_d und V_l proportional ist. Es läßt sich daher folgende Gleichung aufstellen:

$$V_1 V_2 = V_2 V_3 = V_3 V_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} (V_{1d}^2 - V_{1l}^2),$$

wo die Produkte der Spannungen als äußere Vektorenprodukte aufzufassen sind. Ferner läßt sich die Gültigkeit folgender Beziehung nachweisen:

$$V_{1d}^2 + V_{1l}^2 = V_1^2 + \overline{AD}^2.$$

Läßt man daher auf ein Drehsystem zwei Drehmomente einwirken, deren eines der Summe, das andere der Differenz der Quadrate der gleichläufigen und gegenläufigen Komponente proportional ist, so ist das resultierende Drehmoment, je nachdem, ob die beiden Drehmomente sich in ihrer Wirkung unterstützen oder einander entgegenwirken, dem Quadrat der gleichläufigen

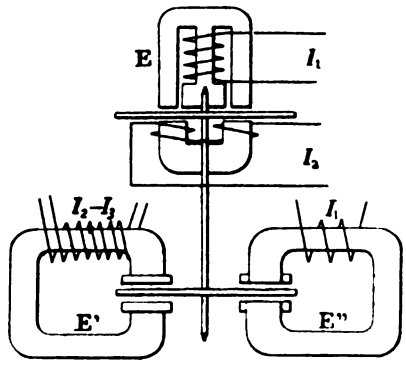


Abb. 4. Unsymmetrie-Relais von R. Dubusc.

oder gegenläufigen Komponente proportional. Ein dem Vektorprodukt der beiden Spannungen oder Ströme proportionales Drehmoment, welches sonach der Form der ersten Gleichung genügt, übt ein Magnetsystem aus, welches mit zwei Wicklungen ausgerüstet ist, deren jede an einer der beiden Spannungen liegt, bzw. von einem der beiden Ströme gespeist wird; ein Drehmoment entsprechend der zweiten Gleichung kann durch zwei auf ein und dieselbe Scheibe wirkende Magnete erhalten werden, deren einer von der Spannung V_1, der zweite von der Spannung $\overline{AD}$ bzw. den entsprechenden Strömen erregt wird. Die Spannung $\overline{AD}$ kann durch eine der bekannten Anordnungen zur Transformation von Drehstrom in Zweiphasenstrom, zum Beispiel die Scott-Schaltung, gewonnen werden; einen Strom der Phasenlage entsprechend der Seitenhalbierenden $\overline{AD}$ erhält man durch Bildung der vektoriellen Differenz der beiden Ströme, zwischen welchen die Seitenhalbierende liegt; wenn zum Beispiel die eine Magnetwicklung von I_1 gespeist wird, so erhält der zweite Magnet zwei Wicklungen, deren einer I_2, der anderen $-I_3$ zuzuführen ist. Die Anordnung ist in Abb. 4 dargestellt. Die als Drehscheiben ausgebildeten Anker der beiden vorbeschriebenen Systeme werden auf gemeinsamer Welle angeordnet, so daß, wenn die beiden Drehmomente sich in ihrer Wirkung aufzuheben trachten, ein dem Quadrat der gegenläufigen Komponente, deren Auftreten das Vorhandensein einer Unsymmetrie anzeigt, proportionales, resultierendes Drehmoment sich ergibt. Wird das Relais als Spannungsrelais ausgeführt, so ist der Einfluß der Phasenverschiebung, welche zwischen der aufgedrückten Spannung und dem von dieser im Magnetkern erzeugten Fluß besteht, zu beachten.

Nach denselben Grundsätzen läßt sich auch ein Relais entwickeln, welches den jeweiligen Grad der Unsymmetrie anzeigt und erst bei einem bestimmten, einstellbaren Wert die Auslösung bewirkt. Der Verfasser gibt endlich noch Schaltungen für nach diesem Prinzip arbeitende Leistungs- und Impedanzrelais an, wobei in Hinblick auf letztere als besonderer Vorteil hervorgehoben wird, daß es möglich ist, für ungeerdete Drehstromsysteme mit einem, für geerdete mit zwei Relais das Auslangen zu finden. Sämtliche Relais werden von der Cie. pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz hergestellt.

M. E. Nicaise (Belgien) hat zur Betätigung eines sowohl bei Überstrom, als auch bei Erdschluß wirkenden Relais die Anwendung eines Stromwandlers mit drei getrennten Primärwicklungen und einer gemeinsamen Sekundärwicklung vorgeschlagen, dessen Primärwicklungen von den drei Phasenströmen gespeist werden und verschiedene Windungszahlen aufweisen, derart, daß zum Beispiel die eine Wicklung n, die zweite $n+m$ und die dritte $n+2m$ Windungen erhält. Er zeigt, daß bei einer solchen Ausführung in allen vorerwähnten Störungsfällen eine richtige Auslösung erhalten wird. (Abgesehen von den Herstellungsschwierigkeiten für einen solchen Wandler läßt sich auch keine Selektivität für derartige Anordnungen erzielen, wodurch deren Verwendung in ausgedehnteren, vermaschten Netzen nicht in Frage kommt. Der Ber.)

R. B. Matthews (England) hat die Maßnahmen besprochen, durch welche die vom volkswirtschaftlichem Standpunkt so überaus wichtige durchgreifende Elektrisierung der landwirtschaftlichen Gebiete[18]) gefördert werden kann. Die in England, Schweden und den V. St. A. gemachten Erfahrungen zeigen, daß auch solche Gebiete vom Gesichtspunkt des Absatzes sehr wertvoll werden können, nur bedarf die Erschließung derselben wesentlich mehr Zeit, weshalb in erster Linie getrachtet werden muß, die Anlagekosten im Anfang möglichst niedrig zu halten, denn nur auf diese Weise ist es möglich, die Elektrizität zu einem für die Landwirtschaft annehmbaren Preis zur Verfügung zu stellen. Eine Verbilligung der eine ausschlaggebende Rolle spielenden Leitungskosten, ist erzielbar durch Zulassung von größeren Spannungsschwankungen, als dies bei der Versorgung von Städten und Industrien allgemein üblich ist, was der landwirtschaftliche Abnehmer ohneweiteres in Kauf nimmt, durch Anwendung ganz einfacher Bauarten für die Leitungen und Transformatorstationen, bei welchen die kostspieligen Arbeiten am Bauplatz selbst auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben, indem alle Teile schon am Erzeugungsort weitgehendst zusammengebaut werden, und deren Montage mit geringstem Arbeitsaufwand möglich ist, durch Verwendung von Mastfüßen für die Holzmaste, wodurch die Erhaltungskosten ermäßigt werden können, durch einphasige Verteilung in schwach besiedelten Gebieten, Aufbringung von billigem Baukapital durch Heranziehung der Stromabnehmer zur Kapitalsbeschaffung und durch Erleichterung der Installationstätigkeit im Wege der Gewährung von Zahlungserleichterungen.

Über die in der letzten Zeit für den Betrieb von großen Kraftübertragungsanlagen überaus wichtigen leitungsgerichteten Fernsprecheranlagen[19]) haben E. Yokoyama (Japan) und L. C. Grant (England) berichtet. Aus dem Bericht des ersteren geht hervor, daß in den japanischen Anlagen die Kopplung mittels Drahtantenne erfolgt, wobei zur Ermöglichung eines Gegensprechbetriebes für Sendung und Empfang zwei Wellen von verschiedener Länge benützt werden und für jede Wellenlänge eine besondere Antenne

[18]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 896; 1927, S. 841.

[19]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 515, 798; 1926, S. 421; 1928, S. 433.

Digitized by Google

verlegt wird. Es werden Wellenlängen von 1000 bis 12 000 m verwendet. Der Bericht von Grant befaßt sich mit den verschiedenen derzeit angewendeten Systemen und enthält überdies einen Vergleich der Kosten für die verschiedenen Anlagearten für die Nachrichtenübermittlung, aus welchem hervorgeht, daß dieselben schon bei verhältnismäßig kurzen Entfernungen für die leitungsgerichtete Telephonie am niedrigsten ausfallen.

Die über die Beeinflussung der Schwachstromleitungen durch Starkstrom vorgelegten Arbeiten von G. Viel (Frankreich), S. Mayeharra und E. Fukawo (Japan) wurden in dieser Zeitschrift bereits an anderer Stelle eingehend besprochen[20]). E. Brylinski (Frankreich) hat über die seit der Abhaltung der dritten Hochspannungskonferenz durchgeführten Arbeiten des Comité consultatif international des Communications téléphoniques à grande Distance berichtet, welche die Regelung der die Beeinflussung der Schwachstromleitungen betreffenden Fragen auf einheitlicher Grundlage zum Zeile haben. Von besonderer Bedeutung ist die nunmehr erfolgte Einsetzung einer internationalen gemischten Kommission, welcher Vertreter der staatlichen Telephonverwaltungen, der Eisenbahnen, der internationalen Vereinigung der Elektrizitätserzeuger und Verkäufer, sowie der Hochspannungskonferenz angehören und welche die Richtigkeit der bis jetzt aufgestellten Grundsätze im Wege von Versuchen nachprüfen und deren praktische Anwendung in die Wege leiten soll[21]). Diese Kommission hat zunächst die Untersuchung folgender Fragen in Angriff genommen:

1. Definition und Messung des störenden Einflusses der Starkstromanlagen.

2. Maßnahmen zur Behebung der von Gleichrichtern herrührenden Störungen.

3. Schutzvorkehrungen gegen die Beeinflussung durch Mehrphasenanlagen mit geerdeter Neutrale.

4. Feststellung des Einflusses der Güte der Schienenrückleitung auf die Höhe der in benachbarten Schwachstromleitungen induzierten Spannung.

5. Beeinflussung durch Gleichstromfahrleitungen.

6. Ermittlung der noch zulässigen Störspannungen.

7. Einfluß des Unsymmetriegrades der Schwachstromleitungen auf die Größe der Störungen.

8. Aufstellung von Rechnungsmethoden für die Ermittlung der gegenseitigen Induktion zwischen zwei Leitungen samt experimentellem Nachweis für deren Richtigkeit.

C. Le Maistre (England) hat in seinem Bericht auf die großen Vorteile einer internationalen Normalisierung für elektrische Maschinen und Apparate hingewiesen, welche sich sowohl auf die qualitativen Vorschriften als auch auf die Prüfungsbedingungen erstrecken sollte[22]). Der ständig sich mehr und mehr intensivierende internationale Güteraustausch macht die Notwendigkeit einer solchen Maßregel in wachsendem Maße fühlbar, da ein einwandfreier Vergleich der Fabrikate verschiedener Herkunft sonst so gut wie unmöglich ist. Wenn auch die ganz erheblichen Schwierigkeiten, die der Verwirklichung dieses Gedankens entgegenstehen, keineswegs unterschätzt werden dürfen und auf der nationalen Eigenart einzelner Produktionsländer fußende berechtigte Wünsche berücksichtigt werden müssen, kann doch gehofft werden, daß durch verständige Zusammenarbeit mit der Zeit eine befriedigende Regelung erreichbar sein wird, zumal schon heute eine große Zahl internationaler Verbände mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission an der Spitze in dieser Richtung tätig sind.

J. G. Bellaar-Spruyt (Holland) hat über die neuen Erfolge der in Holland zur Verbreitung der Kenntnisse über die Gefahren der Elektrizität angewendeten Methoden berichtet. Man hat dort schon lange erkannt, daß nicht abschreckende Bilder, Ankündigungen und dgl. die gewünschte Aufklärung bringen, vielmehr eine solche in erster Linie durch geeigneten, schon in der Volksschule einsetzenden Unterricht der Bevölkerung vermittelt werden kann, wobei getrachtet wird, in den Schülern durch Erklärung und Experiment das notwendige Verständnis für das Wesen und die Gefahren der Elektrizität wachzurufen.

[20]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 68.
[21]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 368.
[22]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 586.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Selbstregelung, ein neues Gesetz der Regeltechnik. Von Th. Stein. Bei neueren Regelaufgaben für den selbsttätigen Betrieb von Feuerungen und Dampfnetzen hat die Praxis gezeigt, daß sich bestimmte Anlagen leichter regeln lassen, als man es nach der bisherigen Theorie annahm. So gibt es Regler, die ohne Rückführung Kraftzylinder einwandfrei steuern, trotzdem man für bisherige Regelaufgaben nachgewiesen hat, daß die Rückführung unentbehrlich ist. In anderen Anlagen versagten aber die gleichen Regler ohne ersichtlichen Grund, so daß man sich bemühen muß, die Theorie wieder mit der Praxis in Übereinstimmung zu bringen. Es stellt sich heraus, daß nicht nebensächliche Begleitumstände zufällig den Regler in Einzelfällen unterstützen, vielmehr unterliegen fast alle veränderlich belasteten Anlagen einem allgemeinen Gesetz der Selbstregelung, das oft den Reglern zu Hilfe kommt.

Für fast alle physikalischen Vorgänge, die sich in den Fabriken abspielen, gilt das Gesetz, daß bei einem Eingriff an irgend einer Stelle des Betriebes die Anlage von selbst zu einem neuen Beharrungszustand strebt, auch wenn kein Regler vorhanden ist. Schaltet man bei einem Dampfnetz einen neuen Verbraucher hinzu, so sinkt der Dampfdruck und die übrigen Verbraucher nehmen weniger Dampf auf, bis sich ein neuer Beharrungszustand einstellt. Wenn man einem Wasserbehälter mit unveränderlichem Abfluß mehr Wasser zufließen läßt, dann steigt der Wasserspiegel und mit ihm die Abflußmenge, bis sie mit der neuen Zuflußmenge übereinstimmt. Man überläßt dieser Selbstreglung viele Vorgänge des Betriebes. In Brikettfabriken fließt Abdampf veränderlich belasteter Kraftmaschinen zu den Trocknern; er wird restlos aufgenommen, indem sich im Dampfnetz der Trockner ein veränderlicher Heizdruck einstellt. Bei Dampfturbinen regelt man nur die erste Stufe der Maschine und läßt den Druck in den folgenden Stufen sich selbstregelnd einstellen. Nur wenn sich Druck, Wasserstand oder Temperatur hierbei in zu weiten Grenzen ändern würden, müssen Regler eingreifen. Daraus erkennt man, daß Regler meist nur dazu dienen, mit geringeren Änderungen das gleiche zu tun, was sich in der Anlage schon von selbst vollzieht. Es leuchtet ein, daß die selbstregelnden Einflüsse den Regler dabei unterstützen können, wenn sie stark genug sind, und darin weichen verschiedene Regelaufgaben und verschiedene Anlagen voneinander ab. Wenn man neben den bekannten Bewegungsgleichungen der Regler die selbstregelnden Einflüsse rechnerisch berücksichtigt, klären sich die Unterschiede zwischen Theorie und Praxis, und man kann die günstigen Fälle von den schwierigen trennen.

Zugregler von Feuerungen werden durch selbstregelnde Einflüsse vollkommen beherrscht, sie beeinflussen den Regelvorgang mehr als hundertmal stärker wie die Rückführung, diese ist also überflüssig. Bei Drehzahlreglern von Maschinen hat die Selbstregelung dagegen fünf- bis zehnmal kleineren Einfluß wie die Rückführung, die hier unentbehrlich ist. Beim Regeln von Dampfdrücken haben beide Einflüsse ähnliche

Digitized by Google

Größenordnung; druckgeregelte Gegendruckmaschinen, Spitzendrosselventile und Überströmventile von Kesseln können ohne, Drosselventile, die allein ein Dampfnetz versorgen, und Ventile von Regelspeichern dagegen nur mit Rückführung arbeiten. Die Speiseventile von Gleichdruckspeichern[1]) brauchen nur eine Rückführung, wenn der Dampfraum des Gleichdruckspeichers weder mit Kesseln noch mit einem Verbrauchernetz verbunden ist. Für Schwimmerventile, die den Zufluß von Mischvorwärmern[2]) mit eingebauten Siebtellern regeln sollen, gilt, daß der Wasserraum zwischen höchstem und tiefstem geregelten Wasserstand größer sein muß als der Wasserinhalt der Siebteller bei Vollast. Ferner läßt sich ableiten, wann gesteuerte Ventile stabil arbeiten, die von einem Dampfnetz aus geregelt werden, mit dem sie nicht unmittelbar, sondern nur durch andere gesteuerte Ventile verbunden sind. Diese mittelbaren Schaltungen kommen für Ruthsspeicher und Anzapfvorwärmer mit geregelter Speisung in Betracht. Hier muß der mittelbar geschaltete Regler langsamer arbeiten als der Zwischenregler oder die Speicherfähigkeit des mittelbar geregelten Netzes muß groß sein gegen die des Zwischennetzes; bemerkenswert ist, daß man zum Teil große Speicherräume durch lange Schlußzeiten der Regler ersetzen kann. Außerdem muß man bei zwei Zwischenreglern die Schlußzeiten dieser Regler abstimmen, da sonst eine Art Resonanz eintritt.

Der Begriff der Selbstregelung führt zu einer einheitlichen Betrachtung aller Regelvorgänge. Das Speichervermögen von Teilen der Anlage (Kesselwasser, Rohrnetz, Schwungmassen) und auch die Kraftgetriebe der Regler bilden verzögernde Puffer, wodurch die Vorgänge vom Beharrungszustand abweichen. Die Puffer sind in ihrer Zeitkonstante verschieden, und es gibt außerdem selbstregelnde und freie (nicht selbstregelnde) Puffer. So ist auch ein Regler ohne Rückführung ein freier Puffer, denn das Kraftgetriebe läuft hier unbehindert in die Grenzlage. Dagegen schaffen wir mit der Rückführung einen selbstregelnden Puffer: das Kraftgetriebe kommt von selbst zum Stillstand, wenn sein Hub dem Regler gefolgt ist. Durch diese gemeinsamen Merkmale erklärt es sich, daß ein Kraftgetriebe mit langer Schlußzeit manchmal ein großes Speichervermögen ersetzen kann und daß selbstregelnde Einflüsse und Rückführung sich gegenseitig unterstützen und ersetzen können. St—

(Z. V. D. I., Bd. 72, 1928, H. 6 u. 7.)

Die Tätigkeit der Dampfturbinenfabrik von Brown-Boveri im Jahre 1927 schildert P. Faber. Die Gesamtleistung der im Jahre 1927 in Auftrag genommenen 183 Dampfturbinen ist mit 814 000 kW zwar nur unbedeutend größer als im Vorjahre, dabei ist aber zu berücksichtigen, daß in letzteres der Auftrag auf die 160 000 kW Hell-Gate-Turbine fällt[3]) und damals nur etwas mehr als 100 Turbinen bestellt wurden. Die Gesamtleistung aller seit 1919 in Auftrag genommenen Maschinen beträgt rund 3·5 Mill. kW, die Gesamtzahl rund 900. Von den Turbinen des Jahres 1927 sind 30 mit 154 000 kW als Mehrzylindermaschinen ausgeführt. Als besonderer Vorteil dieser Bauart hat sich die Möglichkeit schnellsten Anlassens ergeben. So konnte eine 20 000-kW-Turbine innerhalb acht Minuten vom Stillstand und kalten Zustande auf volle Drehzahl angelassen werden, was bei Einzylindermaschinen mit ihren viel größeren Massen und Temperaturunterschieden wegen der Wärmespannungen gefährlich und infolge der dadurch entstehenden Schwingungen meist auch unmöglich wäre. Die Steigerung des Dampfdruckes und der Dampftemperatur kommt darin zum Ausdruck, daß der mittlere Dampfdruck der BBC Turbinen im Jahre 1927 21 kg/cm², die mittlere Dampftemperatur fast 350° betrug. Die guten Erfahrungen mit der 55 at Hochdruckturbine in Langerbrugge[4]) haben zur Nachbestellung einer 55 at 7000 kW-Turbine für das gleiche Werk geführt, die für die ganze Niederdruckanlage als Vorschaltmaschine dienen wird. Eine 100 at Anlage, bestehend aus einer 7000 und einer 4800 kW-Turbine mit 19·5 at Gegendruck wird für das Großkraftwerk Mannheim gebaut. Der mit 260° aus den Vorschaltturbinen austretende Dampf wird mit 100 at Dampf in einem zweistufigen Zwischenüberhitzer wieder überhitzt, wobei die Temperatur des Hochdruckdampfes von 460° auf 430° herabgesetzt wird, der dann mit dieser Temperatur in die Vorschaltmaschinen eintritt. Diese werden als Reaktionsturbinen mit vorgeschaltetem Geschwindigkeitsrade ausgeführt. Zur Vergrößerung der Elastizität der Zentrale und zur Erhöhung der Spitzenleistung wird bekanntlich in die Anlage auch ein Gleichdruckheißwasserspeicher eingebaut[1]).

Die Verbesserung des Dampfmaschinenkreisprozesses durch Vorwärmung des Speisewassers mit Hilfe von Anzapfdampf wird jetzt bereits bei fast allen Neuanlagen verwendet. Hiebei zieht BBC die Anzapfung der Hauptturbinen wegen der einfacheren Anordnung und des einfacheren Betriebes der Verwendung einer besonderen Vorwärmeturbine vor (Vgl. hiezu aber die Turbinenanlage des Klingenbergwerkes[2]). Der Ber.) Außer der Verbesserung des Kreisprozeßwirkungsgrades um 5 bis 8 vH wird damit auch eine Verbesserung des Hauptturbinenwirkungsgrades bis zu 1 vH erreicht und schließlich auf die einfachste Weise auch eine wirksame Entwässerung der Hauptturbine. Gegen die Vorwärmeturbine, die gewöhnlich mit dem Hausgenerator verbunden ist, wird auch geltend gemacht, daß ihre Leistung bei Vollast größer und bei Leerlauf kleiner ist als der Bedarf der Hilfsmaschinen, so daß die angestrebte Unabhängigkeit des Hausnetzes vom Hauptnetze nicht vorhanden ist. Nach einem Vorschlage von BBC werden daher, falls aus besonderen Gründen, zum Beispiel in bestehenden Anlagen, doch eine besondere Vorwärmeturbine aufgestellt wird, von dieser zwei Stromerzeuger angetrieben, von denen einer auf das Haus- und der andere auf das Hauptnetz arbeitet. Bei kleinen Belastungen treibt der Hauptgenerator als Synchronmotor den Hausgenerator an.

Da bei der Weiterentwicklung der Hochdruckanlagen nach Ansicht der Dampfturbinenbauer die größeren Schwierigkeiten im Fehlen eines wirklich befriedigenden Dampfkessels liegen, der allen Anforderungen auch hinsichtlich Bereitschaft, Anpassungsfähigkeit und Überlastbarkeit entspricht, ist von BBC eine recht interessante Bauart eines Hochdruckdampferzeugers entworfen worden, die nicht nur den eben erwähnten Anforderungen entsprechen, sondern hohe Betriebssicherheit, niedrige Kosten, Unempfindlichkeit gegen Verunreinigungen des Speisewassers, sowie geringe Stillstands- und Abbrandverluste aufweisen soll. In einem kleinen, unmittelbar befeuerten Erregerkessel wird ein Zwanzigstel bis ein Zehntel der gesamten Dampfmenge unter einem etwas höheren Drucke als dem gewollten erzeugt und dieser Dampf nach starker Überhitzung unter natürlichem Gefälle in einen Verdampfer fließen gelassen, in welchen auch hoch vorgewärmtes Speisewasser in den von unten nach oben strömenden Dampf eingespritzt wird, wobei das Wasser durch eine Rieselfüllung von oben nach unten fließt und dabei unter Aufnahme der Überhitzungswärme des Dampfes verdampft. Die so erhaltene größere Menge gesättigten Dampfes wird nach nochmaliger Überhitzung in einen zweiten Verdampfer geführt, in welchen wieder heißes Wasser, aber in größerer Menge als in den ersten Verdampfer, eingespritzt wird und der soeben geschilderte Vorgang wird so lange wiederholt, bis die gewünschte Dampfmenge erzeugt ist, die dann nach nochmaliger Überhitzung den Verbrauchern zugeführt wird. Die beschriebene Bauart scheint auch mit dem Vorteile geringen Platzbedarfes verbunden zu sein, denn die Brennkammer wird durch die ringsum angeordneten Überhitzerrohre gebildet und die Verdampfer werden außen am Kessel leicht zugänglich angebaut.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 127.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 37.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 190, 425; 1928, S. 21.
[4]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 741; 1928, S. 31.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 127.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 822.

Digitized by Google

Von den baulichen Einzelheiten der Dampfturbinen sind in erster Linie jene des 160 000 kW-Satzes zu erwähnen, der, entgegen den früheren Absichten, zur Gänze einschließlich der Stromerzeuger in Baden gebaut wird, was auch eine stärkere Unterteilung der einzelnen Stücke mit Rücksicht auf den nunmehr nötigen Bahntransport zur Folge hatte. Ferner wurde ein neuer Druckregler mit einem gegen eine Feder abgestützten Metallbalg entwickelt, der auch für Höchstdrucke geeignet ist; die bekannte Ölringsteuerung (der Druck eines umlaufenden Ölringes wird mit Hilfe einer eingetauchten Sonde zur Betätigung des Dampfregelventils verwendet) wurde als Gegendruckregelung ausgestaltet; auch ein besonderes Heißdampfregelventil wurde geschaffen, das bei hohen Temperaturen und großen Temperaturschwankungen sich nicht verziehen, nicht klemmen und stets dicht halten soll. Bei einem neuen Hochdruckspeisewasservorwärmer werden die durch den Wasserdruck entstehenden erheblichen Kräfte nicht durch die Rohre, sondern vom Mantel aufgenommen. Die Rohre sind gebogen und in einzelnen unabhängigen Bündeln angeordnet, um Wärmedehnungen und Temperaturunterschiede ohne Überanstrengung zu erlauben.

Auf dem Gebiete der Turbokompressoren ist die zunehmende Anwendung von elektrisch angetriebenen Spülluftgebläsen für Zweitakt-Dieselmotoren, sowie von Aufladegebläsen mit Abgasturbine für Viertakt-Dieselmotoren nach dem Büchi-Verfahren[1]) zu erwähnen. Auch der Bau von Generatorluftkühlern hat sich sehr entwickelt und schließlich nimmt das Zahnradgetriebe einen wichtigen Platz in der Reihe der BBC-Erzeugnisse ein. Hier gelang es durch Verbesserung der Fräsmaschinen und der Fräser die Genauigkeit der Verzahnung so bedeutend zu steigern, daß die Abweichungen von den theoretischen Zahnkurven kaum mehr meßbar sind. Die Zunahme der Leistungen und Größen der von BBC hergestellten Maschinen hat nebst anderen Erweiterungen und Auflassung der Gießerei zum Bau einer neuen Großmaschinenmontagehalle sowie zur Erweiterung des Kesselhauses geführt, so daß auch der Hell-Gate-Satz vollständig zusammengebaut und Leistungen bis etwa 14 000 kW gemessen werden können. Die Versuchsabteilung hat sich besonders mit Strömungsfragen und Schwingungen von Scheiben und Schaufeln befaßt, auch wurde eine von BBC selbst entworfene Zerreißmaschine für Dauerwarmzerreißversuche in Betrieb genommen.

J.

(BBC-Mitteilungen, 15. Jg., H. 1, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Neuzeitlicher Schaumlöschschutz von Transformatorenkammern. Die Bedeutung, welche das Verfahren der Schaumlöschung in den letzten Jahren als modernes Bekämpfungsmittel für Brände flüssiger Brennstoffe, die bekanntlich nicht mit Wasser gelöscht werden können, erlangt hat, hat dazu geführt, daß man sich seiner in erhöhtem Maße auch in der Elektrotechnik überall da bedient, wo es sich um den Feuerschutz von Ölbehältern, zum Beispiel Ölschaltern, Transformatoren usw. handelt. Der Löschschaum besteht bekanntlich aus einer zähen, filzartigen, kohlensäurehaltigen Schaummasse, die aus Wasser, dessen Schaumkraft durch Zusatz gewisser kolloider Stoffe erhöht ist, durch Gasentwicklung auf chemischem Wege (Karbonatzersetzung) erhalten wird und die aus zahllosen auf das feinste verteilten wasserumhüllten Gasbläschen besteht. Der Schaum ist spezifisch leichter, als alle Flüssigkeiten und schwimmt daher auf brennenden Ölspiegeln. Er breitet sich auf ihnen zu einer Deckschicht aus, welche durch ihre Kühl- und Luftabschlußwirkung die weitere Verdampfung und Bildung brennbarer Öldampfluftgemische unterbindet. Als besonderer Vorteil dieses Löschverfahrens ergab sich, daß es gestattet, den Brand aus größerer Entfernung zu bekämpfen, da die an einer zugänglichen Stelle auf den mit ausgelaufenem, brennendem Öl bedeckten Boden der gefährdeten Räume aufgegossene Schaummasse sich infolge ihrer Fließkraft rasch nach allen Seiten ausbreitet. Diesem Umstand dürfte in erster Linie die erfolgreiche Schaumbekämpfung des am 22. September 1927 im Berliner Umspannwerk Humboldt ausgebrochenen Ölschalterbrandes zuzuschreiben sein, der erst bemerkt wurde, nachdem er das Anfangsstadium weit überschritten hatte, so daß die Bekämpfung mit anderen Löschmitteln fehlschlug, weil der Brandherd infolge der außerordentlich starken Verqualmung und Hitzeentwicklung nicht erreicht werden konnte. Es standen, nachdem das Öl eines in der Nähe befindlichen Transformators ebenfalls ausgelaufen war, etwa 0·75 m³ in Flammen. Das Öl lief in die Kabelkanäle hinein — ohne daß die Abdeckung mit Riffelblechen dies zu verhindern vermochte — und brannte dort weiter. Die herbeigerufene Feuerwehr ging mit Schaumlöschapparaten vor und konnte den Brand durch Aufgießen von Schaum von außen durch die Fenster in kurzer Zeit unterdrücken. In Fällen, wie dem beschriebenen, wird der Löschschaum aus einem Schaumpulver und aus Hydrantwasser in einem sogenannten Schaumgenerator erzeugt, indem man dieses Gerät an den Hydranten anschließt und mit Schaumpulver beschickt. Die Schaumerzeugung findet dann solange statt, als Wasser und Pulver zugeführt wird. In solchen Fällen, in denen eine von vornherein bekannte Fläche, zum Beispiel ein Tank oder ein Raum bekannter Größe zu schützen ist und in denen auf schnellstes Ansprechen des Feuerschutzes größter Wert gelegt wird, bedient man sich zur Schaumerzeugung der sogenannten Akkumulatoren. Das sind zylindrische Behälter, die mit Schaumpulver gefüllt und mit dem Hydranten wie mit dem zu schützenden Raum durch eine feste Rohrleitung verbunden sind. Im Brandfall ist nur die Betriebswasserleitung zu öffnen, worauf das Wasser aus einem über dem Boden befindlichen Strahlkopf fließt und als hochbeschleunigtes Spülwasser in das Schaumpulver gelangt, das nunmehr etwa das 80 fache seines Eigenvolumens an Schaum liefert. Dieser strömt durch die Schaumrohre zum Brandobjekt. Die Schaumerzeugung hält solange an, bis alles Pulver verbraucht ist. Der Akkumulator liefert also eine begrenzte Menge an Schaum und die Löschanlage muß demnach durch passende Größenbemessung des Apparates oder Vereinigung mehrerer Apparate zu einer Batterie so bemessen werden, daß ihre Schaumkapazität zur Erzeugung einer Schaumdecke von etwa 15 bis 20 cm Stärke über der zu schützenden Grund-

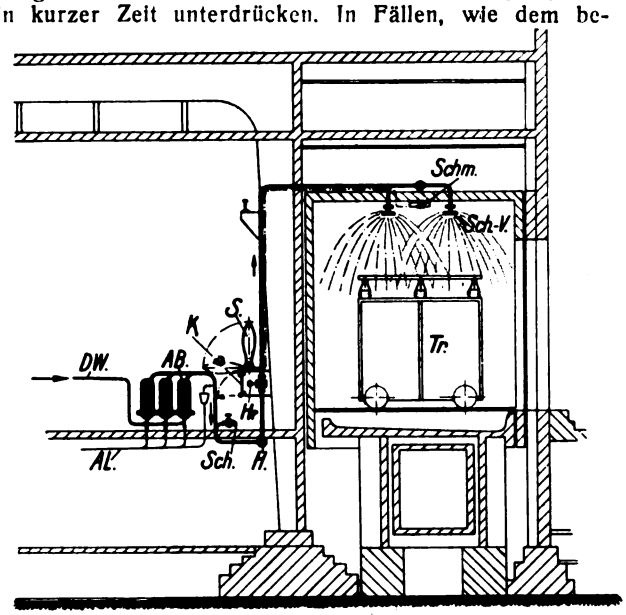


Abb. 1.
AB Akkumulatoren-Batterie; *Sch* Schlauchanschluß; *H* Hauptschaumrohr; *S* Signalalarm, autom.; *K* Klappe; *AL* Ablaßleitung; *DW* Druckwasserleitung; *Sch-V* Schaumverteiler; *Schm* Schmelzauslösung f. d. Signalalarm; *Tr* Transformator; *Hr* Handrad.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 813.

Digitized by Google

fläche ausreicht. Bei Schaumakkumulatorenbatterien ist durch wechselweises Arbeiten eine kontinuierliche Schaumerzeugung möglich. Die einfache Bedienbarkeit des Schaumakkumulators verleiht ihm als Schutzgerät überall da besondere Eignung, wo die Auslösung unmittelbar nach der Entstehung des Brandes ganz besonders erstrebenswert ist. Dieser Fall ist bei den modernen Umspannwerken gegeben und man hat kürzlich zum ersten Male eine derartige Löschanlage nach dem Stand der neuesten Erfahrungen in ein Umspannwerk eingebaut. In der Maschinenhalle haben drei Akkumulatoren von je 2 m³ Schaumkapazität zu einer Batterie vereinigt Aufstellung gefunden. Sie werden im Brandfall durch Betätigung des Sperrschiebers in der Druckwasserzuleitung in Betrieb gesetzt und arbeiten in das Hauptschaumrohr, von dem Schaumstränge in die einzelnen Transformatorenkammern führen, wo sie in besonders durchgebildete Schaumbrausen endigen (vgl. Abb. 1). In den einzelnen Schaumsträngen sind Absperrschieber angeordnet. Die Schaumstränge sind mit perforiertem Blech umkleidet. Nur über den Absperrschiebern sind Öffnungen in der Verkleidung vorgesehen (Schutzkästen), die durch federbelastete Klappen geschlossen sind. Im Brandfall öffnet sich, indem ein Schmelzstück in einem Kabel abtropft und die Feder entlastet, die Klappe an der in Brand geratenen Transformatorenkammer automatisch und gibt das Handrad des Absperrschiebers frei. Nunmehr kann dieser geöffnet werden und der Schaum entströmt den Brausen. Gleichzeitig setzt die Schmelzauslösung einen elektrisch beleuchtbaren Signalarm (Winker) in Tätigkeit, der es dem Personal ermöglichen soll, einen Brand, der vielfach im Entstehungszustand nach außen unerkennbar ist, sofort festzustellen und die nötigen Maßnahmen zu treffen. Diese beschränken sich auf die Inbetriebsetzung der Akkumulatorenbatterie und die Öffnung des Absperrschiebers an der betreffenden Kammer. In der Nähe der Batterie ist ein Anschluß für einen Schaumgenerator vorgesehen, um gegebenenfalls die Schaumerzeugung steigern und durch Anschluß von Schlauchleitungen den Löschschaum auch in anderen Teilen des Werkes verwenden zu können. Außer der Füllung der Akkumulatoren steht ein Schaumvorrat in 15 kg-Blechbüchsen bereit, die luftdicht verschlossen sind. Die Schaumakkumulatoren lassen sich einzeln abschalten, so daß auch gegebenenfalls nur einer von ihnen in Betrieb genommen werden kann. Man kann währenddessen die beiden übrigen neu mit Pulver beschicken und erzielt auf diese Weise einen kontinuierlichen Betrieb. Die Schaummenge, welche erzeugt werden kann, richtet sich dann lediglich nach dem verfügbaren Schaumpulvervorrat. Alle Rohrleitungen sind gut geerdet. Die Auslösung der Schaumlöschanlage kann auch vollautomatisch erfolgen, das heißt so, daß auch die Öffnung der einzelnen Absperrschieber und die Inbetriebsetzung der Akkumulatorenbatterie selbsttätig erfolgt. Man wählt derartige Anordnungen stets da, wo keine Überwachung der gefährdeten Anlagen durch das Bedienungspersonal vorhanden ist. Im vorbeschriebenen Fall hat man davon abgesehen, weil durch die Anordnung der Winker in der Maschinenhalle, in der sich stets Personal befindet, eine genügende Gewähr für die sofortige Feststellung eines entstandenen Brandes gegeben zu sein schien. Dr. J. Hausen, Berlin.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Über die Elektrifizierung der Kupfergruben der Anaconda Copper Mining Company in Butte, Mont. (V. St. A.), mit etwa 65 000 installierten PS berichtet W. C. Heston. Drehstrom von 2400 V liefert die Montana Power Company von zwei Unterstationen mittels Doppelkabeln vorerst zu fünf Kompressoranlagen, in denen etwa 50 vH der Gesamtleistung zur Drucklufterzeugung verbraucht werden, und von dort in die Gruben. Die Verrechnung des Stromverbrauches geschieht nach dem Mittelwert der drei höchsten monatlichen 30-Minutenspitzen. Bezüglich des Leistungsfaktors enthält der Stromlieferungsvertrag nur die Klausel, daß kein neuer Abnehmer hinzugefügt werden darf, der den Leistungsfaktor verschlechtert. Der mittlere jährliche Belastungsfaktor ist 80 vH, der Leistungsfaktor über 0·80. Von den 2600 PS installierten Kompressormotoren sind 17 000 PS Synchronmotoren mit $\cos \varphi = 0{\cdot}8$ voreilend. Schutz gegen gefährliche Betriebsunterbrechungen gewährt die Speisung durch zwei Unterstationen und die Verlegung von Reservekabeln, insbesondere in den Schächten mit den Hauptwasserhaltungen. Die Pumpenmotoren sind unmittelbar, die Lüftermotoren mit Druckknopfschaltung (440 V) und das Licht (110 V) über unter Tag aufgestellte Transformatoren an das 2400 V-Netz angeschlossen. Zur Speisung der Fahrdrahtlokomotiven und Ladung der Akkumulatorenlokomotiven geht ein Kabel von einem Motorgenerator, der auf 275 V Gleichstrom umformt, in die Grube. In manchen Gruben steht der Motorgenerator unter Tag und besitzt Druckknopfsteuerung. Es werden 143 Fahrdrahtlokomotiven, 80 Akkumulatorenlokomotiven zu 5 t und 16 zu ½ t verwendet; die letzteren können auf dem Förderkorb von einem Horizont in den anderen befördert werden. Die Fahrdrahtlokomotiven werden durch die Akkumulatorenlokomotiven verdrängt. Die Kapitalskosten sind bei beiden Systemen fast dieselben, die Ladeenergie kostet nach der geschilderten Stromverrechnung praktisch nichts, wenn während der Belastungstäler aufgeladen wird; die Unterhaltungskosten und Gefahren der Fahrleitungen sind aber wesentlich höher, was ausschlaggebend ist, wenn auch die Akkumulatorenlokomotiven öfters kontrolliert werden müssen.

An die elektrische Ausrüstung stellt neben der Feuchtigkeit und den mechanischen Einflüssen die chemische Einwirkung des Kupfersulfates besondere Anforderungen. Die Feuchtigkeit wird durch gedichtete Kapselung des Schalt- und Verbindungsmaterials bekämpft; wo dies nicht ausreicht, heizt ein kleiner Widerstand oder eine 10 W-Lampe die kastenförmigen Schaltgeräte. Zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen sind die Kabel in eigenen Nebenschächten verlegt, die wichtigsten erhalten außerdem einen Stahlpanzer; schwierige Verhältnisse liegen in jenen Strecken vor, wo Erdverschiebungen große mechanische Beanspruchungen hervorrufen. Am schwersten zu bekämpfen sind die chemischen und korrodierenden Wirkungen des Kupfersulfates, denen gegenüber sich nur Blei als genügend widerstandsfähig erweist; daher erhalten sogar armierte Kabel einen dünnen Bleimantel. Es werden 5000 V-Kabel für 2400 V verwendet, die im Schacht etwa alle 3 m mit gußeisernen Schellen, die mit Zement bedeckt werden, oder mit Hartholzschellen und Bronzeschrauben befestigt werden. Den Überstromschutz bewerkstelligen Überstrom- und Rückstromrelais. Überspannungsableiter sind an allen unterirdischen Sammelschienen angeschlossen.

Von den 28 Fördermaschinen werden nach Vollendung des elektrischen Ausbaues der Gruben nur mehr zwei Maschinen Dampfantrieb, dagegen 20 Druckluftantrieb mit elektrisch betriebenem Kompressor und 6 direkten elektrischen Antrieb besitzen. Die Betriebskosten der elektrischen Fördermaschinen (Teufen 850 bis 1590 m) sind etwa ⅕ der mit Dampf betriebenen.

Zwei unabhängige Signalsysteme vermitteln die Meldungen vom Anschläger in jedem Horizont zum Maschinenhaus, eines mit 110 V Wechselstrom betrieben, das zweite zur Reserve dienend, mit 18 bis 20 V von Trockenbatterien gespeist. Die Nachrichten zwischen den Horizonten vermittelt ein drittes System. Verwechslungen sind durch unterschiedliche Ausführung und Anbringung der Signalschalter vermieden. In jedem Horizont ist außerdem ein Grubentelephon. Ganz getrennt hievon bestehen Telephonverbindungen zwischen den Hauptwasserhaltungen und der Oberfläche. Leng

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 14, 1927.)

Über die Verwendung elektrischer Energie in der amerikanischen Industrie seien dem Industriesonderheft der El.-World (Okt. 1927) einige interessante Angaben entnommen. 1914 bezw. 1925 waren in der ganzen Industrie 0·77 Mill. bezw. 2·5 Mill. Motoren von zusammen 8·8 Mill. bezw. 26·1 Mill. PS installiert. Die Elektri-

Digitized by Google

sierung der verschiedenen Industriezweige (bezogen auf das Jahr 1925) betrug: Autoindustrie 100 vH, Brot- und Bäckereiprodukte 96 vH, Kupfer-, Bronze- und Messingprodukte 96 vH, Druckerei 95 vH, Schuhe 81 vH, Glas 77 vH. Demgegenüber Papier nur 67 vH, Baumwolle 63 vH, Zucker 46 vH, Eisen- und Stahlöfen 29 vH. Insgesamt sind etwa 10 Mill. PS für die elektrische Energie noch zu erobern, wobei die Vorteile der elektrischen Antriebe selbst höhere Strompreise reichlich aufwiegen, was sich aus dem Vergleich der 378 Mill. Doll., die die ganze amerikanische Industrie für Strom gezahlt hat[1]), mit den 10 728 Mill. Doll. Arbeitslöhnen leicht erkennen läßt. f. f.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Steuerung von Elektronenströmen in Quecksilberdampfentladungen behandelt Ernst Lübcke in einer Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium Siemensstadt. In Quecksilberdampf-Gleichrichtern mit Stahlgehäuse haben zuerst M. Schenkel und W. Schottky[2]) Ionenströme gegen die Gehäusewand beobachtet. Das isolierte Gehäuse nimmt gegen die Kathode eine Spannung von 6 bis 14 V an; legt man es an eine Spannungsquelle, so nimmt es Strom auf. Nach J. v. Issendorf[3]) ist dieser Strom auf positive Ionen und auf negative Elektronen zurückzuführen. Der Verfasser hat diese beiden Stromanteile getrennt und den Elektronenstrom ähnlich wie bei einer Glühkathodenröhre gesteuert[4]). Legt man an eine den Quecksilberlichtbogen umgebende Zylinderelektrode eine negative Spannung, so nimmt diese Elektrode alle positiven Ionen auf, während die Elektronen zurückgestoßen werden. Dieser Ionenstrom ist 600-mal geringer als der Elektronenstrom. Eine Beeinflussung der Lichtbogenentladung durch den Ionenstrom ist nicht möglich. Verwendet man zwei konzentrische Zylinderelektroden wie in Abb. 2, von denen die innere gitterförmig ist, und hält dieses Gitter auf einem negativen, den äußeren Zylinder dagegen auf einem hohen positiven Potential (bis 200 V), so nimmt ersteres die positiven Ionen des Wandstromes auf, die um die Gitterstäbe eine geringe positive Raumladungsschicht von der Dicke zirka 0·1 mm ausbilden; das hohe Feld des äußeren (Anoden-) Zylinders greift aber durch die Lochmitten in die Entladungsbahn hinein und führt Elektronen zu diesem Zylinder, wenn das negative Gitterpotential unter einen gewissen Betrag sinkt. Wegen der bestehenden Analogie dieser „Quecksilberdampfverstärkerröhre" mit der Elektronenröhre soll der äußere Zylinder im nachstehenden als Anode, der innere als Gitter bezeichnet werden. Man erhält mit einer bestimmten Rohrtype (T 2 e) bei einem Lichtbogen von 7 A etwa folgende Meßwerte:

V_g in V	J_a in A			J_g in A
	$V_a = 100$ V	150 V	216 V	
— 8	0·20	0·25	0·5	— 0·1
— 4	0·40	0·50	1·0	— 0·1
0	0·90	1·25	2·0	— 0·1
4	2·00	2·75	4·0	— 0·05
6	3·20	4·25	—	0·05

V_g und J_g bezeichnen Gitterspannung und -strom; V_a und J_a Anodenspannung und -strom. Bei $V_a = 216$ V schlägt der Lichtbogen, bevor noch $J_a = 5$ A wird, auf die Steueranode über. Diese Durchschläge können durch sorgfältige Entgasung bis auf 10^{-6} mm Hg Fremdgasdruck und durch Kühlung des Raumes oberhalb der Kathode beseitigt werden, wenn außerdem der Steuerraum zwischen Gitter und Anode, deren gegenseitiger Abstand klein (wenige mm) gegenüber der freien Weglänge der Elektronen sein muß, von der Bogenentladung vollständig abgeschlossen ist. Letzteres wurde durch die Glaszylinder R_1 und R_2 (Abb. 2) erreicht; die Kühlung oberhalb des Kathodenraumes bewirkt das Schlangenrohr *S*. *BA* ist die Bogenanode, *A* die Steueranode, *G* das Gitter und *K* die gemeinsame Kathode. Die Länge des äußeren Rohres beträgt etwa 60 cm. Die Röhre besitzt einen inneren Widerstand von nur 70 Ohm, sie erscheint daher für Maschinensteuerung besonders geeignet. Ungeachtet der Krümmung der Charakteristik kann sie auch zur Sprachübertragung, zum Beispiel auf einem Großblatthaller verwendet werden. Bei der Schwingungserzeugung muß man wegen des Fehlens der Sättigung Fremderregung durch eine Elektronenröhre anwenden. Die Leistung hängt von der Länge der Steuerzylinder ab; doch dürfen diese nicht beliebig lang gemacht werden, da wegen des Spannungsgefälles im Lichtbogen die Gitterpotentiale relativ zum Lichtbogen am oberen und unteren Gitterrande zu stark voneinander abweichen. Man versieht daher eine Röhre für höhere Anodenströme mit einer Reihe von getrennten Steuereinsätzen, die in gewissen Abständen längs der Röhrenachse verteilt sind und deren Gitter an verschiedene, der Spannung im betreffenden Querschnitte des Lichtbogens entsprechende Vorspannungen gelegt werden. Es wurden derartige Röhren von etwa 100 cm Länge mit fünf Steuerelektroden hergestellt. Der Anodenstrom ist bei gleichen Überschüssen der Gitterspannung über die Vorspannung ungefähr der Anzahl der Steuereinsätze proportional. Durch die Kühlung des Kathodenraumes wird die Elektronengeschwindigkeit gesteigert und die fallende Charakteristik des Lichtbogens in eine schwach steigende verwandelt. Der Bogen leuchtet ohne Kühlung grünlichweiß, mit Kühlung jedoch rötlichblau. R. H.

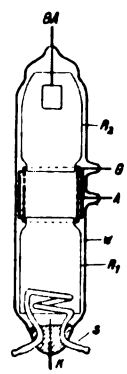


Abb. 2.

(Z. f. Technische Physik, Jg. 8, Nr. 11, 1927.)

Über einige Endnetzwerke von Kettenleitern schreibt Richard Feldtkeller. In einer früheren Arbeit[1]) wurde gezeigt, daß es Endnetzwerke gibt, welche, vor einen Kettenleiter mit den widerstandsreziproken Längs- und Querreaktanzen jX_1 und jX_2 und dem Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}$ geschaltet, dessen Wellenwiderstand ohne merkliche Reflexion auf den reellen Wert $\sqrt{jX_1 \cdot jX_2}$ umbilden und, vom Kettenleiter abgetrennt, dagegen auf der Seite des konstanten Wellenwiderstandes mit dem Ohmschen Widerstande $\sqrt{jX_1 \cdot jX_2}$ überbrückt, eine Nachbildung des Wellenwiderstandes des Kettenleiters liefern.

Es wird nun gezeigt, daß eine Verallgemeinerung der Siemens-Nachbildung[2]) zur Um- und Nachbildung von Kettenleitern möglich ist. Als verallgemeinerte Siemens-Nachbildung wird die Schaltung Abb. 3 bezeichnet, da sie einerseits nicht auf Spulenleitungen beschränkt, sondern auf alle Kettenleiter mit widerstandsreziproken Reaktanzen anwendbar ist und andererseits das Glied jX_3/a_2 hinzugefügt wurde. Für $a_3 = 0$ geht die Siemens-Nachbildung in eine Verallgemeinerung der Hoyt-Nachbildung, die bereits in der ersten Arbeit beschrieben wurde, über. Nimmt man als Parameter statt der Frequenz die Längenreaktanz, so erhält man mit einer Konstruktion die Scheinwiderstände sämtlicher Durchlässigkeitsbereiche der Nachbildung. Setzt man ferner die Einheit der Impedanz so fest, daß $\sqrt{jX_1 \cdot jX_2} = 1$ oder $jX_2 = 1/jX_1$ wird, so hat man eine einzige Veränderliche und der Wellenwiderstand erhält für Kettenleiter, die mit der doppelten Querreaktanz endigen, die für $|X_1| \leq 2{\cdot}0$ reelle Form:

$$\mathfrak{Z} = 1/\sqrt{1 - X_1^2/4}.$$

[1]) Für das Jahr 1924 vgl. E. u. M., Das Elektrizitätswerk, 1927, S. 12.

[2]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 2 (1922), S. 252; vgl. a. E. u. M. 1924, S. 172.

[3]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 4 (1925), S. 124.

[4]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 5 (1927), S. 183; vgl. a. E. u. M. 1928, S. 54.

[1]) Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. 5, H. 3, 1927, S. 128; vgl. E. u. M. 1928, S. 202.

[2]) F. Lüschen, E. u. M. 1925, H. 12, S. 209.

Digitized by Google

Die Koeffizienten a_0 bis a_3 (Abb. 3) sind so zu bestimmen, daß der Scheinwiderstand der Nachbildung mit dem Wellenwiderstande β der Nachbildung in einem möglichst großen Bereiche beiderseits von $X_1 = 0$ übereinstimmt. Man wählt zuerst a_3 in der Nähe von Null und bestimmt am besten a_0 und a_2 für $|X_1| = 1{\cdot}20$ und $1{\cdot}50$, bezw. für die Sollwerte des Wellenwiderstandes $\beta = 1\,250$ und $1{\cdot}512$

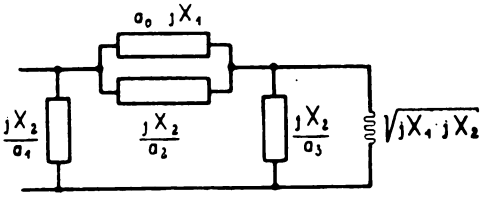


Abb. 3.

in Anlehnung an das Verfahren in der früheren Arbeit auf graphischem Wege. Der Koeffizient a_1 wird dann so angenommen, daß die Nachbildung für $X_1 = 1{\cdot}5$ den Sollwert des Wellenwiderstandes streng wiedergibt. Für $a_3 > 0{\cdot}34$ würde a_2 negativ; daher stellt dieser Wert von a_3 eine obere Grenze dar. Für negative Werte von X_1 ergeben sich aus einer spiegelbildlichen Konstruktion dieselben Koeffizienten. Der Scheinwiderstand aller Nachbildungen der durch Abb. 3 dargestellten Schar durchläuft bei einem Durchlässigkeitsbereiche $-2 \leqq X_1 \leqq +2$ zwischen $-1{\cdot}6 \leqq X_1 \leqq +1{\cdot}6$ eine flache Schleife, die sich eng an die reelle Achse anschmiegt. Die drei Kurven für $a_3 = 0{\cdot}00$, $0{\cdot}15$ und $0{\cdot}34$ sind praktisch gleichwertig. Endigt der Kettenleiter mit der halben Längsreaktanz, so vertauschen sich die Scheinwiderstände mit Leitwerten und als Reaktanz-Vierpol erhält man eine T-Schaltung mit $a_1 j X_1$ im linken und $a_3 j X_1$ im rechten Horizontalzweig, ferner mit $a_2 j X_1$ und $j X_2/a_0$ in Reihe im vertikalen Ast; diese Schaltung wird durch Anlegen des Widerstandes $\sqrt{j X_1 \cdot j X_2}$ zwischen den Enden des rechten horizontalen und des senkrechten Zweiges zur Nachbildung ergänzt. Eine weitere Betrachtung des Verfassers zeigt, daß die Dämpfung der Endnetzwerke für die Durchlässigkeitsbereiche vernachlässigt werden kann, da für den Dämpfungskoeffizienten b die Gleichung

$$e^{2b} = |\beta + \mathfrak{U}_l| : |\beta - \mathfrak{U}_l|$$

gilt und für die Endnetzwerke der Wellenwiderstand β reell und der Leerlaufwiderstand $\mathfrak{U}_l$ eine reine Reaktanz ist. Summe und Differenz sind also konjugiert komplexe Zahlen von gleichem absoluten Betrage und daher $e^{2b} = 1$; $b = 0$. Außerhalb der Durchlässigkeitsbereiche kann der Dämpfungsanstieg in weiten Grenzen je nach Wahl von a_3 steiler gemacht werden, da die Sperrfrequenz der Nachbildung $|X_1| = 1/\sqrt{a_0 a_2}$ zwischen den Grenzen $2{\cdot}78$ bei der Hoyt-Schaltung und ∞ bei der Siemensschaltung mit $a_3 = 0{\cdot}34$ variiert. R. H.

(Elektr. Nachr. Technik, Bd. 4, H, 6; 1927.)

Patentbericht.

Elektrische Bahnen.

Regulierеinrichtungen für elektrische Lokomotiven und Motorwagen.

(Fortsetzung aus Heft 19, Seite 436.)

Es ist bekannt, Fahrschalter für elektrische Bahnfahrzeuge, deren Kontakte große Stromstärken zu führen haben, oder die im Verhältnis zur Schaltleistung klein gehalten werden müssen, dadurch zu entlasten, daß man beim Zurückdrehen der Schaltwalze den Strom außerhalb des Fahrschalters an einem sogenannten Entlastungshüpfer unterbricht. Bei bekannten Ausführungen wird dieser Entlastungshüpfer durch die Fahrdrahtspannung betätigt, seine Wirkung hängt also davon ab, daß das Schaltwerk mit dem Netz leitend verbunden ist. Beim Ausbleiben der Spannung müssen die Bremsstufen des Fahrschalters ohne die Sicherung durch den Entlastungshüpfer arbeiten. Gemäß einem Vorschlag der SSW in Berlin wird dieser Nachteil dadurch vermieden, daß beim Rückwärtsschalten aus der Bremsstellung in die Nullstellung der Entlastungshüpfer durch den Bremsstrom betätigt wird. Das Anspringen des Hüpfers setzt zwar eine gewisse Bremsstromstärke voraus; sinkt aber beim Abschalten, zum Beispiel bei langsamer Fahrt, der Bremsstrom unter das für die Hüpferbetätigung erforderliche Maß, so kann er auch die Kontakte nicht mehr gefährden und seine Unterbrechung kann ohne Schaden unmittelbar an den Fahrschalterkontakten erfolgen. (Ö. P. Nr. 103357.)

Eine Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien bezieht sich auf eine Einrichtung zum stromlosen Ausschalten eines Fahrschalters mittels eines mit ihm in Reihe liegenden Schützes, das durch einen von der Fahrkurbel bewegten Schalter eingeschaltet wird und sich dabei auf Selbstspeisung umschaltet, bei Rückdrehung der Fahrkurbel aber abfällt und bis zur Erreichung der Ausgangslage der Schaltwalze ausgeschaltet bleibt. Erfindungsgemäß wird die Schaltung des Schützes durch einen kipphebelartigen Schleppschalter vollzogen, der zum Einrücken und Auslösen des Schützes dient, während der Selbstspeisestromkreis des Schützes vom Fahrschalter unabhängig ist. Mit Rücksicht auf die durch die Unterbringung zwischen Fahrkurbel und Fahrschalterdeckel bedingte enge Bauart der Schleppschaltereinrichtung ist es wichtig, die Kontaktgebungen am Schleppschalter in der Nähe des Erdpoles zu vollziehen, damit einfache Isolationen ausreichen. Ferner ist von Vorteil, das Schütz nicht durch Öffnen, sondern immer nur durch Schließen von Kontakten am Schleppschalter zu steuern, damit kurz nachdem die verlangte Wirkung am Schütz eingetreten ist, die Schleppschalterkontakte sich strom- und demnach funkenlos öffnen können. An ihnen kann daher ein Hängenbleiben von Lichtbogen nicht eintreten, sie bleiben frei von Brandstellen und können stets einwandfrei arbeiten. Das Schütz kann erfindungsgemäß in Verbindung mit einem Überlastrelais die Sicherung der Stromverbraucher gegen Überstrom mitübernehmen. Von demselben Schleppschalter kann noch ein zweites zur Vernichtung des Bremsstromes vorgesehenes Schütz gesteuert werden. (Ö. P. Nr. 105743.)

Mit der Zunahme der Stromstärken, die von den Fahrschaltern elektrischer Bahnfahrzeuge zu beherrschen sind, wächst die Anzahl der Schaltstufen und damit auch der Walzenumfang, was mit Rücksicht auf die beschränkten Raumverhältnisse auf dem Führerstand elektrischer Fahrzeuge unerwünscht ist. Eine Erfindung der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke in Wien hat einen Fahrschalter zum Gegenstand, bei dem dadurch eine Verkleinerung seines Umfanges erreicht wird, daß die Bremsschaltungsbeläge und ein Teil der Fahrschaltungsbeläge auf dem gleichen Walzenabschnitt untergebracht sind. Die Stufenreihen der Fahrschaltungsbeläge und der Bremsschaltungsbeläge kreuzen sich und, um eine vollkommene Unabhängigkeit der Fahr- und der Bremsstromkreise zu wahren, ist die Schaltung so eingerichtet, daß die oberhalb und unterhalb der Kreuzungsstelle angeordneten Beläge zu je einer Gruppe vereinigt sind, von denen jede mit einer besonderen Spannungszuführung für die Fahrschaltung und einer besonderen Verbindung für die Bremsschaltung ausgerüstet ist. (Ö. P. Nr. 104874.)

Gleichstrom-Zwillingsmotoren werden für elektrische Lokomotiven, besonders mit Einzelantrieb, wegen der größeren Zahl der möglichen Schaltungen oft verwendet. Wenn eine ungerade Zahl von Ankern in Reihe geschaltet ist, verlangt die Symmetrie der parallelen Stromkreise, daß sich gleichviel Feldwicklungen in jedem Stromkreis befinden. Diese Forderung führt, besonders wenn der Motor noch Feldanzapfungen für Feldschwächung besitzt, zu einer unerträglichen Klemmenzahl. Zweck einer Erfindung der Maschinenfabrik Oerlikon in Oerlikon, Schweiz, ist die Vermeidung dieses Übelstandes. Die Erfindung besteht darin, daß die zwei Feldwicklungen jedes Zwillingsmotors eine untrennbare Einheit bilden, die als Ganzes unter die ein-

Digitized by Google

zelnen Zweige verteilt wird. Abb. 14 zeigt das Schema eines Zwillingsmotors für zwei Anzapfungen für Feldschwächungen, in welchem *a*, *b* und *c* innere nicht lösbare Verbindungen darstellen. Falls jede Feldwicklung getrennte Spulen für die Feldschwächung hat, sind die gleichzeitig ein- oder auszuschaltenden Spulen eines Zwillingsmotors durch innere Verbindungen vereinigt. (D. R. P. Nr. 446180.)

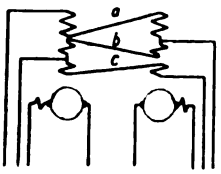


Abb. 14.

Bei den bisher verwendeten Reihen-Reihenparallel-Parallelschaltungen, die ohne Leistungsunterbrechung umzuschalten gestatten, wurde in den meisten Fällen eine der Anzahl der Motoren entsprechende Anzahl von Widerstandssätzen zum Anlassen der Motoren vorgesehen, wodurch umständliche Schaltaufgaben entstanden. Wurde hingegen nur ein Widerstandssatz verwendet, so wurde dieser ungleichmäßigen Belastungen ausgesetzt. Nach einer Erfindung der AEG-Union-Elektrizitäts-Ges. in Wien erfolgt das Anlassen einer geraden Anzahl von Motoren in Reihen-Reihenparallel-Parallelschaltung mit einem einzigen Widerstandssatz, der während des gesamten Anlaßvorganges in allen Teilen gleichmäßig belastet ist. Dies wird dadurch erreicht, daß der Widerstandssatz eine der Anzahl der Motoren entsprechende Anzahl ($2n$) von Anzapfungen besitzt, von denen die eine zweckmäßig an dem einen Ende des Widerstandssatzes liegt. Die ($2n-1$) in der Mitte des Widerstandssatzes liegenden Anzapfungen können über je einen Schalter an je einen Verbindungspunkt zweier während des Anlassens und während des Betriebes dauernd miteinander verbundener Motorklemmen und die letzte am Ende liegende Anzapfung mit dem einen freien Ende der in der genannten Weise fest miteinander verbundenen Motoren angelegt werden. Die Schaltungsweise des Widerstandssatzes ergibt hiebei gleichsam ein Spiegelbild der Schaltweise der Motoren als Ganzes betrachtet. Die Stromrichtung wird in den Widerstandsteilen in gleicher Art umgekehrt wie in den einzelnen Motoren. Um ohne Leistungunterbrechung zu schalten, wird bei der Übergängen von einer zur anderen Motorgruppierung immer nur eine Motorgruppe bezw. einzelne der Motoren über einen Teil des Anlaßwiderstandes hinweg einen Augenblick lang kurzgeschlossen. (Ö. P. Nr. 103413.)

Eine Bremsschaltung von Gleichstromreihenschlußmotoren mit einer Reihen- oder Reihen-Parallelschaltung der Anker, bei welcher eine Kurzschluß- und eine Nutzbremsung gleichzeitig vorhanden sind und bei welcher parallel zu einem Teil der im Nutzbremsstromkreis hintereinander geschalteten Anker die Erregerwicklungen sämtlicher Maschinen liegen, bildet den Gegenstand einer Erfindung derselben Firma. Erfindungsgemäß liegt der Kurzschlußbremswiderstand *e* (Abb. 15) parallel zu dem die Erregerspannung liefernden Teil des Ankers *a* und in Reihe mit den Erregerwicklungen *d*, *b*, so daß er vom Bremsstrom durchflossen wird und die Felder der Bahnmotoren direkt regelt. Die Verstärkung des Nutzbremsstromes erfolgt durch allmähliches Kurzschließen des Widerstandes *e*. Bei einer gewissen Stromstärke im Kurzschlußstromkreise ist es erwünscht, diesen selbst mit der vollen Spannung der beiden in Reihe geschalteten Anker zu erregen. Dies kann ohne Stromunterbrechung erfolgen, indem zunächst der obere Schalter s_2 geschlossen und darauf der Schalter s_1 in der Brückenleitung geöffnet wird. Die weitere Regulierung erfolgt dann durch Verschieben des neuen Anschlußpunktes am Widerstand *e*. Da hierbei durch übermäßig schnelles Schalten eine Kurzschlußgefahr für den Anker *c* entstehen kann, empfiehlt es sich, in der Brückenleitung noch einen Hilfswiderstand *k* anzuordnen. (Ö. P. Nr. 103404.)

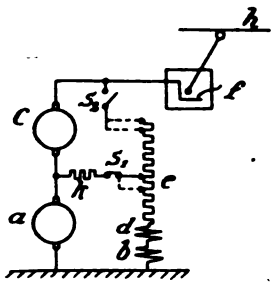


Abb. 15.

Schalteinrichtungen, die bei in Nutzbremsung arbeitenden Motoren die Aufgabe haben, die Motoren jeweils an das Netz anzuschließen, wenn die Bremsspannung der Motoren die Netzspannung überwiegt, nennt man Stromrückgewinnungsautomaten. Eine besondere Ausführungsform eines solchen Automaten ist der letztgenannten Firma patentiert worden. Die Erfindung besteht in der Verwendung eines polarisierten Relais 14, dessen Zugspule parallel zu den Unterbrechungskontakten eines in die Rückstromleitung eingeschalteten Schützes *2* liegt, wobei die Hilfskontakte des Relais den Stromkreis des den Rückgewinnungsstrom in das Netz leitenden Schützes *2* steuern. Außer der Zugspule besitzt das Relais eine Starkstromspule 18, die mit den Unterbrechungskontakten des Schützes in Reihe liegt und die nach Einschaltung des Schützes das Relais in der Einschaltlage hält (Abb. 16). (Ö. P. Nr. 105831.)

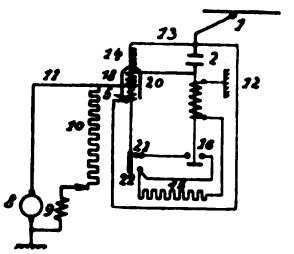


Abb. 16.

Bei elektrischen Fahrzeugen mit zwei oder mehreren in Serienparallelregelung betriebenen Gleichstrommotoren war es üblich, bei Defektwerden eines oder mehrerer Motoren diese abzutrennen und den Weiterbetrieb bloß in den Serienstellungen des Kontrollers vorzunehmen. Würde man bei mehreren solchen Fahrzeugen in Vielfachsteuerung mit zum Beispiel zwei Triebmotoren den defekten Motor eines Fahrzeuges abtrennen, so würde bei Weiterbetrieb der noch arbeitsfähige Motor dieses Fahrzeuges in den Serienstellungen des Kontrollers gegenüber den je zwei in Reihe geschalteten Motoren der intakten Triebfahrzeuge die doppelte Spannung erhalten und durch Überlastung geschädigt werden; außerdem würden die von ihm angetriebenen Triebräder häufig schleudern. Nach einer Erfindung der Firma Sté Ame des Ateliers de Sechéron in Genf kann beim Defektwerden eines oder mehrerer Motoren auf einen oder mehreren Fahrzeugen durch einen auf jedem Fahrzeug angebrachten Gruppierungsschalter das Umschalten der Motoren derart erfolgen, daß der Weiterbetrieb der noch betriebsfähigen Motoren auf jedem der Fahrzeuge mit defekten Motoren wahlweise, das heißt bei Betrieb mit nur einem Triebfahrzeug in den Serienstellungen und bei Betrieb in Vielfachsteuerung mit zwei oder mehreren Triebwagen erst in den Parallelstellungen erfolgt, während in diesem Falle die Triebfahrzeuge mit nur intakten Motoren sowohl in den Serie- als auch Parallelstellungen arbeiten. *A* und *B* (Abb. 17) sind zwei in Vielfachsteuerung arbeitende Fahrzeuge, Motor *2* des Fahrzeugs *A* sei defekt. Wird der Gruppierungsschalter *U* des Fahrzeugs *A* auf die Stellung *III* gebracht, so ist der Motor *2* abgeschaltet und Motor *1* arbeitet nur noch in den Parallelstellungen des

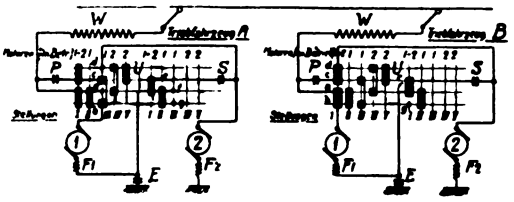


Abb. 17.

Kontrollers. Es ist vorausgesetzt, daß Schalter *s* in den Seriestellungen und die Schalter *P*, *E* in den Parallelstellungen des Kontrollers eingeschaltet sind. (Ö. P. Nr. 104647.)

Bei Gleichstrom-Hochspannungsbahnen wird oftmals für die Speisung von Hilfsstromkreisen, wie zum Beispiel zur Steuerung, Beleuchtung usw., eine möglichst konstante und von den Schwankungen im Netz unab-

Digitized by Google

hängige Niederspannung benötigt. Die SSW in Berlin verwenden zur Erzeugung einer konstanten Sekundärspannung ohne Zuhilfenahme von Regelvorrichtungen oder einer Batterie einen in Sparschaltung liegenden Einankerumformer und eine mit diesem gekuppelte Zusatzmaschine. Der Spannungsausgleich wird dabei erfindungsgemäß dadurch erzielt, daß der Einankerumformer stark gesättigt ist, während die Zusatzmaschine, die einen Teil der von der Generatorseite des Umformers erzeugten Spannung motorisch verbraucht, eine schwache Sättigung besitzt. Es ist also die auf der Generatorseite erzeugte Spannung von der Netzspannung linear abhängig, während die Gegen-EMK der mechanisch mit ihm gekuppelten Zusatzmaschine infolge ihrer schwachen Sättigung sich erstens in Abhängigkeit von der Drehzahl und zweitens in Abhängigkeit von der Netzspannung ändert, das heißt im ganzen entsprechend dem Quadrate der Netzspannung. Die an den Klemmen der Hilfseinrichtungen verfügbare Restspannung ist gleich der Differenz der von der Generatorseite des Umformers erzeugten und der von der Zusatzmaschine verbrauchten Spannung. Diese Differenz wird durch die erfindungsgemäße Wahl der magnetischen Sättigungsverhältnisse der Maschinen den praktischen Bedürfnissen entsprechend konstant gehalten. Gleichzeitig werden infolge der starken Sättigung des Umformers die Abmessungen des Maschinensatzes so gering, daß seine Unterbringung auf jedem Triebwagen möglich ist. (Ö. P. Nr. 107789.)

Literaturberichte.

3497 **Handbuch der Physik,** herausgegeben von H. Geiger und Karl Scheel. Bd. XVI. „Apparate und Meßmethoden für Elektrizität und Magnetismus", redigiert von W. Westphal. (Mit 623 Abbildungen.) Verlag Jul. Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 66·—, geb. Mk. 68·40.

Dieser neue Band des umfassenden Werkes reiht sich seinen Vorgängern würdig an[1]). Er enthält: 1. Die elektrischen Maßsysteme und Normalien, und 2. Allgemeines und Technisches über elektrische Messungen. Prof. Dr. W. Jaeger, Berlin; 3. Auf Influenz- und Reibungselektrizität beruhende Apparate und Geräte. Dr. Gerhard Michel, Berlin; 4. Auf Induktion beruhende Apparate. Prof. Dr. S. Valentiner, Clausthal; 5. Elektrische Ventile, Gleichrichter, Verstärkerröhren, Relais. Prof. Dr. Güntherschulze, Berlin; 6. Telephon und Mikrophon. Dr. Walther Meißner, Berlin. 7. Schwingung und Dämpfung in Meßgeräten und elektrischen Stromkreisen. Prof. Dr. W. Jaeger, Berlin; 8. Elektrostatische Meßinstrumente. Prof. Dr. Friedrich Kottler, Wien; 9. Elektrodynamische Meßinstrumente. Dr. Rud. Schmidt, Berlin; 10. Schwingungsinstrumente. Prof. Dr. H. Schering, Charlottenburg; 11. Auf thermischer Grundlage beruhende Meßinstrumente und 12. Auf elektrolytischer Wirkung beruhende Meßinstrumente. Prof. Dr. A. Güntherschulze, Berlin; 13. Meßwandler. Prof. Dr. H. Schering, Charlottenburg; 14. Messung des Stromes, der Spannung, der Elektrizitätsmenge, der Leistung und der Arbeit. Dr. R. Schmidt, Berlin. 15. Elektrometrie. Prof. Dr. A. Güntherschulze, Berlin; 16. Widerstände und Widerstandsapparate und 17. Methoden zur Messung des elektrischen Widerstandes. Prof. Dr. H. Steinwehr, Berlin. 18. Kondensatoren und Induktivitätsspulen und 19. Messung von Kapazität und Induktivitäten. Prof. Dr. Erich Giebe, Berlin; 20. Messung der Dielektrizitätskonstanten und des Dipolmoments. Prof. Dr. A. Güntherschulze, Berlin; 21. Erzeugung elektrischer Schwingungen, 22. Wellenmesser und Frequenznormale, und 23. Meßmethoden bei elektrischen Schwingungen. Dr. Egon Alberti, Berlin; 24. Elektrochemische Messungen. Dr. E. Baars, Marburg; 25. Messungen an para- und diamagnetischen Stoffen. Dr. W. Steinhaus, Berlin; 26. Messungen an ferromagnetischen Stoffen, und 27. Herstellung und Ausmessung magnetischer Felder. Prof. Dr. E. Gumlich, Berlin, und 28. Erdmagnetische Messungen. Prof. Dr. G. Augenheister, Potsdam. Alle diese Kapitel werden mit vollendeter Fachkenntnis und tunlichster Ausführlichkeit auf 800 Seiten behandelt und die Angaben durch äußerst reichhaltige Literaturnachweise belegt. Im Kapitel 14 auf Seite 405 und 409 finden sich einige Druckfehler sinnstörender Art, die bei der Korrektur offenbar übersehen wurden. Es handelt sich hier durchaus um ein Standardwerk höchster Klasse, das auch dem Elektroingenieur in vielen Fragen erwünschte Aufklärung bieten wird. Dr. Rich. Hiecke.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 330, 492, 530.

860 **Die Elektromotoren.** Ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit. Von Prof. Dr. F. Niethammer. Band II. Kommutatormotoren. Mechanischer Aufbau. Wirtschaftlichkeit. Mit elektrischen Anlagen verknüpfte Gefahren. Zweite Auflage. 88 Seiten mit 62 Abb. Sammlung Göschen, Band 799. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig. Preis in Leinen S 2·60.

Als Fortsetzung des ersten Bandes[1]) behandelt der Verfasser im vorliegenden zweiten Bande die ein- und mehrphasigen Kommutatormotoren, wobei er deren Eigenschaften wieder an Hand ihrer Kennlinien erläutert. Gegenüber der ersten Auflage sind wertvolle Ergänzungen aufgenommen worden. So werden die Doppelzonenregelung sowie die Erzeugung von Drehzahlen über 3000 kurz behandelt. Neu ist ferner das Kapitel über kompensierte Motoren, das die wichtigsten Schaltungen zur Verbesserung des Leistungsfaktors kurz erläutert und unter anderem auch die asynchrone Blindleistungsmaschine behandelt. Auch die weiteren Teile des Buches über Wahl der Motoren, mechanischen Aufbau, Motorantriebe sind teilweise erneuert und ergänzt.

Durch die klare Darstellung und geschickte Behandlung der Motoreigenschaften ist das handliche Büchlein der bekannten Sammlung, ebenso wie der erste Band über Gleichstrommotoren und Mehrphasen-, Synchron- und Asynchronmotoren, sehr geeignet, um eine Einführung in die Arbeitsweise der Wechselstrom-Kommutatormotoren, sowie über Wahl und Aufstellung von Elektromotoren zu bieten. Druck und Ausstattung sind gut.

F. Fritz.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 176.

3627 **Tarife für den Verkauf elektrischer Arbeit.** Von Dipl.-Ing. Munk. Bd. 969 der Sammlung Göschen. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin W 10 und Leipzig. 1927. 98 Seiten mit 39 Abb. Preis geb. Mk. 1·50.

Die Gestaltung des Strompreises gewinnt immer größere Bedeutung, je mehr die Werke zur Erkenntnis gelangen, daß es für die Wirtschaftlichkeit ihrer Anlagen nicht mehr genügt, Strom überhaupt zu verkaufen, sondern auch in einer dem Betriebe angepaßten Menge abzusetzen. Der Verfasser gibt nun in seinem Buche eine einfache Darstellung dieses in den letzten Jahren sehr angewachsenen Gebietes. Seine Ausführungen wenden sich in erster Linie an den Studierenden der Technik, der für die wirtschaftlichen Fragen herangebildet werden soll, dann auch an den Abnehmer elektrischer Kraft, der so die Absichten des ihn versorgenden Werkes in seinen Tarifen besser verstehen wird und nicht zuletzt dürfte die Schrift für den Volkswirtschaftler und Stadtverordneten von Wichtigkeit sein, die ja bei der Tarifgestaltung oft ein entscheidendes Wort mitzusprechen haben.

Es werden zuerst die Gestehungskosten zergliedert, dann in dem Hauptabschnitte, in acht Gruppen eingeteilt, die wichtigsten Tarifformen nach ihrem Wesen, nach ihren kennzeichnenden Merkmalen, ihrer Eignung für verschiedene Zwecke und ihren Auswirkungen auf die Verbraucher geschildert. Dann folgt ein Abschnitt über die Kohlenklausel. Unter „Lieferungsbedingungen" werden auch Bedingungen angeführt, durch die sich die Werke gegen die Ansprüche der Abnehmer bei ausbleibender Belieferung schützen können. Im Abschnitte über Tarifpolitik wird der schon von vielen Seiten geforderten Vereinheitlichung der Tarife das Wort geredet, das notwendige freundschaftliche Verhältnis zwischen Werk und Abnehmer betont, auf verschie-

Digitized by Google

dene Gefahren bei der Preisfestsetzung hingewiesen, sowie eine Reihe weiterer wertvoller Anregungen gegeben. Ing. V. Horwatitsch.

3650 **Deutsches Elektrizitätsrecht.** Von Dr. h. c. A. Steinhauser, rechtskundiger Stadtrat a. D., und Dipl. Ing. Ludwig Steinhauser. J. Schweitzer Verlag (Arthur Sellier), München, Berlin und Leipzig, 1928. 156 Seiten. Preis Mk. 7·—.

Die gesetzliche Regelung des Elektrizitätswesens ist in Deutschland, so befremdlich dies klingen mag, noch nicht zu jener Reife gelangt, zu der sie in Österreich bereits gediehen ist. Damit sei keineswegs gesagt, daß unsere heimische Entwicklung an Vollendung nichts mehr zu wünschen lasse; allein Tatsache ist, daß wir es nach unsäglichen Mühen und Schwierigkeiten weiter gebracht haben, vor allem durch das vorbildliche Elektrizitätswegegesetz, welches für das Reich noch immer an der Schwelle der Gesetzgebung steht und um Einlaß pocht. Dafür hat die Elektrizitätswirtschaft draußen das Sozialisierungsgesetz noch nicht ganz abgeschüttelt, dessen praktische Ausführung freilich in der Luft hängt. Die Fortbildung des deutschen Elektrizitätsrechtes schwankt daher noch immer zwischen Sozialisierung mit der in die öffentliche Hand gelegten Übermacht und der ihr entgegenwirkenden Kodifizierung eines Elektrizitätsgesetzes, das der privatwirtschaftlichen Interessensphäre ihren Platz an der Sonne beläßt, vor allem aber, so wie bei uns, einem modernen Wegerechte die Bahn weist. Dabei allerdings schlüpft den Verfassern des Buches als Schlußpunkt aller Erkenntnis das Geständnis durch, es seien, wie der Reichswirtschaftsminister es hervorgekehrt hat, „in der Elektrizitätswirtschaft Vereinbarungen besser als Gesetze". Solche Laute sind uns auch hier vertraut; man hat sie auch bei uns gehört, als es mit dem Elektrizitätswegegesetze nicht recht vorwärts gehen wollte und die Entwürfe immerzu schnöde zurückgewiesen wurden mit dem ewig wiederkehrenden Refrain: Besser gar kein Gesetz als ein solches Gesetz; bis es endlich jeder Kritik standhielt und passieren durfte. Heute wissen wir uns frei von solchen Velleitäten; wir schätzen das Elektrizitätswegegesetz als ein wertvolles Fundament für ein Energierecht, ohne deshalb die Hände in den Schoß zu legen und auszuruhen, ohne den Blick von der Ausgestaltung der Materie abzuwenden.

Die Behandlung des deutschen Elektrizitätsrechtes gliedern die Verfasser in sechs Abschnitte. Die erste Hälfte behandelt die technischen Begriffsmerkmale der elektrischen Energie, die rechtliche Stellung des Stromlieferungsgeschäftes und seine gewerblichen und wassergesetzlichen Gerechtsame. Im Mittelpunkte der weiteren Darstellung treffen sich das Sozialisierungsgesetz der Elektrizitätswirtschaft, die Vorschriften über die Enteignungsbefugnisse und den Rechtsbestand für die Leitungswege, Partien, die sich noch mit herrschendem, antiquierten Rechte begnügen und abfinden müssen. Hieran reiht sich der Anlauf für das neue Sonderrecht, das im Entwurfe des Starkstromwegegesetzes sein Ziel erreichen will, vorerst aber in den üblichen Straßenbenützungsverträgen mit den Gebietskörperschaften, in den Stromlieferungsbedingungen, in den Normen über den Schutz des Elektrizitätsgutes vor deliktischen Angriffen und über die Sicherung gegen vertragswidrige Handlungen seine zerstreuten Lückenbüßer zusammenklauben muß. Mit den Hinweisen auf Leitungszusammenschlüsse und Verkoppelung, was wir Verbundwirtschaft nennen, und Grenzübertritte, die wir unter dem Stromexport verstehen, endigt die Darstellung, die als fleißige und kundige Arbeit zu würdigen ist. Sie will angekündigtermaßen, ohne tiefschürfende, literarische Ambition, den Jüngern der elektrotechnischen Wissenschaft und der praktischen Betätigung ein übersichtliches und kritisiertes Bild über den Stand der Elektrizitätswirtschaft und der sich ihr hingebenden Unternehmungen, über Richtung und Tendenz der vorwaltenden Elektrizitäts- und Gesetzespolitik bieten, eine Aufgabe, die den Verfassern trefflich gelungen ist. Auch wir Österreicher werden mit Interesse und Nutzen in dem Buche lesen, das ein ausführliches Sachregister vervollständigt und das auch typographisch hübsch ausgestattet ist.

Dr. Heinrich Schreiber.

3283 **Aus dem Reiche der Technik.** Aussprüche und Novellen von Max Maria von Weber. Ausgewählt von Dipl. Ing. Carl Weihe. 2. Band, 336 S. mit einem Bildnis Webers. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. Mk. 5·—.

Dem an dieser Stelle besprochenen ersten Band[1]), ist in überraschend kurzer Zeit ein zweiter, umfangreicherer gefolgt, der vielleicht noch größeres Interesse in technischen Kreisen finden wird. Er enthält zunächst Aussprüche Webers über Technik und Techniker, Erfindung und Erfinder, Eisenbahn, Kunst, Kultur, Natur und Mensch, die fast ausnahmslos auch heute noch genau so zeitgemäß sind als bei ihrer Niederschrift, dann aber neun technisch-geschichtliche Aufsätze, vorwiegend über die Dampfmaschine und das Eisenbahnwesen, wobei auch viel Persönliches mitverarbeitet ist — Weber hatte insbesonders Gelegenheit, in England eine Reihe hervorragender Techniker kennen zu lernen —, ferner zwei Aufsätze „Die Physiognomie der Eisenbahnen" und „Die Entlastung der Kulturarbeit" und schließlich den berühmten Dialog „Wo steht der deutsche Techniker", der unter anderem auch die geringe Anerkennung technischer Leistungen behandelt und leider noch wenig an Aktualität verloren hat. Durch die Herausgabe des auch überaus vornehm ausgestatteten Bandes haben sich der Verlag und Dipl. Ing. Weihe wieder sehr verdient gemacht und es ist nur zu hoffen, daß auch dieser Band möglichst große Verbreitung findet, wobei ihm auch der sehr mäßig angesetzte Preis zustatten kommen wird. Jellinek.

3071 **Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden.** Herausgegeben von Prof. Dr. Ing. E. Sachsenberg. 4. Band. 167 Seiten mit 196 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 18·—, geb. Mk. 19·50.

Außer zwei vorwiegend für die Werkzeugerzeuger in Betracht kommenden Arbeiten über „Das Arbeiten der Feilen und ihr Verhalten während der Ausnützung" von Dr. Ing. C. Hildebrandt und „Untersuchungen über die den Zerspanungsvorgang mittels Holzbohrern beeinflussenden Faktoren" von Dr. Ing. W. Osenberg enthält der Band eine Arbeit von Dr. Ing. O. Hebenstreit „Untersuchungen an einem Lauf-Thoma-Getriebe zur Klarstellung der Betriebsverhältnisse und des Wirkungsgrades von Kolbenflüssigkeitsgetrieben". Die umfangreichen Versuche ergaben, daß das Getriebe bei normalen Betriebsverhältnissen bestenfalls einen Wirkungsgrad von 80 bis 82 vH aufweist und daß es wirtschaftlich (mit einem Wirkungsgrad über 0·5) mit einem Regelbereich von 1 : 28 verwendet werden kann. Das Getriebe kann daher wohl als Zwischenglied zwischen dem Elektromotor mit unveränderlicher Drehzahl und der Arbeitsmaschine in einer ganzen Reihe von Fällen in Betracht gezogen werden. Wie schon aus der vorstehenden kurzen Inhaltsangabe hervorgeht, steht der vorliegende Band den früher erschienenen im Wert nicht nach. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3679 Der Kaufmann und Gewerbetreibende ohne Anwalt. Von Ad. Magyar und Dr. H. Walter. 68 Seiten. Im Selbstverlag des Verfassers, Wien, VII., Stiftgasse 6, 1928. Preis S 3·—.

Diese Broschüre enthält eine kurzgefaßte Darstellung der für den Kaufmann und Gewerbetreibenden wichtigsten Rechtskapitel, und zwar Abschluß von Verträgen, Wechsel und Scheck, Forderungseintreibung mit zahlreichen Musterbeispielen sowie die Stempel-, Steuer-, Post- und Gerichtsgebührentarife. J.

Eingelaufene Druckschriften und Preislisten.

25 Jahre J. Wilhelm Hofmann, Kötzschenbroda bei Dresden. 12 S. und 22 Tafeln. — Die Schrift schildert die Entwicklung des im Jahre 1902

[1]) E. u. M. 1926, TWN, S. 97.

Digitized by Google

gegründeten Unternehmens, das derzeit über 500 Personen beschäftigt und auf seinem Sondergebiete (Hochspannungsarmaturen, Klemmen und andere Bestandteile für Leitungen) in der deutschen elektrotechnischen Industrie mit an erster Stelle steht.

Riementechnische Mitteilungen. Herausgegeben vom Ingenieurbüro Arthur Schütz, Wien. Nr. 10, Februar 1928. 8 S. mit 8 Abb. — Es werden unter anderem mehrere bemerkenswerte Riementriebe mit außergewöhnlich großem Achsenabstande und mehrere Spannrollentriebe beschrieben.

Delta-Star Electric Company, Chicago, 2433—2459 Fulton Street.

Preislisten (Bulletins) für Hochspannungsmaterial: 31, 31 A, 31 B. Stützen für Innensammelschienen (Rund- und Flachschienen, 7500 bis 37 000 V; Einheitstype). — 32. Trennschalter, Sicherungen und Drosselspulen für Außeninstallation (4500 bis 73 000 V; Einheitstype). — 33. Trennschalter, Sicherungen und Drosselspulen für Innenräume. Stationseinführungen. (7500 bis 25 000 V; Einheitstype). — 34. Stützen für Außensammelschienen (Rund- und Flachschienen, 4500 bis 73 000 V; Einheitstype). — 35 A. Material für die Einrichtung landwirtschaftlicher Stationen (Ein- und Dreiphasenstrom 4500 bis 37 000 V; Einheitstype). — 37. Material und Ausrüstung von Freiluftstationen mit Holz- oder Stahlhauten (7500 bis 73 000 V; Einheitstype). — 38. Sammelschienen- und Leitungsmaterial.

Briefe an die Schriftleitung.

Zur Messung des Widerstandes von Gleichstromankerwicklungen. Von Ing. Dr. Heinrich Sequenz. E. u. M. 1928, Heft 12, S. 260.

Bei der Ableitung von Formeln zur Bestimmung der Stromwenderstege, zwischen denen der Widerstand r einer Gleichstromankerwicklung mit $a > 1$ gemessen werden muß, um bei m-fach geschlossenen Wicklungen den für den Betrieb maßgebenden Ankerwiderstand r_a nach der Gleichung

$$r_a = m \frac{r}{a^2}$$

berechnen zu können, setzt Herr Dr. Sequenz stillschweigend voraus, daß die Wicklung keine Ausgleichsverbindungen besitzt. Wicklungen mit $a > 1$ erhalten aber wohl immer Ausgleichsverbindungen, für welchen Fall die Überlegungen nicht mehr gelten. So sind zum Beispiel in vielen praktisch wichtigen Fällen gerade die Stromwenderstege durch Ausgleichsverbindungen kurzgeschlossen, zwischen denen der Widerstand gemessen werden soll. Ich möchte deshalb hier nochmals darauf hinweisen (vgl. S. 525 meines Buches „Elektrische Maschinen I"), daß die Berechnung des für den Betrieb maßgebenden Ankerwiderstandes zwischen zwei Stromwenderstegen, die die Wicklung in nur zwei parallele Zweige teilen, im allgemeinen nicht ohne weiteres zulässig ist.

Nebenbei möchte ich bemerken, daß bei Wicklungen ohne Ausgleichsverbindungen auch die Gleichung

$$r_a = \frac{r}{a^2}$$

richtig ist, wenn bei der Messung die ganze Ankerwicklung mit nur zwei parallelen Wicklungszweigen eingeschaltet ist, das heißt wenn bei mehreren getrennten Wicklungen diese bei der Messung in Reihe geschaltet werden. Um Verwechslungen zu verhindern, sei noch darauf hingewiesen, daß ich mit m nicht die Zahl der getrennten, in sich geschlossenen Wicklungen, sondie Gangzahl der Wicklung bezeichne (Vgl. S. 22 u. f. meines Buches „Ankerwicklungen"), die bei Wellenwicklungen $m = a$, bei Schleifenwicklungen $m = a/p$ ist.

Karlsruhe, 27. März 1928.

Rudolf Richter.

Erwiderung.

Ich hielt es für überflüssig, bei meinen Ableitungen besonders darauf hinzuweisen, daß diese Ableitungen und ihre Ergebnisse nur für Wicklungen ohne Ausgleichsverbindungen gelten. Ist doch das beschriebene Meßverfahren überhaupt nur für solche Wicklungen anwendbar! Daß daher von den mehrfach in sich geschlossenen Wicklungen für meine Arbeit nur jene in Betracht gekommen sind, die keine Ausgleichsverbindungen haben, ist wohl selbstverständlich.

Was die Bemerkung des Herrn Professor Richter betrifft, daß auch die Gleichung

$$r_a = \frac{r}{a^2}$$

richtig ist, wenn bei der Messung von mehrfach geschlossenen Wicklungen die getrennten Wicklungen in Reihe geschaltet sind, so möchte ich dazu sagen, daß mir das von mir beschriebene Verfahren mit der Formel

$$r_a = m \cdot \frac{r}{a^2}$$

einfacher erscheint als die Messung mit Hintereinanderschaltung der getrennten Wicklungen, weil dieses Verfahren große Achtsamkeit erfordert und Irrtümer dabei leicht auftreten können.

Wien, am 10. April 1928.

Heinrich Sequenz.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	30. IV. 1928	2. V. 1928	4. V. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134³/₄	134³/₄	134³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	90—95	90—95	90—96

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 4. Mai 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	61	8	9	61	10	0
Standard 3 Monate .	61	15	0	61	16	3
Zinn:						
Engl. ingots	233	10	0	234	10	0
Standard Kassa . .	233	10	0	233	15	0
Standard 3 Monate .	233	0	0	233	5	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	6	3	25	18	9
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea . .	26	16	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 20. Mai 1928 | Heft 21

Die dritte Oberschwingung im Felde des sterngeschalteten Drehstromtransformators.

Von Ing. Dr. Otto **Franke**, Wien.

Einleitung: Über die Frage der dritten Oberschwingung in Strom, Spannung und Feld des sterngeschalteten Drehstromtransformators liegen eine Reihe von Veröffentlichungen vor[1]). Sie suchen das Problem teils theoretisch, teils experimentell, und zwar hauptsächlich vom Standpunkt des Technikers aus, zu lösen. Insbesondere hat sich Prof. M. Vidmar sowohl in den angeführten Abhandlungen als auch in der zweiten Auflage seines großen Buches über die Transformatoren[2]) eingehend mit dieser Frage beschäftigt. Wenn ich hier trotzdem nochmals auf sie zurückkomme, so geschieht es, weil ich der Ansicht bin, daß eine endgültige Klärung noch nicht erreicht worden ist, und hoffe, durch eine Betrachtung vom mehr physikalischen Standpunkt aus zur Lösung des Problemes beitragen zu können.

Bekanntlich sind in jedem Stromkreise, in dessen magnetischem Felde sich Eisen oder ein anderes ferromagnetisches Material befindet, Strom und Feld, und damit auch Strom und Spannung durch die Magnetisierungslinie bzw. Hysteresisschleife des magnetischen Kreises miteinander verknüpft; dieser Zusammenhang hat die Folge, daß auch bei rein sinusförmig variierendem Strome, Feld und Spannung eine ausgeprägte dritte Oberschwingung aufweisen müssen, von den höheren Harmonischen ganz abgesehen; und umgekehrt enthält die Stromkurve die dritte Harmonische, wenn die Feldkurve auf irgend eine Weise sinusförmig gehalten wird.

$$\left.\begin{aligned} i &= \bar{i}\sin\omega t \\ \Phi &= \bar{\Phi}^{I}\sin(\omega t+\varphi^{I})+\bar{\Phi}^{III}\sin 3(\omega t+\varphi^{III}) \end{aligned}\right\}(1).$$

Bei dem sterngeschalteten Drehstromtransformator ohne Nulleiter kann in den Strömen die dritte Harmonische nicht auftreten, da die dritten Oberschwingungen in allen drei Phasen gleichphasig sind und daher die Bedingung des ersten Kirchhoff'schen Gesetzes nicht erfüllen. Anderseits sind aber auch die Hauptflüsse der drei Schenkel magnetisch im Stern verkettet, können daher die dritte Oberschwingung ebenfalls nicht enthalten. Nur in den Luftfeldern, die bloß der MMK eines Schenkels unterliegen, können diese Oberschwingungen vorkommen. Es scheint nun ein Widerspruch darin zu liegen, daß Strom- und Feldkurve, die durch die Hysteresisschleife des magnetischen Kreises zwangläufig zusammenhängen, von denen daher eine diese Oberschwingung enthalten muß, wenn die andere sinusförmig verläuft, wegen der elektrischen und magnetischen Sternverkettung diese Harmonische nicht enthalten können.

Es ist nun vielfach die Ansicht verbreitet, daß diese dritte Oberschwingung das Luftfeld außerordentlich vergrößert; Prof. Vidmar erklärt den Widerspruch durch die Annahme, daß das sinusförmige Feld die dritte Oberschwingung im Strom zur Folge habe; da diese aber die Bedingung der elektrischen Sternschaltung nicht erfüllt, wird gleichzeitig auch die entsprechende negative Oberschwingung im Strom auftreten, die aber keine magnetische Wirkung ausüben kann, da ihr ein unendlich großer magnetischer Widerstand entgegensteht; die beiden gegengleichen Oberschwingungen des Stromes heben sich aber auf, so daß auch die Stromkurve rein sinusförmig verläuft[3]). Auf die Schwierigkeiten, die diese Vorstellungen mit sich bringen, insbesondere die Annahme der verschiedenen magnetischen Widerstände in Bezug auf die beiden fiktiven dritten Oberschwingungen soll hier nicht näher eingegangen werden, da wir versuchen wollen, das Problem in anderer Weise zu behandeln, wobei sich der scheinbare Widerspruch in zwangloser Weise aufklärt.

An Hand der Abb. 1 führen wir folgende Bezeichnungen ein. Es seien:

$\Phi_{1G}, \Phi_{2G}, \Phi_{3G}\ldots$ die Gesamtflüsse der drei Schenkel, positiv in der Richtung von unten nach oben, gemessen in den Schnitten der Schenkel mit der Symmetrieebene E,

$\Phi_{1L}, \Phi_{2L}, \Phi_{3L}\ldots$ die entsprechenden Luftfelder,

$\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3\ldots$ die entsprechenden Hauptflüsse der Schenkel.

Man sieht ohne weitere Erklärung, daß jeder der drei Hauptflüsse aus zwei Teilflüssen besteht;

[1]) Ohne Anspruch auf Vollständigkeit: Mandl: E. u. M. 1918, S. 185 u. 197; Bauch: Elektrojournal 1921, S. 37; Faccioli: Journ. Am. El. Eng. Bd. 41, Ref. in E. u. M. 1922, S. 504; Vidmar: E. u. M. 1923, S. 333 u. 349; 1927, S. 81; Kiefer: E. u. M. 1927, S. 477.

[2]) Vidmar: Die Transformatoren, Berlin, Verlag Springer, 1926.

[3]) Vidmar: E. u. M. 1923, S. 349.

Digitized by Google

wir wollen Φ_{ik} dann als positiv annehmen, wenn die Induktionslinien im Schenkel i (gekennzeichnet durch den ersten Index) von unten nach oben ver-

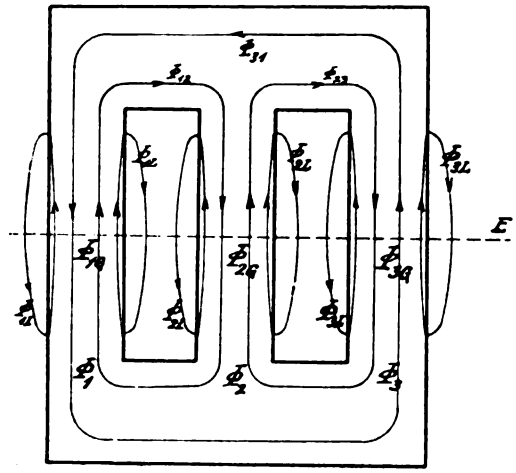


Abb. 1.

laufen; durch diese Festsetzung erhalten wir die Beziehung:

$$\text{allgemein} \quad \Phi_j = \Phi_{jk} - \Phi_{ij} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

oder

$$\Phi_1 = \Phi_{12} - \Phi_{31}, \quad \Phi_2 = \Phi_{23} - \Phi_{12},$$
$$\Phi_3 = \Phi_{31} - \Phi_{23} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3);$$

jeder dieser Flüsse ist in Abb. 1 durch eine Induktionslinie angedeutet, während jedes Luftfeld der Symmetrie halber durch zwei Induktionslinien vertreten wird. Auf jedem Schenkel denken wir uns eine Wicklung von w Windungen, durchflossen von den Strömen i_1, i_2 und i_3, angebracht; die Ströme sollen dann als positiv bezeichnet werden, wenn die in den von ihnen umflossenen Schenkeln erzeugten Feldstärken von unten nach oben gerichtet sind.

Wir wollen nun den Fall betrachten, daß die drei Wicklungen im Stern verkettet und an ein symmetrisches Drehstromdreileiternetz gelegt sind. Dann wissen wir, daß in den Strömen keine dritten Oberschwingungen auftreten können, da sie die folgende Gleichung erfüllen müssen:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Wenn wir also von den höheren Harmonischen absehen, müssen die Ströme rein sinusförmig verlaufen. Es sei noch ausdrücklich bemerkt, daß wir zunächst einen Transformator mit vollkommen gleichen magnetischen Kreisen voraussetzen wollen, obwohl in Abb. 1 der Einfachheit der Zeichnung halber die Längsschnitte aller drei Schenkel in eine Ebene gelegt sind.

Nun stellt der Drehstromtransformator auch eine magnetische Verkettung der drei Hauptflüsse dar; durch Addition der drei Gleichungen (3) gewinnen wir sofort die Bedingungsgleichung dieser magnetischen Verkettung:

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5),$$

die der Beziehung (4) vollkommen entspricht. Da die dritten Oberschwingungen dieser Bedingung nicht genügen können, müssen sie also aus den Hauptflüssen verschwinden. Es müssen also sowohl die Ströme als auch die Hauptflüsse rein sinusförmig sein, wenn wir von den höheren Harmonischen absehen. Diese sich scheinbar widersprechenden Bedingungen sind aber sehr gut miteinander zu vereinbaren, wie wir sogleich sehen werden.

Durch Anwendung des Satzes vom Linienintegral der magnetischen Kraft auf eine Linie des Luftfeldes läßt sich der Augenblickswert des Luftfeldes durch folgende Gleichung darstellen[4]):

$$\int_0 \mathfrak{H}_L \, d\mathfrak{s}_L = \frac{4\pi}{10} \, iw, \quad \mathfrak{H}_L = \frac{d\Phi_L}{\mu \, dF}.$$

Darin bedeutet $d\Phi_L$ den Fluß durch eine Induktionsröhre des Luftfeldes (Abb. 2), der durch die ganze Induktionsröhre konstant ist; es folgt:

$$d\Phi_L \int_0 \frac{d\mathfrak{s}}{\mu \, dF} = \frac{4\pi}{10} \, iw, \quad d\Phi_L = \frac{\frac{4\pi}{10} \, iw}{\int_0 \frac{d\mathfrak{s}}{\mu \, dF}},$$

$$\Phi_L = \frac{4\pi}{10} \, iw \int_F \frac{1}{\int_0 \frac{d\mathfrak{s}}{\mu \, dF}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Unter F ist die oberhalb der Ebene E liegende Hälfte der Schenkeloberfläche, aus der das Luftfeld austritt, zu verstehen.

Man sieht, das Luftfeld eines Schenkels ist abhängig von den AW des Schenkels, seinem Material und den geometrischen Verhältnissen; die Ströme in den Windungen der anderen Schenkel haben nur insofern einen Einfluß auf das Luftfeld des einen, als sie die Stärke des Hauptfeldes

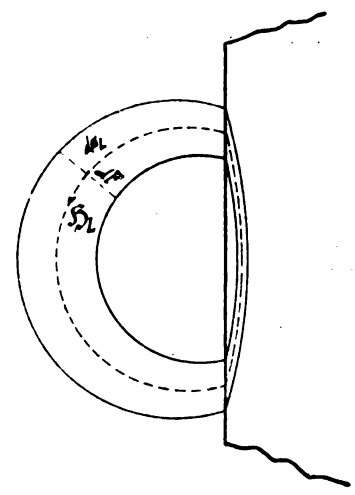


Abb. 2.

und damit die Eisensättigung, also den magnetischen Widerstand des Schenkels beeinflussen;

[4]) Auf die eigentümlichen Schwierigkeiten, die einer Ausrechnung des Flusses nach dieser Formel entgegenstehen, kommen wir weiter unten noch zu sprechen.

Digitized by Google

ferner sind sie von Einfluß auf die Gestalt des Luftfeldes. In diesem Luftfelde jedes Schenkels, das ja mit den andern Feldern nicht verkettet ist, kann sich die dritte Oberschwingung ebensogut ausbilden wie die Grundschwingung. Das Amplitudenverhältnis der beiden Schwingungen hängt von der magnetischen Charakteristik des magnetischen Kreises des Luftfeldes ab. Wird der magnetische Widerstand des Luftfeldes vermindert, zum Beispiel durch Eisenkonstruktionsteile, Ölkästen usw., so wird das gesamte Luftfeld — wir wollen auch in diesem Falle den Namen beibehalten — vergrößert und im allgemeinen, da die Hysteresisschleife des magnetischen Kreises dabei ihre Form ändert, wird sich auch das Amplitudenverhältnis ändern; diese Änderung ist jedoch keineswegs der magnetischen Sternverkettung zuzuschreiben. Ebensowenig bedingt die Sternverkettung der Hauptfelder ein besonderes Hervortreten der dritten Oberschwingung in den Luftfeldern. In dem normalen Luftfeld ist die dritte Harmonische überhaupt nur verhältnismäßig schwach ausgeprägt; denn der magnetische Kreis setzt sich aus zwei Materialien sehr verschiedener Permeabilität zusammen, und zwar verlaufen die meisten Induktionslinien so, daß sie unverhältnismäßig lange durch die Luft gehen müssen (Abb. 2). Dadurch wird die Hysteresisschleife des ganzen magnetischen Kreises sehr flach und die Amplitude der dritten Oberschwingung wird nur klein sein. Wenn trotzdem experimentell in dem Luftfelde fast nur diese dritte Oberschwingung gefunden wird, so rührt das daher, daß man nicht das Luftfeld eines Schenkels, sondern einen Teil des gesamten Luftfeldes aller drei Schenkel messen kann; in diesem gesamten Luftfeld heben sich die drei Grundschwingungen tatsächlich auf und es bleibt nur die Summe der drei Oberschwingungen übrig:

$$\left.\begin{aligned}\Phi_{1L} &= \bar{\Phi}_{1L}^{I}\sin(\omega t+\varphi_{1L}^{I})+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{1L}^{III}\sin 3(\omega t+\varphi_{1L}^{III})\\ \Phi_{2L} &= \bar{\Phi}_{2L}^{I}\sin(\omega t+\varphi_{2L}^{I}-120^\circ)+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{2L}^{III}\sin 3(\omega t+\varphi_{2L}^{III})\\ \Phi_{3L} &= \bar{\Phi}_{3L}^{I}\sin(\omega t+\varphi_{3L}^{I}-240^\circ)+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{3L}^{III}\sin 3(\omega t+\varphi_{3L}^{III})\end{aligned}\right\}\quad .\ (7).$$

Im Falle des vollkommen symmetrischen Transformators sind die Amplituden und Phasenverschiebungswinkel einander gleich:

$$\left.\begin{aligned}&\bar{\Phi}_{1L}^{I}=\bar{\Phi}_{2L}^{I}=\bar{\Phi}_{3L}^{I}=\bar{\Phi}_{L}^{I};\\ &\bar{\Phi}_{1L}^{III}=\bar{\Phi}_{2L}^{III}=\bar{\Phi}_{3L}^{III}=\bar{\Phi}_{L}^{III}\\ &\varphi_{1L}^{I}=\varphi_{2L}^{I}=\varphi_{3L}^{I}=\varphi_{L}^{I};\\ &\varphi_{1L}^{III}=\varphi_{2L}^{III}=\varphi_{3L}^{III}=\varphi_{L}^{III}\end{aligned}\right\}\quad .\ .\ .\ (8)$$

und es ergibt sich durch Addition der drei Gleichungen (7) das gesamte Luftfeld:

$$\Phi_L = 3\,\bar{\Phi}_L^{III}\sin 3(\omega t+\varphi_L^{III})\quad .\ .\ .\ (9).$$

Wenden wir uns nun der Betrachtung der Hauptflüsse zu, so bemerken wir zunächst, daß sich nach Gleichung (2) jeder von ihnen aus zwei Teilflüssen zusammensetzt. Und nun liegt die Lösung unseres Problems darin, daß nicht diese Hauptflüsse als solche mit dem Strome ihres Schenkels durch die Hysteresisschleife verknüpft sind, sondern jeder Teilfluß ist vielmehr für sich mit einem Strompaare durch die Hysteresisschleife seines magnetischen Kreises verbunden. Denn wir müssen immer geschlossene Induktionslinien unseren Betrachtungen zugrunde legen. Für jede Kraftlinie der drei Teilflüsse gilt wieder der Satz vom Linienintegral der magnetischen Kraft:

$$\left.\begin{aligned}\int_0 \mathfrak{H}_{12}\,d\mathfrak{s}_{12} &= \frac{4\pi}{10}\,w\,(i_1-i_2)\\ \int_0 \mathfrak{H}_{23}\,d\mathfrak{s}_{23} &= \frac{4\pi}{10}\,w\,(i_2-i_3)\\ \int_0 \mathfrak{H}_{31}\,d\mathfrak{s}_{31} &= \frac{4\pi}{10}\,w\,(i_3-i_1)\end{aligned}\right\}\quad .\ (10).$$

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Ströme i_1, i_2 und i_3 sinusförmig verlaufen müssen,

$$\left.\begin{aligned}i_1 &= \bar{i}\sin\omega t,\quad i_2=\bar{i}\sin(\omega t-120^\circ),\\ i_3 &= \bar{i}\sin(\omega t-240^\circ),\end{aligned}\right\}(11),$$

finden wir analytisch oder aus dem Diagramm:

$$\left.\begin{aligned}i_1-i_2 &= \bar{i}\sqrt{3}\sin(\omega t+30^\circ)\\ i_2-i_3 &= \bar{i}\sqrt{3}\sin(\omega t-90^\circ)\\ i_3-i_1 &= \bar{i}\sqrt{3}\sin(\omega t-210^\circ)\end{aligned}\right\}\quad .\ (12).$$

Diesen Strömen entsprechen nach (1) folgende Felder:

$$\left.\begin{aligned}\Phi_{12} &= \bar{\Phi}_{12}^{I}\sin(\omega t+30^\circ+\varphi_{12}^{I})+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{12}^{III}\sin 3(\omega t+30^\circ+\varphi_{12}^{III})\\ \Phi_{23} &= \bar{\Phi}_{23}^{I}\sin(\omega t-90^\circ+\varphi_{23}^{I})+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{23}^{III}\sin 3(\omega t-90^\circ+\varphi_{23}^{III})\\ \Phi_{31} &= \bar{\Phi}_{31}^{I}\sin(\omega t-210^\circ+\varphi_{31}^{I})+\\ &\quad+\bar{\Phi}_{31}^{III}\sin 3(\omega t-210^\circ+\varphi_{31}^{III})\end{aligned}\right\}\quad (13).$$

Gleichung (3) gestattet, daraus die einzelnen Hauptfelder zu rechnen. Im Falle des symmetrischen Transformators erhalten wir:

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= \bar{\Phi}^{I}\{\sin(\omega t+30^\circ+\varphi^{I})-\sin(\omega t-210^\circ+\varphi^{I})\}\\ &= 2\,\bar{\Phi}^{I}\cos(\omega t-90^\circ+\varphi^{I})\sin 120^\circ,\end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned}\Phi_1 &= \bar{\Phi}^{I}\sqrt{3}\sin(\omega t+\varphi^{I})\\ \Phi_2 &= \bar{\Phi}^{I}\sqrt{3}\sin(\omega t-120^\circ+\varphi^{I})\\ \Phi_3 &= \bar{\Phi}^{I}\sqrt{3}\sin(\omega t-240^\circ+\varphi^{I})\end{aligned}\right\}\quad .\ (14),$$

während die phasengleichen dritten Oberschwingungen bei der Differenzbildung wegfallen.

Das Ergebnis unserer Untersuchung ist also folgendes: Die bei Sinusströmen durch die Hysteresis geforderte dritte Oberschwingung in der Feldkurve tritt außer in den Luftfeldern in den beiden den Schenkelhauptfluß bildenden Teilflüssen

Digitized by Google

auf. Trotzdem erfüllen die Hauptflüsse die durch die magnetische Sternverkettung geforderte Bedingung der Freiheit von der dritten Oberschwingung, da die dritten Harmonischen der beiden zusammengehörigen Teilflüsse gleichgroß, aber entgegengesetzt gerichtet sind und sich in ihrer Wirkung nach aussen daher aufheben. Da auch in den einzelnen Luftfeldern der Schenkel die dritte Oberschwingung keinen besonderen Wert erreichen kann, falls nicht irgendwelche Konstruktionsteile den magnetischen Widerstand ihres magnetischen Kreises wesentlich vermindern, kann der gesamte Fluß eines Schenkels in erster Annäherung als sinusförmig pulsierend angesehen werden.

Wie in der angeführten Literatur mehrfach gezeigt, kann die für alle drei Schenkel gleichphasige dritte Harmonische der Luftfelder ein mit der dreifachen Periodenzahl vor sich gehendes Schwingen des Transformatorsternpunktes bewirken; dies gilt jedoch nur für den Fall, daß der Generatorsternpunkt geerdet ist; im Falle der Erdung des Transformatorsternpunktes schwingt an seiner Stelle der Generatorsternpunkt und mit ihm schwingen die Anfangspunkte der Transformatorwicklungen mit der dreifachen Periodenzahl des Netzes.

Im Falle des gewöhnlichen Drehstromtransformators ist keine vollkommene Symmetrie vorhanden, vielmehr sind die magnetischen Widerstände, die den Teilflüssen des Mittelschenkels entgegenstehen, geringer als jener, der von dem die beiden Aussenschenkel umschlingenden Teilflusse zu überwinden ist. Dementsprechend sind die Höchstwerte der ersteren größer als der des letzten; dies gilt sowohl für die Grund- als auch für die dritte Oberschwingung. Das Ergebnis ist, daß in den Hauptflüssen der beiden äußeren Schenkel noch dritte Oberschwingungen auftreten:

$$\Phi_1^{III} = \Phi_{12}^{III} - \Phi_{31}^{III}, \quad \Phi_3^{III} = \Phi_{31}^{III} - \Phi_{23}^{III} \quad . \quad (15),$$

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1^{III} &= \bar{\Phi}_{12}^{III} \sin 3(\omega t + \varphi^{III}) - \bar{\Phi}_{31}^{III} \sin 3(\omega t + \varphi^{III}), \\ \Phi_1^{III} &= (\bar{\Phi}_{12}^{III} - \bar{\Phi}_{31}^{III}) \sin 3(\omega t + \varphi^{III}) \\ \Phi_3^{III} &= (\bar{\Phi}_{31}^{III} - \bar{\Phi}_{12}^{III}) \sin 3(\omega t + \varphi^{III}) \end{aligned}\right\} \quad . \quad (16).$$

In Gleichung (16) ist $\bar{\Phi}_{23}^{III}$ durch den gleich großen Wert $\bar{\Phi}_{12}^{III}$ ersetzt; man sieht daraus, daß:

$$\Phi_3^{III} = -\Phi_1^{III} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17),$$

d. h. die dritte Oberschwingung des ersten Schenkels schließt sich über den dritten Schenkel, da beide gleiche Höchstwerte und Phase, hingegen entgegengesetzte Richtung haben. Es ist also auch in diesem Falle die Bedingung der magnetischen Sternschaltung erfüllt, jedoch lagert sich über die Drehstromverkettung des symmetrischen Transformators noch eine einphasige Verkettung (Grund- und dritte Oberschwingung!) der beiden äußeren Schenkel.

Zum Schlusse muß noch auf einen Punkt zumindest hingewiesen werden, dessen ausführliche Behandlung einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben soll. Er betrifft die Tatsache, daß im Falle der Parallelschaltung von Wechselfeldern, um die es sich ja hier stets gehandelt hat, den Induktionslinien der Einzelfelder in jedem Augenblicke ein anderes Gebiet der magnetischen Kreise überlassen ist, das heißt die Induktionsröhren ändern im Verlauf einer Periode auch ihre Gestalt, ihre Länge, ihren Querschnitt. Es kann somit der Zusammenhang zwischen Feld und Strom nicht einfach aus der normalen Hysteresisschleife entnommen werden, die ja immer an einem magnetischen Kreise, der seine Gestalt nicht ändert, aufgenommen wird. Dementsprechend haben wir auch im Falle der Gleichung (6) zu berücksichtigen, daß das darin auftretende Flächenintegral

$$\int_F \frac{1}{\int_0 \frac{d\delta}{\mu\, dF}}$$

seinen Wert nicht nur wegen der nichtkonstanten Permeabilität μ, sondern auch wegen des in jedem Augenblick verschiedenen Integrationsweges und Integrationsquerschnittes ändert; doch soll auf diese Probleme hier nicht weiter eingegangen werden.

Die Elektrizitätsversorgung des Pariser Gebiets.

Von Ing. J. **Hak**, Paris.

(Schluß aus Heft 20, Seite 441.)

Kraftwerk Süden der C. P. D. E.

Das nach ähnlichen Grundsätzen erbaute Kraftwerk „Süden" in Issy-les-Moulineaux (Abb. 16 und 17) stellt in mancher Hinsicht eine Wiedergabe des Werkes „Norden" dar.

Der ältere Teil besitzt 20 Babcock-Wilcox-Kessel und vier Turbosätze von 12 000 kVA, der neuere Teil hat 10 B.-W.- und 10 Delaunay-Belleville-Kessel und 2 Turbosätze von je 37 500 kVA Dauerleistung; alle Kessel sind jenen des älteren Teiles des Werkes „Norden" gleich.

Infolge Platzmangel wurde jedoch die Kohlenlagerung in Bunkern auch für den neueren Teil belassen; das Werk besitzt 8 Bunker von 30 000 t Fassungsvermögen, die durch eine in einer Untergrundgalerie befindliche Kettenbahn mit der Entladungsanlage am Seineufer verbunden sind. Sie besitzen außerdem eine Entladungsvorrichtung für die mit Bahn angelangte Kohle.

Auch die allgemeine Anordnung der Schaltanlage ist derjenigen des Werkes „Norden" gleich. Vom Werk gehen 36 vieradrige Kabel ab.

Die gegenwärtig im Bau befindliche Erweiterung des Kraftwerkes „Süden" ist nach den

Digitized by Google

neuesten Grundsätzen durchgeführt und wird eine dritte Entwicklungsstufe der Kraftwerke der C. P. D. E. vorstellen. In dem neuen Kesselhaus sind einer besonderen Kesselwarte (*o*, Abb. 17) vereinigt, wo entsprechende Kesselschilder mit Meßapparaten und auch alle Regelapparate der Kessel-

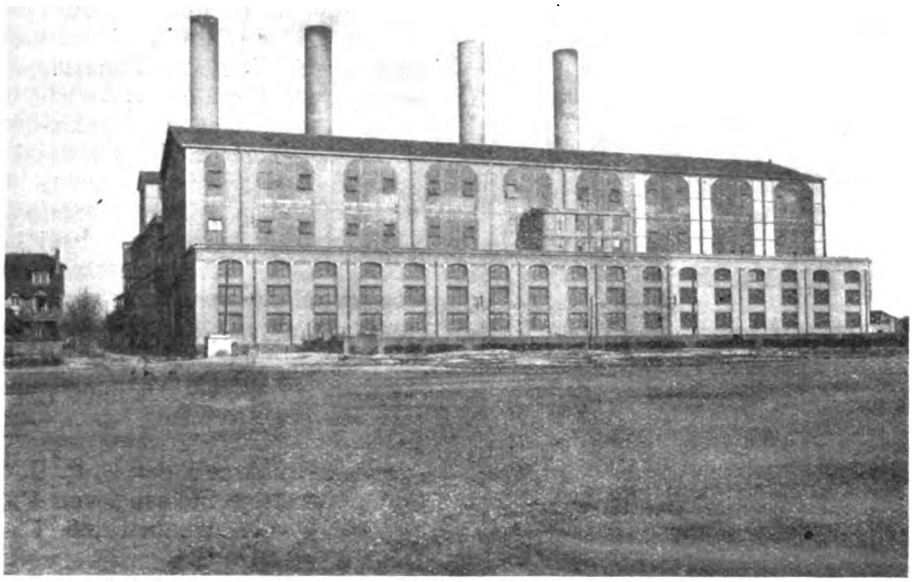


Abb. 16. Ansicht des Kraftwerkes „Süden" der C. P. D. E. vor der Erweiterung.

fünf (später sechs) Steilrohrkessel von 1800 m² Heizfläche mit Staubfeuerung aufgestellt. Die Hauptdaten dieser Kessel sind die folgenden:

Normalleistung (ökonomische Dauerleistung) .	72 t/h			
Forcierte Dauerleistung	100 „			
Maximalleistung (2stündig)	120 „			
Gedämpfte Leistung	24 „			
Dampfdruck	39 atü			
Dampfüberhitzung	450° C			
Feuerrauminhalt	400 m³			
Luftvorwärmerheizfläche	2750 m³			
Primärluftmenge . bei 72 t/h:	20 t/h,	bei 120 t/h:	30 t/h	
Sekundärluftmenge „ 72 „	75 „	„ 120 „	155 „	
Gasmenge . . . . „ 72 „	105 „	„ 120 „	195 „	
Sekundärluftvorwärmung . „ 72 „	225° C	„ 120 „	250° C	

Die Abb. 18 zeigt den Querschnitt durch einen dieser Kessel. Die drei Quertrommeln, die 8 m Länge bei 1·2 m Innendurchmesser und 80 mm Wandstärke besitzen, sind aus einem Stück geschmiedet. Die Wände des Feuerraumes sind mit einem Rohrsystem von 160 m² Heizfläche bedeckt. Keine Ekonomiser, sondern Luftvorwärmer System Roubaix und Usco sind vorhanden (*e*, Abb. 18). Die maximale Beanspruchung der Heizfläche wird 54 kg/m²/h betragen[11]).

Jeder Kessel besitzt drei Kohlenbeförderungsmotoren (*a*), und je zwei Primärluft-, Sekundärluft- und Saugzugmotoren (*b*, *c*, *d*). Die Regelung wird ausschließlich durch Geschwindigkeitsänderung der Motoren erfolgen, so daß keine Klappen oder dergleichen in den Rauchgaszügen vorhanden sind. Die Kesselführung ist für das ganze Kesselhaus in motoren aufgestellt werden. Die Kühlung sämtlicher Motoren eines Kessels geschieht durch eine zentrale Filtrationsanlage, die entsprechende Ventilatoren besitzt.

Zwei dieser Kessel sind von Delaunay-Belleville, zwei von Fives-Lille und einer von Soc. Alsacienne geliefert, sämtliche sind von derselben Type „Ladd".

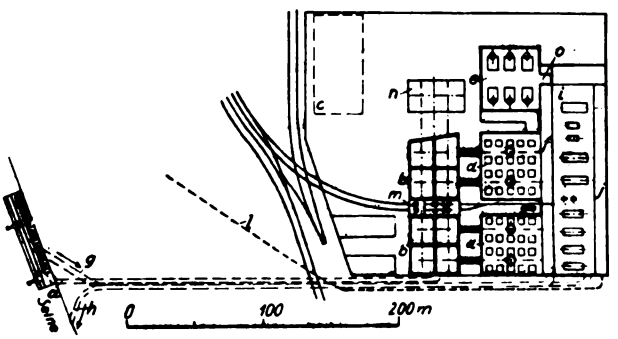


Abb. 17. Grundriß des Werkes „Süden".
a = Kettenbahn, *b* = Lagerbunker, *c* = Kohlenlagerplatz (in Vorbereitung), *d* = alte Kesselhäuser, *e* = neues Kesselhaus (Staubfeuerung), *f* = Pumpenhalle, *g*, *h* = Kühlwasserkanäle, *i* = Maschinenhaus, *j* = Schalthaus, *l* = abgehende Kabelleitungen, *m* = Schlackenbunker, *n* = Kohlenmahlanlage, *o* = Kesselwarte.

Die für dieses Kesselhaus bestimmte und den Lagerbunkern oder dem künftigen offenen Lagerplatz entnommene Kohle wird in einer zentralen Kohlenmahlanlage vorbereitet. Diese besitzt zwei selbständige Teile, von welchen jeder eine mit Staubkohle beheizte Trockentrommel von 28 t/h Leistung und zwei Mühlen von je 14 t/h Leistung

[11]) Konstruktion der amerik. Ladd-Kessel, siehe Rev. Gén. d'Electr. 1922, Bd. 11, S. 897.

Digitized by Google

besitzt. Die Kohlenbeförderung von der Mahlanlage bis zu den Kesselbunkern geschieht mit Preßluft.

Der dem dritten Kesselhaus entsprechende Teil des Maschinenhauses enthält: Zwei 12 000 kVA-Turbosätze (n° 7 und 8), deren Turbinen denjenigen der beiden großen bestehenden Einheiten als Hochdruckturbinen vorgeschaltet werden, und einen selbständigen Turbosatz von 37 500 kVA (n° 9). Der Dampfdruck der bestehenden Einheiten (13 atü) führte zwangsläufig zu dem Dampfdruck von 35 atü für die Hochdruckturbinen, was 39 atü am Kessel ergab.

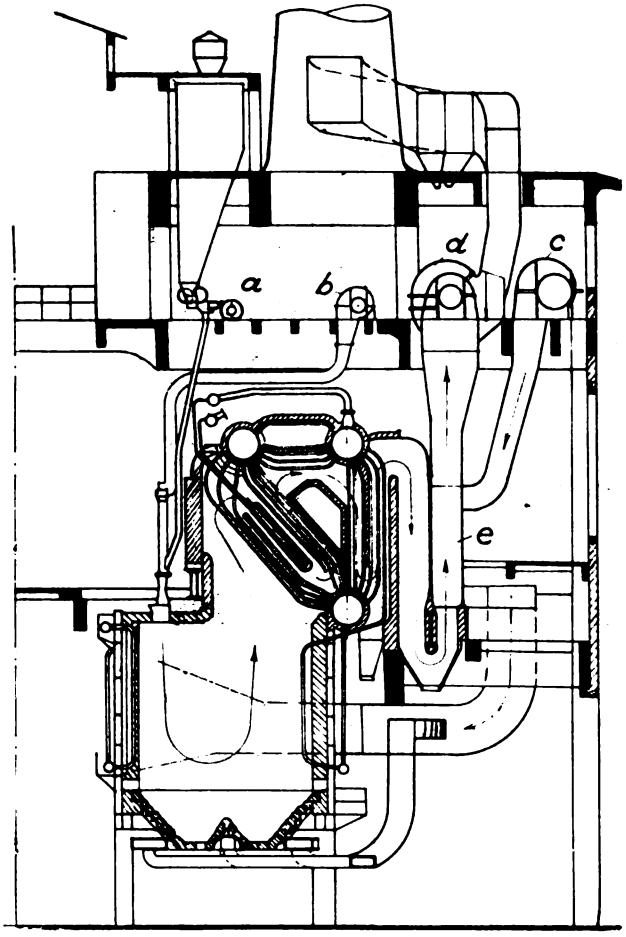


Abb. 18. Querschnitt eines Ladd-Belleville-Kessels von 1800 m² Heizfläche mit Staubfeuerung. (Kraftwerk „Süden".)

Das Kondensat der dem Hochdruckteil entsprechenden Einheiten wird in drei Stufenvorwärmer gedrückt, die durch Anzapfdampf von 9·25, 3·55 und 0·85 ata beheizt werden. Außerdem wird zur Beheizung Abdampf der Hilfsturbinen verwendet. Die Abb. 19 gibt das Schema des Wasser- und Dampfumlaufs dieses Hochdruckteiles der Anlage wieder. Das Kondensat der Turbine Nr. 9 wird durch den Luftkühler (*C*) ihres Generators geführt. Das Kondensat der Turbinen Nr. 5 und 6 wird im Wasserbehälter (*D*) gesammelt. Beide zusammen werden durch die Speisepumpen (*G*) in die zwei, durch Anzapfdampf der Turbine Nr. 9 beheizten Vorwärmer (*H*) gedrückt. Die Speisepumpen (*G*) sind durch die Hochdruckturbinen (*F*) angetrieben. Die Vorwärmer (*H*) werden außerdem durch den Abdampf der Hilfsturbinen (*J* und *F*) beheizt. Das Zusatzwasser, das die auf 3 vH geschätzten Verluste ersetzen soll, wird auf chemischem Wege in einem Apparat (*J*) gereinigt und in zwei Prache-Bouillon-Apparaten (*K*) destilliert. Diese werden durch Frischdampf des Niederdruckteiles oder durch Abdampf der Hilfsturbinen (*J* und *F*) beheizt. Das Destillat, bzw. auch das Kondensat kann durch den Entgasungsapparat (*L*) geführt werden. Dieser Apparat ist durch den Abdampf der Turbine Nr. 8 oder durch den Anzapfdampf der Turbine Nr. 9 beheizt.

Sämtliche Hilfsmaschinen, die keiner Geschwindigkeitsregelung bedürfen, werden mit Wechselstrom betrieben, wobei bis 30 kW Kurzschlußmotoren verwendet werden. Für die eine Geschwindigkeitsregelung benötigenden Maschinen (Kohlentransport, Ventilatoren) wird Gleichstrom verwendet. Hilfsmaschinen des Maschinenhauses werden, bis auf die Vakuumpumpen, mit Dampfturbinen angetrieben.

Das Primärnetz der C. P. D. E. (s. Abb. 1) ist durch vieradrige Bleikabel von 4 × 100 m² Kupferquerschnitt, die maximal mit 1·6 A/mm² belastet werden, gebildet[12]).

Die 14 Unterwerke des Gleichstromnetzes besitzen entweder Einankerumformer (15 zu 1500 kW und 6 zu 3000 kW) oder Umformergruppen, von denen 16 durch Synchronmotoren, 9 durch synchronisierte Wechselstrommotoren und 42 durch kompensierte Wechselstrommotoren angetrieben werden. Diese letzte Umformerart hat sich aus

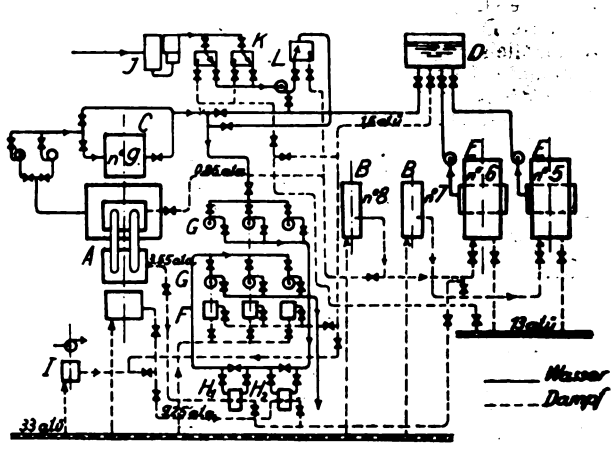


Abb. 19. Dampf- und Wasserumlauf des Hochdruckteiles im Kraftwerk „Süden".

A = Turbosatz 37 500 kVA Nr. 9 (33 atü), *B* = Hochdruckturbosätze von 12 000 kVA Nr. 7 u. 8, *C* = Luftkühler des Generators Nr. 9, *D* = Wasserbehälter, *E* = Turbosätze 37 500 kVA Nr. 5 u. 6 (13 atü), *F* = Hilfsturbinen (33 atü). *G* = Speisepumpen der Hochdruckkessel, H_1, H_2 = Speisewasservorwärmer, *I* = Kühlwasserpumpe der Turbine Nr. 9, *J* = Zusatzwasserreinigung, *K* = Destillationsapparate, *L* = Entgasungsapparat.

Wirtschaftlichkeits- und Sicherheitsrücksichten am besten erwiesen. Die durch ihren stillen Gang sich

[12]) Rev. Gén. d'Electr. 1927, Bd. 21, Nr. 24 (Erwärmungsversuche).

Digitized by Google

besonders empfehlenden Quecksilberumformer sind in Vorbereitung. Die in den Gleichstromunterwerken installierte Leistung beträgt 200 000 kW. Die Sekundärspannung ist 440 V in dem Fünfleiter- und 220 V in dem Dreileitersystem. Der mittlere Wirkungsgrad der Übertragung und der Umformung dieses Netzteiles beträgt 78 vH.

Sieben Umspannwerke liefern den Strom dem alten Einphasensektor. Sie besitzen luftgekühlte Transformatoren von 12 000/3000 V mit künstlichem Zug; Ölkühlung kam aus Sicherheitsgründen nicht in Verwendung. Die installierte Leistung beträgt 130 000 kVA. der durchschnittliche Wirkungsgrad ist nur 72 vH.

Das neu angelegte Zweiphasennetz konnte natürlich nach den üblichen wirtschaftlicheren Grundsätzen durchgeführt werden. Es bestehen hier fünf Verteilungsstationen (Schaltwerke) und 210 Transformatorenstationen sind über das ganze Gebiet verteilt. Die Sekundärspannung ist 4×110 V (Fünfleitersystem). Eine normale Transformatorenstation enthält zwei Transformatoren von je 120 oder 180 kVA; durchschnittlich zehn Stationen werden sekundärseitig verbunden. Der Wirkungsgrad des Zweiphasennetzes beträgt 84 vH.

Die Umstellung des Netzes von 42 auf 50 Per/s ist teilweise durchgeführt. Im Prinzip werden alle Motoren belassen und ihre Geschwindigkeit wird um 20 vH erhöht. Eine Anzahl von Synchronmotoren und Umformern mußte dennoch bei den Abnehmern ausgewechselt werden. Um diese Arbeiten ohne Betriebsstörungen durchzuführen, benützt die C. P. D. E. zwei mobile, auf Kraftwagen montierte Umformerstationen. Jede von denselben besitzt zwei Zweiphasensynchronmaschinen von 125 kVA, 230 V und von 42 und 50 Per/s, von denen eine als Motor, eine als Generator arbeitet, was eine Umformung von 42 auf 50 Per/s oder umgekehrt ermöglicht[13]).

Das Großkraftwerk Gennevilliers der U. D. E.

Das Werk, dessen Bau im Jahre 1922 begonnen wurde, liegt am Seineufer und auf der Hauptstrecke Paris—Le Havre, auf einem Gelände, welches infolge mangelhafter Tragfähigkeit durch mehr als 2500 Betonpfähle konsolidiert werden mußte (Abb. 20). Ursprünglich mit 200 000 kVA ausgebaut, wurde es im Jahre 1926 auf 320 000 kVA vergrößert[14]).

Die Entladungsstelle (*a*) von 200 m Länge ist an der Längsseite eines Kohlenlagerplatzes (*b*) von 200 × 40 m² Oberfläche angeordnet. Derselbe ist von zwei Förderbrücken (*c*) von 61 m Länge überbrückt, welche je einen Auslegerkran und ein Transportband nebst zwei Einwurftrichtern tragen. Die dem Kahn entnommene Kohle wird mittels des Transportbandes entweder in das Kohlenlager oder in die auf der entgegengesetzten Seite befindlichen Einwurftrichter (*d*) befördert; hier wird sie durch besondere achttonnige Kohlenwagen einer elektrischen Bahn (*e*) übernommen und den vier Einwurftrichtern (*f*) zugeführt. Zwei schräg angeordnete Transportbänder (*g*) führen sie, über Kohlenbrecher, zu zwei Elevatoren (*h*), über welche

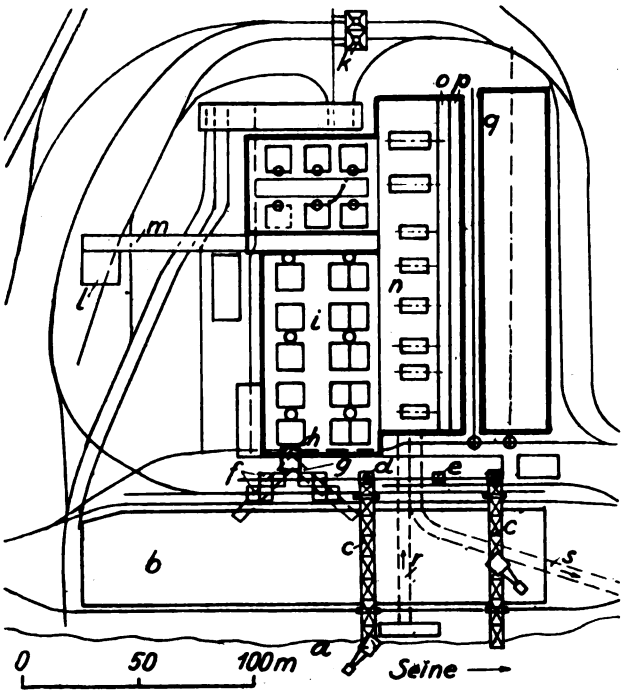


Abb. 20. Grundriß des Kraftwerkes Gennevilliers der U. D. E.

a = Entladungsanlage, *b* = Kohlenlagerplatz, *c* = Förderbrücken, *d* = Einwurftrichter der Förderbrücke, *e* = elektrische Bahn, *f* = Einwurftrichter, *g* = Transportbänder, *h* = Elevatoren, *i* = Kesselhaus I, *j* = Kesselhaus II, *k* = Schlackenbunker, *l* = Entladungsstelle, *m* = Hängebahn, *n* = Maschinenhaus, *o* = Transformatorenhaus, *p* = 6000-V-Schalthaus, *q* = 60 000-V-Schalthaus, *r*, *s* = Kühlwasserkanäle.

sie zu dem im höchsten Stockwerk des Kesselhauses I angeordneten Verteilungsbunker von 45 t gelangt. Der weitere Transport zu den Kesselbunkern geschieht durch zweitonnige Kübel einer elektrischen Hängebahn, welche auf Einzelbetrieb mit Gleichstrom eingerichtet sind. Die Leistung der ganzen Kohlenanlage ist 200 t/h.

Das Kesselhaus I enthält 10 Babcock-Wilcox- und 5 Stirling-Kessel. Die B. W.-Kessel (Schiffstype) haben 1330 m² Heizfläche und sind paarweise zusammengebaut. Die einzige, obere Quertrommel hat 11·8 m Länge bei 1·2 m Innendurchmesser. Die mit 25 atü und 375° C Dampftemperatur arbeitenden Kessel liefern 40 t/h im normalen und 53 t/h im forcierten Betrieb. Die Überhitzer haben 760 m² Heizfläche. Jeder Kessel besitzt 4 Kettenroste mit zusammen 36·6 m² Rostfläche; zwei Unterwindventilatoren von je 30 kW liefern die durch drei Abteilungen eintretende Verbrennungsluft. Je zwei eine Gruppe bildende Kessel besitzen einen Ekonomiser von 1600 m² Heizfläche, der das Speisewasser von 100 auf 150° C erwärmt, und einen Luftvorwärmer von 2240 m² Heizfläche, der die Temperatur der Verbrennungsluft auf 90° C

[13]) La Techn. Mod. 1927, S. 248.

[14]) Eingehende Beschreibungen: Rev. Gén. d'Electr. 1923, Bd. 13, S. 129, 283, 302; La Techn. Mod. 1924, S. 534. Für den neueren Teil: Rev. Industr. 1925—26; La Techn. Mod. 1927, S. 161. Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 345.

Digitized by Google

erhöht. Die in die Ekonomiser mit 340° C eintretenden Rauchgase werden in denselben auf 220° und in den Luftvorwärmern auf 150° C abgekühlt. Je vier Kessel sind an einen Schornstein von 37 m Höhe mit zwei Saugzugventilatoren, System Prat, angeschlossen.

Die 5 von der Comp. Fives-Lille gelieferten Stirling-Kessel haben je 2100 m² Heizfläche und sind denjenigen des Werkes „Norden" der C. P. D. E. ganz ähnlich. Jedoch besitzen sie Ekonomiser von nur 1200 m² Heizfläche und sind dagegen mit Luftvorwärmern von je 1790 m² Heizfläche versehen.

Das Entkohlen geschieht durch Schlackenwagen von je 16 t Leistung mit Akkumulatorenbetrieb und mit einem 9-kW-Motor, der gleichzeitig zum Umkippen des Behälters dient. Die Schlackenwagen werden über die etwa 10 m hohen Schlackenbunker (*k*, Abb. 20) durch eine schräg

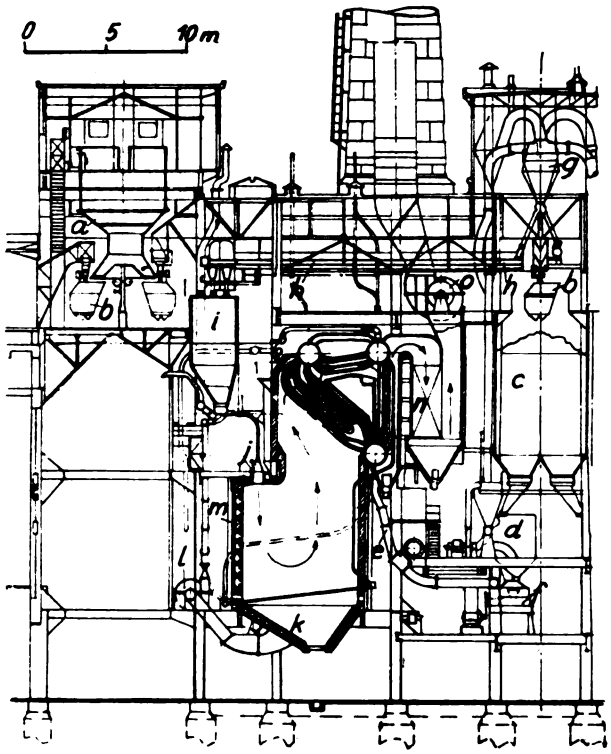


Abb. 21. Querschnitt durch das Kesselhaus II des Kraftwerkes Gennevilliers (die an das Kesselhaus I angrenzende Hälfte).

a = Verteilungsbunker, *b* = Hängebahn, *c* = Rohkohlenbunker, *d* = Trockenapparate, *e* = Anzapfung der Rauchgase, *f* = Kohlenmühle, *g* = Separator, *h* = Transportschnecke, *i* = Kesselbunker, *j* = Brenner, *k* = Schlackentrichter, *l* = Primärluftventilator, *m* = Eintritt der Sekundärluft, *n* = Ekonomiser, *o* = Saugzugventilator.

aufsteigende Kette gehoben und entleert. Die Anlage kann 400 t Schlacke täglich entfernen.

Die im Jahre 1926 begonnene Erweiterung des Werkes benötigte die Schaffung einer neuen Entladungsstelle für die durch Bahnanfuhr angelangte Kohle. Sie besteht aus Elevatoren, Kohlenbrechern und aus einer Hochbahn, die die Kohle in einen zwischen dem alten und dem neuen Kesselhaus befindlichen Verteilungsbunker befördert. Die verlängerte Hängebahn (*b*, Abb. 21) dient zur weiteren Beförderung zu dem Rohkohlenbunker (*c*) und versichert gleichzeitig die Verbindung zwischen der alten und der neuen Entladungsanlage.

Das Kesselhaus II (Querschnitt Abb. 21) ist auf Staubfeuerung mit geteilter Kohlenverarbeitung eingerichtet. Die vier Ladd-Belleville-Kessel haben je 1835 m² Heizfläche und ihre Hauptdaten sind die folgenden:

Dampfdruck	29 atü
Dampfüberhitzung	410° C
Normalleistung	60 t/h
Forcierte Leistung (6 stündig)	90 „
Spitzenleistung (2 stündig)	110 „
Überhitzerheizfläche	480 m²
Ekonomiserfläche	1300 „
Feuerraum	335 m³
Wasserinhalt	57·5 t
Dampfinhalt	9·5 „

Die dem Rohkohlenbunker (*c*) entnommene Kohle wird in Trockenapparate, System Huilard, und in solche von Delaunay-Belleville (*d*) geführt, die durch Rauchgas beheizt werden. Etwa $^1/_{20}$ der gesamten Rauchgasmenge wird zu diesem Zwecke hinter dem Ekonomiser entnommen (*e*). Nach Durchgang durch die Kohlenmühlen (*f*) wird die Kohle pneumatisch zu einem Separator (*g*) gehoben, wo die Transportluft wieder abgelassen wird, um zu den Mühlen zurückzukehren. Transportschnecken (*h*) befördern dann die Kohle zu den Kesselbunkern (*i*), von wo sie mit der Primärluft in üblicher Weise zu den 10 Lopulco-Brennern jedes Kessels (*j*) geführt wird. Die Primärluft (etwa 30 vH der Gesamtluftmenge) wird in dem doppelwandigen Schlackentrichter (*k*) vorerwärmt, die Sekundärluft wird durch die in den Seitenwänden des Feuerraumes angeordneten Kanäle geführt und, so vorerwärmt, durch vertikale Öffnungen (*m*) der vorderen Wand in den Feuerraum eingeführt.

Für den fünften Kessel dieses Kesselhauses II wurden einige Änderungen vorgenommen. Er hat 1675 m² Heizfläche, einen Überhitzer von 510 m² und einen Luftvorwärmer von 3400 m².

Das an die Kesselhäuser angrenzende Maschinenhaus enthält 6 Turbosätze von je 44 000 kVA und zwei im Jahre 1926 erbaute Turbosätze von je 60 000 kVA.

Die 44 000 kVA-Einheiten, die bis zu 55 000 kVA überlastbar sind, besitzen zehnstufige Zoelly-Turbinen, die bei 22 atü und 375° C mit 1500 U/min arbeiten und deren Teile alle untereinander auswechselbar sind. Vier von denselben wurden von der Soc. Alsacienne, eine von Schneider und eine von Escher-Wyss geliefert. Die Turbosätze liegen quer zur Längsachse des Maschinenhauses auf Betonplatten, die von drei durch das ganze Maschinenhaus durchgehenden Wänden getragen sind. Die Kondensatoren von 6·8 m Länge und 3·8 m Durchmesser besitzen bei den ersten fünf Einheiten 3500 m² Kühlfläche und arbeiten bei einer Geschwindigkeit des Kühlwassers von 1·9 m/sek. Bei der sechsten Turbine wurde diese Geschwindigkeit auf 2·3 m/sek erhöht, was eine Kühlflächenersparnis von 26 vH ermöglichte.

Digitized by Google

Das Kondensat jeder Gruppe wird durch einen Ölkühler und einen Luftkühler des Generators geführt, dann in einem durch Anzapfdampf der Hauptturbine beheizten Vorwärmer auf 80° C erwärmt und in Speisewasserbehältern von je 123 m³ gesammelt. In diesen wird die Wassertemperatur durch den Abdampf von Hilfsturbinen auf 100° C gebracht. Nach Durchgang durch die Entgasungsapparate (vier zu 200 t/h und zwei zu 50 t/h) wird das Wasser den Ekonomisern zugeführt. Die Kondensatpumpen haben je 45 kW Leistung. Von den 9 Speisepumpen von je 235 m³/h Leistung, die mit 34 atü Wasserdruck arbeiten, sind drei mit Dampfturbinen und sechs mit Drehstrommotoren von je 310 kW betrieben.

Die 60 000 kVA, mit 1500 U/min laufenden Turbosätze besitzen dreigehäusige Turbinen, von denen eine von der Soc. Alsacienne und eine von der Comp. Electro-Mécanique erbaut wurden. Der Hoch- und Mitteldruckteil haben entgegengesetzte Richtung der Dampfströmung. Der Niederdruckteil ist mit Dampfeintritt in der Mitte durchgeführt (Zweiflußbauart). Die Kondensatoren sind dementsprechend geteilt und in zwei Niveaus untergebracht. Die beiden Turbosätze besitzen eine gemeinsame Kühlwasseranlage, deren sechs Pumpen eine Leistung von 800 m³/h haben. In der Abb. 23 sind die Hauptabmessungen dieser Turbosätze eingetragen. Die Abb. 24 zeigt die von der Comp. Electro-Mécanique gelieferte Turbine.

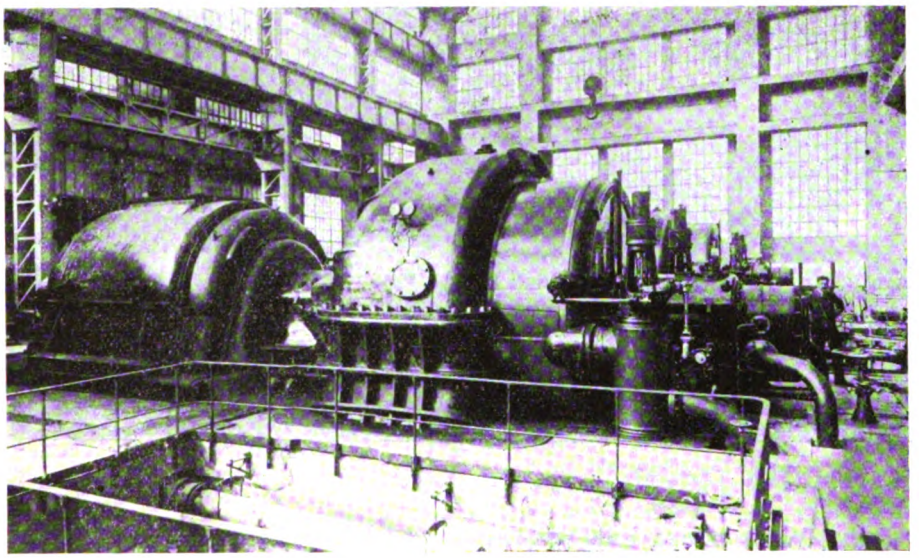


Abb. 22. 44 000-kVA-Turbosätze des Kraftwerkes Gennevilliers. (Soc. Alsacienne.)

Die 44 000 kVA-Generatoren sind durch die besonders große Statorreaktanz bemerkenswert, die durch Erweiterung von Statornuten erzielt wurde. Einige Daten über diese Maschinen sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten:

Rotor:	Blechstärke	4 mm
	Nutenzahl	48
	Freie Nuten	2/Pol
	Windungszahl	138/Pol = 23 Leiter/Nut
	Normalerregerstrom	470 A
	Amperewindungen	65 000 AW/Pol
	Widerstand	0·48 Ω (bei 220 V)
	Gewicht	50 t
	Kühlluftmenge	13 m³/sek.
Stator:	Spannung	6000 V
	Frequenz	50 Per/s
	Nutenzahl	144
	Leiterzahl	2 × 22/Nut
	Widerstand	0·0014 Ω/Phase
	Kühlluftmenge	36 m³/sek.

Der Wirkungsgrad des Generators ist 96·9 vH bei 40 000 kW und cos $\varphi = 0{\cdot}9$. Die Spannungserhöhung bei Entlastung beträgt 50 vH (bei cos φ = = 0·8). Der Dampfverbrauch ist 4·37 kg/kWh bei Vollast und 4·5 kg/kWh bei Halblast. Die Abb. 22 zeigt die von der Soc. Alsacienne gelieferten drei Turbosätze.

Die 60 000 kVA-Generatoren sind nach denselben Grundsätzen wie die vorgehenden Einheiten erbaut. Der größte Wert wurde auf die Erniedrigung des Kuzschlußstromes gesetzt, deswegen die Statorreaktanz durch offene Statornuten (Streuungsnuten) bis auf 27 vH erhöht. Das Verhältnis AW bei Leerlauf : AW bei Vollast beträgt

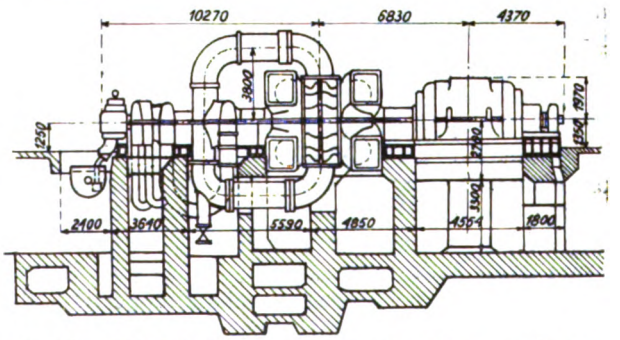


Abb. 23. 60 000-kVA-Turbosätze des Werkes Gennevilliers. (Comp. Electro-Mécanique und Soc. Alsacienne.)

0·475. Die Rotoren der beiden Generatoren sind dieselben wie die der 44 000 kVA-Generatoren, wodurch eine wertvolle Möglichkeit der Auswechslung gegeben ist. Nur der Stator ist entsprechend ver-

Digitized by Google

größert, um den Normalstrom von 5775 A liefern zu können[15]).

Sämtliche Generatoren werden mit Kühlluft, die im geschlossenen Kreis umläuft, gekühlt. Sie wird durch einen Kühler von 100 m² Kühlfläche geführt, der dem Kondensat der Turbine die Verlustwärme des Generators übergibt.

mit Gleichstrom angetrieben. Zwei 3000 kW- und ein 6400 kW-Turbosatz liefern den Drehstrom von 3000 V, der direkt für alle, die Leistung von 40 kW überschreitenden Motoren verwendet wird. Für kleinere Motorleistungen wird er auf 220 V herabtransformiert. Außerdem sind zwei 4000 kVA-Transformatoren 6000/3000 V vorhanden. Der

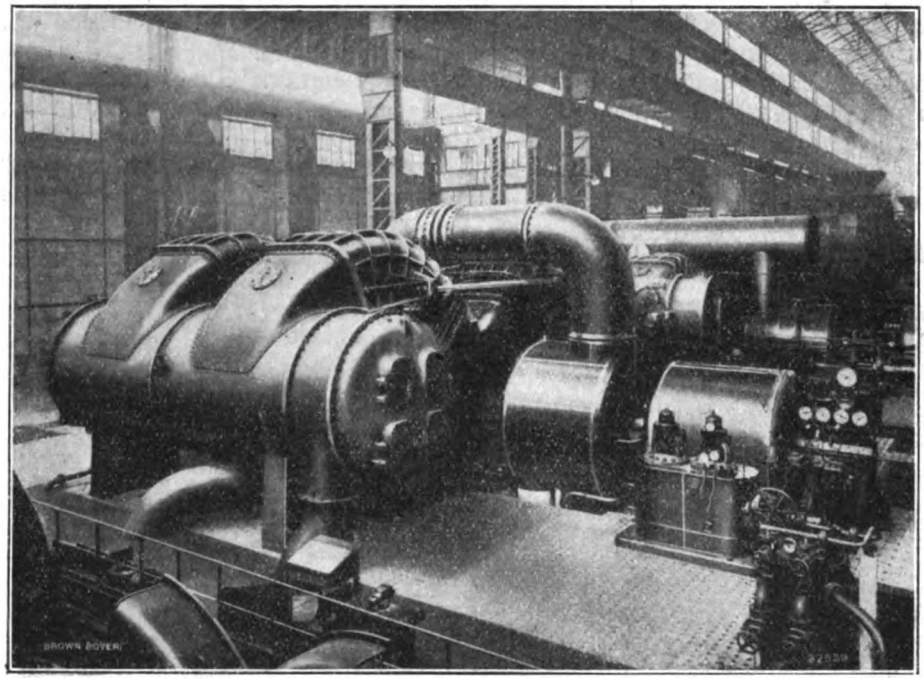


Abb. 24. 60 000 kVA Turbosatz der Comp. Electro-Mécanique (Kraftwerk Gennevilliers).

Die für das ganze Werk nötige Kühlwassermenge beträgt etwa 24 m³/sek, während die Minimalwassermenge der Seine nur 33 m³/sek ist. Deswegen mußten bei der Wasserentnahme besondere Maßnahmen getroffen werden, um zum Beispiel die Rückkehr des erwärmten Wassers zu verhindern.

Die Generatoren arbeiten direkt auf je drei 15 000 kVA-Einphasentransformatoren von 6000/60 000 V. Diese sind in einem an das Maschinenhaus der Länge nach angrenzenden Gebäude untergebracht und mit Wasserkühlung versehen. Sie sind in Dreieck/Stern geschaltet und arbeiten über entsprechende Trenn- und Ölschalter und Reaktanzspulen (nur bei den sechs ersten Einheiten) auf zwei Haupt- und eine Reservesammelschiene. Die Ölschalter mit Explosionskammern sind von der französischen Thomson-Houston Comp. geliefert worden und haben Magnetantrieb bei 500 V Hilfsstromspannung. Die Schaltanlage für 6000 V grenzt der Länge nach an das Transformatorengebäude, die Hochspannungsschaltanlage ist als Freiluftanlage durchgeführt, aber mit einer leichten Dachkonstruktion überdeckt.

Die Hilfsmaschinen sind teilweise mit Drehstrom, teilweise (Rostantrieb und Kohlentransport) Gleichstrom wird von Einankerumformern und Sammlerbatterien geliefert.

Das mit 60 000 V betriebene Hochspannungsnetz der U. D. E. umfaßt etwa 10 Unterwerke in der nächsten Umgebung von Paris, von welchen mehrere den Platz der alten Werke einnehmen und zur Versorgung der bestehenden Primärnetze dienen. Sämtliche in dem Vorstadtgebiet liegenden Leitungen sind als dreifache Kabelleitungen durchgeführt, die in Betonkanälen verlegt werden (Abb. 25). Diese Art der Verlegung hat sich seit

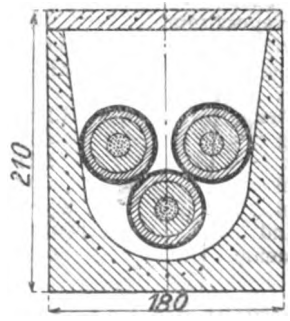


Abb. 25. Kabelkanal 60 000 V der U. D. E.

Anfang 1922 bestens bewährt. Die Einleiterkabel besitzen einen Kupferquerschnitt von 150 mm² und ihre Erwärmung bei der Normalbelastung von 30 000 kVA überschreitet nicht 29° C. Die Verluste

[15]) Vgl. J. A. I. E. E. 1925, Bd. 44, S. 927, und 1926, Bd. 45, S. 284. — Rev. Gén. d'Electr. 1926, Bd. 20, S. 379.

Digitized by Google

in der Isolation betragen 900 W/km, diejenigen in dem Bleimantel etwa ein Zehntel der Kupferverluste. Die Gesamtleitungslänge erreichte im Jahre 1926 über 220 km, die Anzahl der Verbindungsmuffen beträgt über 2500.

Die U. D. E. besitzt außer diesem Kabelnetz einige 60 000 V-Freileitungen, die die Werke mit einigen entfernteren Unterwerken verbinden. Es sind dies zum Beispiel die Leitungen Paris—Creil, Paris—Puiseux usw. Außerdem ist das Netz mit dem Wasserkraftwerke Eguzon[16]), das hauptsächlich für den elektrisierten Teil der Paris-Orléans-Bahn arbeitet, verbunden, was den ersten Schritt zur Übertragung von hydraulischer Energie nach Paris vorstellt.

Die Unterwerke sind entweder als Freiluftstationen oder gedeckte oder gemischte Stationen ausgebaut. Da einige Sekundärnetze in der Umgebung von Paris noch vorläufig mit 42 und 25 Per/s arbeiten, sind auch Frequenzumformer vorhanden. Zur Phasenkompensierung sind in einem Unterwerke (Billancourt) zwei Phasenschieber von je 7000 kVA und 1000 U/min aufgestellt[17]). Dieselben arbeiten bei 10 000 V und können auch mit 3500 kVA in Nacheilung arbeiten, was während der schwachen Nachtbelastung des Netzes mit Rücksicht auf die hohe Kapazität vorteilhaft erscheint. Der Außendurchmesser dieser von der Comp. Electro-Mécanique gelieferten Maschinen beträgt 3150 mm. Zum Anlauf besitzen sie synchronisierte Asynchronmotoren von 400 kW.

Die Gesamtproduktion der Elektrizitätswerke Frankreichs wird für das Jahr 1926 auf 6000 Mill. kWh geschätzt, wovon die Werke des Pariser Gebiets etwa 25 vH lieferten. Von der in den thermischen Werken in Frankreich verbrauchten Kohlenmenge, die etwa 3 Mill. t jährlich beträgt (1926), (d. h. 4·8 vH des gesamten Kohlenverbrauchs Frankreichs) wurden in den Werken des Pariser Gebiets 1·2 Mill. t verfeuert. Man sieht also daß im Rahmen der Elektrizitätsversorgung Frankreichs die Pariser Werke den wichtigsten Konzentrationspunkt von thermischer Energieerzeugung darstellen, der nur in denjenigen des Industriegebietes im Norden (Comines — Lille — Douai) oder in den Wasserkraftwerken des Alpengebiets ein Gegenbild findet[18]).

[16]) Rev. Gén. d'Electr. 1927, Bd. 21, S. 129. Vgl. E. u. M. 1927, S. 106.

[17]) Rev. Gén. d'Electr. 1926, Bd. 20, S. 107; 1927, S. 154 U.

[18]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 1.

Rundschau.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Modernisierungen in den alten Niagarakraftwerken. E. B. Strowger. Die Niagarakraftwerke enthalten 21 Vertikalturbinen mit vertikalem Fallrohr zu den Turbinen, von denen jede 5500 PS leistet. Die am oberen Wellenende sitzenden Generatoren erzeugen Zweiphasenstrom von 2200 V, der auf 22 000 V Dreiphasenstrom oder 11 000 V Zweiphasenstrom hinauftransformiert wird. Das Abwasser wird in 225 m langem Tunnel wieder dem Niagaraflusse zugeführt. In den Jahren 1921 bis 1927 wurden mehrere Modernisierungen an den Werken vorgenommen, die zu einem Kraftgewinn von 7 vH führten[1]). So wurden die Spurlager, die als Hochdruckölspurlager ausgeführt waren, erneuert. Die alten Spurlager arbeiteten mit einer Pressung von rund 20 at und konnten den Betrieb nur 20 min ohne Preßölzufuhr aufrecht erhalten. Sie wurden durch neue Lager ersetzt, die einer Belastung von 75 t gewachsen sind. Bei einer Flächenpressung von 29 at entspricht dies einer Druckfläche von 2600 cm². Die Ölkühlung wird durch Kupferschlangen erzielt. Diese leistungsfähigeren Spurlager machten die Entlastungskolben unterhalb der Turbinenlaufräder entbehrlich, die durch Wasserreibung und Undichtheitsverluste sehr viel Energie vergeudeten, und ergaben einen Kraftgewinn von 2 vH. Die mit Spaltschieber ausgerüsteten Turbinen wurden durch geeignete Abdichtung dichter gemacht; eine ähnliche Ersparnis wurde auch an der Eisablaßschütze am Ende des Obergrabens erzielt, deren Dichtung erneuert wurde. Eine Neuwicklung von fünf Generatoren steigerte die Leistung um 4·63 vH, wobei die Wirkungsgrade von 91·58 auf 96·21 vH anstiegen. Eine Überprüfung der Verbesserungen ergab einen Leistungsgewinn von 5000 kW. *β.*

(Power, Bd. 66, Nr. 25, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Neuzeitlicher Transformatorenschutz. Dipl. Ing. v. Wiarda und Ing. E. Wilm beschreiben ein von der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. (Bewag) entwickeltes neues Wärmerelais für Transformatoren, welches als Bimetall-Thermostat arbeitet und die Nachteile der bisher bekannten, einfachen Bauarten, wie kleiner Kontaktweg und -druck, Verschmutzung der Kontakte im Öl, niedrige Hilfsspannung von wenigen Volt, wodurch eine besondere Hilfsstromquelle und ein Zwischenrelais notwendig wird, vermeiden soll. Den Aufbau und die Wirkungsweise des Relais zeigt Abb. 1 *a* und in vergrößertem Maßstab Abb. 1 *b*. Der Bimetallstreifen *C*, welcher am unteren Ende eines mit der

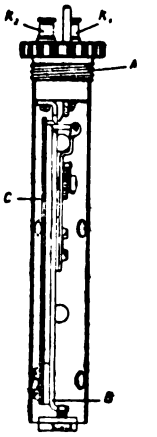


Abb. 1a.

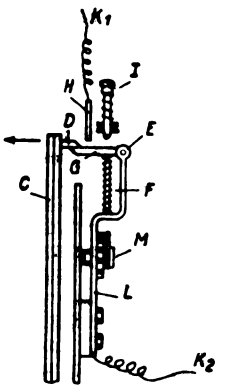


Abb. 1b.

Klemme K_2 elektrisch verbundenen und an den Isoliersockel *A* angebauten Trägers *B* befestigt ist, trägt eine Schneide *D*, die im Ruhezustand den Anschlag einer um *E* drehbaren, unter dem Druck der Feder *F* stehenden Klinke *G* bildet. Bei Erwärmung des umgebenden Öles bewegt sich der Bimetallstreifen in der Richtung des Pfeiles (Abb. 1 *b*) solange, bis *G* von *D* abgleitet und durch kräftige Federwirkung den mit der Klemme K_1 elektrisch verbundenen Kontaktstift *H* berührt, wodurch ein Stromkreis geschlossen wird. Durch Druck auf den Knopf *I* wird *G* in die Anfangslage wieder zurück-

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 216; 1922, S. 77, 370, 482; 1924, TWN S. 80; 1928, S. 24.

Digitized by Google

geführt. Die Einstellung auf verschiedene Auslösetemperaturen geschieht durch Spannen des Winkels *L* mit der Einstellschraube *M*; dadurch wird die Überlappung von *G* und *D* festgelegt. Die Stellung der Schraube *M* wird durch einen Zeiger an einer empirischen Temperaturskala angegeben und gestattet in Intervallen von 5° mit einer Genauigkeit von $\pm 0{\cdot}5°$ eine Einstellung zwischen 50° und 120° C. Das ganze Wärmerelais ist in ein Rohr aus Isoliermaterial eingebaut und wird mit dem bei *A* (Abb. 1 *a*) angedeuteten Gewinde in einen am Transformator vorzusehenden Tubus eingeschraubt. Frd.

(ETZ, Jg. 49, Heft 3, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Neuerungen im Hochspannungsfreileitungsbau. Dipl.-Ing. E. Iltgen des Bautechnischen Büros der AEG-Berlin berichtet über neue, zum Zwecke der Erhöhung der Betriebssicherheit von Fernübertragungen entwickelte Bauformen von Freileitungsmasten. Theoretische Überlegungen, welche besonders durch amerikanische und schwedische Betriebserfahrungen ihre Bestätigung gefunden haben, zeigen, daß die Anordnung sämtlicher Leiter einer Hochspannungsfreileitung wagrecht nebeneinander bezüglich der Sicherheit der Leitungen gegen Zusammenschlagen bei ungleichen Eisbelastungen allen anderen Leitungssystemen (zum Beispiel Tannenbaumanordnung, Dreiecksanordnung, Anordnung der Leiter senkrecht übereinander) überlegen ist. Die Horizontalanordnung der Leiter erfordert jedoch, besonders wenn es sich um Drehstromdoppelleitungen handelt, wegen der bei Hochspannung und großen Stützpunktentfernungen notwendigen beträchtlichen Phasenabstände große Konstruktionsbreiten der Maste; solche Leitungen wurden bisher vorwiegend mit Portalmasten ausgeführt. Dieses System hat jedoch in ackerbautreibenden Ländern den Nachteil, daß die breiten Maste mit zwei Einzelfundamenten die Feldbewirtschaftung stark behindern und dadurch hohe Grundablösungskosten verursachen. Der Verfasser untersucht daher die Möglichkeiten der Anwendung der wagrechten Leiteranordnung an Masten nach dem Einständersystem und kommt zu folgenden Ergebnissen:

A) Der Tragmast als Eisengittermast in der bei uns üblichen schmalen Bauweise, jedoch mit symmetrisch zur Mastachse in einer Horizontalebene an einem starren Ausleger angeordneten sechs Leitern hat den Nachteil, daß die Konstruktion bei Leiterbruch durch Rauhreifüberlastung oder sonstige Ursachen zufolge der großen Auslegerlänge besonders starken Torsions-[1]) und Biegungsbeanspruchungen ausgesetzt wird. Dazu kommt als weiterer Nachteil, daß wegen der starren Verbindung zwischen Ausleger und Mast bei Leiterbruch in einem Drehstromsystem un dadurch bewirkter Verdrehung des Mastes auch in dem der Bruchstelle benachbarten Spannfelde die Leiter des zweiten Systems stärker gespannt werden, was bei starker Rauhreifbelastung derselben leicht ebenfalls einen Leiterriß zur Folge haben kann. Hiedurch wird jedoch die unvermeidliche Zerstörung des Tragmastes durch Verdrehung eintreten. Wollte man die Tragmaste so stark dimensionieren, daß sie den bei Leiterbruch auftretenden Verdrehungsbeanspruchungen standhalten, so würde dies eine wesentliche Erhöhung des Mastgewichtes und damit eine beträchtliche Verteuerung der Baukosten bedeuten. Die statt dessen in manchen Fällen angewandten Maßnahmen zur Verminderung der Torsion wie die Anbringung von zwei starken Erdseilen an den beiden Auslegerenden zwecks Verankerung der Tragmaste mit dem nächsten Abspannmast sowie der Einbau von Rutsch- und Auslöseklemmen zur Herabminderung des einseitigen Leiterzuges[2]) verbessern die Verhältnisse wohl etwas, stellen jedoch sonst nur unzulängliche Gegenmaßnahmen dar.

B) Eine weitere Ausführungsmöglichkeit besteht in der Verwendung einer starren, um die Mastachse drehbaren Traverse. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß die Torsionsbeanspruchung des Mastes ausgeschaltet wird. Bestehen bleibt jedoch die ungünstige Beanspruchung des zweiten unversehrten Stromkreises sowie die Biegungsbeanspruchung des Mastes. Auch diese Ausführungsart stellt daher noch keine befriedigende Lösung des Problems dar.

C) Die Konstruktion der Tragmaste mit schwenkbaren Auslegern, von der AEG ausgeführt, vermeidet die beschriebenen Nachteile fast vollständig. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, ist jede der beiden Auslegerhälften für sich drehbar am Mastkopf befestigt. Die beiden Drehungsachsen stehen jedoch nicht lotrecht, sondern sind gegen die Vertikale um einen gewissen Winkel geneigt. Tritt bei einem derartigen Tragmast ein Bruch eines der beiden äußersten Leiter ein, so erfolgt ein Ausschwenken der Traverse so weit, bis durch die in den beiden unversehrten Leitern des betreffenden Stromkreises entstehenden Differenzkräfte der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Die durch die geneigte Drehungsachse bedingte Notwendigkeit, dabei das Gewicht des Auslegers, der Isolatoren und Leiter anheben zu müssen, bewirkt eine Dämpfung des stoßweisen Vorganges. Eine Beeinflussung des anderen Stromkreises findet nicht statt. Aus diesem Grunde ist auch die im Mastkörper auftretende Biegungsbeanspruchung ganz wesentlich geringer als bei starrer Auslegerbefestigung. Die Torsionsbeanspruchung des Mastes ist auf ein durch die Exzentrizität der Lage der Gelenke in bezug auf die Mastachse bedingtes Minimum reduziert. Eine gefährliche Überbeanspruchung des mittleren Leiters beim Ausschwingen des Auslegers unter der Wirkung eines Bruches des äußeren Leiters kann durch Einbau von Rutsch- oder Auslösehängeklemmen vermieden werden. Übrigens kann auch bei dieser Anordnung durch Verlegung je eines Erdseiles auf jedem Ausleger eine zusätzliche mechanische Sicherheit erzielt werden. Der Mast mit Schwenkauslegern hat daher im Vergleich zu den früher beschriebenen Ausführungen folgende Vorzüge: 1. Er überträgt bei Leiterbruch keine Beanspruchungen auf den zweiten unversehrten Stromkreis. 2. Er erhält bei Leiterbruch nur sehr geringe Biegungsbeanspruchungen. 3. Er ist fast völlig torsionsfrei. Ein Vergleich gegenüber den bisher üblichen Mastkonstruktionen (Tannenbaumform usw.) ergibt noch folgende günstige Resultate: Eine nach der Theorie von Prof. Petersen[1])

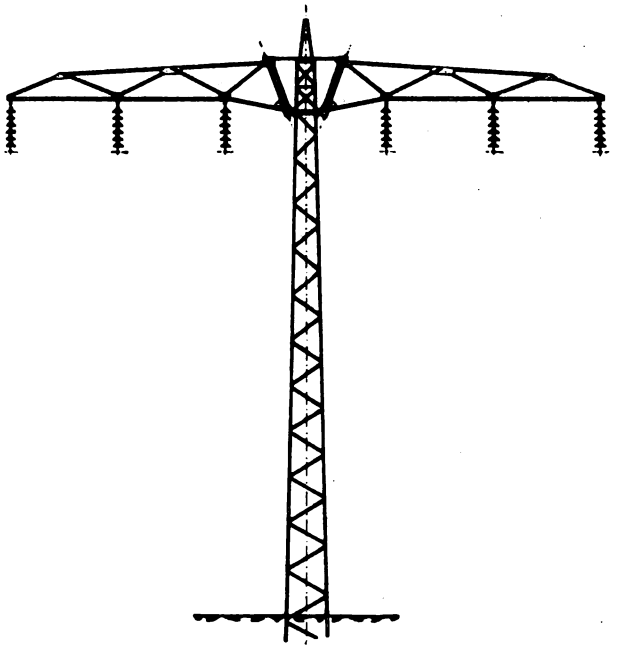


Abb. 2. Tragmast einer Doppel-Drehstromleitung mit schwenkbaren Auslegern.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 685, 825; 1926, S. 277.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 485.

[1]) Vgl. E. u. M. 1914, S. 144.

Digitized by Google

durchgeführte zahlenmäßige Untersuchung zeigt, daß die Gefährdung der Leitungen durch Überspannungen atmosphärischen Ursprungs bei der Leitungsanordnung in einer Ebene wesentlich geringer ist als bei Masten mit in verschiedenen Höhenlagen angeordneten Leitern. Die Tragmaste mit Schwenktraversen gewährleisten gegenüber den bisher üblichen Ausführungsformen eine Ersparnis an Mastgewicht, welche um so größer wird, je höher die Übertragungsspannung ist, das heißt, je größer die Phasenabstände ausgeführt werden müssen, ganz abgesehen davon, daß eine gleiche Sicherheit gegen das Zusammenschlagen der Leiterseile bei den bisherigen Ausführungsformen mit übereinander angeordneten Phasen wirtschaftlich gar nicht zu erzielen war. Weitere Ersparnisse ergeben sich bei den Fundierungskosten. Vorteile bietet ferner die Möglichkeit, jede Isolatorenkette und jeden Leiter zu Kontrollzwecken leicht auf den Boden herablassen zu können, und die Erleichterung bei der nachträglichen Verlegung des zweiten Stromkreises während des Betriebes. Alte Leitungen mit Stützen- oder Hängeisolatoren, die sich wegen ständiger Störungen als umbaubedürftig erwiesen haben, lassen sich unter Beibehaltung der ursprünglichen Bodenabstände mit verhältnismäßig geringen Kosten in das horizontale Leitersystem mit Schwenkauslegern umbauen, wobei eine wesentliche Vergrößerung der Betriebssicherheit erzielt wird. Leitungen mit Schwenkauslegern sind bereits in größerer Zahl in Deutschland[1]) erbaut worden und haben sich bis jetzt bestens bewährt.

Krtt.

(AEG-Mitteilungen, Heft 5, 1927.)

Versuche mit beweglichen Mastauslegern wurden von der Riter-Conley Company (V. St. A.) auf einer etwa 1·6 km langen zu Versuchszwecken errichteten Doppeldrehstromleitung mit sieben Eisengittertürmen der in Amerika üblichen Bauform ausgeführt. Die in Tannenbaumanordnung mit rund 4 m Phasenabstand verlegten sechs Stahlaluminiumseile von je 170 mm² Querschnitt waren mittels neungliedriger Tragketten entsprechend 132 kV Betriebsspannung an den Enden der beweglich am Mastkörper angebrachten Ausleger befestigt. Die Drehachse der Ausleger war gegen die Vertikale geneigt und gestattete ein Ausschwingen der Querträger in Leitungsrichtung bei Seilrissen. Die Versuche wurden derart ausgeführt, daß die normal gespannten Leiter plötzlich durchschnitten und das Verhalten der Ausleger sowie der unversehrten Teile der Seile beobachtet wurde. Bei einigen dieser Versuche waren die Seile vorher durch längs derselben gleichmäßig verteilte, angehängte kleine Gewichte entsprechend der normengemäßen Eislast belastet. Die Ergebnisse waren folgende: Bei Eisbelastung nur im mittleren Spannfelde allein und unversehrten Seilen drehten sich die Ausleger der beiden mittleren Maste um etwa 8° gegen das belastete Feld, während der Ausschwingungswinkel der Ausleger der beiden nächsten Tragmaste nur mehr etwa 4° betrug. Beim Durchschneiden des mittleren Seiles schwang der der Schnittstelle zunächst liegende Ausleger um etwa 80° in die Zugrichtung des unversehrten Seiles aus, wobei der Durchhang des letzteren sich um etwa 5·5 m vergrößerte. Die Störung des Gleichgewichtes machte sich jedoch nur in vier Spannfeldern bemerkbar, da bereits der in 1170 m Entfernung stehende fünfte Mast keine Bewegung des Auslegers mehr erkennen ließ. Beim Durchschneiden des unteren Seiles war die Durchhangsvermehrung so groß, daß das Seil sich auf den Boden legte. Die Dämpfung der Auslegerbewegung durch das gleichzeitige Anheben der Seil- und Isolatorengewichte zufolge der geneigten Drehachse war deutlich erkennbar. Die an den Abspannarmaturen auftretende stoßweise Belastung wurde mittels eines Dynamometers gemessen und bis zu 50 vH größer als der Zug des Seiles vor dem Zerschneiden festgestellt. Trotzdem, daß die Tragmaste der Versuchsstrecke, wie allgemein üblich, nur für den Riß eines Seiles dimensioniert waren, hielten sie dem Durchschneiden der drei Leiter eines Stromkreises ohne Beschädigung stand.

Aus den Versuchsergebnissen werden folgende Schlußfolgerungen gezogen: Bei drehbarer Befestigung der Ausleger wird das Mastgewicht gegenüber der üblichen Ausführung für gleiche Belastungannahmen um etwa 20 vH geringer. Diese Ersparnis ist kleiner für leichte und größer für schwere Leitungen. Die Nachteile der Rutschklemmen, und zwar unsicheres Funktionieren bei Vereisung bzw. andererseits unerwünschtes Funktionieren bei Differenzzügen durch ungleichmäßige Vereisung der Spannfelder, Beschädigung der Leiterseile beim Durchrutschen, keine selbsttätige Wiederherstellung des früheren Zustandes nach Verschwinden der Differenzzüge, werden durch die Schwenkausleger vermieden. Dazu kommt noch, daß die letzteren beim Ausschwingen den Hebelarm des Torsionsmomentes verkleinern, was bei den Rutschklemmen nicht der Fall ist. Die drehbaren Ausleger sind auch bei der Seilmontage vorteilhaft, da im Falle des Verklemmens eines Seiles in der Spannrolle eine Beschädigung des Auslegers ausgeschlossen ist. Zum Schluß wird ausgeführt, daß weitere Vorteile sich bei Schwenkauslegern durch Anordnung aller Leiter in einer Horizontalebene erzielen lassen[1]) vorausgesetzt, daß die Breite des für die Leitung eingelösten Landstreifens diese Ausführung zuläßt. Die besonderen Vorteile der Horizontalanordnung sind: Keine Berührung der Leiter untereinander bei verschiedenen Durchhängen, verminderte Störungen durch atmosphärische Überspannungen, Erleichterung der Seilmontage, geringere Grundablösungskosten für die Maststandpunkte. Bei Verlegung von zwei Erdseilen an den Obergurten der Schwenkausleger kommen die Vorteile der letzteren nicht nur den Leitern, sondern auch den Erdseilen zugute.

Krtt.

(Electrical World, Bd. 90, Heft 19, 1927.)

Installationstechnik.

Eine Glühlampenfassung mit Sicherung der Verschraubung von Nippelboden und Mantel (Abb. 1) wird von der Bergmann-Elektrizitäts-Werke-A.-G., Berlin, hergestellt, um das Lockerwerden und Lösen dieser Schraubverbindung bei häufigem Ein- und Ausschrauben der Glühlampe zu vermeiden. Das Sichern geschieht

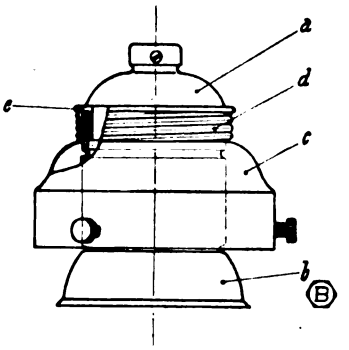


Abb. 3.

durch Aufschrauben einer Gegenmutter *c* auf den Fassungsmantel *b*; die Gegenmutter *c*, welche wie aus Abb. 1 ersichtlich, auch als Schalenhalter ausgebildet werden kann, legt sich mit ihrem vorderen Rand *d* gegen einen vorspringenden Ringwulst *e* des Nippelbodens *a*, wodurch dessen Verschraubung mit dem Fassungsmantel gesichert ist.

Fr—r.

(Bergmann-Mitteilungen, 5. Jg., Nr. 6, 1927.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Ein elektrischer Schaufelbagger wurde für die bekannten Eisenerzbergwerke in Luossanavara und Kieronavara in Nordschweden gebaut, der das gebrochene Erz auf Waggons zu verladen hat, um dasselbe den Brechern zuzuführen. Der Bagger besteht aus einem auf

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 742; 1925, S. 18. Auch in Böhmen ist eine solche 38 kV-Leitung seit zwei Jahren im Betrieb.

[1]) Vgl. S. 476 d. H.

Digitized by Google

Schienen verfahrbaren Teil, auf welchem der bewegliche Teil aufgebaut ist. Dieser trägt die Grabschaufel, welche 3 m³ Erz im Gewicht von etwa 10 t faßt. Das Gewicht der Maschine beträgt 250 t. Sie hat 4 Bewegungen, Fahren, Hub, Drehen und Graben, wozu 3 Motoren vorgesehen sind, da Hub und Fahrt durch Kupplungen vom gleichen Motor bewirkt werden. Die Hubbewegung geht von einer Seiltrommel aus, welche mit einem Gleichstrommotor für 160 PS bei 45 U/min direkt gekuppelt wird. Das Seil verläuft über eine mehrfache feste Flasche am Kopf des Auslegers und über eine bewegliche Flasche, an welcher die Schaufel hängt. Für die Drehbewegung ist ein 110 PS-Motor mit 510 U/min vorgesehen, welcher über ein Getriebe das Plateau mit der Schaufel um eine vertikale Achse dreht. Die Grabbewegung, welche im Vor- und Rückwärtsschieben eines Paares von Querauslegern besteht, zwischen denen die Schaufel drehbar hängt, wird durch einen 85 PS-Motor, 525 U/min, besorgt. Die drei Motoren erhalten ihren Strom von einem Ward-Leonard-Maschinensatz, welcher auf dem rückwärtigen Teil des Plateaus untergebracht ist und aus einem Drehstrommotor mit Käfiganker für 350 PS, 720 U/min, 2100 V, 25 Per/s, einer Kompounddynamo 140 kW, 350 V, für Hub- und Fahrt und zwei Kompounddynamos von je 87 kW, 330 V, für Drehen und Graben besteht. Die Anker der beiden letztgenannten, mit Gegenkompoundwicklung versehenen Maschinen sitzen fliegend an den Außenseiten des Aggregates. Sämtliche Maschinen sind offener Bauart, doch sind die Wicklungen und Kollektoren durch Blechgehäuse geschützt. Drehstrom von 2200 V wird durch ein biegsames Spezialkabel zugeführt. Für die Erregung der Dynamos und Motoren ist ein besonderer Umformer aufgestellt. Der Dreh- und Grabmotor sind Nebenschlußmotoren, der Hub- und Fahrmotor ist ein Hauptschlußmotor. Sämtliche elektrische Maschinen sind Spezialkonstruktionen, um den außerordentlich schweren Betriebsbedingungen zu entsprechen. Der mechanische Teil stammt aus den Maschinenfabriken Morgardshammars, der elektrische Teil ist von der ASEA beigestellt. Ho.

(ASEA-Journal, Bd. 4, Nr. 10 bis 11, 1927.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Erzeugung starker Magnetfelder. P. Kapitza berichtet[1]) über die Herstellung von Magnetfeldern bis zu 1 Million Gauß, wozu in Cambridge ein eigenes Laboratorium errichtet wurde. So starke Felder erfordern eine Leistung von 50 000 kW, also bei einer Versuchsdauer von 0·01 sek eine Energie von 500 kW. sek. Da die bei früheren Versuchen[2]) verwendete Akkumulatorenbatterie nicht ausreichte, wurde ein einphasiger Wechselstromturbogenerator mit der Erregerwicklung auf dem Stator und mit einem besonders schweren Rotor verwendet, dessen Wicklung bei einer Halbperiode durch die Magnetisierungsspule, die das starke Magnetfeld erzeugen soll, kurzgeschlossen wird. Die kinetische Energie des Rotors reicht auch ohne Schwungrad für den obigen Energiebetrag aus. Die Verwendung von Wechselstrom erleichtert das Ein- und Ausschalten, das im Nullpunkte der Spannung bzw. des Stromes erfolgen kann. Es wird auch weniger Energie in Wärme umgesetzt als bei Gleichstrom, und zwar nur die in den Ohmschen Widerständen des Stromkreises verbrauchte. Die Erregerwicklung wurde so verteilt, daß die Spannungskurve ein sehr flaches Maximum aufwies, wodurch die Stromstärke wie auch das Magnetfeld während 0·01 sek sehr konstant blieb. Der von Metropolitan Vickers in Manchester umkonstruierte und verstärkte Generator besitzt einen Rotor von 2·5 t Gewicht, dessen Umfangsgeschwindigkeit bei 3500 U/min 95·7 m beträgt, das Trägheitsmoment des Rotors ist 59·6 kg.m², seine kinetische Energie 4000 kWs, also nahezu achtmal so viel, als benötigt wird. Der Rotor wird durch einen Gleichstrommotor angetrieben. Bei den Versuchen wurde die Magnetisierungsspule in 20 m Entfernung vom Maschinenfundament aufgestellt, so daß die von diesem beim Kurzschluß ausgehende Erschütterung die Spule erst nach Ablauf des Magnetisierungsstromes erreichte; die Zuleitungen bestanden aus dreifach parallel geschalteten Kabeln. Die Maschine war in der Fabrik auch im unmittelbaren Kurzschlusse geprüft worden, wobei sie 72 000 A bei 2250 V, also 160 000 kW lieferte. Bei Kurzschluß im Spannungsnullpunkt hätte sie 220 000 kW gegeben, wovon aber in der Magnetspule, die ungefähr dieselbe Selbstinduktion wie die Maschine besitzt, nur ein Viertel ausgenutzt werden kann.

Große Schwierigkeiten bot die Konstruktion des synchron mit der Maschine zu steuernden Schalters. Damit beim Ausschalten kein Lichtbogen stehen bleibt, müssen die Schalterkontakte in 0·0003 sek schon 0·5 mm voneinander entfernt sein, die Ausschalterbeschleunigung müßte sonach tausendmal so groß wie die Schwerebeschleunigung sein. Würde der Nullwert des Stromes nicht genau getroffen, so würden sehr hohe Stromstärken unterbrochen und daher die Isolation des Rotors gefährdet werden. Dieser Gefahr wurde durch die Parallelschaltung eines Kondensators von 50 μF zu den Schalterkontakten vorgebeugt. Gleichzeitig mit dem Stromschluß wurde auch der Oszillograph zur Aufzeichnung der Stromkurve selbsttätig eingeschaltet. Die auf die Magnetisierungsspule wirkenden sehr starken Radialkräfte werden durch übergewickelte Stahlbänder aufgenommen; den dann noch verbleibenden Achsialkräften wirken bei entsprechender Konstruktion elektrodynamische Kräfte entgegen, welche wenigstens eine teilweise Kompensation ermöglichen. Für die Wicklung wurde Kupfer mit 2 vH Kadmiumzusatz gewählt, das nur 10 vH geringere Leitfähigkeit, jedoch vierfache Zugfestigkeit besitzt; der Innendurchmesser der Spule betrug 1 cm; der Anschluß an die innerste Wicklung mußte gleitend ausgeführt werden, da hier sonst immer Brüche auftraten, bei 30 000 A eine recht schwierige Aufgabe. Die Induktionsspule zur Messung des Magnetfeldes war zu Beginn des Stromstoßes kurzgeschlossen; der Kurzschluß wurde erst im Augenblicke des Strommaximums automatisch aufgehoben und dieser Moment am Oszillogramm markiert.

Bisher lief die Maschine erst mit halber Drehzahl, so daß nur ein Fünftel der verfügbaren Energie ausgenützt werden konnte. Es wurden hierbei 320 000 Gauß erreicht. Bei voller Ausnützung sind 700 000 Gauß zu gewärtigen und bei Verkleinerung des Innendurchmessers der Spule auf 0·5 cm etwa 900 000 Gauß. Vorläufig wurde die Widerstandsänderung von Wismut bei der Temperatur der flüssigen Luft und bei Zimmertemperatur untersucht. Der Widerstand wächst in ersterem Falle auf das Tausendfache, im letzteren auf das Fünfzigfache, wenn ein Feld von 300 000 Gauß angelegt wird. R. H.

(Die Naturwiss., Jg. 16, H. 3, 1928.)

[1]) Proc. roy. soc. London, Ser. A. 115, 658, 1927.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 158.

Patentbericht.

Elektrische Bahnen.

Reguliereinrichtungen für elektrische Lokomotiven und Motorwagen.

(Schluß aus Heft 20, Seite 460.)

Bei einseitig geerdeten Stufentransformatoren, wie sie zum Regeln der Motorspannung von Einphasenlokomotiven verwendet werden, ist es bekannt, zur Vermehrung der Stufenzahl einen Hilfstransformator anzuordnen, dessen Sekundärwicklung einen Bruchteil der Stufenspannung des Haupttransformators ausmacht und der bei jeder Stufe des letzteren so zugeschaltet werden kann, daß seine Spannung sich zu der Gesamtspannung hinzufügt oder sich von ihr abzieht. Bisher hat man den Hilfstransformator entweder zwischen Stufentransformator und Erde oder zwischen Triebmotor und Erde eingereiht. Im ersteren Falle müssen die an einer Teilspannung des Haupttransformators liegenden Hilfsbetriebe doppelseitig angeschlossen werden (bei Erdung liegen sie an einer um die doppelte Sekundärspannung des Hilfstransformators veränderlichen Spannung), im zweiten Falle muß der Motor von Erde isoliert sein und wird auch bei

Digitized by Google

geöffneten Funkenschaltern nicht völlig spannungslos. Die Österr. Brown, Boveri-Werke A.-G. in Wien legen daher die Sekundärwicklung des Hilfstransformators *b* (Abb. 18) zwischen die Hauptbürste *g* des Stufenschalters und den ihr zugeordneten, an den

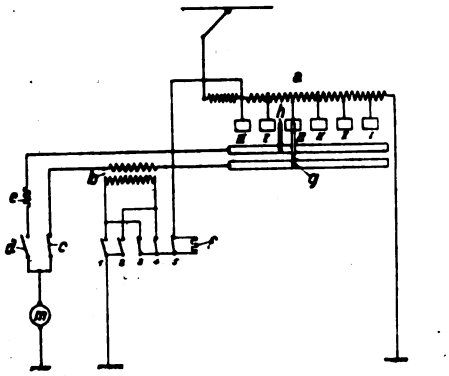


Abb. 18.

geerdeten Triebmotor *m* angeschlossenen Funkenschalter *c*, während die Hilfsbürste *h* des Stufenschalters, wie an sich bekannt, über einen Überschaltwiderstand *e* und den ihr zugeordneten zweiten Funkenschalter *d* unmittelbar mit dem Triebmotor verbunden ist. (Ö. P. Nr. 108370.)

Es sind Einrichtungen zur Spannungsregelung von Transformatoren für Wechselstrombahnmotoren bekannt, bei denen ein oder mehrere regelbare Zusatztransformatoren mit den einzelen Stufen des Haupttransformators nacheinander in Reihe und bei Überschaltstellungen mit diesen parallel geschaltet werden. Diese Schaltweise hat den erheblichen Nachteil, daß das Transformatorgewicht um das Gewicht des Zusatztransformators vermehrt wird. Im Bahnbetrieb, wo man im allgemeinen den Nachteil einer Hochspannungswicklung am Zusatztransformator vermeidet, wird dieser lediglich zur feinen Aufteilung der Spannung verwendet und stellt in Bezug auf die direkte Leistungsübertragung ein nutzloses Mehrgewicht dar. Nach einem Vorschlag der AEG-Union El. Ges. kann ohne Anwendung einer besonderen Hochspannungswicklung für den Zusatztransformator dieser dadurch zur Leistungsabgabe herangezogen werden, daß man ihn mit dem Haupttransformator magnetisch verkettet, insbesondere die Wicklungen der beiden Transformatoren auf dem gleichen Eisenkern anordnet. Hierdurch wird ein erheblicher Teil des Transformatorengewichtes erspart. Zweckmäßig erhält hierbei die fein unterteilte Zusatzwicklung die gleiche Windungszahl wie die einzelnen unter sich gleichen Grobstufen des Transformators. Dadurch werden nicht nur alle Stufen einander gleich, sondern es wird auch der Vorteil erzielt, daß größere Ausgleichsströme vermieden werden, wenn beim Überschalten von einer Grobstufe zur anderen, zwecks Vermeidung einer Leistungsunterbrechung, die Zusatzwicklung parallel zu einer Grobstufe gelegt werden muß. (Ö. P. Nr. 108046.)

Eine bekannte Bremsanordnung für Einphasen-Kollektor-Bahnmotoren besteht darin, die Bahnmotoren in der Bremsperiode als fremderregte, auf einen Widerstand

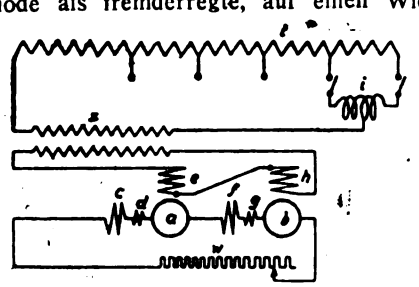


Abb. 19

arbeitende Einphasengeneratoren zu betreiben. Dabei können die gleichen, für Wechselstrom gebauten Schaltapparate, wie Drosselspulen usw., sowohl für den Fahr- als auch für den Bremsbetrieb dienen. Eine Erfindung der vorgenannten Firma, die eine Vermehrung und feinere Abstufung der Bremsstellungen ohne Vermehrung der Schaltapparate anstrebt, besteht darin, die Bremskraft durch abwechselndes Regeln in dem Kreis der fremderregten Motorfelder und in dem mit den Motorankern in einem besonderen Kreise liegenden Bremswiderstand einzustellen. Jeder Regelstufe des Bremswiderstandes wird man entweder eine oder mehrere Regelstufen der Felderregung zuordnen. Die Motoren *a* und *b* (Abb. 19) arbeiten auf den Widerstand *w*, die Spannung zur Erregung der Felder *e* und *h* wird aus dem Transformator *t* entnommen. Dazu wird die Drosselspule *i* unter Verwendung der gleichen Schaltapparate wie beim Fahren an den Transformatoranzapfungen entlang geschaltet. Es kann entweder mit Bremswiderstand *w* und Feldregelung gleichzeitig geregelt werden oder erst mit der einen und dann mit der anderen Regelungsart. Zur Herabsetzung der dem Haupttransformator *t* entnommenen Spannung kann ein Zwischentransformator *z*, der auch als Spartransformator ausgebildet sein kann, verwendet werden. (Ö. P. Nr. 108346.)

Kálmán von Kandó in Budapest schlägt eine Antriebsvorrichtung für elektrische Eisenbahnfahrzeuge mittels Drehstrommotoren vor, die unter Vermittlung eines an eine Einphasenfahrleitung angeschlossenen Einphasen-Mehrphasen-Umformers mit regelbarer Gleichstromerregung gespeist werden, der in der Primärwicklung mit einer die Lockerung der Kopplung der sekundären und primären Spannung des Phasenumformers bewirkenden hohen Selbstinduktion ausgeführt ist. Gemäß der Erfindung sind an den sekundären Stromkreis des mit seiner Primärwicklung von der Fahrleitung gespeisten Synchronphasenumformers Induktionsmotoren angeschlossen, die einen unveränderlichen sekundären Widerstand, in praktischer Ausführung einen Kurzschlußanker, besitzen. Die Erfindung beruht auf folgender Erkenntnis: Wird ein Induktionsmotor mit Kurzschlußanker an die Stromquelle angeschlossen, so nimmt er im Stillstand einen gewissen Wattstrom auf, der verhältnismäßig wenig von dem während der Anlaßperiode auftretenden Höchstwert abweicht. Die Wattstromaufnahme steigt mit zunehmender Umlaufgeschwindigkeit zunächst allmählich auf den Höchstwert, bei weiterer Beschleunigung bis zu der der Betriebsschlüpfung entsprechenden Drehzahl sinkt sie allmählich unter ihren Anfangswert. (Ö. P. Nr. 105963.)

Eine Erfindung der Firma Ing. M. Gelinek & Co. in Salzburg bezweckt für den Antrieb von Fahrzeugen, die mit Verbrennungsmotoren oder Turbinen ausgestattet sind, eine der mit den Fahrwiderständen veränderlichen Zugkraft sich automatisch anpassende elektrische Übertragung zu schaffen, so daß bei steigenden Fahrwiderständen die Geschwindigkeit des Wagens abnimmt, wodurch die Leistung entweder praktisch konstant gehalten oder der Leistungskurve des Antriebsmotors angepaßt wird, Schaltapparate erspart werden, der Antriebsmotor vor Überlastung und schlechter Ausnutzung geschützt wird und dem Führer, dessen Aufmerksamkeit voll der Strecke zugewendet sein muß, lediglich die Bedienung des Gashebels zur Einstellung der Leistung verbleibt[1]). Die Erfindung erzielt nun eine automatische Leistungsregulierung unabhängig von der Stromstärke und dem Drehmoment durch Verwendung einer schwachgesättigten Maschine, die Nebenschlußerregung oder eine selbsterregende Erregermaschine besitzt und so dimensioniert ist, daß sie an der Erregungsgrenze, das ist am geradlinigen Teil der Spannungscharakteristik arbeitet. Von einer gewissen Belastungshöhe an, deren Wert durch Dimensionierung der Dynamo nach Belieben gewählt werden kann, hält eine solche Maschine die Tourenzahl und damit die Leistung praktisch konstant. (Ö. P. Nr. 108837.)

Ein Vorschlag von Maurice Milch in Budapest betrifft eine Einrichtung zur Regelung des Kommutierungsfeldes von Wechselstrom-Kommutatormaschi-

[1]) Vgl. E. u. M., 1928, Heft 12, S. 257.

Digitized by Google

nen, bestehend aus einem mit der Wechselstrommaschine gekuppelten Hilfsgenerator, einer Stromquelle zur Erregung des Hilfsgenerators, ferner einem Regler für dessen Erregerstrom („Hilfsgeneratorregler"), dann aus einem selbsttätigen Antrieb, welcher den Hilfsgenerator so betätigt, daß das Verhältnis zwischen seiner Spannung und der seiner Erregerstromquelle von einer gewissen Mindestgeschwindigkeit des Hilfsgenerators angefangen bis zu den Höchstgeschwindigkeiten unverändert bleibt, und schließlich aus einem Regler zur Regelung des Kommutierungsfeldes der Wechselstrom-Kommutatormaschine. Erfindungsgemäß ist der Hilfsgeneratorregler (17) (Abb. 20) mit dem Kommutierfeldregler (22, 33) zwangläufig so gekuppelt, daß jede Stellung des Hilfsgeneratorreglers zugleich die Stellung des Kommutierfeldreglers eindeutig bestimmt. Der

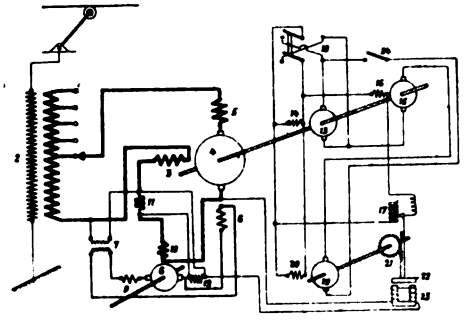


Abb. 20.

Hilfsgenerator (15, 16) und seine Erregerstromquelle (13, 14) bestehen je aus einer Gleichstrommaschine, der Hilfsgeneratorregler aus einem veränderlichen Ohmschen Widerstand (17), sein Antrieb aus einem von der Spannungsdifferenz zwischen Hilfsgenerator (15, 16) und seiner Erregerstromquelle (13, 14) betätigten Gleichstrommotor (19, 20); der Kommutatorfeldregler besteht aus einer durch den Erregerstrom der zu beeinflussenden Wechselstromkommutatormaschine (3, 4, 5, 6) mittelbar oder unmittelbar erregten Wechselstrom-Kommutator-Hilfsmaschine (8, 9, 10, 12), deren Kommutatorbürsten der Hilfspolwicklung (6) der zu beeinflussenden Maschine den zur Unterdrückung der induzierten Segmentspannung nötigen Teil der Erregerspannung liefern. Die Spannung der Wechselstrom-Kommutator-Hilfsmaschine (8, 9, 10, 12) ist durch die Größe der Impedanz einer regelbaren Drosselspule (22, 23) bestimmt, welche der Erregerwicklung (10) dieser Hilfsmaschine parallel geschaltet ist und deren jeweiliger Wert durch die jeweilige Stellung des Kontaktstückes des Hilfsgeneratorreglers (17) zwangläufig bestimmt ist. (Ö. P. Nr. 105746.)

Eine mit Einphasenwechselstrom gespeiste Lokomotive ist der Firma Österreichische Siemens-Schuckert-Werke in Wien patentiert worden. Nach dieser Erfindung wird der Einphasenstrom der Fahrleitung zunächst in einem Einphasen-Mehrphasen-Umformer in Mehrphasenstrom umgewandelt, dieser einem Mehrphasenstrom-Gleichstrom-Einankerumformer zugeführt, der seinerseits die Gleichstromtriebmotoren speist. Als Phasenumformer dient ein Spaltphasenumformer, der neben der einphasigen Ständerwicklung eine von dieser getrennte, mehrphasige (zweckmäßig sechs- oder vielphasige) Wicklung besitzt, die an die Kollektorwicklung des Einankerumformers angeschlossen ist. Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß ein synchroner Einphasen-Mehrphasen-Umformer in Verbindung mit einem Einankerumformer verwendet wird, der durch Änderung der gegenseitigen Winkellage von Feldachse und Kollektorbürstenachse regelbar ist. Zur Mehrphasenstrom-Gleichstromumformung dienen zwei Einankerumformer oder Gruppen von solchen, in denen die Winkeländerung zwischen Feld- und Bürstenachse gegenläufig erfolgt, so daß sich ihre wattlosen Ströme gegenseitig aufheben. Die Einankerumformer werden vom Läufer aus erregt und ihre Ständer tragen nur Wendepol- oder ähnliche Hilfswicklungen, aber keine Erregerwicklungen. Zur Regelung der Gleichspannung sind die Kollektorbürsten der Umformer und mit ihnen die die Wendepole tragenden Ständer verdrehbar, während die durch die Läufererregung bestimmte Feldachse im Raume feststeht. (Ö. P. Nr. 103273 und Nr. 105627.)

Zur Ermöglichung der Verwendung einer günstigen Frequenz für die Zuleitung des Stromes bei Lokomotiven, denen Einphasenstrom zugeführt wird, ist von der Firma Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt in Vorschlag gebracht worden, als Umformer einen Phasen- und Frequenzumformer von 1 auf *n*-Phasen zu verwenden, der durch eine fremderregte Mehrphasenkommutatormaschine erregt und in seinen Spannungen im Rotor regelbar gemacht wird. Der Strom mit umgewandelter Frequenz kann entweder *n*-Einphasenwechselstrom-Kommutatormotoren oder Drehstrom-Asynchronmotoren mit Pol- und Kaskadenumschaltung für niedere Frequenz speisen. Für die Regelung der Motoren dient eine Kombination aus einem Stufentransformator und aus der Regelvorrichtung der Kommutatormaschine. (Ö. P. Nr. 106283.)

Chronik.

XXV. Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke in Wien (26. bis 30. Juni 1928.) Die diesjährige Hauptversammlung des Verbandes der Elektrizitätswerke wird in Wien in der Zeit vom 26. bis 30. Juni gemeinsam mit der Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. (Berlin) abgehalten.

Die Verhandlungen finden in den Räumen des Konzerthauses, III., Lothringerstraße 20 statt.

Tagesordnung:

Dienstag, 26. Juni nachmittags und Mittwoch, 27. Juni vormittags finden Sitzungen des Vorstandes des Verbandes und der Einkaufsgenossenschaft der Elektrizitätswerke, sowie die Hauptversammlung der letzteren statt. (Nur für Mitglieder.)

Donnerstag, 28. Juni, vormittags 8 Uhr 30 im großen Saal des Konzerthauses:

Haupttagung des Verbandes der Elektrizitätswerke gemeinsam mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke.

1. Begrüßung; 2. Jahresberichte der Vereinigung und des Verbandes; 3. Vorträge: *a*) Aufbau von Großkraftwerken für Höchstdruck unter besonderer Berücksichtigung des Benson-Kessels. Ober-Ing. Dr. Gleichmann, Berlin; *b*) Die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Hochspannungskabeltechnik. Prof. Dr. Petersen, Berlin.

Am Nachmittag finden Besichtigungen in vier Gruppen statt. (Abfahrt um 15 Uhr vom Konzerthaus.)

Gruppe *A*: *a*) Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Wien XX; *b*) Wiener Lokomotivfabriks-A.-G., Wien XXI, (100 at Kessel in Betrieb); *c*) Umspannwerk „Wien-Nord" der städtischen Elektrizitätswerke, Wien XXI. (Freiluftstation 100 kV/28 kV/5 kV.)

Gruppe *B*: *a*) Elektrische Glühlampenfabrik Joh. Kremenezky, Wien XX; *b*) Gleichrichterstation „Thury" (für Stadtbahnbetrieb) der städt. Elektrizitätswerke, Wien IX; *c*) Umspannwerk „Schmelz" der städt. Elektrizitätswerke, Wien XV. (Schalt- und Transformatorenanlage 28 kV/5 kV und Quecksilberdampfgleichrichter für Straßenbahn.)

Gruppe *C*: *a*) A. E. G. Union, Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien XXI; *b*) Elektrische Glühlampenfabrik „Watt" A. G., Wien XIX; *c*) Elektrische Stadtbahnstation Heiligenstadt, Wien XIX. (Fahrbarer Umformerwagen.)

Gruppe *D*: Kraftwerk „Simmering" der städtischen Elektrizitätswerke. (Hochdruckblock, 35 A, nahe der Vollendung.)

20 Uhr: Festabend im Sophiensaal, Wien, III., Marxergasse 17.

Digitized by Google

Freitag, den 29. Juni 1928, vormittags 9 Uhr (Großer Saal). (Fortsetzung der Vorträge:)

c) Erdschlußschutz parallel geführter Freileitungen. Priv.-Doz. Dr. Gauster, Wien; *d*) Experimentelle Wege zur Klärung des Ölschalterproblems und verwandter Aufgaben. Prof. Matthias, Berlin; *e*) Materialfragen für den Bau von Dampfturbinen. Ober-Ing. Quack, Bitterfeld.

Anschließend wird eine Aussprache über die Vorträge abgehalten.

Ausflüge auf den Kobenzl und auf den Hochschneeberg (am 30. Juni) beschließen die Tagung. Für die Damen der Teilnehmer sind besondere Veranstaltungen geplant.

Literaturberichte.

3661 **Galvanische Elemente.** Von Prof. Dr. Ing. A. Günther-Schulze, Berlin. (48. Band der Monographien über angewandte Elektrochemie). Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1928. 184 Seiten mit 44 Abb. und 18 Tabellen. Preis brosch. Mk. 13·—, geb. Mk. 14·80.

Trotz der vor allem durch die Radiotechnik wesentlich gestiegenen Bedeutung der galvanischen Elemente bringt erst dieses Buch für die deutsche Literatur eine moderne Behandlung derselben. Die Bearbeitung des nicht einfachen und vielleicht wegen der verhältnismäßig spärlichen Literatur unübersichlichen Stoffes ist dem Verfasser in ausgezeichneter Weise gelungen. Er leitet die Grundgesetze der galvanischen Elemente entsprechend dem Stand der Wissenschaft von der Elektronentheorie ab und baut darauf den ganzen theoretischen Teil auf, ohne daß die Verständlichkeit für den größten Teil der Leser deshalb gemindert wäre. Neben einer ausführlichen Besprechung aller Typen von galvanischen Elementen (einschließlich der Brennstoffelemente) und einem historischen Überblick bringt das Buch auch eine für den Gegenstand sehr wichtige Zusammenstellung über die darüber in Kraft befindlichen deutschen Patente mit knappen Inhaltsangaben. Den Abschluß des Bandes bildet ein Abschnitt über Verbesserungs- und Normalisierungsbestrebungen der deutschen Elementeindustrie samt den betreffenden Vorschriften des VDE und Tabellen über Ergebnisse von Prüfungen der Leistungsfähigkeit der Elemente. Dieser Abschnitt zeigt deutlich, welche Fortschritte in diese bis in die letzte Zeit mehr handwerksmäßig betriebene Industrie durch wissenschaftliche und systematische Nachprüfung gebracht wurden. Das anregend geschriebene Buch wird sicher viele Freunde finden.

B. Gerstmann.

3678 **Das elektrische Haus.** Von Dipl.-Ing. E. Rich. Ritter, Berlin-Wannsee. Verlag Schubert & C., Berlin-Charlottenburg, 1927. 90 S., 62 Bilder. Preis geb. Mk. 3·50, geh. Mk. 2·20.

Das vorliegende Buch ist als Anfang einer Bücherreihe gedacht, welche das Gebiet der Elektro-Wärmetechnik im Haushalt, Gewerbe, in der Industrie und Landwirtschaft besprechen soll. In fünf Abschnitten „Lage und Einteilung des Hauses; Elektrizität — das Mädchen für alles — als Licht, Kraft und Wärmequelle; Besonderheiten der elektrischen Küche; neuzeitliche Bügeltechnik; Wirtschaftlichkeitsfragen", wird alles, so weit es die Anwendung der Elektrizität im Haushalt berührt, einer eingehenden kritischen Betrachtung unterzogen. Im ersten Kapitel bespricht der Verfasser einleitend die Gründe für die getroffene räumliche Aufteilung seines „elektrischen Hauses", zufolge welcher erreicht wird, daß mit weitgehender Zuhilfenahme der Elektrizität nur ein Dienstbote an Stelle von drei eingestellt werden mußte. Im zweiten Kapitel wird ausgeführt, welche elektrischen Geräte zweckmäßig in den einzelnen Räumen Verwendung finden und welchen Einfluß diese auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Haushaltes üben. Je nach Wichtigkeit und Bedeutung werden alle auf dem Markte heute vorhandenen Elektrogeräte mehr oder minder eingehend behandelt und nötigenfalls an Hand von Diagrammen und Schnittzeichnungen erläutert. Das dritte Kapitel ist der elektrischen Küche vorbehalten, in welchem eine lehrreiche Tabelle, in der eigene und fremde Untersuchungen verwertet werden, einen interessanten Beitrag zu dem heute akut gewordenen Problem der elektrischen Vollküche gibt. Das vierte Kapitel über neuzeitliche Bügeltechnik enthält Ausführungen über richtiges und falsches Bügeln und gibt mit den eingefügten Arbeitsdiagrammen einen guten Überblick über den heutigen Stand. Das Schlußkapitel behandelt ausführlich die wirtschaftlichen Fragen und ist durch das zahlreiche Zifferumaterial, durch den gut geführten Vergleich zwischen Kohle, Gas und Elektrizität sowie durch Heranziehung verschiedener Stromtarife und Lebensverhältnisse besonders wertvoll und verdient von jedem Wirtschafttechniker gelesen zu werden.

Dr. Velisek.

3669 **Schaltbilder im Wärmekraftbetrieb.** Von Dr. Ing. W. Stender. 27 Seiten mit 91 Abb. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin 1928. Preis Mk. 1·80.

In der Wärmetechnik war bis vor kurzem ein Bedürfnis nach einer schematischen Darstellung umständlicher Schaltungen wie in der Elektrotechnik nicht vorhanden, sondern es ist erst durch die zunehmende Verbreitung der kombinierten Kraft- und Wärmeverbrauchsanlagen, sowie durch die Besonderheiten der Hochdruckdampfanlagen (Speisewasseranzapfung usw.) entstanden. Es ist daher auch kein Zufall, wenn die ersten Versuche des Ersatzes der mehr oder minder vereinfachten Darstellung von Kesseln, Maschinen usw. durch Symbole von Dr. Ruths stammen, dessen Vorschläge vom Verfasser der vorliegenden Schrift ausgebaut und in ein logisches System gebracht wurden, das auf Grund einiger leicht zu merkender Regeln den Entwurf und das Lesen eines wärmetechnischen Schaltbildes ermöglicht. Die Schaltbilder haben sich in der hier vorgeschlagenen Form bereits seit zwei Jahren bei den Siemens-Schuckert-Werken bewährt und sich auch schon vielfach in Zeitschriften und Büchern eingebürgert. Es wäre erwünscht, wenn sie, sei es genau nach den Vorschlägen des Autors oder vielleicht in etwas anderer Form in die Normen aufgenommen würden. Jedenfalls verdient die Schrift, die auch sehr anschauliche Vergleichsbeispiele der bisher üblichen umständlichen und unübersichtlichen, sowie der neuen einfachen Darstellung bringt, das Interesse aller mit Wärmeanlagen Befaßten.

Jellinek.

3019 **Die Wirtschaftskurve mit Indexzahlen der Frankfurter Zeitung,** Heft IV, 1927. Unter Mitwirkung von Ernst Kahn. Frankfurter Societäts-Druckerei G. m. b. H., Frankfurt a. M.

In diesem Buche werden für das letzte Jahresviertel die Vorgänge in Produktion und Umsatz am Geld- und Kapitalmarkt zurückblickend zusammengefaßt und wird, soweit dies möglich ist, versucht, Ausblicke für die Entwicklung der nächsten Zeit zu geben. Wenn auch in erster Linie die Verhältnisse in Deutschland behandelt werden, so finden doch die anderen Länder, besonders die Amerikas Erwähnung, durch die Europa ausschlaggebend beeinflußt wird. Zahlreiche Tabellen und statistische Bilddarstellungen, von denen einige wegen zu geringer Beschriftung nicht eben übersichtlich sind, begleiten den Text, der in einzelne Aufsätze gegliedert ist. In einer Reihe von Einzeldarstellungen werden unter anderem auch die Verhältnisse in Österreich von Dr. Benedikt Kautsky besprochen und in der allgemeinen Besserung der Lage ein gegen den Jahresschluß eingetretener Stillstand festgestellt. Interessant sind ferner die Schilderung des Aufbaues und der Entwicklung großer Konzerne, wie zum Beispiel des Arbed-Konzerns in der Montanindustrie Deutschlands, Belgiens, Frankreichs, Luxemburgs und des Saargebietes und andere mehr. Die internationale Elektrizitätsindustrie und ihre Verflechtung wird als Beispiel einer die ganze Welt umfassenden Gruppe in ihrer Teilung in Banken, Fabriken für elektrotechnische Erzeugnisse und in Elektrizitätswerke beschrieben. Bildliche Darstellungen erläutern die Zusammenhänge, welche man wohl selten derart zusammengestellt veröffentlicht finden wird.

Wl.

Digitized by Google

3664 **Der bildsame Zustand der Werkstoffe.** Von Dr. Ing. A. Nádai. VIII und 171 S. mit 289 Abb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 15·—, geb. Mk. 16·50.

Die ungeheure Zunahme des Verbrauches an metallischen Werkstoffen in den letzten Jahrzehnten und die durch die Fortschritte der Technik außerordentlich gesteigerten Anforderungen an die Werkstoffe haben bekanntlich dazu geführt, daß man der Untersuchung der Werkstoffe hinsichtlich aller in Frage kommenden Eigenschaften ein immer größeres Augenmerk zugewendet hat, das wohl am Besten durch die Werkstofftagung im vorigen Herbst anschaulich gemacht wurde. Während man sich zuerst in der Hauptsache mit den elastischen Formänderungen befaßte, ist jetzt, besonders seitdem die Legierungen in den Vordergrund traten, auch der plastische Zustand der Stoffe zum Gegenstand vieler Untersuchungen gemacht worden. Das vorliegende Buch bringt nun eine systematische Bearbeitung dieses heute so wichtigen Gebietes, und zwar sowohl die Theorie als auch eine Besprechung der vielen Versuche, die im wesentlichen die Richtigkeit der theoretischen Erwägungen bestätigt haben. Besonders ist hervorzuheben, daß der Verfasser verhältnismäßig wenig von mathematischen Hilfsmitteln Gebrauch gemacht hat und an den meisten Stellen die Grundlagen der Berechnungen entwickelt, so daß auch der nicht mit der höheren Elastizitäts- und Festigkeitslehre Vertraute das Buch ohne Schwierigkeiten durcharbeiten kann. Soweit in der Praxis die Bearbeitung durch Formänderung in Betracht kommt, können die Ergebnisse der Berechnungen und Versuche vielfach unmittelbare Anwendung finden, das Buch ist also nicht bloß für den wissenschaftlich arbeitenden Ingenieur, sondern auch für den im Betriebe stehenden bestimmt und auch geeignet. Mit Genugtuung kann dabei festgestellt werden, daß an der Entwicklung dieses Zweiges der technischen Wissenschaft Österreicher in hervorragendem Maße beteiligt sind (in erster Linie Prof. Ludwik, der Begründer der technologischen Mechanik) und daß man sich an den deutschen Universitäten in immer steigendem Maße Aufgaben zuwendet, die für die Technik praktische Bedeutung haben, schließlich aber auch, wie das Beispiel des Verfassers und anderer Hochschullehrer zeigt, daß an den deutschen Universitäten die Gleichberechtigung der aus den technischen Hochschulen hervorgegangenen Naturwissenschaftler bereits zur Tatsache geworden ist.

Jellinek.

Neue Druckschriften.

Wasserkraft und Wasserwirtschaft. Sonderheft für Gewässerkunde (Heft 7 von 1928). 28 S. R. Pflaum, Druckerei- und Verlags A. G., München 1928. Preis RM. 2·50.

Aus einer Reihe von auch für den Wasserkrafttechniker interessanten Beiträgen über Gewässerkunde enthält das Heft noch einen umfangreichen, besonders beachtenswerten Aufsatz von Dr. O. Lütschg (Zürich), über Erfahrungen mit dem Titrationsverfahren für Wassermessungen.

Wirtschaftliche Nachrichten.

AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1927.) Im abgelaufenen Geschäftsjahr war keine Minderung der die freie Entfaltung der Wirtschaft behindernden Umstände zu vermerken, obzwar die in Österreich und bei den affilierten Gesellschaften im Auslande erzielten Umsätze eine weitere Steigerung erfahren haben und das Ergebnis der Vorkriegszeit nicht unbedeutend übertreffen. Dem Export stehen in unverminderter Schärfe die Zollgrenzen der Nachbarländer im Wege. Im gleichen Sinne wirken sich die die Erzeugung nach wie vor gerade in Österreich und nicht zuletzt in Wien verteuernden sozialen Lasten aus, wenn es auch zum Teil gelungen ist, diese Wirkungen durch systematische Rationalisierung der Erzeugung zu mildern. Auch die Übersteuerung steht der Kapitalsbildung und damit der Rationalisierung der Produktion aller Industriezweige und der meisten Gewerbe durch Anschaffung von Erzeugnissen der Elektrotechnik im Wege. Der geschilderten Sachlage Rechnung tragend, wurde die Werbetätigkeit im Inlande, insbesondere auch durch Anteilnahme an anderen Gesellschaften, entfaltet. Auf die gleichen Motive ist der Ankauf der Bodenbacher Fabrik der Bergmannwerke in der Tschechoslowakischen Republik durch die AEG Elektrizitäts A.-G., Prag, und paritätische Beteiligung der Böhm.-Mähr. elektrotechnischen Werke Fr. Krizik an der Letzteren, zurückzuführen. Der Erfolg der Bemühungen, die Fabrikation zu rationalisieren, hat eine wirksame Förderung durch die von der AEG Berlin erteilten Exportaufträge erfahren. Insgesamt waren in allen von dem Unternehmen kontrollierten Organisationen am Jahresschluß 3036 Angestellte und Arbeiter tätig. Die Bahnabteilung war mit der Durchführung der im Vorjahr getätigten Aufträge gut, wenn auch nicht lohnend, beschäftigt. Die Lieferungen an die Österreichischen Bundesbahnen, in scharfem Kampf zu Preisen der Auslandskonkurrenz erstanden, erweisen sich zufolge ihres Umfanges immerhin als wertvolle Regieträger der Fabrikation. Zu den in Arbeit befindlichen 17 schweren Güterzugslokomotiven sind weitere 5 Stück bestellt worden. Bis auf geringfügige Arbeiten ist die Fahrleitungsanlage der Brennerstrecke mit 73 Gleis-km fertiggestellt und die weitere Herstellung von 68 Gleis-km Fahrleitung der Strecke Schwarzach-St. Veit — Bruck-Fusch in Auftrag genommen worden. Für eine 250 pferdige regelspurige Diesellokomotive wurde die elektrische Einrichtung geliefert. Nach 24 Betriebsjahren wurde die neuerliche Ausrüstung der vier vierachsigen Triebwagen der Stubaitalbahn, der ersten mit 50 Perioden betriebenen Wechselstrombahn, mit von 40 auf 55 PS verstärkten Motoren bestellt. An dem alljährlichen Bedarf der Gemeinde Wien, Städtische Straßenbahnen, war die AEG-Union wieder angemessen beteiligt. Die Abteilung für Kraftwerke und Leitungsanlagen war durch Nachlieferungen für die Ausgestaltung und den Umbau bestehender Kraftwerke gut beschäftigt. Die Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. hat zu der im Vorjahr bestellten, aus 25 000 kVA Generator und Transformator bestehenden Gruppe eine zweite Gruppe gleicher Leistung bestellt; die Stadt Innsbruck gab zwei 7500 kVA Aggregate gleich den im Vorjahr bestellten, einschließlich der gesamten Schaltanlage, in Auftrag. Die schon seit längerer Zeit geplante, den zeitgemäßen Anforderungen entsprechende Ausgestaltung des Netzes der Wiener Städtischen Elektrizitätswerke ist wider den gehegten Erwartungen noch nicht in Angriff genommen worden. Der im vorjährigen Bericht erwähnte Ausbau des Unterwerkes Wien-Nord wurde fertiggestellt. Auch wurde die im Vorjahr seitens der Städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien bestellte Umformerstation mit drei Konvertern von je 2000 kVA samt zugehörigen Transformatoren und Schaltanlagen dem Betriebe übergeben und arbeitet seit Inbetriebsetzung mit gutem Erfolg. Ebenso befriedigend gestaltet sich der Betrieb der im Vorjahr für die Stadt- und Straßenbahn der Gemeinde Wien gelieferten Gleichrichterstationen. Die Städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien gaben unter anderem einen Transformator für eine Leistung von 20 000 kVA und 70 000 V, ferner zwei größere Schaltstationen für das Kabelnetz und zirka 50 Transformatoren mittlerer Größe für die Energieverteilung im Netz in Auftrag. Die Bemühungen für den Absatz der Sonderkonstruktionen für den Schutz von Maschinen, Transformatoren und Netzen waren von Erfolg begleitet; die Zahl der bisher eingebauten Distanzrelais überschreitet bereits 400 Stück, die Zahl der Erdstromlöschspulen beträgt 63 mit 12 800 kVA Leistung; hievon wurden im Betriebsjahr 17 Spulen mit 6150 kVA geliefert. Auch die zum Schutze von Transformatoren dienenden Buchholzrelais erfreuen sich steigender Beliebtheit. Von im Berichtsjahr ausgeführten Leitungsanlagen ist die für die Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. ausgeführte 125 kV-Leitung Innsbruck — Scharnitz, über welche die Stromlieferung nach

Digitized by Google

Bayern erfolgt, besonders bemerkenswert. Im Industriegeschäft war eine regere Investitionstätigkeit auch im laufenden Geschäftsjahr kaum zu verzeichnen. Die günstigere Konjunktur der Textil-, Papier- und Druckindustrie brachte in Verbindung mit der zunehmenden Anwendung des Einzelantriebes immerhin einige Beschäftigung. Die im laufenden Jahre in Betrieb gesetzten Kaskadenrostanlagen haben sich sehr gut bewährt und lassen eine weitere günstige Entwicklung dieses Geschäftes erhoffen. Diese Bauart bedeutet einen sehr aussichtsreichen Fortschritt auf dem Gebiete der Verwertung der minderwertigen Inlandskohle. Die nunmehr seit Längerem mit bestem Erfolge in Betrieb stehenden Anlagen: Großkraftwerk Ignazschacht (Tschechoslowakische Republik), Gaswerk Wien, Kraftwerk Gratwein der Leykam-Josefsthaler Papierfabrik u. a. können auf diesem Gebiete als vorbildliche Anlagen genannt werden. Die Abteilung für Hebezeuge, Werkzeugmaschinen und Schweißanlagen war in der Lage, den Umsatz gegen das Vorjahr hauptsächlich durch Export erheblich zu steigern. Zu erwähnen sind größere Kran- und Baggeranlagen für die Österreichische Alpine-Montangesellschaft und die Lieferung der elektrischen Ausrüstungen von 12 Kranen für die Eisenbahnreparaturwerkstätte in Bukarest. Die in einer Einheit zusammengefaßten Bagger- und Schutenentleerer für die Donau-Regulierungskommission sind nunmehr zur Gänze in Betrieb gekommen und der zur Anwendung gekommene elektrische Einzelbetrieb hat vollständig entsprochen. Ferner wurde eine größere Anzahl von Elektrostahlöfen in Auftrag genommen. Für das ostgalizische Rohölgebiet wird die Erweiterung einer Turbozentrale, sowie mehrere Bohr- und Förderanlagen für Rohölförderung geliefert, für Giesche's Erben, Kattowitz, drei Stück Synchronmotorgeneratoren von je 2800 kW, 10 000 A für Zinkelektrolyse. Aus dem Reingewinn von 459 165 S werden auf das A. K. von 7·2 Mill. S. 6 vH Dividende bezahlt. Im Rechnungsabschlusse sind Grundstücke und Gebäude mit 9·65 Mill. S. bewertet, Maschinen und Werkzeuge mit 2·24 Mill. S und Vorräte mit 5·33 Mill. S.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	7. V. 1928	9. V. 1928	11. V. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134³/₄	134³/₄	134³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214
Reis-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350
Antimon-Regulus	90—96	90—96	90—96

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 11. Mai 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	66	10	0	67	0	0
Wire bars	67	0	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	61	15	0	61	16	3
Standard { 3 Monate .	62	0	0	62	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	232	10	0	233	10	0
Standard { Kassa . .	232	7	6	232	10	0
Standard { 3 Monate .	231	15	0	232	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	0	0	—	—	-
Zink:						
Ordinary brands . .	26	6	3	25	18	9
Remelted	26	5	0	—	—	-
English Swansea . .	26	16	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Vereins-Nachrichten.

Normblattentwürfe.

Einspruchsfrist: 20. Juni 1928.

Nachstehend gelangen folgende Normblattentwürfe zur Veröffentlichung:

Prot. Nr. 401/1: ÖNORM E 1300. Blitzpfeile.
Prot. Nr. 265/2: ÖNORM E 5960. Elektrische Maschinen, Maßbezeichnungen.
Prot. Nr. 473/1: ÖNORM E 5965. Elektrische Maschinen, Leistungschilder.
Prot. Nr. 229/3: ÖNORM E 5955. Elektrische Maschinen, Achshöhen.
Prot. Nr. 472/1: ÖNORM E 3505. Dynamobleche.

Zu den Entwürfen ist zu bemerken:

ÖNORM E 1300. Blitzpfeile.

Der Entwurf bringt die Größenabmessungen von Blitzpfeilen, welche im Sinne der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" als solche oder auf Warnungstafeln dort anzubringen sind, wo Personen vor der Berührung spannungführender Teile elektrischer Anlagen gewarnt werden sollen. Das Blatt stimmt grundsätzlich mit dem deutschen Normblatt DIN VDE 6 überein, jedoch werden für Österreich im Interesse geringerer Lagerhaltung zu bevorzugende Nennmaße vorgeschlagen.

ÖNORM E 5960. Elektrische Maschinen, Maßbezeichnungen.

Der Entwurf legt einheitliche Bezeichnungen, der für elektrische Maschinen und zwar für Schildlagermaschinen mit ein- oder zweipoligen Wellenstümpfen, für Stehlagermaschinen auf Grundplatte mit ein- oder zweipoligen Wellenstümpfen und für Schildlagermaschinen mit Riemenscheiben auf Spannschienen, hauptsächlichst in Betracht kommenden Maße fest; der Entwurf stimmt mit dem deutschen Normblatte DIN VDE 2939 überein.

ÖNORM E 5965. Elektrische Maschinen, Leistungsschilder.

Der Entwurf enthält Richtlinien über die auf den Leistungschilder elektrischer Maschinen anzuwendenden Bezeichnungen, welche in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" (EVW 7) des Elektrotechnischen Vereines vorgeschrieben sind; der Entwurf stimmt mit dem deutschen Normblatt DIN VDE 2961 überein.

ÖNORM E 5955. Elektrische Maschinen, Achshöhen.

Der Entwurf behandelt das bereits herausgegebene Normblatt ÖNORM E 5955 über: „Wellenmittelhöhen elektrischer Maschinen", in welchem als Nachtrag die zulässigen Abweichungen hiefür angegeben sind; da die Abweichungen Minusabweichungen sind, stellen die genormten Achshöhen Größtmaße dar. Der Entwurf stimmt überein mit dem deutschen Normblatt DIN VDE 2940.

ÖNORM E 3505. Dynamobleche.

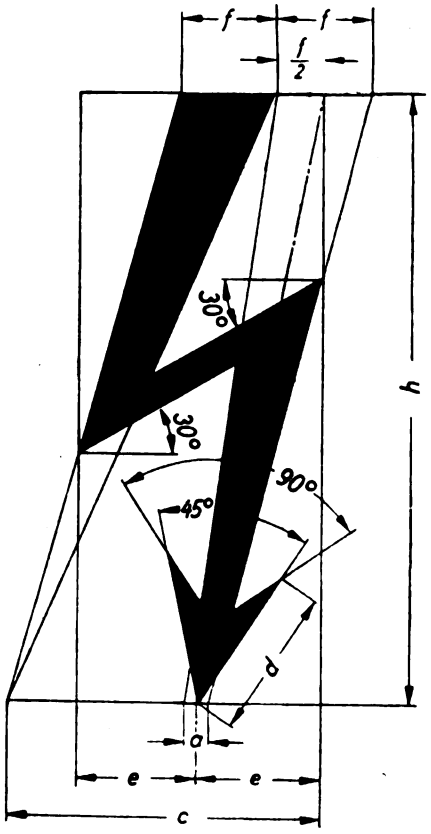
Der Entwurf enthält die technischen Lieferbedingungen für Dynamobleche der Arten I (Normale Dynamobleche), II (Schwachlegierte Bleche), III (Mittelstark legierte Bleche) und IV (Hochlegierte Bleche); es werden festgelegt: die Größe und Dicke der Bleche mit den zulässigen Abweichungen, die spezifischen Gewichte, Mindestbiegezahlen, Größtwerte der Verlustzahlen, Größtwerte der Verlustzunahme und die Kleinstwerte der magnetischen Induktion; der Entwurf ist gleichlautend mit dem deutschen Normblatt DIN VDE 6400.

Wien, im Mai 1928.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Digitized by Google

ÖNIG GES. GESCH.	# Blitzpfeile	ÖNORM ENTWURF 1 E 1300



Bezeichnung eines Blitzpfeiles mit h = 64 mm: Blitzpfeil 64 ÖNORM E 1300

Maße in mm

Nennmaß h	c	d	e	f	a
25	**13**	**6**	**5**	**4**	**1**
32	*16*	*8*	*6,5*	*5*	*1,2*
40	**20**	**10**	**8**	**6,4**	**1,6**
50	*26*	*12*	*10*	*8*	*2*
64	**33**	**16**	**13**	**10**	**2,5**
80	*41*	*20*	*16*	*12,8*	*3*
100	*51*	*25*	*20*	*16*	*4*
125	**64**	**32**	**25**	**20**	**5**
160	*82*	*40*	*32*	*26*	*6*
200	**102**	**50**	**40**	**32**	**8**

Farbe des Pfeiles: Leuchtend rot
Die Maße gelten für alle Blitzpfeile, die geätzt, gemalt, abgezogen, usw. werden.
Die fettgedruckten Zahlen sind bevorzugte Maße.

Prot.-Nr. des ÖNIG: 401/1

Elektrotechnischer Verein in Wien.

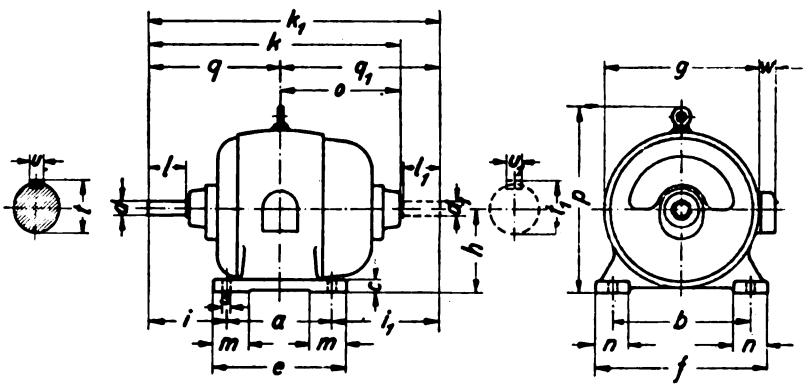
Digitized by Google

ÖNIG
GES. GESCH.

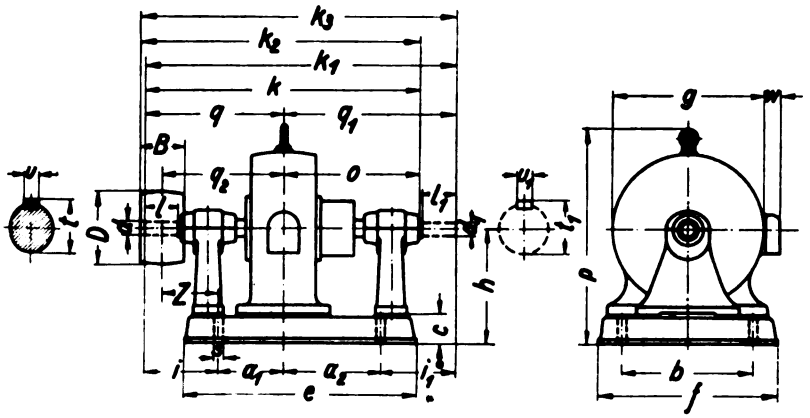
Elektrische Maschinen
Maßbezeichnungen

ÖNORM
ENTWURF 2
E 5960

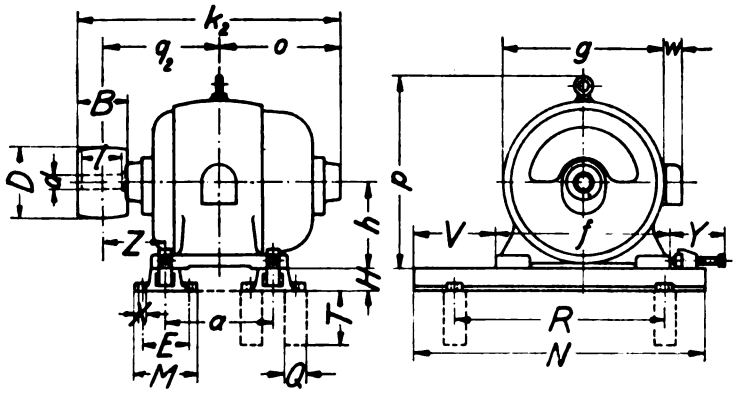
1. Schildlager-Maschine mit 1 oder 2 Wellenstümpfen



2. Stehlager-Maschine auf Grundplatte mit 1 od. 2 Wellenstümpfen



3. Schildlager-Maschine mit Riemenscheibe, auf Spannschienen



a Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses in Achsrichtung
a₁ a₂ Abstand der Befestigungslöcher der Grundplatte von Mitte Maschine in Achsrichtung
b Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses oder der Grundplatte quer zur Achsrichtung
c Fußstärke oder Grundplattenhöhe
d d₁ Durchmesser der Wellenstümpfe (*d* auf der Antriebseite, *d₁* auf der Bürstenseite)
e Länge des Fußes oder der Grundplatte in Achsrichtung
f Breite des Fußes oder der Grundplatte quer zur Achsrichtung
g Größter Durchmesser der Maschine
h Achshöhe, d. h. Unterkante Fuß od. Unterkante Grundpl. b. Mitte Welle
l l₁ Mitte Befestigungslöcher b. Wellenende (*l* auf der Antriebseite, *l₁* auf der Bürstenseite)
k k₁ Gesamtlänge der Maschine mit 1 oder 2 Wellenstümpfen
k₂ k₃ Gesamtl. d. Maschine mit Riemenscheibe u. 1 oder 2 Wellenstümpfen
l l₁ Länge der Wellenstümpfe
m Länge der Auflage des Fußes in Achsrichtung
n Breite der Auflage des Fußes quer zur Achsrichtung
o Mitte Maschine bis Außenkante Lager auf Bürstenseite
p Gesamthöhe, d. h. Unterkante Fuß oder Unterkante Grundplatte bis höchsten Punkt der Maschine
q q₁ Mitte Maschine bis Wellenende
q₂ Mitte Maschine bis Mitte Riemenscheibe
s Durchmesser d. Befestigungslöcher des Fußes oder der Grundplatte
t t₁ Unterkante Welle bis Oberkante Paßfeder
u u₁ Breite der Paßfeder
w Ausladung des Anschlußkastens
B Breite der Riemenscheibe
D Durchmesser der Riemenscheibe
E Abstand der Befestigungslöcher der Spannschienen in Achsrichtung der Maschine
H Höhe der Spannschienen
M Breite der Spannschienen
N Länge der Spannschienen
Q Durchmesser oder Seitenlänge des Fundamentloches
R Abstand der Befestigungslöcher der Spannschienen quer zur Achsrichtung der Maschine
T Tiefe des Fundamentloches
V Größte Verschiebung der Maschine auf Spannschienen
X Durchmesser der Befestigungslöcher der Spannschienen
Y Länge der Spannschraube einschließlich Kopf
Z Mitte Befestigungslöcher der Maschine bis Mitte Riemenscheibe

Prot.-Nr. des ÖNIG: 265/2

Elektrotechnischer Verein in Wien

Digitized by Google

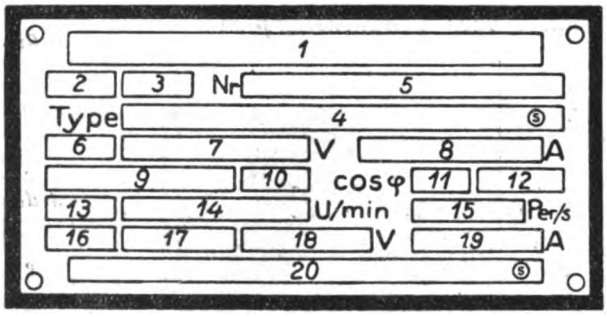
ÖNIG
GES. GESCH.

Elektrische Maschinen

Leistungschilder

Richtlinien

ÖNORM
ENTWURF 1
E 5965



Die nachstehenden Angaben entsprechen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien (EVW 7)

Feld	Erklärung
1	Hersteller oder Ursprungzeichen
2	Stromart. Folgende Abkürzungen sind zulässig: G für Gleichstrom E für Einphasenstrom Z für Zweiphasenstrom D für Drehstrom S für Sechsphasenstrom
3	Arbeitsweise. Folgende Abkürzungen sind zulässig: Gen für Generator Mot für Motor Phas für Phasenschieber EU für Einankerumformer KU für Kaskadenumformer
4	Modellbezeichnung (Type) oder Listennummer der Maschine. Kennzeichen am Ende des Feldes für schlagwettergeschützte Maschinen
5	Fabriknummer (Maschinennummer)
6	Schaltart unter Benutzung folgender Zeichen: I Einphasen offen ⊥ Einphasen mit Hilfsphase L Zweiphasen verkettet X Zweiphasen unverkettet (Vierphas.) Y Dreiphasen Stern Y Dreiphasen Stern mit herausgeführtem Nullpunkt Δ Dreiphasen Dreieck III Dreiphasen offen I^n n-phasen offen zB I^6 Sechsphasen offen Bei Dreiphasenläufern fällt das Schaltzeichen fort
7	Nennspannung, bei Umformern die Nenngleich- und Nennwechselspannung
8	Nennstrom, bei Umformern der Nenngleichstrom und Nennwechselstrom
9	Nennleistung in kW oder W bei allen Motoren, bei Gleichstrom- und Asynchrongeneratoren und Wechselstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformern Nennleistung in kVA bei Synchrongeneratoren, Synchron-Phasenschiebern und Gleichstrom-Wechselstrom-Einanker-Umformern
10	Abkürzung kW, kVA, W oder VA
11	Nennleistungsfaktor cos φ Bei Synchrongeneratoren, die voreilenden kapazitiven Blindstrom liefern sollen und bei Synchronmotoren und Phasenschiebern, die nacheilenden induktiven Blindstrom aufnehmen sollen, ist das Zeichen „u" (untererregt) hinzuzufügen
12	Betriebsart A Dauerbetrieb: Kein Vermerk B Kurzzeitiger Betrieb: KB und vereinbarte Betriebszeit C Aussetzender Betrieb: AB und relative Einschaltdauer
13	Drehrichtung: Rechtslauf von Antriebseite Linkslauf von Antriebseite
14	Nenndrehzahl
15	Nennfrequenz
16	Schaltart für Erregung vgl. 6
17	Das Wort „Erregung" bei Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen und Einanker-Umformern, das Wort „Läufer" bei Asynchronmaschinen
18	Nennerregerspannung oder Läuferstillstandspannung
19	Erregerstrom bei Nennbetrieb (bei Erregerstrom über 10 A) oder der Läuferstrom
20	Zusätzliche Vermerke (Kühlmittelmenge bei Fremdlüftung, Wasserkühlung usw.)

Formate und Lochabstände der Schilder siehe ÖNORM . . . .

Prot.-Nr. des ÖNIG: 473/1

Elektrotechnischer Verein in Wien

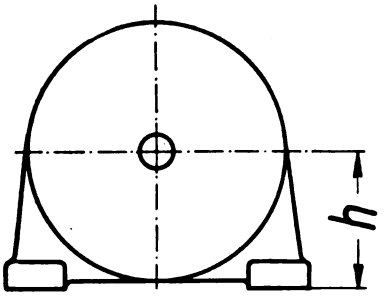
Digitized by Google

ÖNIG
GES. GESCH.

Elektrische Maschinen

Achshöhen

ÖNORM
ENTWURF 1
E 5955



Achshöhe h in mm

	100	200	400	800
52	105	(210)	(425)	(850)
56	112	225	450	900
60	118	(235)	(475)	(950)
64	125	250	500	1000
68	132	(265)	(530)	
72	140	280	560	
75	150	(300)	(600)	
80	160	320	640	
85	170	(340)	(680)	
90	180	360	720	
95	190	(380)	(760)	

Die eingeklammerten Werte sind möglichst zu vermeiden.

Zulässige Abweichungen für die Achshöhe h

Die angegebenen Werte sollen bei den elektrischen Maschinen Größtmaße mit Minusabweichung sein.

Achshöhe h	Zulässige Abweichungen
52 bis 250	− 0·5
265 bis 600	− 1
640 bis 1000	− 1·5

Digitized by Google

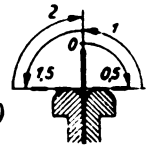
ÖNIG
GES. GESCH.

Dynamobleche

Technische Lieferbedingungen

ÖNORM
ENTWURF 1
E 3505

Bezeichnung eines Dynamobleches Art II (schwach legiert) von 0·5 mm Dicke und 1000 × 2000 mm Größe:
Dynamoblech II × 0·5 ÖNORM E

Art		I normale Dynamobleche				II schwach legierte Bleche	III mittelstark legierte Bleche	IV hochlegierte Bleche		Bemerkungen
Größe mm zul. Abweichung ± 10 vH		1000 × 2000				1000 × 2000	1000 × 2000	750 × 1500	1000 × 2000	Größere Formate sind erhältlich. Für kleinere bisher handelsübliche Formate mit geringen Abweichungen soll bei größeren Bestellungen kein Ueberpreis gefordert werden.
Dicke mm zul. Abweichung ± 10 vH		0·5	0·75	1·0	1·5	0·5	0·5	0·35	0·5	Grübchen oder Warzen dürfen nicht in größerer Anzahl vorhanden sein. Die Blechdicke soll nicht an solchen Stellen festgestellt werden.
Spezifisches Gewicht	mit Zunder	7·8				7·75	7·65	7·55		Die Werte sind unabhängig von den Meßwerten für die Berechnung der Verluste maßgebend. Arten I, II u. III werden im allgemeinen nicht durch Beizen entzundert. Wird Entzundern durch Beizen verlangt, so unterliegt dies besonderer Vereinbarung hinsichtl. Mehrpreis und Lieferungsmöglichkeit. Art IV ist dagegen durch Beizen stets zu entzundern.
	entzundert	7·85				7·8	7·7	7·6		
Biegezahl[1]) (Mindestwert) 		10	—	—	—	10	10	2		Die Zahlen gelten nur als unverbindliche Richtwerte. Die Stanzfähigkeit der Bleche wird gewährleistet.
Verlustzahlen in Watt (Größtwert)	V_{10}	3·6	—	8	—	3·0	2·3	1·3	1·7	Die Verlustmessung geschieht bei 20° C durch Epstein-Apparat bei 50 Per/s mit praktisch sinusförmiger Spannungskurve nach dem einfachen Wattmesser- oder Differentialverfahren. Die Verluste sind anzugeben in Watt/kg: bei 10 000 Gauß als V_{10} bei 15 000 Gauß als V_{15}
	V_{15}	8·6	—	19	—	7·4	5·6	3·25	4·0	
Alterung in vH (Verlustzunahme) (Größtwert)		9				7·5	6·5	5		Die Alterung wird durch eine Erwärmung der Bleche während 600 Stunden bei einer Temperatur von 100° C herbeigeführt.
Magnetische Induktion (Kleinstwerte)	B_{25}	15 300		—		15 000	14 700	14 300		Die Bestimmung der magnetischen Induktion geschieht durch Epstein-Apparat nach Gumlich-Rogowski oder Differentialverfahren nach Siemens & Halske. Zur Beurteilung der Magnetisierbarkeit dient die Angabe der Induktion bei 25 50 100 300 AW/cm als B_{25} B_{50} B_{100} B_{300}. Die vorgeschriebenen Zahlen sind Kleinstwerte. Bei Bestellung werden nur 2 Induktionswerte nach Wahl vorgeschrieben. In Zweifelsfällen entscheidet das Ergebnis der Untersuchung durch die . . .
	B_{50}	16 300		—		16 000	15 700	15 500		
	B_{100}	17 300		-		17 100	16 900	16 500		
	B_{300}	19 800		—		19 500	19 300	18 500		

[1]) **Umbiegeversuch.** Zur Beurteilung der Zähigkeit: Es wird ein in der Walzrichtung entnommener Blechstreifen von 30 mm Breite bei 20° C zwischen Klemmbacken mit einem Rundungshalbmesser von 5 mm um 180° hin- und hergebogen. Als halbe Biegung zählt eine Biegung um 90° in jeder Richtung. Die Reihenfolge der Biegungen ist in dem oberen Bild durch die mit Pfeil versehenen Linien festgelegt, wobei die angegebenen Ziffern die Biegezahlen bedeuten. Die Biegezahlen der Zahlentafel geben die Mindestzahl der Biegungen bis zum Eintritt des Bruches an.

Probeentnahme. Jeder Lieferung sind für je 2·5 t mindestens 4 Probetafeln zu entnehmen. Aus diesen Tafeln sind Streifen 30 × 500 mm im Gesamtgewicht von 10 kg mit scharfem Werkzeug gratfrei zu schneiden und zwar die eine Hälfte der Streifen in Walzrichtung, die andere Hälfte quer dazu.

Zur Verlustmessung und Bestimmung der magnetischen Induktion sind diese Streifen abwechselnd zu schichten.

Prot.-Nr. des ÖNIG: 472/1

Elektrotechnischer Verein in Wien

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 27. Mai 1928 | Heft 22

Schweißtechnik 1928

Das vorliegende Sonderheft enthält die Vorträge, welche gelegentlich der gemeinsamen Tagung des österreichischen und deutschen Fachausschusses für Schweißtechnik im VDI vom 16. bis 18. Februar 1928 in Wien gehalten wurden.

In besonders dankenswerter Weise hat es der Elektrotechnische Verein in Wien mit Unterstützung des Fachausschusses für Schweißtechnik beim Verein Deutscher Ingenieure (Berlin) übernommen, diese Vorträge gesammelt in seinem Organ „Elektrotechnik und Machinenbau" zu veröffentlichen und sie damit einem weiten Kreise von Interessenten zugänglich zu machen. Zu den Untersuchungen, die einzelnen der Vorträge zu Grunde lagen, hat das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin, geldliche Unterstützung gewährt.

Es ist zu hoffen, daß durch die Veröffentlichung der Erfolg der Tagung in bedeutendem Maße erhöht wird und daß vor allem der Hauptzweck dieser Tagung erreicht wird, nämlich allen technisch interessierten Kreisen zu zeigen, was in der Schweißtechnik hinsichtlich wissenschaftlicher, praktischer und wirtschaftlicher Untersuchungen in jüngster Zeit geleistet wurde.

An dieser Stelle sei es noch gestattet, allen jenen Herren zu danken, die in aufopfernder Weise das Zustandekommen und Gelingen der Schweißtechnischen Tagung und des vorliegenden Sonderheftes ermöglicht haben.

Für den Österr. Verein Deutscher Ingenieure:

Der Schriftführer des Fachausschusses für Schweißtechnik:
Ing. F. **Ellmann.**

Der Vorsitzende:
Baurat Ing. P. **Bretschneider.**

Reihe der Vorträge, nach Materien geordnet:

Seite

Versuche mit dem Oszillographen zur Erforschung der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen. Von Ing. Karl Bung, Köln a. Rh. 490

Neueste Versuche mit Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik. Von Dipl. Ing. Kantner, Wittenberge 495

Vorschläge über Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogenschweißgeneratoren und Lichtbogenschweißumformern. Von Ing. Ernst Schwarz, Wien 509

Wirtschaftlichkeitsfragen der gesamten Schweißtechnik. Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke, Chemnitz . . 511

Einfluß des Schweißens auf die Gestaltung. Von Prof. Dr.-Ing. A. Hilpert, Charlottenburg 515

Maschinelle Auftrags- und Nahtschweißung mit elektrischem Lichtbogen. Von Dr. E. Rosenberg, Weiz, Steiermark 517

Ersparnis an Löhnen, Gewicht- und Profilsorten beim vollständigen Schweißen eines 200 t-Ölleichters. Von Dr.-Ing. W. Strelow, Hamburg 521

Seite

Schweißung von Nichteisenmetallen. Von P. Bardtke, Wittenberge 523

Richtlinien zur Beurteilung und Abnahmeversuche für blanke (nicht umhüllte) Schweißdrähte. Von Ing. J. Fuchs, Kapfenberg, Steiermark 527

Über blanke und ummantelte Stäbe, Einfluß der Ummantelung auf die Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung. Von Ing. J. Titscher, Linz a. d. D. 534

Neueste Werkzeuge in der Gasschmelzschweißung. Von Ing. R. Brendler, Wien 538

Verwendung von gelöstem Acetylen oder Entwicklergas. Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der porösen Massen für Acetylenflaschen. Von Dr. W. Rimarski, Berlin 541

Die deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel und die Bewertung der Schweißnähte. Von Dipl. Ing. K. Vigener, Halle a. d. S. 553

Unfälle und Unfallverhütung bei Elektro- und Gasschmelzschweißung. Von Ing. F. Osswald, Wien 556

Anschließend:

Die Elektroschweißung auf der Sonderschau der Wiener städtischen Elektrizitätswerke S. 560. — Rundschau S. 562. Literaturberichte S. 564.

Digitized by Google

Versuche mit dem Oszillographen zur Erforschung der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen.

Von Ingenieur Karl **Bung**, Leiter des elektrischen Schweißlaboratoriums an den Staatl. Vereinigten Maschinenbauschulen in Köln.

An Hand von Oszillogrammen wird das elektrische Verhalten der verschiedenen Dynamomaschinen und Transformatoren beim Schweißen gezeigt. Es werden Schlußfolgerungen gezogen, welche den Werkstoffübergang im Lichtbogen und den Einfluß der Maschinen und Schweißdrähte zu klären suchen.

Um die Vorgänge im elektrischen Metallichtbogen bzw. den Werkstoffübergang von der Schweißelektrode zum Werkstück zu erfassen, kann man verschiedene Wege beschreiten. Am naheliegendsten ist wohl der, den elektrischen Lichtbogen zu photographieren. Jedoch treten hier, wenigstens bei Verwendung von normalen lichtempfindlichen Platten in bezug auf die Expositionsdauer und Geschwindigkeit des Werkstoffüberganges sehr große Schwierigkeiten auf. Ein anderer Weg wurde von der Chicago Steel & Wire Comp. beschritten, indem sie mit einem Filmstreifen, der eigens zu dem Zweck durchgebildet war und auf ultrarote, also Wärmestrahlen reagierte, Zeitlupenaufnahmen machte. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde der Weg von der elektrischen Seite aus gewählt in der Annahme, daß die sehr feinen Schwankungen von

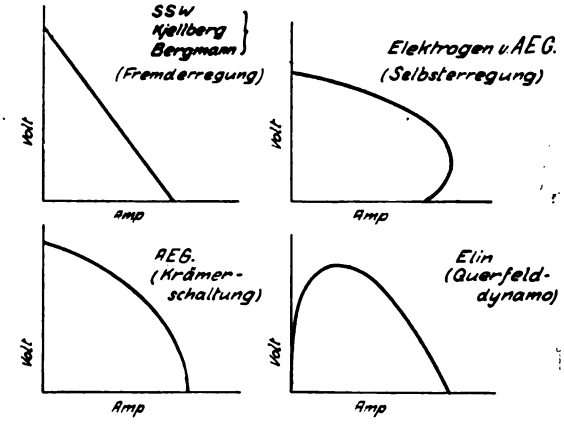


Abb. 1. Statische Charakteristiken von Schweißmaschinen.

Strom und Spannung Schlüsse zuließen auf die Vorgänge im Lichtbogen selbst. Um zum Ziel zu kommen, wurde ein Oszillograph zu Hilfe genommen, welcher vermittels eines Meßsystems von sehr hoher Eigenschwingung — im vorliegenden Falle etwa 6000/sec — durch einen Lichtstrahl auf einem sich bewegenden Filmstreifen die Strom- und Spannungsschwankungen aufzeichnet.

Die Versuche wurden durchgeführt an fast allen handelsmäßigen Typen von Schweißmaschinen unter zu Hilfenahme der verschiedensten Elektrodensorten. Es ist selbstverständlich im Rahmen dieses Vortrages nicht möglich, alle Versuche zu erfassen, jedoch soll eine allgemeine Zusammenfassung der gesamten Arbeiten in einem gesonderten Forschungsheft des VDI veröffentlicht werden. In dieser Arbeit werden auch die Versuche mit dem ultraroten Film berücksichtigt.

Nach Art der Schaltung unterscheidet man in der Hauptsache zwischen vier Gattungen von Gleichstrom-Schweißdynamos. Die sogenannten Belastungscharakteristiken dieser Maschinen, das heißt die Spannung in Abhängigkeit vom Belastungsstrom aufgetragen, sind in Abb. 1 gezeigt. Da diese Charakteristiken bei ruhender Belastung

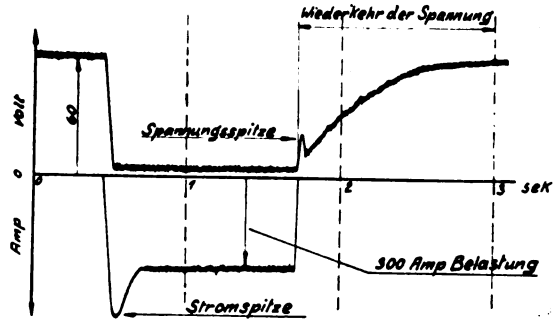


Abb. 2. Erklärungs-Oszillogramm.

aufgenommen sind, seien sie fortan als statische Charakteristiken bezeichnet, im Gegensatz zur dynamischen Charakteristik, welche das Verhalten der verschiedenen Maschinen bei schnell wechselnder Belastung zeigt. So kann es zum Beispiel vorkommen, daß Maschinen gleicher statischer Charakteristik sich dynamisch grundverschieden verhalten, da der Schweißvorgang, wie später gezeigt, eigentümliche Anforderungen an das Verhalten der Maschinen stellt.

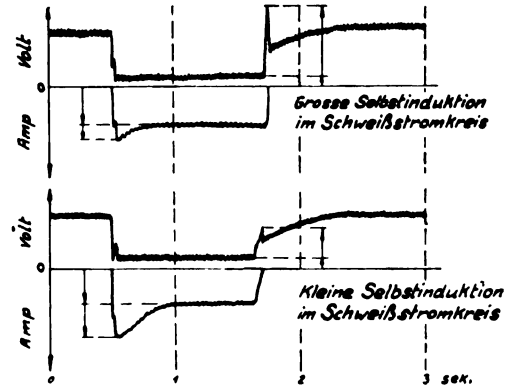


Abb. 3. Einfluß der Selbstinduktion.

In Abb. 2 ist zum Beispiel zur allgemeinen Erläuterung ein Kurzschlußvorgang bei irgendeiner Schweißdynamo im Oszillogramm gezeigt[1]). Der Vorgang geht über 3 sec. Die Spannung und

[1]) Die Oszillogramme sind teilweise mit gemeinsamer und mit zwei Nullinien aufgenommen. Bei den einführenden Oszillogrammen wurde die gemeinsame Nullinie der besseren Übersicht halber belassen.

Digitized by Google

Stromstärke sind gleichzeitig in Abhängigkeit von der Zeit aufgenommen. Wie aus der Abb. 1 ersichtlich, war die Leerlaufspannung der Maschine auf 60 V einreguliert. Bei Eintreten des Kurzschlusses sank die Spannung auf etwa 3 bis 4 V und die Stromstärke stieg an. Der Strom zeigt eine stark ausgeprägte Spitze, welche nachher in dem Beharrungsstrom von 300 A ausklingt. Der Kurzschluß ist einige Zeit aufrechterhalten und

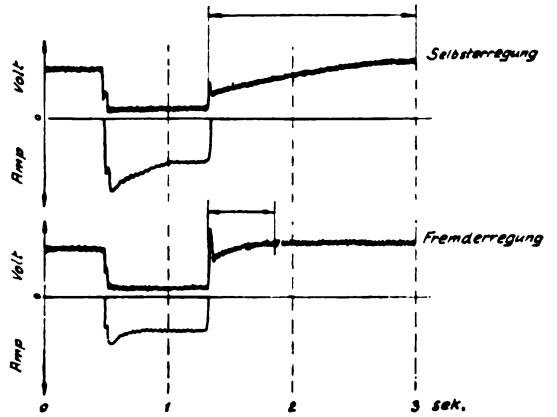


Abb. 4. Einfluß der Erregung.

wird dann aufgehoben. Bei Aufheben des Kurzschlusses, also bei Unterbrechen des Stromes verschwindet derselbe sofort bis auf Null, die Spannung bekommt eine kleine Spitze, klingt ab und steigt leicht gekrümmt an bis zur Leerlaufspannung von 60 V.

In Abb. 3 sind nun zwei Maschinen gleicher statischer Charakteristik gezeigt, welche sich im Kurzschluß jedoch verschieden verhalten. Die erste Maschine zeigt eine kleine Kurzschlußstromspitze, aber eine große Spannungsspitze bei wie-

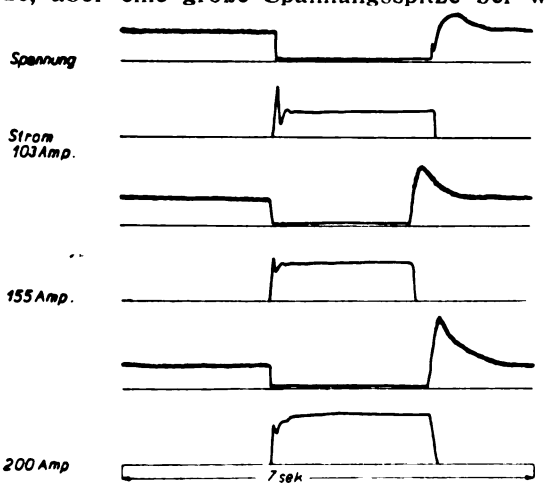


Abb. 5. Kurzschlußvorgänge bei einer Querfeld-Schweißdynamo.

derkehrender Spannung; bei der zweiten Maschine ist gerade das Umgekehrte der Fall, eine große Stromspitze und eine kleine Spannungspitze. Diese Erscheinung ist wohl in der Hauptsache auf die Selbstinduktion im Schweißstromkreis zurückzuführen. Bei erscheinendem Strom ist die EMK der Selbstinduktion der vorhandenen EMK entgegengerichtet und dämpft, während sie bei verschwindendem Strom der vorhandenen EMK gleichgerichtet ist und eine große Spannungsspitze bei wiederkehrender Spannung bedingt. Wie sich diese Erscheinungen auswirken, wird später gezeigt.

In Abb. 4 ist der Einfluß der Erregung gezeigt. Die erste Maschine mit Selbsterregung bedingt ein langsames Wiederkehren der Spannung, welches durch die Selbstinduktionsspitze beeinflußt wird. Das zweite Oszillogramm ist von einer fremderregten Maschine und zeigt im Gegensatz zur ersten Maschine das schnelle Wiederkehren der Spannung.

In Abb. 5 sind verschiedene Kurzschlußvorgänge bei einer Querfelddynamo nach Dr. Rosenberg[2]) gezeigt. Die Leerlaufspannung selbst ist nicht regelbar, sondern nur der magnetische Querschnitt des Hauptfeldes durch Hinein- und Herausschieben von Polkernen. Bei Eintreten des Kurzschlusses entsteht eine Stromspitze, welche nicht ohne weiteres in den Beharrungsstrom ausklingt, sondern man erkennt aus dem Oszillogramm ein Pendeln des Stromes, welches durch die gegenseitige Beeinflussung des Haupt- und Querfeldes eintritt. Der Strom klingt aber nach

Abb. 6. Oszillogramm eines Schweißvorganges.

einer sehr kurzen Zeit in den Beharrungsstrom aus, und bei Unterbrechung des Stromes sieht man ein recht kräftiges Wiederkehren der Spannung, welche auch wieder in ihren Beharrungszustand zurückkehrt. Eigentümlich bei diesen Aufnahmen ist das Verhalten der ersten Kurzschluß-Stromspitze zum Beharrungsstrom, und zwar sieht man recht deutlich, daß bei ansteigendem Kurzschlußstrom die Stromspitze im Verhältnis zum Beharrungsstrom immer kleiner wird, sogar bei einer Stromstärke von 200 A bleibt der Kurzschlußspitzenstrom noch unter dem Beharrungsstrom.

In Abb. 6 ist das Oszillogramm eines Schweißvorganges gezeigt. Um sich über die Eigenart dieses Oszillogramms klar zu sein, muß man sich die Vorgänge im Lichtbogen vor Augen halten. Das Zünden eines Lichtbogens erfolgt durch Unterbrechen eines Stromes an der Elektrodenspitze, wobei Eisen verdampft. Das dampfförmige Material ist stromleitend und es fließt ein Strom von der Elektrodenspitze zum Werkstück unter Aufrechterhaltung des Lichtbogens. Durch die im Lichtbogen erzeugte sehr hohe Wärme wird nicht nur das Werkstück zum Schmelzen gebracht, sondern auch die Elektrodenspitze. An der Elek-

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, Heft 3, S. 61 und Heft 4, S. 88.

Digitized by Google

trodenspitze bildet sich ein Tropfen, welcher stetig wächst. Durch das Anwachsen des Tropfens wird eine Lichtbogenverkürzung bedingt, welche im Oszillogramm durch Kleinerwerden der Spannung und Anwachsen des Stromes ersichtlich ist. Der Tropfen wächst so lange, bis er das Werkstück berührt und die Elektrode über das flüssige Tropfenmaterial mit dem Werkstück kurzgeschlos-

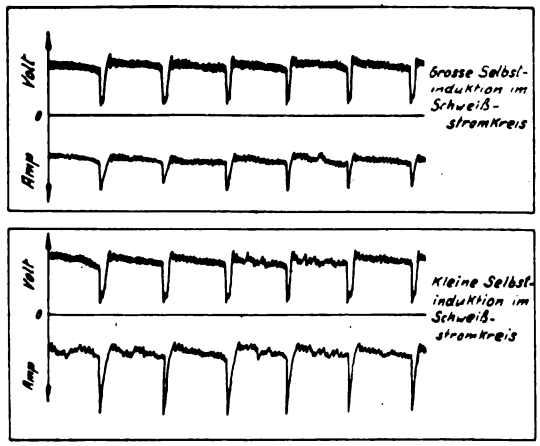


Abb. 7. Einfluß der Selbstinduktion.

sen wird. Durch diesen Kurzschluß verschwindet sofort die Spannung fast bis auf 2 bis 3 V, der Strom steigt plötzlich an, der Tropfen geht über; je nach Größe der Stromspitze wird ein Teil des übergehenden Materials verspritzt, der Lichtbogen zündet wieder neu und der Vorgang beginnt von vorne.

In der Abb. 7 ist nun der Unterschied zweier Schweißvorgänge bei Maschinen gleicher statischer aber verschiedener dynamischer Charakteristik gezeigt. Die Maschine mit großer Selbstinduktion hat bezeichnender Weise kleine Stromspitzen, während die Maschine mit kleiner Selbstinduktion große Stromspitzen, welche das Dreifache des Normalstromes erreichen können,

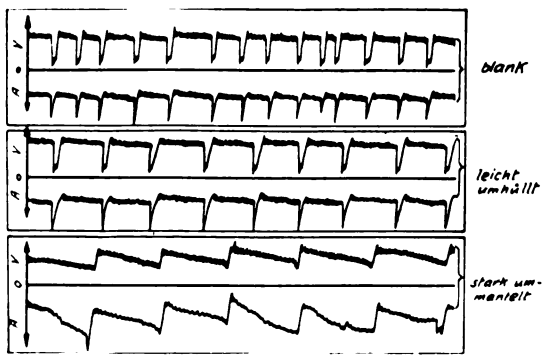


Abb. 8. Einfluß der Umhüllung.

aufweist. Wie sich diese Stromspitzen beim Schweißen auswirken, ist an Hand der vorhergehenden Erklärung ohne weiteres ersichtlich.

In Abb. 8 ist auf Grund einer erheblichen Anzahl von Versuchen der Einfluß der Umhüllung dargestellt. Im ersten Oszillogramm sieht man eine schnelle Folge der Tropfen, im zweiten Oszillogramm ist bei einer leicht umhüllten — einmal getauchten — Elektrode eine leichte Tropfenverzögerung zu erkennen. Das dritte Diagramm zeigt denselben Vorgang bei einer stark umhüllten Elektrode. Man kann sich hierunter eine mehrfache getauchte oder auch eine umwickelte Elektrode vorstellen. Das Diagramm zeigt das Niederschmelzen einer solcher Elektrode mit den richtigen Strom- und Spannungsverhältnissen. Was besonders auffällt, ist der Umstand, daß man keine ausgeprägten Stromspitzen erhält, sondern nur ein kontinuierliches Ansteigen des Stromes bis zu einem gewissen Maximalwert und dann wieder ein Abfallen desselben und die Wiederholung des Vorganges. Diese Art des Tropfenüberganges kann man sich nur derart erklären, daß man nicht nur einen Stromübergang im reinen Metallichtbogen von der Tropfenspitze zum Werkstück, sondern auch durch die flüssige Schlackenhülle hat. Man hat dann gewissermaßen einen kontinuierlichen oder beinahe kontinuierlichen Stromfluß durch die Schlackenhülle und parallel geschaltet dazu den ansteigenden Stromfluß von der Tropfenspitze zum Werkstück, ein Umstand, der auf die Güte des niedergeschmolzenen Materials sicherlich von Ein-

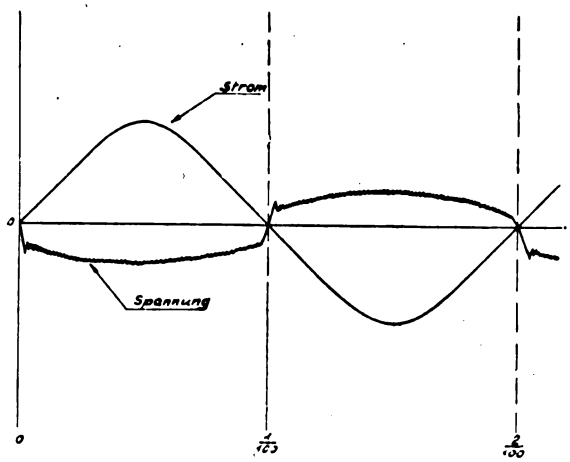


Abb. 9. Wechselstrom-Oszillogramm.

fluß ist. Deutlich ist auch eine weitere Tropfenverzögerung zu erkennen.

Ähnliche Versuche wurden selbstverständlich nicht nur mit verschieden umhüllten, sondern auch mit veschieden legierten Drähten angestellt, wobei der Einfluß der verschiedenen Legierungsmittel deutlich ersichtlich war. Sogar das Unterbringen der Legierungsmittel in der Umhüllung zeigte ein ähnliches Verhalten wie die eingebrachten Legierungsmittel ins Elektrodenmaterial. Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche soll, wie schon eingangs erwähnt, in einer besonderen Forschungsarbeit niedergelegt werden.

Es wurden nicht nur die Vorgänge bei Gleichstrom untersucht, sondern die Versuche wurden auch bei Wechselstrom vorgenommen. So ist z. B. in Abb. 9 ein Schweißvorgang bei Wechselstrom aufgezeichnet. Der Vorgang geht über $^1/_{50}$ Sekunde, also eine Periode, und zeigt den Einfluß des Schweißvorganges auf die Kurvenform des Wechselstromes. Besonders sei bemerkt, daß sich Strom und Spannung absolut in Phase befinden. Eine Verschiebung um 180° wurde nur

Digitized by Google

durch Umpolung einer Meßschleife erzielt, eigens zu dem Zweck, um die beiden Kurven nicht übereinander zu legen, damit die Kurvenform einwandfrei zu erkennen war.

Wie schon oben erwähnt, befinden sich Strom und Spannung in Phase. Während die Stromkurve beim Schweißen selbst sinusförmig bleibt, wird die Spannungskurve abgeflacht. Dies geschieht da-

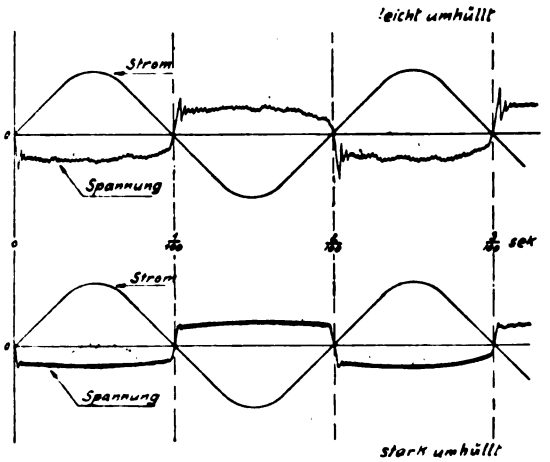


Abb. 10. Einfluß der Umhüllung.

durch, daß die Abdrosselung von der Leerlaufspannung auf die Schweiß-Spannung rein induktiv erfolgt. Bei jedem Wechsel sieht man deutlich wieder ein neues Zünden des Lichtbogens. Die Spannungskurve sucht nach der Mitte hin wieder Sinusform anzunehmen, geht durch Null und zündet den Lichtbogen wieder neu.

Daß die Spannungskurve nicht immer gleichmäßig ist, geht deutlich aus Abb. 10 hervor, und zwar ist hier der Unterschied zwischen einer leicht umhüllten und stark umhüllten Elektrode gezeigt. Bei der leichtumhüllten Elektrode ist die Spannungskurve verhältnismäßig unruhig, und man glaubt, das Brodeln des sich im siedenden Zustande befindlichen Tropfens zu erkennen. Die

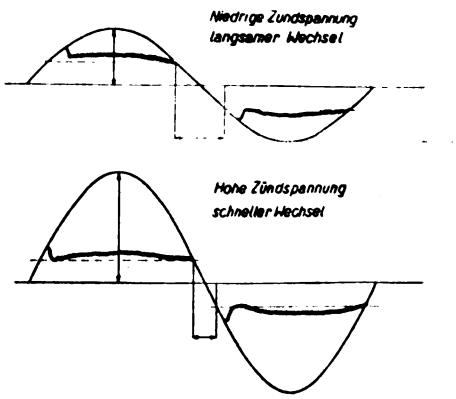


Abb. 11. Einfluß der Zündspannung bei Wechselstrom.

stark umhüllte Elektrode zeigt eine absolut ruhige Spannungskurve. Ähnliche Versuche, mit verschieden stark umhüllten Elektroden ausgeführt, zeigten tatsächlich eine immer flacher werdende Spannungskurve bei dicker werdender Hülle.

Daß die Zündspannung von Einfluß auf den Schweißvorgang ist, zeigt Abb. 11. Diese beiden Darstellungen sind nicht vermittels eines Oszillogrammes aufgenommen, sondern konstruiert. Die Existenzmöglichkeit eines Lichtbogens liegt bekanntlich etwa bei 20 V Spannung. Aus den beiden Bildern ist zu ersehen, daß der Wechsel von Lichtbogen-Spannung zu Lichtbogen-Spannung umso schneller erfolgt, je höher die Zündspannung ist. Es hat sich herausgestellt, daß praktisch immerhin eine Zündspannung von 80 V erforderlich ist.

Um nun festzustellen, ob bei Wechselstrom eine ähnliche Tropfenbildung vor sich geht wie bei Gleichstrom, wurden nicht nur Oszillogramme aufgenommen, welche über eine Periode, also $^1/_{50}$ Sekunde gingen, sondern auch solche über

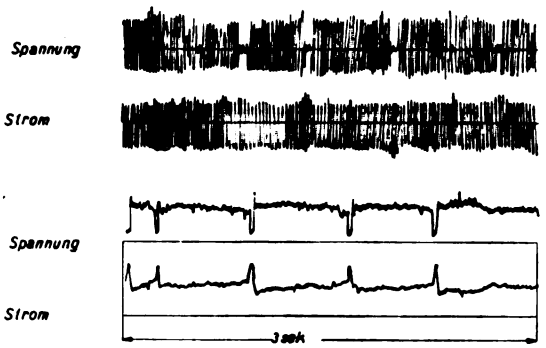


Abb. 12. Tropfenbildung bei Gleich- und Wechselstromschweißung.

drei Sekunden. Eigentümlicherweise waren auch hier ähnliche Erscheinungen wie bei Gleichstrom festzustellen. In Abb. 12 sind zum Beispiel die Oszillogramme eines Schweißvorganges mit gleicher Elektrode bei Wechselstrom und Gleichstrom gezeigt. Bei dem Wechselstrom-Oszillogramm sieht man die dicht aufeinander gedrängte Spannungskurve, welche im allgemeinen der vorher gezeigten Kurvenform entspricht. Nur sieht man ab und zu die Spannung stark abfallen und sinusförmig werden, ein Zeichen, daß im Transformator ein Kurzschluß durch Übergang eines

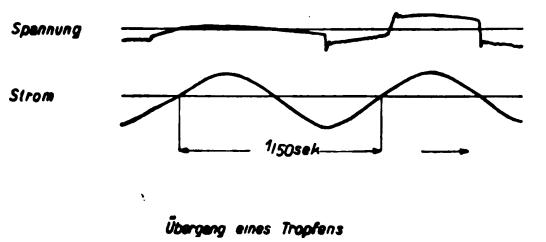


Abb. 13. Wechselstrom-Schweißvorgang beim Tropfenübergang.

Tropfens aufgetreten ist. Das Gleichstrom-Oszillogramm zeigt ähnliche Tropfenzahl. Die Elektrode ist der Übersichtlichkeit wegen absichtlich mit geringer Tropfenzahl gewählt und handelt es sich im vorliegenden Falle um eine mehrfach getauchte Elektrode aus Monel-Metall. Deutlich zu ersehen ist, daß der Kurzschluß ungefähr über ein bis zwei Perioden währt, also der eigentliche Tropfenübergang in $^1/_{25}$ bis $^1/_{50}$ Sekunde vollzogen ist. Wenn man annimmt, daß die Tropfenzahl etwa dieselbe ist und man bei Wechselstrom kein Tem-

Digitized by Google

peraturgefälle zwischen dem Pluspol und Minuspol hat, könnte man leicht den Schluß ziehen, daß man bei Wechselstrom eine höhere Schweißraupe als bei Gleichstrom erhalten würde.

Sehr schwierig bei den Versuchen war es natürlich, bei der Aufnahme von Oszillogrammen über $^1/_{50}$ Sekunde den Moment eines Tropfenüberganges festzustellen. Eine solche Aufnahme ist in Abb. 13 gezeigt. Hieraus ist zu ersehen, daß

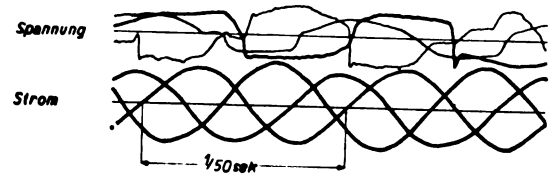


Abb. 14. Drehstrom-Schweißvorgang.

das Zünden des Lichtbogens nicht unbedingt kurz nach dem Durchgang durch Null erfolgen muß. Der Tropfenübergang beginnt gerade kurz vor Beendigung eines Wechsels. Die Spannung wird kleiner und sehr flach sinusförmig, entsprechend der geringen Kurzschluß-Spannung, und mitten im übernächsten Wechsel erfolgt wieder das Zünden des Lichtbogens mit einer kleinen Spannungsspitze, und der Vorgang beginnt sich genau so abzuspielen, wie vorhin beschrieben.

Besonders interessant gestalten sich die Versuche bei Untersuchung eines Drehstrom-Schweißtransformators. Da leider kein Oszillograph mit sechs Meßschleifen zur Verfügung stand, mußten die Versuche mit zwei Meßschleifen, und zwar mit je einer Spannungs- und einer Stromschleife nacheinander in der Phasenfolge vorgenommen werden. Das richtige Eingruppieren der Kurve

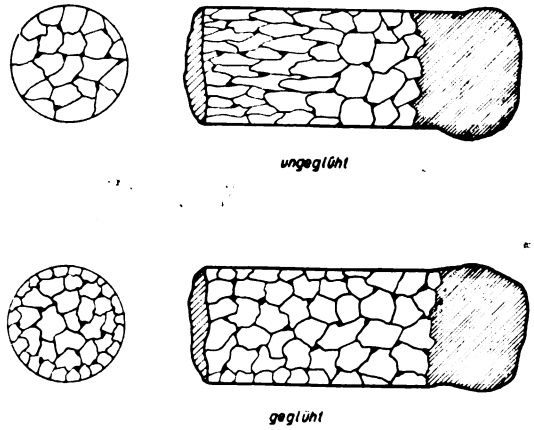


Abb. 15. Niedrig gekohlter Schweißdraht.

mußte ohne weiteres gleichmäßig erfolgen, nachdem die Meßtrommel sich in Synchronismus mit dem aufzunehmenden Drehstrom befand.

Abb. 14 zeigt nun eigentlich nicht den richtigen Schweißvorgang, da die drei Phasen zeitlich nacheinander aufgenommen werden mußten und jede vielleicht eine andere Schweißphase bei verschiedener Tropfenbildung zeigt. Deutlich ist aber zu erkennen, daß die Spannung von Elektrode zu Elektrode — es handelt sich um einen Drehstromlichtbogen mit zwei parallel liegenden Elektroden — während des ganzen Schweißvorganges ziemlich gleichmäßig blieb, während die übrigen Spannungen je von Elektrode zum Werkstück die verschiedenartigsten Formen annahmen. Daraus ist deutlich zu erkennen, daß von Elektrode zu Elektrode keine ausgesprochenen Kurzschlüsse stattfinden können, sich die beiden Tropfen also nach dem Werkstück hin trennen müssen, aber wiederum je ein Tropfen von der einen Elektrode einen gewissen Einfluß auf den Vorgang an der anderen Elektrode ausübt. Es wird weiteren Versuchen

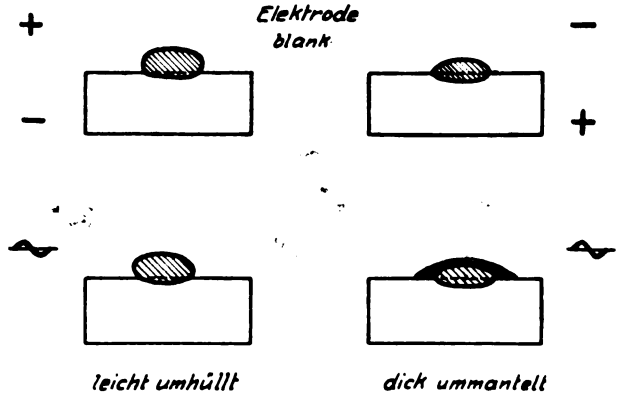


Abb. 16. Raupenquerschnitte.

vorbehalten bleiben, hier noch Klarheit zu schaffen.

Aus diesen Versuchen wurde auch noch die physikalische Beschaffenheit des Schweißdrahtes auf den Schweißvorgang untersucht. Es ist hierunter zu verstehen, ob ein Schweißdraht geglüht oder ungeglüht besser verschweißbar ist. Im Oszillogramm haben sich keine nennenswerten Unterschiede gezeigt. Es wurde daher von jeder

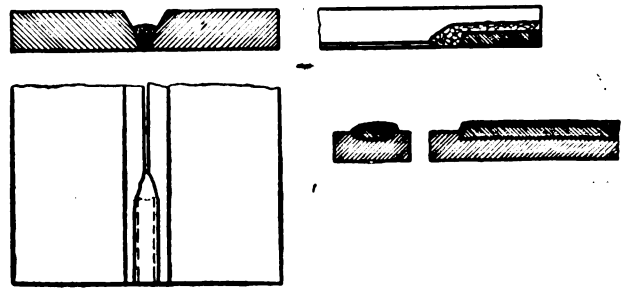


Abb. 17. Schlackenbildung bei stark umhüllten Elektroden.

Elektrodenspitze nach unterbrochenem Schweißvorgang ein Schliffbild angefertigt. Im ungeglühten Draht waren die langgestreckten Kristalle, also die reine Walzstruktur, klar ersichtlich. Diese zog sich jedoch nicht bis zur Elektrodenspitze fort, denn von der reinen Gußstruktur der Spitze bis zur Walzstruktur des Drahtes hatte eine Rekristallisation stattgefunden, welche auf die Wärmewirkung des Lichtbogens zurückzuführen war. Beim geglühten Draht waren von der Elektrodenspitze bis zum normalen Drahtmaterial keine merklichen Unterschiede festzustellen. Es wird infolgedessen das vorhergehende Ausglühen des ungeglühten Drahtes beim Schweißen selbst wohl

Digitized by Google

dafür maßgebend sein, daß keine wesentlichen Unterschiede im Oszillogramm ersichtlich waren (Abb. 15).

In Abb. 16 sind die Raupenquerschnitte gezeigt, wie sie sich bei Gleichstrom mit blanken Elektroden und bei Wechselstrom mit leicht umhüllten und dick umhüllten Elektroden ergaben. Die höhere Temperatur am Pluspol bei Gleichstrom macht sich dadurch bemerkbar, daß die Schweißraupe sehr hoch aufträgt, falls der Pluspol an der Elektrode liegt. Legt man den Minuspol an die Elektrode, so erzielt man eine flache Schweißraupe, aber einen tiefen Einbrand. Da man bei Wechselstrom mit gleicher Temperatur an der Elektrode und am Werkstück rechnen muß, wird die Auftragung der Raupe sich etwa in der Mitte zwischen einer + und — Polschweißung halten.

Bei einer dickumhüllten Elektrode wird die Auftragung flacher und der Einbrand stärker, ein Umstand, der nach dem Oszillogramm auf die Tropfenverzögerung bei dickumhüllten Elektroden zurückzuführen ist, und zwar wird die Tropfenzahl geringer und die Zeit, die der Lichtbogen auf das Werkstück einwirken kann, länger.

Nachteilig bei der stark umhüllten Elektrode ist allerdings die Schlackenbildung, deren Auswirkung beim Schweißen in Abb. 17 dargestellt ist. Schweißt man auf ein flaches Werkstück, so kann sich die Schlacke nach allen Seiten hin gleichmäßig ausbreiten und wird sehr schön verlaufen. Schweißt man jedoch in eine Kehle, so kann die Schlacke nicht nach allen Seiten hinweg und sie muß höher aufbauen, bzw. der eigentlichen Schweißraupe vorlaufen. Hierdurch verliert der Schweißer durch die große, glühende Masse jedes Gefühl für die Schweißnaht, so daß er nur mit sehr großer Schwierigkeit und Übung diese Elektroden verschweißen kann. Außerdem liegt die Gefahr nahe, daß die verlaufende Schlacke in der kalten Kehle erstarrt, nachher wieder flüssig gemacht werden muß und nicht mehr ganz nach oben steigt. Bei Gleichstrom hat es sich gezeigt, daß nicht jede Maschine für das Niederschmelzen dick umhüllter Elektroden geeignet ist; es sind eine ganze Reihe Oszillogramme aufgenommen worden, um die Bedingungen zum Niederschmelzen solcher Elektroden zu ergründen. Dabei hat sich herausgestellt, daß diese Elektroden mit verhältnismäßig hoher Lichtbogenspannung niedergeschmolzen werden müssen und die Steilheit der Charakteristik dem Schmelzvorgang angepaßt sein muß. Generell kann man hierüber keine Angaben machen und wird es bei den uns üblichen Schweißmaschinen wohl durch Vorschalten eines kleinen regulierbaren Vorschaltwiderstandes möglich sein, diese Bedingungen zu schaffen. In Bezug auf die Güte der Schweißnähte lassen sich aber heute mit nackten und leicht umhüllten Elektroden, wenigstens bei Gleichstrom, unbedingt gleiche Ergebnisse erzielen wie mit stark umhüllten Elektroden.

Neueste Versuche mit Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik.

Von Reichbahnrat Dipl. Ing. **Kantner**, Wittenberge.

Behandelt werden die Anwendungsmethoden der Röntgenuntersuchung im allgemeinen, und insbesondere die Röntgenuntersuchung an Schweißungen. Die modernen Apparaturen und Geräte werden besprochen und an einer Anzahl Gasschmelzschweißungen an kupfernen Lokomotivfeuerbuchsen die bisherigen Ergebnisse der Röntgenforschung auf diesem Gebiete dargelegt. Zum Schluß wird noch eine Betrachtung über Röntgengefahr und Röntgenschutz angeknüpft.

Seit noch nicht allzu langer Zeit hat die Verwendung von Röntgenstrahlen in der Prüftechnik Eingang gefunden. Es mag dies seinen Grund darin haben, daß für die Materialprüfung besondere Röntgenapparate notwendig sind, zu deren Ausbildung und Vervollkommnung bislang die Röntgenapparate-Industrie sich unter dem Druck der schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse oder auch aus Mangel an Zeit nicht mit der Lust und Liebe entschließen konnte, wie dies beispielsweise die optische Industrie bei der Schaffung mikroskopischer Apparate für die Metallographie, allerdings in einer wirtschaftlich günstigeren Zeit, getan hat. Auch infolge der fast ausschließlichen Einstellung auf die Erfordernisse des medizinischen Röntgenbetriebes schenkte man allgemein der Röntgenographie auf nichtmedizinischen Gebieten wenig Beachtung. So konnte es leider geschehen, daß das Ausland infolge seiner günstigeren wirtschaftlichen Verhältnisse einen nicht unbedeutenden Vorsprung auf diesen Gebieten gewonnen hat. Immerhin ist man in Deutschland nicht müßig geblieben und hat selbst mit den bescheidensten Mitteln in jahrelanger zäher Forschungsarbeit Untersuchungsmethoden ausgebildet, deren praktischer Verwendbarkeit von weiten Kreisen auch im Auslande große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Auch unsere Röntgenapparate-Industrie, insbesondere die Röntgenröhrenfabriken, haben sich seit der Vervollkommnung ihrer Erzeugnisse für die röntgenmedizinische Tiefentherapie allmählich auch zu dem Bau von Apparaten und Röhren für die Materialprüfung entschlossen, die bei größtmöglichen Energiereserven eine genügend durchdringungsfähige Röntgenstrahlung für die verschiedenen Verfahren der Werkstoffprüfung zu liefern vermögen. Wenn auch in dieser Hinsicht noch lange nicht das erstrebenswerte Ziel höchster Vollkommenheit erreicht und der Vorsprung des Auslandes noch nicht eingeholt ist, so steht doch zu erwarten, daß auch hier bald bei fortschreitender wirtschaftlicher Besserung ein Aufschwung einsetzt. Wenn unsere erzeugende Industrie über zu geringen Absatz infolge Interesselosigkeit und Aufnahmeunfähigkeit unserer Werke, Versuchsanstalten usw. klagt, so liegt der Grund hierfür wohl auch darin, daß sie

Digitized by Google

bisher nicht die für die praktischen Materialprüfungen gut verwendbaren und dabei preiswerten Apparaturen anzubieten vermochte. Der zweite, wohl wichtigste Grund für die späte Einführung ist der Mangel an geschultem Personal sowohl für wissenschaftliche wie laboratoriumsmäßige röntgenographische Betätigung. Im Ausland verfügt schon jedes mittlere Werk über eine Röntgeneinrichtung und an jeder Hochschule und höheren Bildungsstätte wird die Röntgenographie gepflegt. Bei uns dagegen sind nur an wenigen Hochschulen Institute für die praktischen Belange der Röntgenographie vorhanden. Diese sind entweder den Studierenden kaum zugänglich oder sie werden im umgekehrten Falle von diesen aus Mangel an Interesse oder infolge vermeintlich geringer Aussichten auf die Verwertung röntgenographischer Kenntnisse und Fertigkeiten im Berufsleben nicht besucht.

Diese bisher in Deutschland gerade in der Technik nur ausnahmsweise geübten Röntgenuntersuchungen (Amerika und England, auch Frankreich sind hierin weiter und haben auch schon vor bzw. während des Krieges ihre Werkstoffe geröntgt)[1]) beginnen erst allmählich Allgemeingut zu werden. Sie sind bisher nur in den Kreisen bekannter geworden, die ständig mit ihnen umgehen und sie somit praktisch zum Nutzen ihrer Betriebe zu verwerten verstehen. Begreiflicherweise hat man, wie auch auf anderen Gebieten, die Resultate der Öffentlichkeit nicht übergeben und so erklärt sich auch der Mangel an Literatur aus der Praxis, während die Zahl der Veröffentlichungen aus Forschungsinstituten bereits einen erheblichen Umfang angenommen hat. Diese Arbeiten haben zumeist aber nur einen wissenschaftlichen Wert, und der nicht durch ein besonderes Studium eingeführte Praktiker kann mit den oft trockenen Formeln und Zahlen wenig anfangen. Hier liegen die Verhältnisse ähnlich wie anfänglich in der Metallographie. Hier wie dort machte die Einführung in die Praxis und die praktische Verwertung der durch Forschungsarbeiten gefundenen Ergebnisse anfänglich große Schwierigkeiten.

Abgesehen von ganz spärlichen Angaben in der Literatur[2]) ist in dem kürzlich erschienenen Lehrbuche „Materialprüfung mittels Röntgenstrahlen" von Prof. Dr. Glocker zum erstenmale ein kleiner Abschnitt über die röntgenographische Prüfung von Schweißungen von mir gebracht worden[3]). Die jüngst in Berlin stattgehabte Werkstofftagung, insbesondere die Werkstoffschau, hat gezeigt, daß die Röntgenuntersuchungen auf allen Gebieten der Werkstoffprüfung angewendet werden können und auch das Interesse der Industrie in steigendem Maße finden.

Nachdem man erkannt hatte, daß die Röntgenstrahlen kurzwellige Lichtstrahlen sind (die Länge ihrer Wellen ist etwa 1000 bis 10 000 mal kleiner als die der sichtbaren Lichtwellen $= 10^{-8}$ bis 10^{-9} cm) und ebenso wie diese den allgemeinen optischen Gesetzen der Brechung, Reflexion, Absorption, Interferenz, Polarisation usw. bei gleichzeitiger großer Durchdringungsfähigkeit für die an sich lichtundurchlässige Materie folgen, baute man auf diesen Gesetzmäßigkeiten entsprechende Methoden auf. Es zeigte sich, daß die Röntgenstrahlen bei ihrem Durchgange durch Kristalle oder Kristallhaufwerke unter bestimmten Bedingungen abgebeugt, reflektiert, werden. Läßt man sie nun nach diesem optischen Vorgang auf eine senkrecht zum Strahlengang orientierte lichtempfindliche Schicht einer photographischen Platte oder eines Filmes auftreffen, so zeichnen sie charakteristische Interferenzbilder auf, die durch die Gitteranordnung der Atome[4]) im Kristall bzw. im Kristallhaufwerk bedingt sind, das heißt, deren innerem Aufbau entsprechen. Auch die Möglichkeit, in die bislang für Lichtstrahlen undurchdringliche Materie einzudringen und dieselbe durchstrahlen zu können, bot der Forschung ungeahnte Aussichten und hat allmählich die Untersuchungsverfahren ausbauen helfen, die jetzt praktisch in steigendem Maße in der Materialprüfung ausgeübt werden.

Da fast alle in der Industrie und in der Technik verwendeten Stoffe als kristalline oder kryptokristalline Körper anzusprechen sind und an den sie durchdringenden Röntgenstrahlen jene charakteristischen optischen Erscheinungen hervorrufen, lassen sich auch umgekehrt bei ihrer Untersuchung die auf diesen Gesetzen beruhenden Verfahren anwenden.

Die wichtigsten Methoden, nach Laue, Debye-Scherrer und Hull, Bragg, Schiebold, Polanyi und anderen Forschern benannt, erzeugen die röntgenoptischen Erscheinungen an feststehenden, gedrehten oder geschwenkten Objekten, registrieren sie als Photogramme, sogenannte Röntgendiagramme, auf der lichtempfindlichen Schicht und bringen sie an Hand bestimmter Auswertungen in Beziehungen zu dem inneren Aufbau des Untersuchungsmateriales und zu seinen Eigenschaften.

Man unterscheidet also nach der Art des Materiales und der verwendeten Röntgenstrahlen oder den betreffenden Forschern zum Beispiel Kristall- bzw. Laue-Aufnahmen, Pulver bzw. Debye-Scherrer-Diagramme usf.; mit anderen Worten, man teilt die Verfahren ein:

1. nach der Art, in der das Untersuchungsmaterial zur Prüfung gelangt (Kristall- oder Laueverfahren, Pulver- oder Debye-Scherrer-Verfahren);

2. nach der Art des angewendeten Röntgenlichtes (kontinuierlich, monochromatisch);

3. nach der Art und Weise, in der die Untersuchungsobjekte der Röntgenstrahlung ausgesetzt werden. Läßt man nämlich während der Durch-

[1]) Vgl. E. u. M. 1915, S. 185; 1917, S. 49; 1919, S. 457; 1923, S. 248, 265; 1927, S. 58.

[2]) Zum Beispiel G. Sachs, ZVDI 1926, Nr. 49; M. v. Schwarz, Z. f. Metallkunde 1927, Nr. 5.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1000.

[4]) Unter Kristallgitter versteht man eine räumliche, dreifach periodische Anordnung von kleinsten Teilchen der Materie (Atome, Ionen), wobei die Perioden bei den gewöhnlichen Werkstoffen von der Größenordnung 3 bis 30 Å sind (1 Å $= 10^{-8}$ cm). Vgl. a. E. u. M. 1918, S. 415.

Digitized by Google

strahlung die Untersuchungsobjekte bestimmte Bewegungen ausführen, um Beugungseffekte in allen möglichen Kristallagen zu erzeugen (Bragg, Schiebold, Polanyi usw.), so unterscheidet man Drehaufnahmen, bei denen der Werkstoff um eine bestimmte ein- bzw. mehrmalige Kristallachse um 360° gedreht wird, und Schwenkaufnahmen, bei denen das Objekt regelmäßig um diese Achse wiederkehrende Schwenkungen unter bestimmten Winkeln während des Untersuchungsganges zu machen hat.

Von den bisher laboratoriumsmäßig ausgebildeten Röntgenverfahren kommt für die Schweißindustrie vorerst nur die Grobstrukturuntersuchung, die sogenannte Diaskopie oder Durchstrahlung, in Betracht, die zur Ermittlung von Fehlstellen, Undichtigkeiten, Einschlüssen usw. dient. Die übrigen Verfahren, die Röntgenspektroskopie im allgemeinen und die Feinstrukturuntersuchung im besonderen, sind noch nicht genug durchgebildet, um in der Schweißtechnik Verwendung zu finden. Es bleibt also noch weiteren Forschungsarbeiten vorbehalten, auch diese Verfahren der Praxis des Schweißers nutzbar zu machen. Diese Arbeiten werden sich zu erstrecken haben auf die Ermittlung des kristallinen Gefügeaufbaues im physikalischen Sinne überhaupt und die Untersuchung des Gefüges hinsichtlich seiner Korngröße und Kornanordnung, der Kristallzertrümmerung, der Rekristallisation, der Kristallverkrümmung, aus der auf innere, nicht ausgeglichene Spannungen geschlossen werden kann. Auch die schon früher angeregten Arbeiten betreffend die photographischen Schwärzungseffekte in Beziehung zur Materialbeschaffenheit, chemischen Zusammensetzung und Dicke unter Beobachtung der Betriebsverhältnisse gehören hierhin. Diese nachzuprüfen, zu erweitern und technisch zu verwerten, bleibt Arbeiten vorbehalten, die ich bereits in der Schweißtechnischen Versuchsanstalt begonnen habe.

Die physikalischen, chemischen und metallographischen Untersuchungsmethoden haben sich zwar bisher als durchaus brauchbar erwiesen, sie haben aber sämtlich den Nachteil, daß sie nur über die Beschaffenheit eines kleinen Bereiches des zur Untersuchung stehenden Werkstoffes und der Schweißung verläßlich Aufschluß zu geben vermögen. Vor allem aber erfordern diese Untersuchungsverfahren zum mindesten eine Schwächung oder gar eine Zerstörung des oft wertvollen und mitunter gut gelungenen Werkstückes durch Zerteilen desselben. Sie reichen also besonders dann nicht aus, wenn es darauf ankommt, eine Schweißung möglichst unter Erhaltung des fertigen Stückes auch auf ihre innere Beschaffenheit zu untersuchen, wie dies bei Arbeiten an großen Werkstücken wie Feuerbuchsen, Getriebeteilen usw. geboten erscheint. Hier müssen die röntgenographischen Verfahren herangezogen werden.

Da die Güte einer Schweißung von vielen Nebenumständen und mannigfachen Einflüssen chemischer und physikalischer Art sowie von der wechselnden Geschicklichkeit des ausführenden Schweißers abhängt, müssen die Prüfungen am fertigen Stück besonders sorgfältig und eingehend vorgenommen werden. Dies ist besonders dann erforderlich, wenn es sich um Werkstücke handelt, die größeren Beanspruchungen standzuhalten haben oder für deren unbedingt zuverlässige Herrichtung jede Gewähr übernommen werden muß.

Die nun die Schweißtechnik vorläufig besonders interessierende Röntgendurchleuchtung ist der allen bekannten Röntgendiagnostik des Mediziners vergleichbar, wobei der zu untersuchende Werkstoff auf seiner einen Seite angestrahlt wird, während auf seiner anderen Seite der Effekt entweder okular beobachtet oder photographisch registriert wird.

Die okulare Beobachtung wird mittels Fluoreszenzschirm (in unserem Falle aus Baryumplatincyanür, Kieselzink usw.) ausgeführt, auf dem die auftreffenden Röntgenstrahlen je nach der Durchdringbarkeit des zu untersuchenden Werkstoffes (Schweißung) ein mehr oder weniger helles Leuchtbild erzeugen. Beobachtet man zum Beispiel eine Schweißung, die, äußerlich betrachtet, als wohl gelungen und gut zu bezeichnen wäre, innerlich aber nicht geschlossen ist, so würde das Röntgenbild auf dem Leuchtschirm etwa folgendermaßen aussehen: Eine gleichmäßig erleuchtete Fläche zeigt den Baustoff (Blech, Gußplatte oder dgl.). Diese Fläche durchzieht ein dunklerer, bandförmiger Streifen in der Richtung der Schweißung: das ist die Schweißung selbst, die als Schweißwulst dicker als der Baustoff ist und das Röntgenlicht weniger gut durchläßt als der dünnere Baustoff. Daher erscheint die Schweißung dunkler. Ist nun, wie im vorliegenden Fall, die Schweißung nicht geschlossen, so zeigt sich in jenem dunklen Streifen, der die Schweißung im ganzen kennzeichnet, ein sehr heller, fast weißer Strich, der dadurch zustande kommt, daß das Röntgenlicht an dieser strichförmigen Zone beim Durchgang den geringsten Widerstand gefunden hat, also ziemlich glatt durchgegangen ist. Mit anderen Worten, hier hat der eingeschweißte Werkstoff infolge seiner Undichtigkeit das geringste Volumen aufzuweisen.

Die photographische Registrierung erfolgt mittels Aufnahme auf beiderseitig begossenen Doppelfilmen. Zur Steigerung des photographischen Effektes werden diese Doppelfilme in der Kassette oder Filmtasche zwischen zwei sogenannte Verstärkerfolien gelegt, deren Belag aus wolframsauren Kalk besteht und ebenso wie der oben erwähnte Fluoreszenzschirm die Eigenschaft besitzt, im Röntgenlicht aufzuleuchten. Auf diese Weise wird der auf der photographischen Schicht von den Röntgenstrahlen ausgelöste photochemische Prozeß optisch beschleunigt und die Expositionszeit auf Bruchteile der ohne Folien erforderlichen Belichtungszeit herabgesetzt.

Da, wie bereits erwähnt, die Röntgenstrahlen auf der photographischen Schicht die gleichen Schwärzungserscheinungen hervorrufen wie die optisch wahrnehmbaren Lichtstrahlen, wird die Röntgenaufnahme, also das Röntgennegativ, fol-

Digitized by Google

gendermaßen aussehen. Der auf dem Leuchtschirm beobachtete hellste Effekt, also die Undichtigkeit der Schweißung, wird auf dem Film die tiefste Schwärzung in Gestalt eines schwarzen Striches hervorrufen. Als weniger dunkle Fläche wird der Baustoff erscheinen und auf dieser sich die Schweißung als noch weniger geschwärzte bandförmige Zone abheben. Wird dieses Negativ als positives Röntgenbild kopiert, so kehrt sich wieder der Schwärzungseffekt um und wir haben das glei-

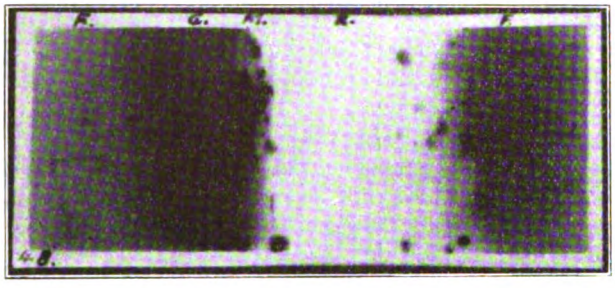


Abb. 1. Reihenschweißung von Stahl (*F*) - Eisen (*G*) - Messing (*M*) - Kupfer (*K*) - Stahl (*F*).
M — *K* verbrannt, *K* — *F* undicht, blasig und verbrannt. Röntgenaufnahme (negativ) 1/1 n. Gr.

che Bild wie auf dem Leuchtschirm. Naturgemäß ist die Erkennungsmöglichkeit von Fehlern auf dem Leuchtschirm viel geringer als auf dem photographischen Film; sie hängt vor allem auch von der Empfindlichkeit des Auges und der Übung des Beobachters ab. Es können hier also nur Anhaltsdaten gegeben werden. Im allgemeinen liegt die Grenze der okularen Fehlererkennbarkeit bei etwa 4 bis 10 vH der durchstrahlten Materialdicke. Dagegen lassen sich mit Hilfe der Photographie feine Haarisse = 0·3 vH im gleichen Material nachweisen. Die Grenzen der mit einer Gleichspannung von 200 000 V betriebsmäßig durchstrahlbaren Metalldicken sind aus Tafel 1 ersichtlich; sie sind in der Belastbarkeit der mir zur Verfügung stehenden Röntgenröhren begrenzt.

Tafel 1. Betriebsmäßig durchstrahlbare Metalldicken bei zirka 200 kV.

Metallart	Beobachtung mittels Fluoreszenzschirm im Diaskop mm	Photogr. Aufnahme auf Doppelfilm mit 2 Verstärkerfolien mm
Kupfer, geschweißt . .	20	60
Eisen, geschweißt . .	40	100
Aluminium, gegossen .	300	400

Die in der Tafel genannten Werte für Eisen beziehen sich auf Gußeisen; für Stahl liegen diese Werte niedriger. Hier gilt die Regel, daß mit steigendem Atomgewicht des zu durchstrahlenden Werkstoffes seine Durchdringbarkeit für Röntgenstrahlen abnimmt. Ein Wolframstahl zum Beispiel absorbiert die Röntgenstrahlen viel stärker als ein gewöhnlicher Kohlenstoffstahl.

Diese verschiedenen Durchlässigkeiten des Materials für das Röntgenlicht bedingen sinngemäß auch sehr variable Expositionszeiten für den photographischen Prozeß selbst. Als Schwärzungs- bzw. Expositionsschlüssel diente eine Reihenschweiße von Stahl-Eisen-Messing-Kupfer-Stahl, an der auch die Bindungen dieser Werkstoffe untereinander röntgenographisch untersucht wurden, ohne auf einen praktischen Wert vom Standpunkt des Schweißfachmannes aus Anspruch zu erheben (Abb. 1). Die geringste Durchlässigkeit für das Röntgenlicht zeigte das Kupfer, dann folgen Messing, Stahl, Eisen. Die Bindung zwischen Stahl und Eisen ist als gut zu bezeichnen, weniger gut gelang die Bindung zwischen Stahl und Kupfer, am schlechtesten fiel die Verbindung zwischen Eisen und Messing und zwischen Messing und Kupfer aus (stark porige, teils verbrannte Schweißungen).

Geschichtlich ist das Durchstrahlungsverfahren das älteste, auch schon von Röntgen selbst an verschiedenen Werkstoffen vorgenommene Rönt-

Abb. 2. Prüffeld für die Röntgenprüfungen an Werkstoffen.
Links: Großuntersuchungen am fertigen Stück. Durchstrahlung einer Kupfer-Lok.-Feuerbuchse. Röntgenröhre im Schutzkasten am Stativ; rechts davon durch Metallschläuche mit Röhre verbunden die Kühlpumpe.
Mitte: Kleinuntersuchung an leichtbeweglichen Werkstücken und Proben kleinerer Abmessungen, Durchstrahlung einer Stahlflasche.
Rechts: Hochspannungsanlage.
(Schutzwände und Seitenwand des Hochspannungsraumes sind fortgelassen.)

Digitized by Google

genverfahren. Damals fehlte es aber an geeigneten Apparaturen und den notwendigen Energiequellen zur wirtschaftlich erfolgreichen Durchführung. Die damaligen Funkeninduktoren, die nur Wechsel-

Abb. 2 *a*. Stahlgasflasche während der Untersuchung mit dem Durchleuchtungsgerät. Über der Flasche die Röntgenröhre im Schutzkasten, darüber die Hochspannungsleitungen mit Milliamperemeter zur Messung des Betriebsstromes der Röntgenröhre und dem Amperemeter zur Messung der Heizstromstärke für die Beheizung der Glühkathode der Röntgenröhre. Im Hintergrund rechts Hilfsröntgenröhre im Schutzgehäuse.

strom zu liefern vermochten, und die später verwendeten rotierenden mechanischen Gleichrichter sind neuerdings in der Materialprüfung fast gänzlich verdrängt worden durch die Hochspannungstransformatoren einerseits und die Ventilgleichrichter andererseits. Letztere sind, nach Art der im Funkwesen ausgebildeten Elektronenröhren, ebenfalls durch einen besonderen Stromkreis geheizte Glühkathodenröhren, die zu zweien angeordnet, die jedesmalige Fehlphase unterdrücken, den Wechselstrom also nur in einer Richtung hindurchlassen und so einen gleichgerichteten und mit Hilfe von Kondensatoren konstanten, gleichgespannten Betriebsstrom für die Röntgenstrahlen liefern. Erst mit Hilfe solcher Hoch- bzw. Gleichspannungsanlagen gelang es, eine Röntgenstrahlung von hinreichend hoher Durchdringungsfähigkeit bereitzustellen, um die Durchstrahlung von Werkstoffen auch in größeren Abmessungen mit wirtschaftlichem Nutzen zu bewerkstelligen.

Für diese technischen Röntgenuntersuchungen sind Apparaturen erforderlich, die sich wesentlich von den medizinischen Geräten unterscheiden und den jeweils an sie gestellten Anforderungen sowie den betrieblichen Verhältnissen angepaßt werden müssen.

Abb. 2 zeigt ein Prüffeld für die Röntgenuntersuchung von Werkstücken in größeren Abmessungen (Kesseln, Feuerbuchsen und dgl.). Auf der rechten Seite befindet sich die Hochspannungsanlage in einem meist geschlossenen Raum (auf der Abbildung ist die vordere Wand zwecks besseren Einblickes weggelassen) oder Schutzhause, um sie gegen atmosphärische Einflüsse, Verstaubung, Zerstörungen durch herumfliegende Metallteile usw. zu schützen. In der Mitte des Raumes steht der Hochspannungstransformator, auf beiden Seiten desselben befinden sich die zylindrischen Kondensatoren und rechts von diesen die Ventilgleichrichter mit den zugehörigen Heizstromtransformatoren. Ein weiterer Heizstromtransformator ist im Vordergrund sichtbar, der für die Heizung der Elektronen-Röntgenröhren sorgt. Diese Hochspannungsanlage liefert die Energie für die Röntgenuntersuchungen, die im Mittelteil und auf der linken Seite des Prüffeldes vorgenommen werden. Die Abb. 2 zeigt auf dem Arbeitstisch eine diaskopische Einrichtung (s. unten), mit deren Hilfe Durchleuchtungen von leichteren Werkstücken — im vorliegenden Falle wird eine Dissous-Gasflasche auf ihre Füllmasse untersucht — ausgeführt werden können. Auf der linken Seite sieht man die Wand einer Lokomotivfeuerbuchse aus Kupfer, deren Schweißnähte auf Dichtigkeit geprüft werden. Da bei der Untersuchung solch großer Werkstücke entsprechende Energiemengen aufgebracht werden müssen — manche Versuche benötigen 230 kV Gleichspannung bei 4 mA Stromstärke in mehr als

Abb. 3. Beobachtungsstand zur Röntgenanlage Abb. 2. Auf der rechten Seite das Schutzhaus mit dem Schalttisch und den Schaltuhren. In der Mitte das Beobachtungsfenster, davor hängt eine Tasche mit Sicherheits-Kontrollfilm.

Digitized by Google

60 min — müssen die Hochspannungsanlagen bei größter Betriebssicherheit die erforderlichen Energiemengen zu liefern vermögen. Man sucht sinngemäß jeden Energieverlust durch Sprüh- bzw. Coronaerscheinungen an den Hochspannung führenden Teilen auf ein Minimum zu beschränken und versieht neuerdings die Hochspannungsanlagen in der modernsten Ausführung mit Leitungen aus 50 mm dicken Aluminiumrohren und entsprechend dimensionierten Aluminiumkugeln; die Heizstrom-

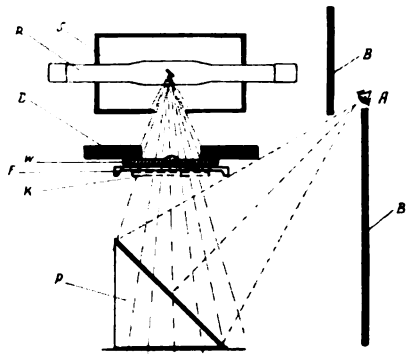


Abb. 4. Durchleuchtungsgerät (Diaskop) in schematischer Darstellung.

R Röntgenröhre im Schutzkasten *S*. *W* Werkstoffprobe, darüber die Blenden *B*, darunter der Leuchtschirm *F* bzw. die Kassette *K* mit dem Film. *P* Spiegel zur Beobachtung des Leuchtbildes durch den Beschauer *A* hinter den Schutzwänden *B*, *B*.

transformatoren werden in ölgefüllte Zylinder eingebaut und die Meßinstrumente in Kugelgehäusen untergebracht.

Die Steuerung und Regulierung solcher Anlagen erfolgt durch einen Stufentransformator, der in einem mit den erforderlichen Schaltern und Meßinstrumenten versehenen Schalttisch untergebracht ist. Diese Schaltanlage steht in einiger Entfernung in einem Schutzraum aus Bleiblech (Abb. 3) oder Barytwänden mit Beobachtungsfenstern aus Bleiglas. Außerdem sind für längere Durchstrahlungen Einrichtungen getroffen, die selbsttätig die Röntgenanlage nach einer vorher einstellbaren Zeit außer Betrieb setzen, so daß die Bedienungsmannschaft den Raum auch verlassen kann. Schließlich wird von hier aus auch ein Kurzschließer bedient, der die Anlage augenblicklich spannungslos macht und Spannungsreste, die nach Ausschalten des Betriebsstromes noch in den Kondensatoren zurückbleiben, ausgleicht und unschädlich macht. Hantieren die Bedienungsmannschaften während der Bestrahlung außerhalb dieses Schutzraumes, so tragen sie die später erwähnten Schutzanzüge aus strahlensicherem Stoff.

Die Strahlenwirkung der Röntgenröhren beschränkt man durch entsprechende Röhrenkonstruktionen nur auf den Teil des zu untersuchenden Werkstückes, der gerade für die Beobachtung bzw. für die photographische Aufnahme in Betracht kommt. Außerdem baut man die Röntgenröhren während des Betriebes noch in starke Strahlenschutztrommeln oder -kästen ein (vgl. Abb. 2) und deckt die Umgebung der bestrahlten Fläche des Werkstückes durch dicke Bleiplatten ab, um die Eigenstrahlung des Materiales in den freien Raum zu verhindern. Die Röntgenröhren sind neuerdings so gebaut, daß nur ein etwa 1 mm² großer Brennfleck zur Strahlung gebracht wird, wodurch man die Richtung des Strahlenbündels zielsicher bestimmen kann. Diese Röhren bedürfen einer ständigen Kühlung durch eine isoliert aufgestellte Heißwasserpumpe, die im Hintergrunde links auf den Abb. 2 und 6 zu sehen und mit Metallschlauchleitungen mit der Röntgenröhre verbunden ist. Die ständige Kühlung ist deshalb notwendig, weil die der Röntgenröhre zugeführte Energie auf der Antikathode zu 999 vT in Wärme und 1 vT in Röntgenstrahlungsenergie umgesetzt wird. Da sich dieser Prozeß auf kleinstem Raum abspielt, würde die freiwerdende Wärme das Material zerstören, wenn sie nicht sofort abgeführt würde.

Wie bereits erwähnt, dient zur Zeit der Aufnahme des Prüffeldes die Röntgenröhre auf der linken Seite der Untersuchung einer kupfernen Lokomotivfeuerbuchse auf Güte und Dichtigkeit der Schweißnähte. Das Werkstück ruht auf einem Bock. Die Beobachtung bzw. photographische Aufnahme wird im Innern vorgenommen, indem der Fluoreszenzschirm bzw. der Film in einer Kassette oder Tasche in den das Werkstück durchdringenden Strahlenkegel gebracht wird. Die Röntgenröhre in der Mitte des Prüffeldes wird zur Untersuchung kleinerer Werkstücke verwendet. Unter derselben liegt auf dem Diaskop eine Dissous-Gasflasche zur Untersuchung ihrer Füllmasse auf (s. Abb. 2a). Die durchdringenden Strahlen bringen einen unter dem Werkstück horizontal angeordneten Leuchtschirm zum Aufleuchten, der wiederum nicht direkt, sondern indirekt in einem geneigt zum Strahlengange aufgestellten Spiegel beobachtet wird (s. die schematische Darstellung Abb. 4). Soll nun ein besonders charakteristisches Leuchtbild (fehlerhafte Stelle im Werkstück usw.) durch photographische Aufnahme festgehalten

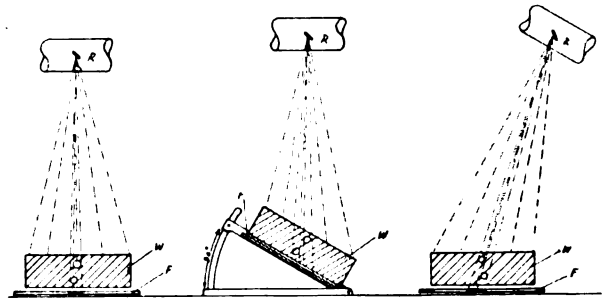


Abb. 4a. Ermittlung der Lage von Fehlstellen durch Winkelbestrahlung.
R = Röntgenröhre, W = Werkstoff, F = Film.

werden, so wird der Leuchtschirm gegen die Röntgenkassette mit Film ausgewechselt, worauf die Aufnahme erfolgt. Das Gerät bietet den Vorteil, daß die Röntgenstrahlen senkrecht in den Boden gehen und den Beobachter nicht treffen. In geeigneter Ausbildung läßt sich die Einrichtung auch für Fließarbeit verwenden, indem man die zu

Digitized by Google

untersuchenden Stücke auf einem Transportband oder dgl. über dem Leuchtschirme entlang führt.

Eine solche Einrichtung zur Aufnahme von Röntgenogrammen, die auch für Fließarbeit leicht umgeändert werden kann, zeigt die Abb. 4 in schematischer Darstellung. Die Strahlung der

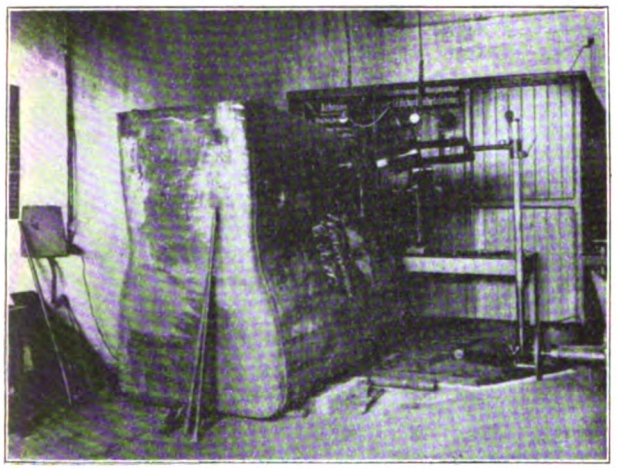


Abb. 5. Anordnung der Apparatur bei der Durchstrahlung großer Stücke. Kupfer-Lok.-Feuerkiste (Neuschweißung) während der Durchstrahlung. Stativ mit Röntgenröhre und Einstellvorrichtungen.

Röntgenröhre *A* durchdringt den mittels Bleiblenden *B* abgedeckten Werkstoff *W* und bringt den unterlegten Fluoreszenzschirm *F* zum Aufleuchten; das auf demselben erscheinende Röntgenbild wird im Spiegelbild *P* beobachtet (indirekte Beobachtung). Hierdurch wird ein erhöhter Strahlenschutz gewährleistet, da den Beobachter die Röntgenstrahlung selbst nicht treffen kann; sie geht in der eingeschlagenen Richtung durch den Spiegel hindurch weiter und wird entweder direkt in die Erde geleitet oder durch starke Blei- oder Barytsteinplatten unschädlich gemacht. Ergibt nun die okulare Beobachtung auf dem Fluoreszenzschirm ein Charakteristikum an einem Werkstoff (Baustoff oder Schweiße usw.), das photographisch festgehalten werden soll (Fehlstelle oder dgl.), so wird unter dem Schirm *F* oder auch an seiner Stelle eine gegen Sekundärstrahlung besonders gesicherte Kassette (Röntgenkassette) mit dem Film gelegt und exponiert. An großen Werkstücken wird die Filmtasche mit Klebemasse auf der der Röntgenröhre abgewendeten Seite so befestigt, daß die an der betreffenden Stelle aus dem Werkstoff austretenden Strahlen den Film entweder senkrecht oder unter einem bestimmten Winkel, der an dem Stativ mittels Klemmen und Skalen eingestellt wird, treffen. Zur Ermittlung der Lage einer Fehlstelle bedient man sich der Aufnahme unter verschiedenen Winkeln (Abb. 4a). Zwischen Werkstoff und Kassette (Tasche) wird im Bedarfsfalle bei dicken Stücken eine besonders gebaute sogenannte Streustrahlenblende hin- und herbewegt oder rotieren lassen (Glocker, Neef). Sie soll die Sekundärstrahlen des Werkstoffes auslöschen, bzw. der durchdringenden Röntgenstrahlung gleichrichten. Solche Blenden bestehen im Prinzip aus dünnen Bleiblechen, die in Form von Gittern (Wabenblenden), parallelen Lamellen oder ebenen Spiralen (Rotationsblenden) angeordnet sind.

Der doppelseitig begossene Röntgenfilm wird während der Exposition zwischen zwei sogenannte Verstärkerfolien gelegt, deren Belag (zum Beispiel aus wolframsaurem Kalk oder dgl.) die Eigenschaft besitzt, im Röntgenlicht aufzuleuchten und auf diese Weise optisch den auf der photographischen Schicht durch die Röntgenstrahlen ausgelösten photochemischen Prozeß zu unterstützen. Hierdurch werden die Expositionszeiten bei den Röntgenaufnahmen auf geringe Bruchteile der sonst ohne Verstärkerfolien erforderlichen Zeit herabgesetzt. Die Röntgenröhre selbst befindet sich in einem strahlensicheren Gehäuse *S*, das seitlich noch durch Bleischirme umstellt wird (Abb. 4), um die aus den Röhrenhälsen austretenden Strahlen unwirksam zu machen. Die Durchstrahlungsapparatur ist außerdem noch hinter Bleiverkleidungen aufgestellt.

Größere Werkstücke, insbesondere die Schweißungen an Lokfeuerkisten (Abb. 5) und Zylindern (Abb. 6) werden durchwegs photographisch geröntgt. Die mit dem älteren Röhrentyp gemachten Aufnahmen beanspruchten Expositionszeiten bis vier Stunden und hatten nur einen Forschungswert. Der neue Röntgenröhrentyp leistet eine Aufnahme in etwa acht Minuten. Bei diesen Aufnahmen ver-

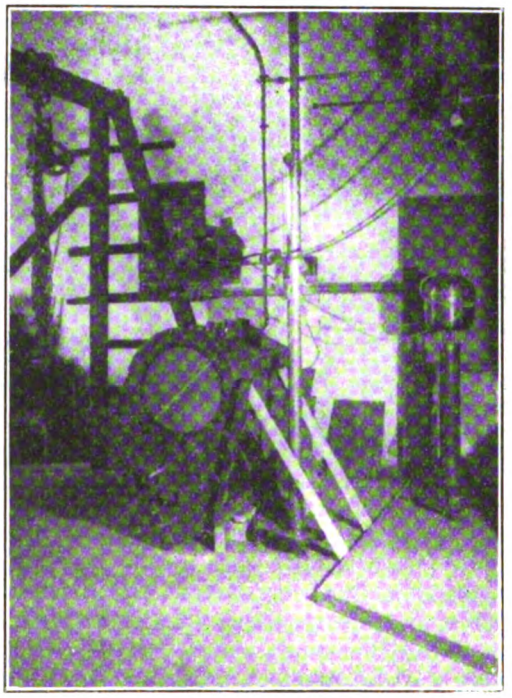


Abb. 6. Lok.-Zylinder auf dem Prüffeld. Röntgenröhre im Schutzkasten, am Stativ rechts die Heißwasser-Rapidumlaufpumpe zur Kühlung der Antikathode. Die Zylinderöffnung ist mit einer Bleischeibe gegen das Eindringen seitlicher Strahlen abgedeckt, um eine Belichtung des im Zylinder angelegten Films zu verhindern.

fährt man im allgemeinen so, daß das zur Untersuchung stehende Werkstück von der einen Seite mit Röntgenlicht an der zu untersuchenden Stelle angestrahlt wird und auf seiner anderen Seite der

Digitized by Google

Film in einer Kassette oder Bleiblechtasche so befestigt wird, daß ihn die aus dem Werkstück austretenden Strahlen treffen. Hierbei müssen natürlich einige Vorkehrungen getroffen werden, damit nicht etwa seitlich eindringende Röntgenstrahlen den Film vorzeitig belichten. Auch muß dafür gesorgt werden, daß die vom Werkstoff selbst während seiner Bestrahlung erneut ausgesendeten Röntgenstrahlen möglichst unschädlich gemacht werden. Der Strahlenkegel wird auf die nur gerade zur Durchstrahlung erforderliche Größe abgeblendet und auch das Werkstück bis auf die zur Untersuchung stehende Stelle mit Bleiblech mit einem entsprechenden Ausschnitt bedeckt. Abb. 5 zeigt im Hintergrund das Schutzhaus der Hochspannungsanlage. Im Vordergrund befindet sich eine neugeschweißte Kupfer-Lok-Feuerkiste. Rechts davon steht das Stativ mit der allseitig verstellbaren Haltevorrichtung für die Röntgenröhre, der der Betriebsstrom und der Heizstrom durch die über dem Prüffeld isoliert aufgehängten Hochspannungs-

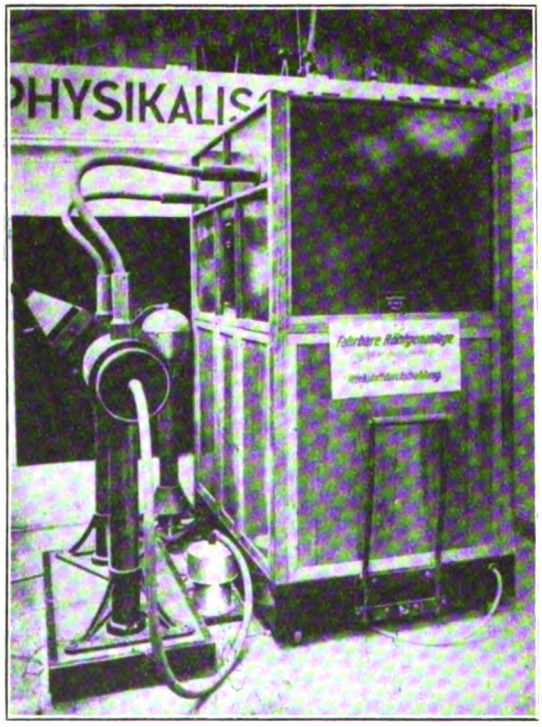


Abb. 7. Fahrbare Röntgenanlage (Werkstoffschau 1927, Berlin), Dauerleistung 250 kV Gleichspannung, 20 mA.

leitungen zugeführt wird. Kleine Stücke werden in Bleipulver eingebettet oder, wenn thermisch unbedenklich, mit Blei umgossen.

Der verhältnismäßig umständliche Transport großer Werkstücke wie Kessel usw. legte das Bestreben nahe, eine Einrichtung zu schaffen, die es gestattet, nicht das Werkstück wie bisher an die Röntgenanlage, sondern umgekehrt die Röntgenanlage an das Werkstück heranzuführen. Eine solche Anlage in bescheidenen Anfängen zeigte die vorjährige Werkstoffschau im Betriebe (s. Abb. 7), mit der schon eine okulare Beobachtung mittels Leuchtschirm von dickeren Werkstücken aus Schwermetallen (Eisen von 3·5 cm, Kupfer von 2 cm usw.) den Beschauern vorgeführt werden konnte. Auf der rechten Seite der Abbildung steht in einem Schrankwagen die Hochspannungsanlage, die durch zweckmäßigen Zusammenbau bei gleicher Leistung wie die ortsfesten Anlagen auf solch kleinen Raum zusammengedrängt werden konnte. Die Schaltung und Regulierung erfolgte von einem in den Wagen eingebauten Aggregat aus, das von außen mittels Schaltern und Meßinstrumenten eingestellt und durch Fernsteuerung bedient werden konnte. Links befindet sich die Röntgenröhre in einer Schutztrommel, die auf dem äußeren Umfang das Diaskop trägt, in das die zu durchstrahlenden Werkstücke hineingesteckt wurden. Im Hintergrunde erblickt man die Heißwasserkühlpumpe für die Röntgenröhre. Zwischen Hochspannungswagen und Röhrenstativ, das ebenfalls fahrbar ausgebildet ist, steht ein Exhaustor, der für die Belüftung der Schutztrommel dienen sollte, später aber in Fortfall kam, da die Ionisierung der Luft im Inneren sich als belanglos erwies. Betriebsmäßig wird die Schutztrommel samt Röntgenröhre freihängend mittels Kranes an die zu untersuchenden Werkstückwände von außen herangeführt werden, während sich die Beobachter mit dem Leuchtschirm bzw. der Kassette für die photographische Aufnahme und mit dem Druckknopfschalter für die Fernsteuerung der Hochspannungsanlage im Inneren des Kessels usw. aufhalten.

Versuchsstücke.

Von den bereits veröffentlichten Versuchsergebnissen seien die für die Untersuchung der Feuerbuchsschweißungen besonders wichtigen herausgegriffen:

Gasblasen wirken sich im Röntgenbild als scharfrandige, helle, fast kreisrunde Stellen, die Gasporen als runde Pünktchen aus, da das Röntgenlicht leichter durch sie hindurchgeht als durch den homogenen Baustoff. Die metallographische Kontrolle zeigte im geätzten Querschnitt, daß die kleinen Pünktchen Gasbläschen sind, die sich während der Erstarrung nicht ausscheiden konnten und in dem Kristallgewirr hängen geblieben sind. Durch Hämmern werden diese Gasblasen wohl zusammengetrieben, aber nicht immer restlos beseitigt, so daß sie als Bruchursache wirken können. Abb. 8 zeigt die Röntgenaufnahmen einer Kupferschweißung vor und nach dem Hämmern. Die ziemlich gleichmäßig dunkelschattierten Teile im oberen und unteren Teil des Werkstückes auf schwarzem Untergrund zeigt das Urmaterial. Die mittlere hellere Zone ist die Schweißung. Da sie eine Werkstoffverdickung bildet, ist das Röntgenlicht weniger schnell durchgedrungen, weshalb diese Stellen heller als der Baustoff erscheinen. In dieser helleren Zone erkennt man kleinere und größere runde dunkle Punkte. Es sind Glasblasen, die in Abb. 8 a in größerer, in Abb. 8 b dagegen in geringerer Zahl vorhanden sind. Soweit diese Punkte in der Abb. 8 b noch zu beobachten sind, decken sie sich, wenn auch in verkleinerter Form, hinsichtlich ihrer Lage mit den Punkten in Abb. 8 a. Der in Abb. 8 b ausgefallene Rest der Punkte in

Digitized by Google

8a rührte von Gasblasen an der Oberfläche her und ist beim Hämmern abgeblättert, während die verbliebenen kleineren Punkte in Abb. 8b darauf schließen lassen, daß diese Blasen im Inneren der Schweißung liegen und durch das Hämmern nur zusammengetrieben worden sind, also nicht entfernt werden konnten. Diese Erscheinungen konnten in allen Fällen beobachtet werden, in denen vor dem

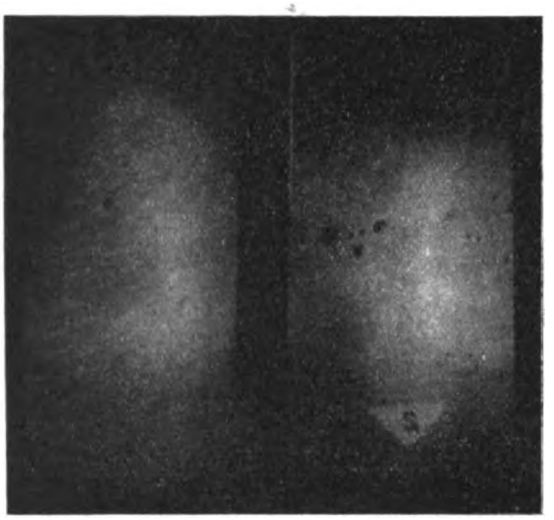


Abb. 8. Kupferschweißung,
a) vor dem Hämmern, *b*) nach dem Hämmern. Röntgenaufnahme (negativ) 1/1 n. Gr. Dunkle Flecke: Glasblasen.
Metalldicke (*m*) 5 mm, Stromstärke (*St*) 4 mA,
Spannung (*Sp*) 145 kV, Abstand Röhre-Film (*A*) 300 mm
Belichtungszeit (*B*) 90 sec.

Hämmern Gasblasen in der Kupferschweißung nachgewiesen waren.

Sehr interessante Kontrollversuche wurden im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem an Dünnschliffen von solchem gashaltigen Kupfergefüge ausgeführt, die unseren Röntgenbefund vollauf bestätigen[5]).

Weiterhin sind von großer Wichtigkeit die Begleiterscheinungen von Verbrennungen (Bil-

Abb. 9. Schweißung an Lok.-Feuerkiste. Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
Dunkle Flecke (↑ ↑): Gasblasennester.
***m* = 30 mm, *Sp* = 180 kV, *St* = 4 mA, *A* = 400 mm, *B* = 8 Min.**

dung von Oxydationsprodukten usw.). Im Röntgenbild sind diese Verbrennungen daran zu erkennen, daß durch das verbrannte Material das Röntgenlicht leichter durchdringt als durch den gesunden Werkstoff, denn die Verbrennung hat das Gefüge gleichsam gelockert. Werden absorbierte Verbrennungsgase beim Erkalten des Baustoffes wieder abgegeben und als Blasen im Inneren der Schweißung festgehalten, so kommt es häufig zu einer Nesterbildung oder perlschnurartigen Aneinanderreihung der Blasen. In der Abb. 9 ist eine verbrannte, gashaltige Kupferschweißung im Ausschnitt aus der Neuschweißung an einer Lok.-Feuerbuchse im Röntgenbild wiedergegeben. Die gleichmäßig dunkle Fläche ist das Urmaterial des Werkstückes, der hellere Streifen in demselben ist die Schweißung. In der letzteren liegen die durch die Pfeile (↑ ↑) gekennzeichneten Blasennester, kleinere Blasen sind im übrigen Teil des eingeschweißten Baustoffes zu erkennen. Die Verdunkelungen deuten die innere Lockerung des Gefüges an.

Einen weiteren hochwichtigen Faktor bildet die Frage: Ist eine Schweißung gut oder schlecht gebunden und in welcher Weise hat die Vereinigung des Baustoffes im Urmaterial mit dem eingeschweißten Baustoff stattgefunden. Auch hier hat die Röntgenaufnahme bereits einwandfreie Ergebnisse erzielt. Im allgemeinen zeigt sich eine schlechte Bindung im Röntgenbild in der Weise,

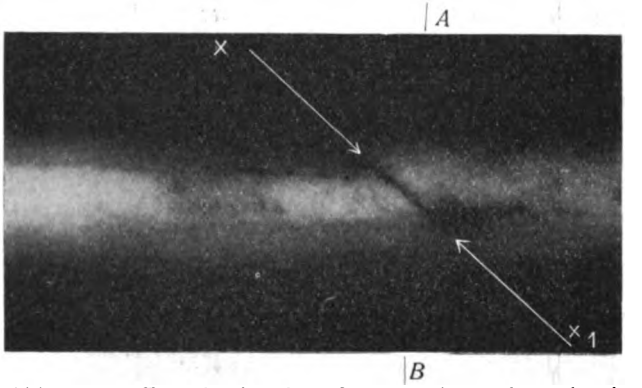


Abb. 10*a*. Feuerbuchsschweißung, Schrumpfriß durch die Schweiße. Röntgenaufnahme (negativ). 1/1 n. Gr.
***m* = 30 mm, *Sp* = 175 kV, *St* = 8 mA, *A* = 400 mm, *B* = 20 Min.**

Scharf begrenzte Aufstellung: Schlechte Bindung zwischen Urmaterial und eingeschweißtem Baustoff. Dunklere Zonen: Lockerung des Gefüges durch Verbrennung. Dunkle Streifen und Linien: Risse.

daß der eingeschweißte Baustoff als eine abgegrenzte Einlagerung erscheint, im besonderen tritt, falls Spannungen hinzukommen, ein Abreißen des eingeschweißten Baustoffes im Scheitel der X-Schweiße ein. In der Abb. 10a erscheint wieder in dem gleichmäßig dunklen Urmaterial die Schweißung als mittelheller Streifen. In diesem tritt ein etwas hellerer Streifen auf, der nach oben und unten scharf begrenzt ist. Das ist der zwischen den Schenkeln des X gelegene Teil des eingeschweißten Baustoffes, der sich mit dem Urmaterial nicht vereinigt hat. Vielmehr setzen auf beiden Seiten dieses Teiles der Schweißung Risse ein, die sich in einem Riß quer durch die Schweißung vereinigen. Im eingeschweißten Baustoff sind außerdem noch Verbrennungen und Gasblasen zu erkennen. Sehr charakteristisch und interessant fiel denn auch die metallographische Kontrollprobe aus. In Richtung *A* bis *B* wurde ein Schnitt durch den

[5]) Vgl. Baur-Sachs, Metall und Erz 1927, Nr. 7.

Digitized by Google

in Abb. 10 a röntgenographisch aufgenommenen Teil der Schweißung gelegt und im Profil eine geschliffene Ätzprobe photographisch aufgenommen. Abb. 10 b zeigt diese metallographische Aufnahme. Baustoff und eingeschweißter Baustoff sind an sich nicht einheitlich und sind miteinander auch keine Verbindung eingegangen. Der eingeschweißte Bau-

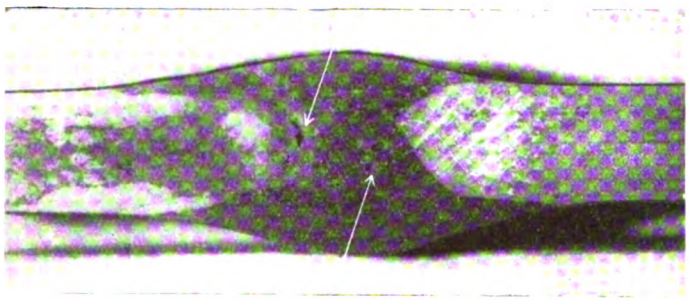


Abb. 10 *b*. Metallographische Kontroll-Aufnahme im Schnitt *A* — *B* zu Abb. 10 *a*. 5/6 n. Gr.
Mangelhafte Bindung, Verbrennung und Lockerung des Gefüges, Löcher entsprechen den Rissen im Röntgenbild der Abb. 10 *a*.

stoff erscheint porig und gelockert als Folge der Verbrennung und Gasabsorption. Außerdem treten mehrere Löcher auf, von denen insbesondere diejenigen in der Nähe des X-Scheitels insofern interessieren, als sie die Schnitte durch die im Röntgenbild sichtbaren Risse darstellen. Abb. 10 c zeigt die

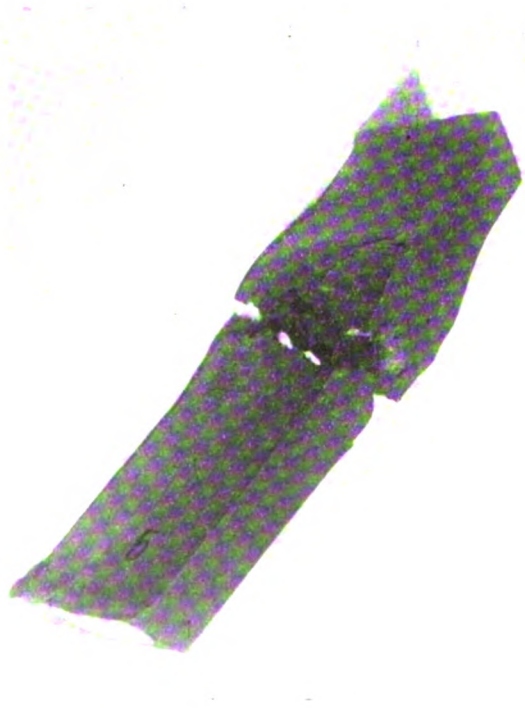


Abb. 10 *c*. Bruchprobe des Materials Abb. 10 *b*, verbranntes Gefüge. Keine Bindung. Unterer Schenkel des *X* herausgerissen. Photographische Aufnahme. 2/3 n. Gr.

Bruchprobe des Materials. Der Röntgenbefund ist also auch hier durch einwandfreie Kontrolle vollauf bestätigt worden.

Die dritte große Gefahr für die Kupferschweißung wie überhaupt für alle Schweißungen sind die Schrumpfrisse. Ist eine Schweißung gashaltig, verbrannt oder gering gebunden und treten zu diesen unliebsamen Erscheinungen noch Spannungen hinzu, so ist einem solchen Elaborat in fast allen Fällen von Beanspruchungen ein baldiges Ende durch Auseinanderreißen beschieden. Bekanntlich ist der Beginn der Zerstörung der Schrumpfriß, der wiederum seinen Keim in einer

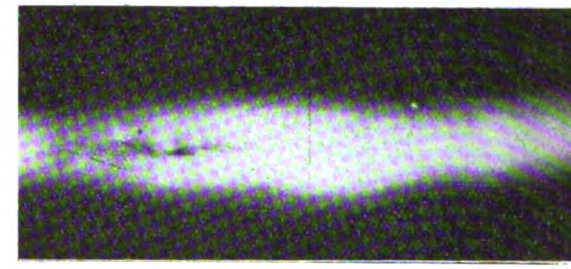


Abb. 11. Schrumpfrißbildung in Kupferschweißung an Lok.-Feuerkiste. Röntgenaufnahme (negativ).
Der haarfein auslaufende Riß — dunkle Linie — beginnt im Material mit gelockertem Gefüge. 2/3 n. Gr.
$m = 30$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 8$ Min.

der bereits beschriebenen Erscheinungen hat. Der Schrumpfriß kann im Inneren der Schweißung, am Rande derselben, aber auch in der Nachbarzone des Urmaterials auftreten.

Die Abb. 11 zeigt den Ausschnitt aus einer Neuschweißung an einer Kupfer-Lok-Feuerkiste im Röntgenbild. In der Mitte der Schweißung, also in der gedachten geometrischen Achse des Scheitels, liegt ein fast haarfein auslaufender, äußerlich nicht wahrnehmbarer Schrumpfriß. Die eigenartige Entwicklung seines Verlaufes läßt sich in der Weise erklären, daß man den Beginn in der Zone der

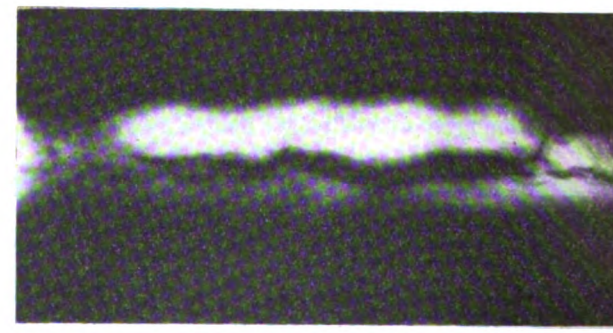


Abb. 12. Großer Schrumpfriß in einer im Betrieb gerissenen Kupferschweißung an Lok.-Feuerkiste. Röntgenaufnahme (negativ).
Der in der dunklen Verbrennungszone links einsetzende Riß (dunkler Streifen) hat die Schweißung im Innern zerstört. 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 8$ min.

Schweißung zu suchen hat, deren Gefüge nicht gesund war. Dies ist nach dem Röntgenbefund der rechte Teil, der sich durch eine größere Durchlässigkeit für die Strahlung kennzeichnet. In seinem Verlauf hat der Riß Material angetroffen, daher kommen die eigenartigen Verästelungen, die wahrscheinlich durch Hämmern ausgeschlagen wurden und im Bild wellenartig überwälzt erscheinen.

Digitized by Google

Hierauf setzte sich der Riß einförmig fort, um kaum merklich im gesunden Material der Schweiße zu verlöschen.

Gegenüber diesem Schrumpfriß in der Neuschweißung zeigte sich die Wirkung einer fortgesetzten Materialbeanspruchung auf einen solchen Schrumpfriß im Röntgenbild Abb. 12 von einer im Betrieb schadhaft gewordenen Feuerbuchsschweißung. Diese Risse waren ebenfalls äußerlich nicht sichtbar. Den weiteren Verlauf zeigt die Abb. 13. Gute Dienste wird das Röntgenverfahren auch in allen Fällen leisten, in denen Ersatzschweißungen an im Betrieb schadhaft gewordenen Feuerbuchsschweißungen vorgenommen werden sollen. Dabei kann dann ein mit unbewaffnetem Auge äußerlich erkennbarer und sich in das Innere der Schweißung bzw. des Baustoffes fortsetzender Riß mittels Röntgenaufnahmen bis zu seinem Anfang bzw. Ende verfolgt und restlos entfernt werden. Einem Weiterreißen bei den Ausbesserungsversuchen kann auf diese Weise vorgebeugt werden.

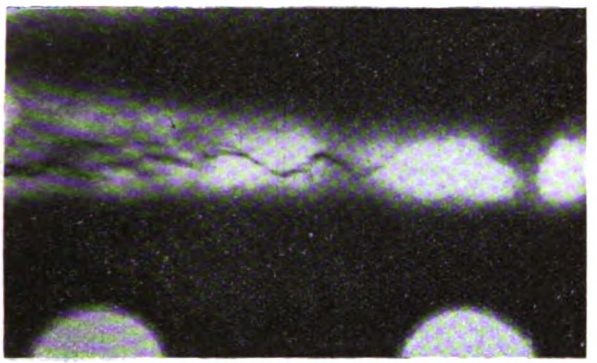


Abb. 13. Weiterer Verlauf des Schrumpfrisses in Abb. 12, Verästelung desselben links und Auslauf im Haarriß rechts. Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 6$ min.

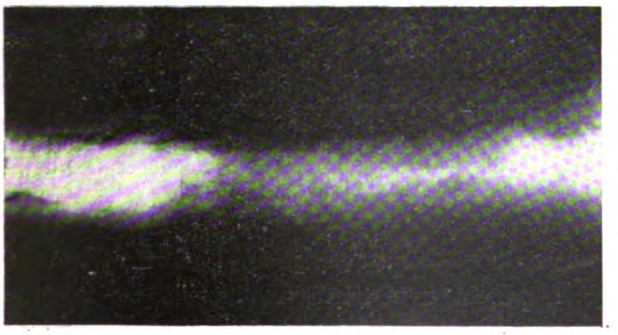


Abb. 14. Schrumpfriß im Urmaterial seitlich parallel der Schweißung. Schweißung verbrannt. Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 6$ min.

Der Schrumpfriß in der der Schweißung benachbarten Zone des Urmaterials kann dann eintreten, wenn bei guter Bindung und Dichte die Abkühlspannungen bei dem Schwinden der Schweißung so groß werden, daß sie imstande sind, Teile des Urmaterials von dem Baustoff loszureißen, während die Schweißung selbst vollkommen gut bleiben kann. Abb. 14 zeigt solche Schrumpfrisse im Baustoff seitlich parallel der Schweißungen an einer Lok-Feuerbuchse-Neuschweißung. Die Schweißung ist außerdem verbrannt. In Abb. 15 ist der Bruch dieses Abschnittes wiedergegeben. Die geringen hellen Partien im Bruchgefüge sind die Reste von gutem Material. Der weißfarbige Teil ist die Zone der Verbrennung. Im Profil wird auch der nunmehr aufgebrochene Schrumpfriß im Baustoff seitlich parallel der Schweißung sichtbar.

Schließlich ist eine ungleichmäßige Dicke des Schweißwulstes im Röntgenbild zu erkennen, da dickere Teile die Röntgenstrahlen stärker absorbieren als die dünneren. In der Abb. 16 weist der hellere Streifen der Schweißung recht ungleichmäßige Helligkeit auf, ein Zeichen dafür, daß der eingeschweißte Baustoff in verschiedenen Dicken das Röntgenlicht entsprechend ungleichmäßig hindurchgelassen hat. Die gleiche Erscheinung zeigt die Abb. 17 im Röntgenbild. Hier handelt es sich um einen Bogen eines eingeschweißten Flickens an einer Ersatzschweißung (Abb. 17 a). Das eingeschweißte Material ist an der dunklen Stelle stark verdünnt und gelockert. Auch werden die bereits erwähnten perlschnurartigen Gasgebilde gut erkennbar.

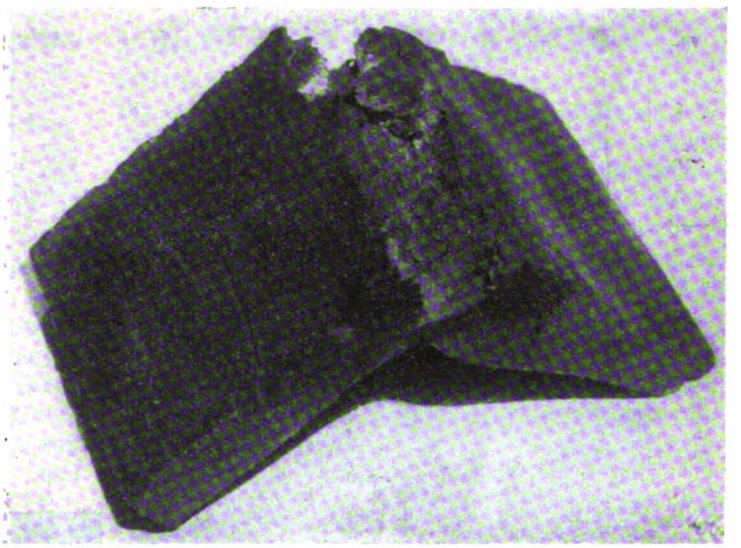


Abb. 15. Bruchprobe des Materials Abb. 14. Verbranntes Gefüge. Aufbruch des inneren Schrumpfrisses im Baustoff im Profil sichtbar. Photogr. Aufnahme. 2/3 n. Gr.

Abb. 18 zeigt zum Vergleich eine normale Schweißung mit leichten Verdickungen und schwacher Oberflächenverbrennung.

Im allgemeinen können die bisherigen Ergeb-

Digitized by Google

nisse der Röntgenprüfung wie folgt zusammengefaßt werden:

Die röntgenographischen Prüfungen können ohne Zerstörung des Werkstückes vorgenommen werden.

Undichtigkeiten, Gasblasen und Hohlräume wirken sich im Röntgenbild (positiv) als scharfrandige helle Stellen aus (im Negativ umgekehrt als dunkle Stellen).

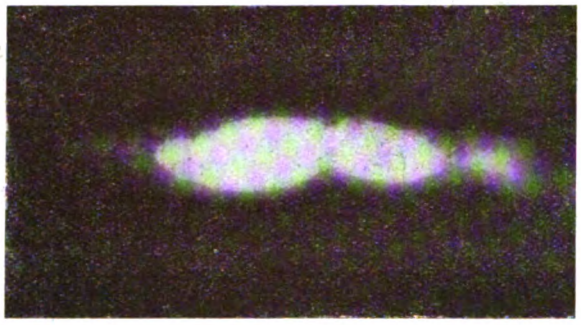


Abb. 16. Kupferschweißung (Flicken) an Lok.-Feuerkiste. Ungleichmäßige Dicke des Schweißwulstes, helle Streifen: Verdickung, links Verbrennung (dunkle Zone). Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 6$ min.

Fremdkörper, Schlacken, Sand und dgl. erscheinen als Zusammenballungen, knospenartige Gebilde, Streifen oder Linien.

Verbrennungen der Schweißen (Bildung von Oxydationsprodukten) lassen sich durch Aufhellungen im Röntgenbild (positiv) erkennen (im Negativ als Verdunkelungen).

Geringe Bindungen zwischen Baustoff und eingeschweißtem Werkstoff erscheinen abgegrenzt, in

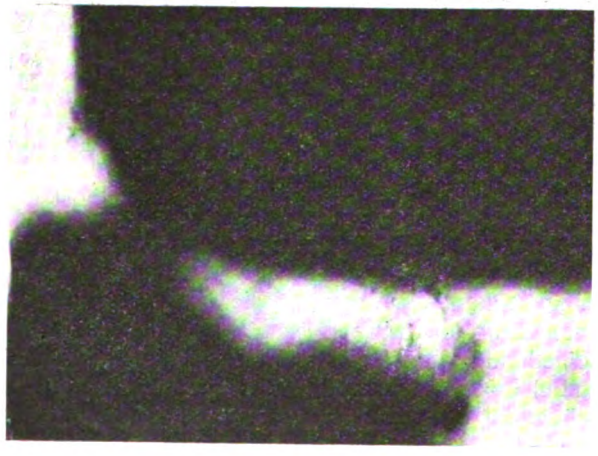


Abb. 17. Kupferschweißung (Flicken) an Lok.-Feuerkiste ungleichmäßig. Dunkle Zone in der hellen Schweißung: Materialverdünnung. Links verbrannte Zone mit Gasporen. Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 180$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 6$ Min.

unterschiedlicher, jedoch gleichmäßiger Helligkeit gegenüber dem Werkstoff selbst.

Gute Bindungen zeichnen sich in den Übergängen zum Baustoff wolkig ab.

Schrumpfrisse infolge nicht ausgeglichener Abkühlspannungen erscheinen als sehr helle, scharf begrenzte, gerade oder gezackte Linien im Röntgenpositiv (im Negativ als dunkle Linien).

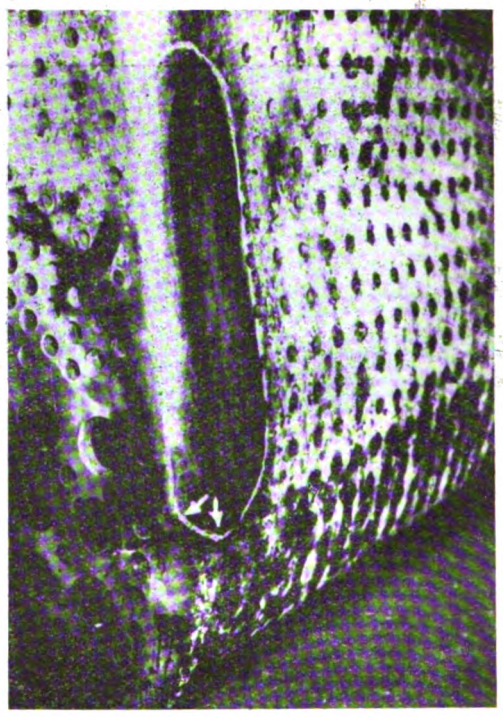


Abb. 17 *a*. Eingeschweißter Flicken in Lok.-Feuerkiste. (Übersichtsaufnahme zu Abb. 17). (Die Pfeile zeigen den Bogen zur Röntgen-Aufnahme Abb. 17 an).

Materialverdickungen oder -Verdünnungen bzw. Verluste an Schweißungen zeigen partielle andere Schattierung (heller bzw. dunkler als der Baustoff bzw. der eingeschweißte Baustoff im ganzen).

Die Schweißarbeiten können an Hand der Röntgenprüfung schnell untersucht und verbessert werden.

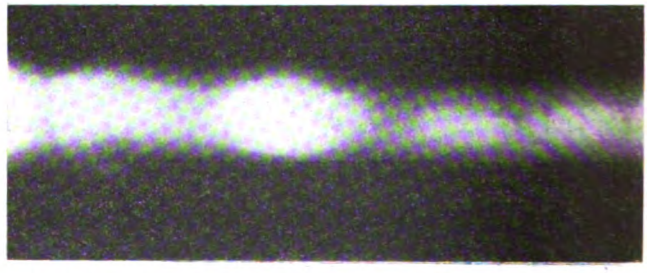


Abb. 18. Kupferschweißung (Flicken) an Lok.-Feuerkiste, normal und dicht mit geringer oberflächlicher Oxydation rechts. Röntgenaufnahme (negativ). 2/3 n. Gr.
$m = 25$ mm, $Sp = 80$ kV, $St = 4$ mA, $A = 400$ mm, $B = 6$ Min.

Die Leistungen der Schweißer lassen sich röntgenographisch überwachen und nötigenfalls steigern.

In sämtlichen im Vorstehenden angeführten Fällen handelt es sich nicht um Ergebnisse von Laboratoriumsarbeiten, die unter günstigen Bedingungen erzielt wurden, sondern um Ergebnisse und

Digitized by Google

Erfahrungen, die im rauhen Werkstättenbetriebe gesammelt wurden und die dazu berufen sind, bei der fortlaufenden Betriebsüberwachung Verwendung zu finden.

Röntgenschutzvorrichtungen.

Schutzmaßregeln (Röhrenschutz), Schutzvorrichtungen, Schutzstoffe (Bleimetall, Bleigummi-Schutzanzüge usw., Bleiglas, Barytstein).

Die auf dem Gebiete der Medizin beobachteten Schädigungen am menschlichen Körper durch Röntgenstrahlen haben allgemeinhin eine geradezu einfältige Angst vor Röntgenstrahlen und die Ansicht verbreitet, daß das Arbeiten mit Röntgenstrahlen überhaupt schon an und für sich gesundheitsschädlich und lebensgefährlich sei. Widerspricht schon dieser Ansicht die Tatsache, daß ständig eine Unzahl von Röntgenologen mit einem Heer von Angestellten sowohl in der Medizin wie in der Naturwissenschaft und Technik der Röntgenforschung und der praktischen Röntgenographie obliegt, dabei gesunde Kinder erzeugt haben und von keinen Schäden in dem gefürchteten Sinne befallen worden sind, so muß vollends auf das entschiedenste betont werden, daß nicht das Arbeiten mit Röntgenstrahlen schlechthin als Gefahrenmoment zu betrachten ist, vielmehr ist ein leichtfertiges und unvorsichtiges Umgehen mit den Röntgenstrahlen, das einen hinreichenden Schutz gegen das Bombardement unseres Körpers durch die primäre und sekundäre Röntgenstrahlung außerachtläßt, einzig und allein für die Schädigungen verantwortlich zu machen, die vereinzelt als Hautverbrennungen, Blutzersetzung, Sterilität usw. bekannt geworden sind.

Seit der Durchbildung geeigneter Schutzvorrichtungen gehören denn auch diese erwähnten Röntgenschäden der Vergangenheit an und fallen in Zeitabschnitte, in denen man mangels Erkenntnis der zerstörenden Wirkung der Röntgenstrahlen auf Organismen einerseits nicht die erforderliche Vorsicht bei den Arbeiten in Röntgenlaboratorien obwalten ließ, anderseits aber auch noch nicht über die hochentwickelten Schutzvorrichtungen verfügte, die heute bereits Allgemeingut geworden sind.

Es besteht daher für jeden, der mit Röntgenstrahlen umgeht, die ernste Pflicht, jede vermeidbare direkte wie indirekte Einwirkung nach Möglichkeit fernzuhalten. Ferner ist es unbedingt notwendig, daß sowohl derartige Personen selbst wie auch deren Vorgesetzte oder Arbeitgeber darauf sehen, daß in ihren Betrieben genügende Schutzvorrichtungen vorhanden sind und daß alle Personen auch von der Notwendigkeit dieser Vorrichtungen genügend unterrichtet sind und zu ihrem Gebrauch angehalten werden.

Daher empfiehlt es sich, in allen derartigen Betrieben Vorschriften öffentlich auszuhängen, die einen für den jeweiligen Betrieb zugeschnittenen Auszug bzw. eine entsprechende Bearbeitung des Merkblattes der Deutschen Röntgengesellschaft über den Gebrauch von Schutzmaßnahmen gegen Röntgenstrahlen darstellen. Eine Umarbeitung dieses Merkblattes ist deshalb erforderlich, weil der Inhalt desselben nur für die medizinische Röntgenpraxis abgestimmt ist und in technischen Röntgenlaboratorien ganz andere Betriebsverhältnisse zu berücksichtigen sind.

Die Einteilung der Röntgenbetriebe beispielsweise in zwei Gefahrenklassen, deren Grenze bei 100 kV liegt, wie dies für medizinische Röntgenvorgeschrieben wird, kann für technische Untersuchungen nicht übernommen werden, da ein Teil der Röntgenverfahren, die meist mit Spannungen unter 100 kV ausgeführt werden, mitunter auch Spannungen über 100 kV beanspruchen (zum Beispiel bei der Kombination der Interferenzmethoden). Auch sind bereits die Röntgenapparate für mittlere Leistungen schon so gebaut, daß sie dem Bedürfnis, mit der Betriebsspannung auch über 100 kV hinausgehen zu können, Rechnung tragen. Es würde also die Gefahr bestehen, daß bei der Unmöglichkeit, einen solchen Röntgenbetrieb in der zutreffenden Gefahrenklasse unterzubringen, die Röntgenschutzvorrichtungen nicht genügend strahlensicher gewählt werden oder die notwendige Vorsicht bei Arbeiten mit Spannungen über 100 kV außer Acht gelassen wird.

In der Gefahrenklasse über 100 kV ist für medizinische Betriebe zum Beispiel ein erhöhter Schutz gegen die Sekundärstrahlung vorgesehen. Da in den technischen Betrieben stets mit der Gefahr der Sekundärstrahlung gerechnet werden muß, wäre nach medizinischer Auffassung die Gefahrenklasse unter 100 kV den Gefahren der Sekundärstrahlung preisgegeben.

Hier muß also die Frage eines ausreichenden Strahlenschutzes in anderer Weise gelöst werden.

Die dahingehenden Bestrebungen in der Röntgenröhrentechnik haben denn auch bereits grundlegende Änderungen im Bau der Röhren vorgenommen und somit Wege beschritten, die zu einem absoluten Strahlenschutz schon in der Röntgenröhre selbst führen dürften.

1. Man hat von vornherein von der Werkstoffprüfung die älteren Trockenröhren mit sogenannter Strahlungskühlung, die in Weißglut geraten und nach allen Seiten vagabundierende Röntgenstrahlen aussenden, auszuschließen. Ihr Betrieb ist auch in Schutzkästen wegen zu großer Erhitzung infolge geringer Belüftungsmöglichkeit und wegen Kurzschlußgefahr infolge Ionisierung der Luft im Schutzkasten für längere Expositionszeiten gefährlich.

2. Es sind Röntgenröhren zu wählen, die so gebaut sind, daß die Antikathode derselben kalt bleibt (Kühlung durch Flüssigkeiten) und dabei nur auf kleinster Fläche zur Strahlung angeregt wird, die übrigen Metallteile also an der Strahlung nicht teilnehmen und somit vagabundierende Röntgenstrahlen nicht aussenden können (Selbstschutzröhren). Ebenso sind solche Röhren geeignet, deren gekühlte Antikathode von einem Schutzmantel umschlossen wird, der aus feinen Öffnungen nur die Nutzstrahlung austreten läßt (Strahlenschutzröhren). Die Selbstschutzröhren sind mit scharfem Brennfleck ausgerüstet (vgl. Abb. 2, 4 und 6), kon-

Digitized by Google

zentrieren also schon gewissermaßen die wirksame Röntgenstrahlung im status nascendi auf kleinste strahlensendende Flächen der Antikathoden, so daß die Strahlen in einen feinem Bündel die Röhre in einer stets gleichbleibenden bestimmten Richtung verlassen und durch Drehen der Röhre beliebig wie ein Geschoß gezielt werden können. (Hierhin sind auch die Metallröntgenröhren zu rechnen, die ihre Strahlung nur durch kleine wählbare Fenster aussenden.) Bei diesen Röhrenarten und ebenso bei der Strahlenschutzröhre weiß man also in jedem Falle, in welcher Richtung die Röntgenenergie zur Wirkung gelangt, so daß für eine entsprechende Abblendung, Abschirmung bzw. Abdeckung des Strahlenkegels gesorgt werden kann.

3. Nachdem so durch die Wahl der Röntgenröhren von vornherein für einen genügenden Selbstschutz durch Ausschaltung afokaler Strahlung Gewähr geleistet ist, schreitet man zu der strahlensicheren Ummantelung der Röhren. Dazu verwendet man Schutzkästen (s. Abb. 2, 2a) oder Schutztrommeln aus Bleigummi (s. weiter unten). Bleiglasglocken haben sich nicht bewährt, da sie für technische Zwecke unzweckmäßig ausgebildet, bruchempfindlich und bei genügendem Schutz zu schwer sind.

4. Durchleuchtungsvorrichtungen zur Beobachtung von Röntgenstrahleneffekten auf dem Durchleuchtungsschirm werden zweckmäßig von Beginn so ausgebildet, daß der Beobachter möglichst nicht von dem direkten Strahlenkegel getroffen wird, sondern das Leuchtbild indirekt in einem Bleiglasspiegel beobachten kann (vgl. Abb. 4).

5. Leuchtschirme sollen in jedem Falle mit einer Bleiglasschicht genügender Stärke hinterlegt sein, da sie mitunter auch für direkte Beobachtungen im Strahlenkegel (Kryptoskop, s. unten) verwendet werden. Da es sich hierbei meist nur um vorübergehende Benutzung handelt, braucht im Interesse der Handlichkeit die Bleiglasschicht nur halb so dick zu sein wie bei der für einen dauernden Schutz bestimmten Schicht (etwa 5 bis 10 mm bei gutem Bleiglas).

6. Genaue Angaben über die Stärken der zur Anwendung gelangenden Schutzstoffe zu machen, wäre unverantwortlich. Hier muß das primitive Experiment den richtigen Weg weisen, wie folgt:

7. Mit dem Kryptoskop, das ist ein Leuchtschirm in einem Guckkasten, der mittels Handgriff vor die Augen gehalten wird, begibt man sich während des Betriebes der Röntgenröhre nach Einbau der Schutzvorrichtungen in die verschiedensten Stellen des Arbeitsraumes und beobachtet, ob der Leuchtschirm noch aufleuchtet. Diese Beobachtung muß jedoch mit gut ausgeruhtem und völlig adaptiertem Auge geschehen. Am besten wird der Raum während der Prüfung verdunkelt. Nach einem Aufenthalt des Beobachters von 10 min im dunklen Raum dürfte die genügende Empfindlichkeit des Auges eingetreten sein.

8. Findet noch ein Aufleuchten des Leuchtschirmes, das mit dem ausgeruhten Auge noch eben wahrgenommen werden kann, statt, so ist so lange an den Schutzvorrichtungen zu bessern, bis diese unerwünschte Strahlung verschwunden ist.

9. Zur Kontrolle stelle man an verschiedenen Stellen des Arbeits- sowie des Schutzraumes photographische Filme oder Platten in lichtdichten Papierttaschen auf, die nach einiger Zeit entwickelt werden, um festzustellen, ob und in welchem Maße sie von Röntgenstrahlen belichtet wurden (s. Abb. 3 am Fenster im Schutzhaus).

10. Trotzdem auf solche Weise ein größtmöglicher Strahlenschutz gewährleistet ist, bleibt es dennoch ratsam, zumal wenn es sich um länger dauernde Bestrahlungen handelt, sich so weit als möglich von der im Betriebe befindlichen Apparatur zu entfernen, sich ins Schutzhaus (s. Abb. 3 rechts) zu begeben oder auch den Raum überhaupt zu verlassen. Die modernen Apparaturen können sich selbst überlassen bleiben. Die rechtzeitige Außerbetriebsetzung übernimmt eine auf die gewünschte Expositionszeit einstellbare Schaltuhr mit Wecker.

11. Ist je nach Art des Betriebes dennoch ein Aufenthalt im freien Arbeitsraume, zum Beispiel bei der Untersuchung von Werkstücken mit dem Leuchtschirm, notwendig, so ist dem Untersuchungspersonal das Tragen von Schutzanzügen aus Bleigummistoff zur Pflicht zu machen, auch wenn die vorhandenen Strahlenschutzvorrichtungen als sicher befunden worden sind.

12. Die Schutzbekleidung besteht für technische Betriebe entweder aus vollständigen Schutzanzügen; in den meisten Fällen dürften jedoch Garnituren, bestehend aus Kopfbedeckungen, Gesichtsmasken, Brillen, Schürzen und Handschuhen mit Armstulpen ausreichen. Solche Bekleidungsstücke sind für Reparaturfälle zum mindesten doppelt vorrätig zu halten, denn die in Röntgenbetrieben beschäftigten Personen haben das Recht, die Weisung, Röntgenarbeiten ohne genügende Schutzvorrichtungen auszuführen, abzulehnen. Eine solche Weigerung darf gesetzlich niemals den Grund zur Entlassung der betreffenden Person bilden.

Unter allen Schutzmitteln, welche sich infolge ihres hohen Atomgewichtes für die Absorption von Röntgenstrahlen eignen, steht zweifellos das Blei in seiner metallischen Form wegen der Möglichkeit seiner leichten Formgebung an erster Stelle. Dieser metallischen Form stehen in seiner Verwendung die Gesundheitsschädlichkeit und die große Leitfähigkeit hindernd entgegen. Man gibt deshalb den Schutzwänden aus Blei einen dauerhaften und dichten Anstrich oder eine Umkleidung aus fugenlosem Holzbelag.

Bei den jetzt im Handel befindlichen modernen Röntgenschutzstoffen (Bleigummi) ist es gelungen, nahezu molekular verteiltes Blei derart innig mit Kautschuk zu verbinden, daß nicht nur ein absoluter Schutz gegen jede schädliche Verdampfung des Metalls erreicht wurde, sondern sogar die isolierende Wirkung des Kautschuks voll erhalten blieb. Da gleichzeitig der Kautschuk seine Elastizität und Schmiegsamkeit nicht eingebüßt hat, können die

Digitized by Google

erwähnten Schutzbekleidungsstücke aus diesem Material hergestellt werden, das neben Sicherheit gegen Strahlen auch einen Schutz gegen elektrische Entladungen bietet. Hier muß natürlich eine sorgfältige Auswahl des Materiales getroffen werden; ein Schutzstoff, der leicht brüchig wird, kann ebensowenig einen sicheren Schutz gewähren wie ein Stoff, bei dem zur Erhöhung der Elastizität an Bleizusatz gespart wurde. Andererseits sollen die Bekleidungsstücke ihre Träger nicht belästigen und die Arbeit erschweren, weil sonst gar zu leicht die Versuchung gegeben ist, auf die Benutzung der Schutzbekleidung zu verzichten. Auch für die Auskleidung von Strahlenschutzkästen und -trommeln für die Röntgenröhren wird mit gutem Erfolg Bleigummistoff verwendet. Bleigummischutzplatten dienen an Stelle von metallischem Blei zur Abdeckung der zu untersuchenden Werkstücke usw., als Blenden, Schirme und dgl. Die Bleiäquivalenz beträgt etwa 35 vH der Materialstärke, so daß sich pro Millimeter ein Schutzwert von 0·35 mm Blei ergibt. Um unabhängig von den verschiedenen Strahlenhärten und Materialien zu einer einheitlichen Definition des Schutzwertes zu gelangen, wird als Maß der Schutzwirkung (Glocker und Walter) die Bleiäquivalenz verwendet. Sie wird sowohl auf photographischem wie ionometrischem Wege bestimmt.

Ferner wird als Schutzstoff das Bleiglas verwendet, das besonders in allen den Fällen unentbehrlich wird, in denen der Strahlungsvorgang geschützt beobachtet werden soll. Auch das Bleiglas hat die wertvolle Eigenschaft des Nichtleitens bei gleichzeitiger hoher strahlenabsorbierender Wirkung. Man verwendet Bleiglas in den Schutzbrillen, zum Abdecken der Leuchtschirme gegen den Beobachter hin und für Beobachtungsfenster in den Wänden der Schutzhäuser (Abb. 3). Die Bleiäquivalenz beträgt etwa 25 vH der Glasdicke.

An Stelle von Schutzwänden, Wandbekleidungen usw. aus metallischem Blei treten jetzt mehr und mehr Wände, die aus Barytplatten (Kämpe-Loreyplatten) aufgeführt werden. Sie bestehen in der Hauptsache aus Schwerspat, der mit geeigneten Bindemitteln versetzt zu 6 cm dicken Platten von 25 × 50 cm Größe verarbeitet wird. Die Platten werden mittels eines aus der gleichen Masse wie sie selbst hergestellten Mörtels aneinandergefügt. 1 m² fertig aufgestellter Wand wiegt etwa 200 kg. Die Schutzwirkung dieser 6 cm starken Wände entspricht einer Äquivalenz von etwa 4 mm Bleimetall. Diese Platten werden auch in halber Stärke von 3 cm in den Handel gebracht, bezüglich Gewicht und Schutzwirkung entsprechen sie der Hälfte der 6 cm starken Platten.

Strahlensichere Türen wurden in der Weise hergestellt, daß entweder die Kämpe-Loreyplatten sorgfältig in Eisenrahmen eingemauert werden oder die Schwerspatmasse in die Eisenrahmen eingestampft wird.

Hinsichtlich ihres Schutzwertes verhalten sich die gebräuchlichen Schutzstoffe wie folgt:

4 mm Bleiblech = 12 mm Bleigummistoff = = 20 mm Bleiglas = 60 mm Barytstein = 250 mm Betonschicht = 500 mm Ziegelsteinmauer.

Mit dem ständigen Vorwärtsstreben der Technik nach Leistungssteigerung der Röntgenröhren muß natürlich auch die Vervollkommnung der Schutzvorrichtungen Schritt halten.

Es wird daher stets ein Angriffs- und Verteidigungskampf bleiben, der am besten mit dem Wettkampf zwischen Geschoß und Panzerplatte verglichen wird. Hier wie dort muß es der Geschicklichkeit und dem Erfindungsgeist des Menschen überlassen bleiben, Angriff und Abwehr am ungefährlichsten und erfolgreichsten zu gestalten.

Vorschläge über Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogenschweißgeneratoren und Lichtbogenschweißumformern.

Von Ing. Ernst **Schwarz**, Wien.

Bedeutung der Regeln für den Erzeuger und Verbraucher. — Vorschläge zur Aufstellung der Regeln und Bemerkungen dazu. — Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit dem VDE.

Erläuterung der Aufgabe: Im Nachstehenden handelt es sich nicht um Vorschläge zur Normalisierung des Gerätes, sondern um einheitliche Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstromlichtbogenschweißdynamos und Schweißumformern. Es war ursprünglich beabsichtigt, auch die Lichtbogenschweißtransformatoren und Widerstandschweißmaschinen in die Behandlung mit einzubeziehen, doch erscheint es vorteilhaft, zunächst eine Basis für die Gleichstromschweißdynamos zu finden, und wird es dann ein Leichtes sein, in Anlehnung daran, entsprechende Regeln für die Bewertung von Schweißtransformatoren und weiterhin auch für Widerstandsschweißmaschinen auszuarbeiten.

Begründung der Wichtigkeit der Aufgabe: Dem Erzeuger müssen einheitliche Regeln für die Bewertung und Prüfung erwünscht sein, weil dadurch eine feste Basis für Preisvergleiche, Gewichtsvergleiche usw. geschaffen wird und jeder Erzeuger sich dann über die Konkurrenzfähigkeit seines Fabrikates oder über die Notwendigkeit von Verbesserungen und Vervollkommnungen am besten ein Bild machen kann.

Für den Verbraucher sind die Regeln von besonderem Wert. Er wird die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Fabrikate, da die bezüglichen Angaben auf Grund einheitlicher Richtlinien ermittelt werden, besser vergleichen können, er wird auch in der Lage sein, aus den Lei-

Digitized by Google

stungsangaben auf die Leistungsfähigkeit der Maschine, bezw. auf ihre Eignung zur Durchführung bestimmter Arbeiten zu schließen.

Schließlich erscheinen diese Regeln von Wichtigkeit zur Förderung der allgemeinen Anwendung der Lichtbogenschweißung. Wenn es gelingt, solche Regeln aufzustellen, dann ist sozusagen die Plattform dafür geschaffen, daß das ganze Arbeitsverfahren als ein Normalverfahren mit feststehenden, wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen bezeichnet werden kann und als solches auch vom Konstrukteur gewertet und berücksichtigt werden wird. Die ständig zunehmende Verbreitung und eine wünschenswerte, noch kräftigere Entwicklung des Lichtbogenschweißens in der Zukunft macht also die Aufstellung solcher Regeln zu einer unabweislichen Notwendigkeit. Der jetzige Zustand, daß sich jede einzelne Erzeugerfirma eigene Regeln zurechtlegt, die mitunter sehr weit von einander abweichen, ist gewiß kein vollkommener.

Die Gründe, warum bisher die Aufstellung solcher Regeln noch nicht gelungen ist, scheinen folgende zu sein: Der Hauptgrund liegt in der mangelnden Zusammenarbeit zwischen Schweißern und Elektrotechnikern; die erfahrenen Schweißer hatten zu geringe Kenntnisse in der Elektrotechnik, und die Elektrotechniker waren im Schweißen zu wenig bewandert; erst im Laufe der Zeit trat da ein Ausgleich ein. Der zweite Grund dürfte darin gelegen sein, daß man sich über die Anforderungen, die die Schweißtechnik an eine Schweißdynamo stellt, bis vor kurzem nicht vollständig in allen Einzelheiten im Klaren war. Heute ist auch dies überwunden und nunmehr ist der Zeitpunkt gekommen, wo man an die Aufstellung solcher Richtlinien schreiten kann.

Es mögen nun die Vorschläge selbst folgen:

Vorschläge über Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und Lichtbogenschweißumformern:

§ 1. Zeitpunkt des Giltigkeitsbeginnes der Regeln.

§ 2. Gleichstrom-Lichtbogenschweißgeneratoren und Umformer müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" REM 1923 entsprechen, sofern in nachstehenden Regeln keine anderen Bestimmungen getroffen wurden.

§ 3. Gleichstrom-Lichtbogenschweißgeneratoren im Sinne dieser Regeln sind jene Sondergeneratoren, deren Dauerkurzschlußstromstärken dem Bedarf entsprechend eingestellt werden können. Schweißgeneratoren, die mit konstanter Spannung und Vorschaltwiderständen arbeiten, werden nach den REM für Dauerbetrieb begutachtet.

Schweißumformer ist ein Maschinensatz, bestehend aus einem Lichtbogenschweißgenerator, angetrieben durch einen von einer vorhandenen Stromquelle gespeisten Elektromotor.

Leerlaufspannung ist die Klemmenspannung des Schweißgenerators bei Leerlauf, also offenem Schweißstromkreis.

Arbeitsspannung ist die Klemmenspannung der Maschine bei gezogenem Lichtbogen.

Lichtbogenspannung ist die Spannung an den Elektroden bei gezogenem Lichtbogen. Bei kurzen Schweißkabellängen, bei welchen im Schweißkabel ein wesentlicher Spannungsabfall nicht zu verzeichnen ist, kann die Lichtbogenspannung gleich der Arbeitsspannung am Schweißgenerator gesetzt werden. Als betriebswichtigste Lichtbogenspannungen gelten folgende:

15 bis 25 V für Stahldrahtschweißstäbe,
45 bis 65 V für Guß- und Kohlenstäbe.

Schweißstromstärke ist die Stromstärke im Schweißstromkreis beim Arbeiten mit dem Lichtbogen.

Dauerschweißbetrieb. Infolge des für das Wechseln der Schweißdrähte und des Arbeitsstückes notwendigen Zeitaufwandes ist im Dauerschweißbetrieb der Schweißgenerator nicht dauernd belastet, sondern genügt hiefür eine Bemessung des Generators für aussetzenden Betrieb (AB) für 70 vH Belastungsdauer (BD).

Die Schweißdynamo läuft dauernd, Belastung und Leerlauf wechseln ab, die gesamte Spieldauer, die sich aus Belastungszeit und Leerlaufzeit zusammensetzt, beträgt 10 Minuten. Die prozentuale Belastungsdauer „BD" ist das Verhältnis von Belastungszeit zur Spielzeit. Während des Dauerlaufes, sowohl während der Belastungszeit als auch während der Leerlaufzeit, darf an der Einstellung der Maschine nichts geändert werden.

Lediglich die Schweißgeneratoren für automatische Lichtbogenschweißung und ähnliche Sonderfälle müssen für Dauerleistung bemessen werden.

§ 4. Zur Beurteilung der Verwendbarkeit eines Schweißgenerators für bestimmte Schweißarbeiten sind folgende Angaben nötig:

a) Angabe der kleinsten und größten Schweißstromstärke bei den betriebswichtigen Spannungen von 15 (25) V und 45 (65) V und zwar sowohl für Dauerschweißbetrieb (AB, 70 vH BD), als auch für kurzzeitige Höchstleistung (KB, 10 Minuten).

Bei allen Stromhöchstwerten muß die Kommutierung praktisch funkenfrei im Sinne der REM sein. Sollte die Kommutierung eine Herabsetzung der Stromstärken bedingen, dann sind die anzugebenden Stromhöchstwerte durch die Kommutierungsgrenze begrenzt.

Bei allen angegebenen Stromstärken und Spannungen muß das Ziehen und Halten des Lichtbogens gut möglich sein.

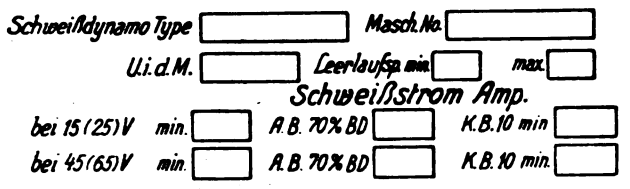
b) Angabe der Leerlaufspannung. Falls diese einstellbar ist, sind die einstellbaren Grenzwerte anzugeben. Bei der Niederstspannung muß die Spannung noch stabil sein, beim Höchstwert darf die Felderwärmung bei Dauerlauf die Grenzen nach REM nicht überschreiten.

§ 5. Auf jedem Schweißgenerator ist die Drehrichtung durch einen Pfeil ersichtlich zu machen und ferner ist die Polarität der Schweißkabelanschlußklemmen mit + und — deutlich zu kennzeichnen.

Digitized by Google

§ 6. Schild. Jeder Schweißgenerator muß ein Maschinenschild mit nachstehenden Angaben erhalten.

Muster für das Leistungsschild:



§ 7. Schweißumformer. Der Antriebsmotor ist so bemessen, daß er die zur Höchstleistung des Schweißgenerators im Dauerschweißbetrieb bezw. im kurzzeitigen Höchstbetrieb erforderliche Motorleistung im AB mit 70 vH BD bezw. KB während 10 Minuten den REM entsprechend abgeben kann.

Bemerkungen zu den Vorschlägen:

Titel und Einteilung wurden in Anlehnung an bereits bestehende, ähnliche Richtlinien für die Bewertung und Prüfung von Spezialmotoren, wie sie der VDE für verschiedene Sondergebiete, zum Beispiel Handbohrmaschinen, Polier- und Schleifmotoren und dergleichen mehr herausgegeben hat, vorgeschlagen.

Im § 3 erscheinen zunächst verschiedene Begriffe, deren Festlegung wünschenswert ist, erläutert. Im § 4 ist die Bemerkung enthalten, daß bei allen angegebenen Stromstärken und Spannungen das Ziehen und Halten des Lichtbogens gut möglich sein muß. Es ist dies eine allgemeine Forderung, die man an die Eignung einer Spezialmaschine für Lichtbogenschweißzwecke stellen muß. Es ist allerdings zweifelhaft und bleibt den weiteren Beratungen über diesen Gegenstand vorbehalten, ob man sich mit einer so allgemeinen Fassung dieser wichtigen Forderung begnügen soll, oder ob es nicht zweckmäßiger wäre, statt dieser eine wissenschaftlich genau umschriebene Forderung festzulegen. Unsere heutigen Kenntnisse über die physikalischen Vorgänge im Lichtbogenschweiß-Stromkreis und in der Maschine ermöglichen dies.

Bei allen angegebenen Stromstärken und Spannungen muß das Ziehen und Halten des Lichtbogens leicht möglich sein, das heißt es muß die Stromspannungskurve der Maschine einen dementsprechenden Verlauf nehmen. Die Neigung dieser Kurve darf im Bereich der Schweißarbeit einen bestimmten festzulegenden Neigungswinkel gegen die Horizontale nirgends unterschreiten. Die Größe dieses Neigungswinkels kann auf Grund der praktischen Erfahrungen einvernehmlich durch die Fachleute ermittelt und festgesetzt werden.

Ferner wäre ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem Stoßkurzschlußstrom, der allerdings nur oszillographisch ermittelt werden kann, und den Stromhöchstwerten festzulegen, und zwar ein Höchstwert für diese Verhältniszahl, der erfahrungsgemäß von den Maschinen und insbesondere den Kollektoren noch vertragen wird und der bei einer richtig gebauten Schweißdynamo nicht überschritten werden sollte.

Die Aufstellung dieser Regeln ist allerdings nicht Sache des VDI, sondern gehört unzweifelhaft vor den Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE). Es erscheint jedoch ausgeschlossen, daß diese Regeln im Kreise der Elektrotechniker aus eigenem Antrieb, ohne Zutun des VDI und seines Fachausschusses für Schweißtechnik aufgestellt werden können. Als einzig gangbarer Weg erscheint der, daß man sich zunächst im Fachausschuß für Schweißtechnik über diese Regeln vollkommen schlüssig ist und daß dann ein engeres Komitee diese Regeln gemeinsam mit dem VDE durcharbeitet und es auch durchsetzt, daß diese Regeln in das offizielle Vorschriftenbuch des VDE aufgenommen werden.

Zum Schlusse sei betont, daß es sich in obigen Regeln nur um Vorschläge handelt und daß diese Vorschläge die Plattform für eine eingehende Beratung durch den Fachausschuß bilden sollen. Es gilt dies besonders von den speziell aufgenommenen Zahlenwerten, die den Erfahrungen des Verfassers entsprechen und die selbstverständlich mit anderweitig gemachten Erfahrungen verglichen und eventuell richtiggestellt werden können.

Wirtschaftlichkeitsfragen der gesamten Schweißtechnik.

Von Akademiedirektor Professor Dr.-Ing. **Schimpke**, Chemnitz.

Thermitschweißung. — Elektrische Widerstandsschweißung, Stumpfschweißen gegen Feuerschweißen. — Die verschiedenen Gasschmelzschweißverfahren. — Gasschmelzschweißung im Wettbewerb mit Lichtbogenschweißung. — Einfluß des Brenners und der Gaspreise auf die Wirtschaftlichkeit der Gasschmelzschweißung. — Lichtbogenschweißung mit Gleich- und Wechselstrom. — Ausbesserungsschweißung. — Eisenkonstruktions- und Kesselschweißung. — Prüfung der Schweißnähte.

Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Schweißverfahren sind bereits in der Vorkriegszeit des öfteren durchgeführt worden. Jedoch lagen ihnen wohl immer nur die Erfahrungswerte der Firmen zu Grunde, die Schweißgeräte lieferten. Diese Werte waren gegenüber den im Durchschnitt in praktischen Betrieben erzielten Zahlen im allgemeinen auffallend hoch, weil sie von besonders geübten Schweißern und nur bei kurzen Schweißzeiten erzielt worden waren. Erst in neuerer Zeit, besonders in den letzten Jahren, sind weitere wertvolle Versuche in praktischen Betrieben und in Laboratorien durchgeführt worden. Wenn sich auch bei Vergleichsversuchen noch stark unterschiedliche Werte sowohl bei den Leistungen der Schweißer wie bei der Güte der hergestellten Schweißnähte ergaben, so dürfte man trotzdem heute in der Lage sein, auf Grund der vorhandenen Unterlagen die Wirtschaftlichkeit aller

Digitized by Google

Schweißverfahren genügend genau zu kennzeichnen.

Am besten abgrenzbar in der Wirtschaftlichkeit sind diejenigen Schweißverfahren, die ihrer ganzen Eigenart nach nur für Sondergebiete in Frage kommen. Hervorgehoben seien hier zunächst die Thermitschweißung und die elektrische Widerstandsschweißung.

Die Thermitschweißung kommt heute fast nur für die Schweißung von Straßenbahnschienenstößen in Frage. Hier sind die Kosten in Mark etwa folgende:

Schweißportion	12·20
Tiegelanteil	0·75
Abnutzung der Geräte	2·50
Hilfsstoffe (Benzol, Holzkohle, Koks, Formsand)	1·75
9 Arbeitsstunden zu je 0·75 Mk.	6·75
Gesamtkosten (kleines Profil)	23·95
„ (Normalprofil)	28·—

Demgegenüber kostet ein elektrisch geschweißter Schienenstoß zwar nur etwa Mk. 20. Nach den bisherigen Erfahrungen ist aber die Lebensdauer des Thermitstoßes wesentlich größer als die des elektrisch geschweißten Stoßes. Infolgedessen ist der Thermitstoß vorzuziehen.

Die elektrische Widerstandsschweißung ist in der Massenfabrikation bisher wirtschaftlich unerreicht bei der Schweißung dünner Blechkörper, und zwar in der Form der Punkt- und Nahtschweißung. Was die Blechstärken anbelangt, so ergibt sich die Grenze der Wirtschaftlichkeit aus den Stromverbrauchskurven bei der Punktschweißung zu etwa 4 bis 5 mm und bei der Nahtschweißung zu etwa 1·5 bis 2 mm, beide Male auf die Einzelblechstärke bezogen. Die Stumpfschweißung erweist sich bei genügendem Beschäftigungsgrade der Feuerschweißung als wesentlich überlegen. Die Gegenüberstellung der Schweißarbeit an einem 75 mm Rundeisen ergab zum Beispiel nach Schmatz bei der Abschmelzschweißung kaum die Hälfte der Kosten, die für die Feuerschweißung aufzuwenden waren. Auf Grund einer größeren Anzahl von Eisenbahnwerkstättenarbeiten der letzteren Jahre ließ sich sogar feststellen, daß im Gesamtdurchschnitt die Kosten der Stumpfschweißung nur 13 vH der Kosten bei Schmiedefeuerarbeit ausmachten und der Zeitaufwand nur 11 vH der Zeit bei Schmiedefeuerarbeit betrug. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß das wesentlich schnellere Arbeiten der Schweißmaschine oft zur Beschleunigung anderer Arbeiten, zum Beispiel zum Schnellausbessern von Fahrzeugen in Eisenbahnwerkstätten beitragen kann.

Was die Gasschmelzschweißung anbelangt, so wurde bereits vor dem Kriege festgestellt, daß die Feuerschweißung bei allen Blechstärken teuerer ist, als die Gasschmelzschweißverfahren, daß ferner die Wasserstoff-, Leuchtgas- und auch die Benzol-Schweißung teurer sind, als die Schweißung mit Azetylen und daß nur für größere Blechstärken (über etwa 20 mm hinaus) die Wassergasschweißung noch billiger werden kann als die Azetylenschweißung, unter der Voraussetzung, daß umfangreiche Arbeiten vorliegen. Die Wassergasschweißung kommt heute nur noch für die Schweißung großer Rohre und Blechzylinder von 15 bis 80 mm Wandstärke in Frage, ist aber auf diesem Gebiete wohl allen anderen Verfahren noch immer überlegen.

Für die normalen Blechschweißungen und für Ausbesserungsschweißungen stehen in Wettbewerb die Gasschmelzschweißung mit Azetylen und die elektrische Lichtbogenschweißung, die überhaupt die vielseitigsten Verwendungsmöglichkeiten ergeben. Eingehende Zusammenstellungen aller wesentlichen, bisher veröffentlichten Versuche und Angaben sind vom Werk Autogen-Griesheim 1927 in der „Schmelzschweißung" veröffentlicht worden.[1]) Hinsichtlich der stark unterschiedlichen Angaben der einzelnen Quellen über Zeitbedarf usw. ist darauf hinzuweisen, daß man vor allem zwischen Höchst- und Normalleistungen und zwischen kurzer und langer Arbeitszeit unterscheiden muß. Der Durchschnittsschweißer braucht mindestens 25 vH mehr an Zeit als der geübte gute Schweißer, und für die Tagesleistung sind wiederum etwa 50 bis 100 vH Zuschläge zu den Zeiten zu geben, die bei kurzen Schweißnähten bei bis zu einer Stunde Schweißzeit erreichbar sind.

Abb. 1 gibt zum Beispiel die entsprechenden Werte für die Gasschweißschmelzung wieder. Die

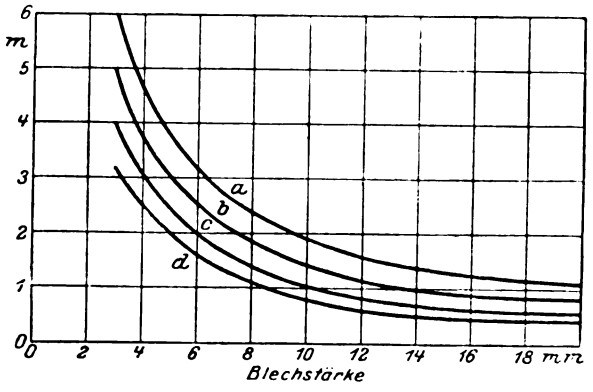


Abb. 1. Stündliche Leistungen in m Schweißnaht (Gasschmelzschweißung).

Kurve *a* zeigt die höchst erreichbare Stundenleistung in m Schweißnaht, die Kurve *b* die Normalleistung eines Schweißers bei kurzen Schweißungen bis zu etwa einer Stunde Schweißzeit. In Kurve *c* sehen wir die höchst erreichbare Leistung bei voller Tagesarbeit und schließlich in Kurve *d* die normale Betriebsleistung eines Schweißers bei voller Tagesarbeit. Alle Kurven beziehen sich auf einfache Blechschweißungen einschließlich kleinerer Nebenarbeiten. Strelow kommt im „Maschinenbau" 1927 im Gegensatz zu den Zusammenstellungen von Griesheim sogar noch bei einem Be-

[1]) Im Vortrage wurden die wichtigsten Angaben über Zeitbedarf, Gas- und Stromverbrauch und die Zusammenstellungen der Gesamtkosten sowohl für die Gas- wie für die Elektroschmelzschweißung in Lichtbildern vorgeführt.

Digitized by Google

schäftigungsgrade der Anlage von nur 25 vH zu einem, wenn auch nur ganz wenig günstigerem Ergebnis für die Lichtbogenschweißung, und zwar bei allen Blechstärken.

Der Vortragende hat auf Grund eigener Versuche eine Rechnung für eine Jahresleistung von 500, 1000, 2000 und 4000 m Blechnaht durchgeführt. Das Ergebnis ist aus Abb. 2 zu ersehen, wobei die mit I, II, III und IV bezeichneten Kurven den

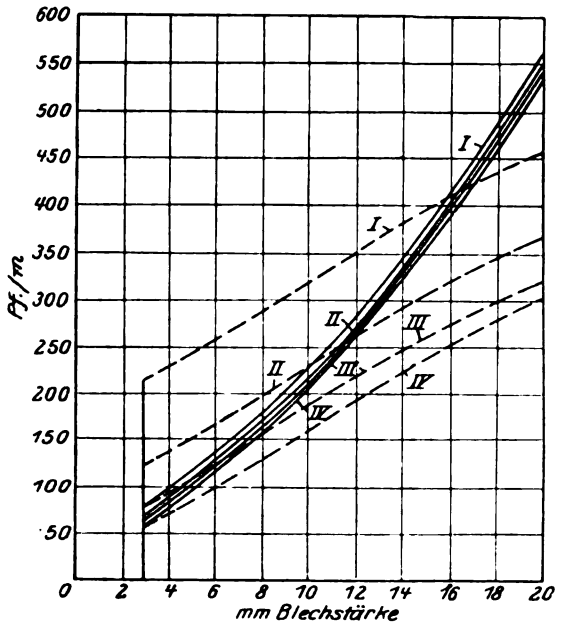


Abb. 2. Kosten von 1 m Schweißnaht bei der Gas- (voll ausgezogene) bezw. Elektroschmelzschweißung (gestrichelte Kurven).

Jahresleistungen von 500, 1000, 2000 und 4000 m Blechnaht entsprechen. Nach diesen Kurven, mit denen etwa die Durchschnittswerte getroffen sein dürften, ist die Gasschmelzblechschweißung billiger als die Lichtbogenschweißung bei

m Blechnaht im Jahr		Blechstärken in mm bis
500	(Kurven I)	16
1000	(„ II)	11
2000	(„ III)	6
4000	(„ IV)	3

Im übrigen muß man sich davor hüten, solche Ergebnisse zu sehr zu verallgemeinern, bzw. hiervon allein die Wahl eines bestimmten Schweißverfahrens abhängig zu machen. So gibt zum Beispiel die Gasschmelzschweißung eine gegen Biegung widerstandsfähigere Naht, und die starke Erwärmung eines großen Teils des Werkstückes, die bei ihr eintritt, ist beispielsweise beim Schweißen dünner Bleche (Vermeidung des Durchbrennens) und beim Kupferschweißen (starke Wärmeableitung) von Vorteil; sie ist aber auch ein Nachteil insofern, als viel leichter als bei der Lichtbogenschweißung ein Verziehen der Bleche vorkommt. Ebenso ist die Lichtbogenschweißung bei allen überlappten Schweißungen unbedingt vorzuziehen. Bei Ausbesserungsschweißungen insbesondere von Gußeisenstücken hängt es ganz von der Gestalt und Wandstärke des Stückes ab, ob man besser die Gas- oder die Elektroschmelzschweißung anwendet. Demnach hat man also nicht allein nur die reine Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Art der Schweißung und die Eigenschaften des Verfahrens bei der Wahl des Schweißverfahrens mit zu berücksichtigen, und die beiden heute wichtigsten Schweißverfahren, die Gas- und Elektroschmelzschweißung, werden daher sehr wohl nebeneinander und einander ergänzend bestehen können.

Wichtig ist ferner noch die Kennzeichnung des Einflusses verschiedener Umstände auf die Wirtschaftlichkeit, worüber bei der Gasschmelzschweißung umfangreiche Versuche des Autogenwerkes Griesheims vorliegen. So zeigt zum Beispiel Zahlentafel 1 den Einfluß des Brenner-

Zahlentafel 1.

Abstand des Flammenkegels vom Werkstück mm	Leistung (Verhältniszahl)	Azetylenverbrauch in l/m	Bemerkungen
2	116	86	breite Naht
4	100	100	Normalstellung
6	96	111	—
8	81	124	—
10	72	139	—
15	58	173	enge Naht
25	33	303	desgl., etwas oxydiert

abstandes (vom Schweißstück) auf die Schweißleistung bei Flußeisenrohren von 25 mm Durchmesser und 1·5 mm Wandstärke. Wir erkennen, daß mit wachsendem Brennerabstand die Schweißleistung stark, schließlich bis auf ein Drittel der normalen Leistung zurückgeht, während der Azetylen- und mit ihm der Sauerstoffverbrauch bis auf das Dreifache wächst. In ähnlicher Weise läßt sich (nach Zahlentafel 2) der Einfluß der Brenner-

Zahlentafel 2.

Brennergröße	Leistung (Verhältniszahl)	Azetylenverbrauch in l/m	Kaltbiegewinkel	Kaltbiegezahl nach Heyn
4 ÷ 6	75	90	180°	2·6
6 ÷ 9	100	100	180°	2·5
9 ÷ 14	120	134	180°	2·3
14 ÷ 20	140	162	180°	2·1
20 ÷ 30	155	206	180°	1·8

größe auf die Schweißleistung kennzeichnen. Es handelt sich in diesem Falle um 6 mm Bleche. Mit den wesentlich größeren Brennern kann sowieso nur ein geübter Schweißer bei diesem Blech eine brauchbare Naht erzielen, aber auch dann wächst der Gasverbrauch stärker als die Leistung, und außerdem ersieht man aus den Kaltbiegezahlen nach Heyn, daß die Schweißung mit den zu starken Brennern in der Güte schlechter ist, als die mit Brennern von normaler Größe. Der Einfluß der verschiedenen Gasmischung in der Schweißflamme auf die Schweißleistung usw. erwies sich als weniger bedeutungsvoll. Günstige Werte ergaben sich bei einem Mischungsverhältnis von Sauerstoff zu Azetylen = 1·0 bis 1·2. Weitere Versuche über den Einfluß der Brennerbewegung, den Einfluß der Austrittsgeschwindigkeit der Gase aus der Brennermündung usw. können hier nur erwähnt werden. Nach den aus diesen Versuchen sich ergeben-

Digitized by Google

den Richtungen hin läßt sich jedenfalls die Wirtschaftlichkeit der Gasschmelzschweißung bei entsprechend ausgebildeten Schweißern noch wesentlich verbessern.

Was die Gaspreise bei der Gasschmelzschweißung anbelangt, so kostet Azetylen als Flaschengas in Leihflaschen (mit Fracht) etwa Mk. 2·90 und in Eigenflaschen etwa Mk. 2·40 für 1 m³. Demgegenüber stellen sich die Kosten des Entwicklergases im Kleinbetrieb auf etwa Mk. 1·40 bis 1·50 und im Großbetrieb auf etwa Mk. 1·20 bis 1·30 für 1 m³. Obwohl das Flaschengas mancherlei Vorteile hat (zum Beispiel fast völlige Ausschaltung der Explosionsgefahr, bequemer Transport bei der Montage, größere Reinheit usw.), kann es bei diesem großen Preisunterschiede noch nicht genügend mit dem Entwicklergas in Wettbewerb treten. Der Sauerstoff kostet als Flaschengas in Leihflaschen (mit Fracht) etwa Mk. 0·90 und in Eigenflaschen etwa Mk. 0·80 für 1 m³. Demnächst wird man dazu übergehen, den Sauerstoff versuchsweise flüssig in besonderen Leihbehältern zu liefern, wodurch man vornehmlich die Fracht für die schweren Stahlflaschen erspart. Es dürfte alsdann mit einer Verbilligung des Sauerstoffpreises zu rechnen sein, aber der flüssige Sauerstoff wird voraussichtlich zunächst nur für den Großbetrieb und nicht für den Kleinbetrieb und die Montage in Frage kommen.

Bei der Elektroschmelzschweißung ist noch die Frage zu erörtern, ob es wirtschaftlicher ist, mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom zu schweißen. In Zahlentafel 3 ist ein

Zahlentafel 3.

	Gleichstrom	Wechselstrom
Kosten der Anlage	3000 Mk.	1000 Mk.
Verzinsung (10 vH), Abschreibung (15 vH), Instandhaltung (6 bezw. 3 vH) bei 2400 Std /Jahr	0·39 Mk.	0·12 Mk.
Stromkosten: 7 (4) kWh, je 10 Pf. .	0·70 „	0·40 „
Elektroden 1 kg zu 0·45 (0·90) Mk. .	0·45 „	0·90 „
Lohn	0·90 „	0·90 „
Kosten einer Stunde Schweißung .	2·44 Mk.	2·32 Mk.
Kosten bei Berücksichtigung von 5 bezw. 25 vH Stromaufgeld	2·48 „	2·42 „

Überblick über die Kosten einer Stunde Schweißung gegeben. Da man bei der Wechselstromschweißung mit den teureren ummantelten Elektroden schweißen muß, um gleiche Schweißleistung wie bei Gleichstrom zu erzielen, so werden bisher die geringeren Kapital- und Stromkosten hierdurch fast ausgeglichen, besonders wenn man außerdem noch berücksichtigt, daß der Stromverbraucher an manchen Orten noch ein Aufgeld von zum Beispiel 25 vH wegen des schlechten Leistungsfaktors der Wechselstromanlage (0·35) gegenüber einem Aufgeld von nur 5 vH bei der Gleichstromanlage (Leistungsfaktor 0·72) zu zahlen hat. Da überdies nach den bisherigen Versuchen die Güte der Schweißnaht bei der Gleichstromschweißung eine größere ist, die Spannungsgefahren geringer sind und die Temperaturunterschiede der Pole gewisse Vorteile bieten, so ist es nicht verwunderlich, daß man alles in allem genommen die Gleichstromschweißung zurzeit noch als die wirtschaftlichere ansehen muß.

Aus dem Vorstehenden ist zu erkennen, daß man also noch manches an der Technik der Gasschmelzschweißung verbessern kann, während bei der Lichtbogenschweißung wohl vor allem die Wirtschaftlichkeit noch durch Verbesserung der Apparatur (Verringerung der Anschaffungs- und Stromkosten) gehoben werden kann.

Nachdem im vorigen die Blechschweißungen, Schienenschweißungen und Stumpfschweißungen bereits genügend behandelt worden sind, sei der Vollständigkeit halber zunächst noch auf Ausbesserungsschweißungen aller Art hingewiesen, über die infolge der großen Verschiedenartigkeit der Arbeiten nur Einzelangaben vorliegen. Die Kosten sind naturgemäß sehr verschieden. Bei Gußschweißungen betragen sie oft nur 5 bis 15 vH des Neuanschaffungswertes. Bei Auftragsschweißungen konnten große elektrische Schweißmaschi-

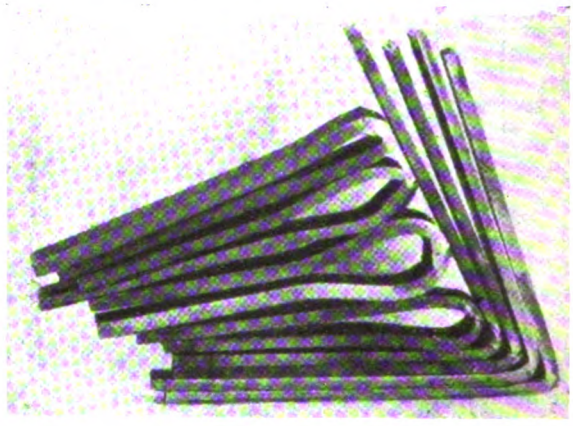


Abb. 3. Biegeprobe.

nen bereits nach einem halben Jahr vollständig abgeschrieben werden. Der Wert der Schweißung liegt übrigens bei vielen dieser Ausbesserungen nicht nur in der genannten Kostenersparnis, sondern vor allem auch in derjenigen Kosten- und Zeitersparnis, die durch schnellere Wiederinbetriebsetzung der betreffenden Maschinen usw. erzielt wird.

Auf dem Gebiete der Eisenkonstruktions- und Kesselschweißungen und verwandter Arbeiten, wo das Schweißen in Wettbewerb mit dem Nieten tritt, dürfte die elektrische Lichtbogenschweißung in der großen Mehrzahl der Fälle der Gasschmelzschweißung überlegen sein. Im übrigen hat Strelow durch umfangreiche Versuche festgestellt, daß zum Beispiel die Schweißung bei Blechen bis etwa 10 mm Stärke nur halb so teuer ist wie die Nietung und auch bei stärkeren Blechen immer noch wesentlich billiger bleibt als die Nietung. Dabei ist die Schweißverbindung im Falle der Eisenkonstruktions- und Schiffsschweißung in der Güte der Nietung mindestens gleichwertig.

Wie schon angedeutet wurde, darf neben

Digitized by Google

den reinen Wirtschaftlichkeitsfragen in der Form der Kostenfragen die Güte der Schweißnaht nicht außer acht gelassen werden. Wichtig ist hierbei besonders die richtige Prüfung der der Schweißnähte. Der Zerreißversuch hat nach neueren Feststellungen nur Wert zur Feststellung der Zugfestigkeit. Die Dehnung der Schweißnaht wird besser und dabei einfacher durch den Biegeversuch geprüft, wie in Abb. 3 wiedergegeben. Auch die metallographische Untersuchung liefert wertvolle Aufschlüsse, ebenso die chemische, während die Untersuchung mittels Röntgenstrahlen noch in der Entwicklung steckt. Geschweißte Hohlkörper können durch Dampf-, Luft- oder Wasserdruck auf Dichtigkeit und Festigkeit geprüft werden, wobei zum Beispiel mit wassergasgeschweißten Hochdruckkesseln ganz hervorragende Ergebnisse erzielt worden sind. In allen den Fällen, wo eine besonders hochwertige Schweißnaht verlangt wird, sollte man jedenfalls die Forderung nach der Hochwertigkeit der Naht vor die nach der reinen Wirtschaftlichkeit setzen.

Einfluß des Schweißens auf die Gestaltung.

Auszug aus dem Vortrag von Dr. Ing. A. Hilpert, Berlin-Charlottenburg[1]).

Die wichtigsten Schweißverfahren. — Anwendung der autogenen und Lichtbogenschweißung an Stelle von Vernietung, Verflanschung, Gußstücken, sowie für Ausbesserung und Instandhaltung des Betriebsmateriales.

Das Schweißen, das ist das Vereinigen von Metallen, die an einer Verbindungsstelle in flüssigen oder teigigen Zustand versetzt werden, übt einen wesentlichen Einfluß auf die konstruktive Gestaltung aus. Dies soll, verbunden mit einem kurzen Überblick über die verschiedenen Schweißmethoden — unter Übergehung der Feuer-, Wassergas- und Thermitschweißung — aus einer Erörterung der heute gebräuchlichen Schweißverbindungsarten ersichtlich werden.

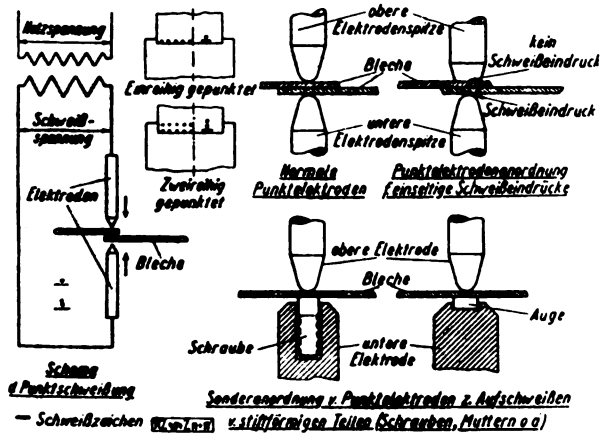


Abb. 1. Elektrische Punktschweißung.

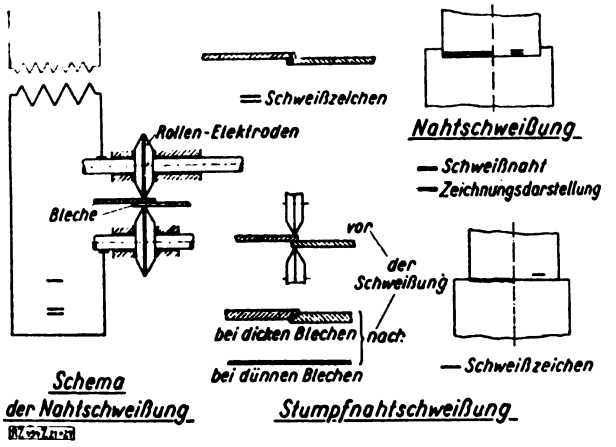


Abb. 2. Elektrische Nahtschweißung.

1. Preßschweißung.

Diese beruht auf Erwärmung der zu verbindenden Stellen beim Übergang des elektrischen Stromes. Zur Verwendung gelangt Wechselstrom von einigen Volt Spannung bei hoher Stromstärke.

a) Stumpfschweißung.

Einfache und kleine Querschnitte werden in die stromführenden Backen eingespannt und unter Druck stumpf zusammengestaucht. Verwickelte und große Querschnitte werden nach dem Abschmelzverfahren verschweißt. Hiebei werden die Stücke vorerst nur so weit einander genähert, daß sich ein Lichtbogen bildet, der das Material aufschmilzt. Die Vereinigung erfolgt sodann schlagartig. Die Erwärmungszone ist bei diesem Verfahren nur gering, die Resultate besonders bei Querschnitten über etwa 300 mm² besser als bei reinem Stumpfschweißen. Die maximal verschweißbaren Querschnitte betragen derzeit etwa 15 000 mm² Eisen und 3000 mm² Kupfer. Konstruktiv ist zu beachten, daß die zu verschweißenden Querschnitte annähernd gleich sind, ferner daß verschiedenes Material (etwa Eisen mit Stahl, Kupfer mit Messing, hochwertiger Stahl mit gewöhnlichem) verbunden werden kann, wodurch Ersparnisse erzielt werden können. An Stelle langer Schmiedestücke treten oft auch kurze Preßstücke in Verbindung mit normalen Konstruktionseisenteilen.

b) Punkt- und Nahtschweißung.

Von den übereinander gelegten und zu verbindenden Flächen werden nur punkt- oder nahtförmige Flächen miteinander verschweißt. Abb. 1 gibt ein Beispiel davon. Beim Nahtschweißen treten an Stelle der Punktelektroden Rollen (Abb. 2). Beide Verfahren dienen als Ersatz für Falzung, Lötung, Nietung oder Verschraubung.

2. Schmelzschweißung.

Bis 3 mm Blechstärke findet vorwiegend die Autogenschweißung Anwendung. Die Festigkeiten betragen hiebei 60 bis 80 vH der

[1]) Der Vortrag ist dem Wesen nach in ZVDI 1927, Heft 42, bereits veröffentlicht.

Digitized by Google

Blechfestigkeit ungehämmert, 80 bis 100 vH gehämmert.

Über 3 mm kommt sowohl die Autogenschweißung als auch die Schweißung mit Gleich- oder Wechselstromlichtbogen in Frage. Die Festigkeit bei Gleichstrom und nackten Elektroden beträgt bis 90 bis 100 vH. Die Nähte sind möglichst so anzuordnen, daß sie keinen Biegungsbeanspruchungen ausgesetzt sind.

Für die Güte der Schmelzschweißung ist das Zusatzmaterial wesentlich. Die Zusatzstoffe werden blank und ummantelt verwendet, in neuester Zeit unter Benützung von Gashüllen.

Hinsichtlich der bei der Schmelzschweißung gebräuchlichen Verbindungsarten ist folgendes anzuführen.

a) An Stelle der Vernietung.

Einige Verbindungsmöglichkeiten zeigt Abb. 3. Hier ist auf entsprechende Spannungen Rücksicht

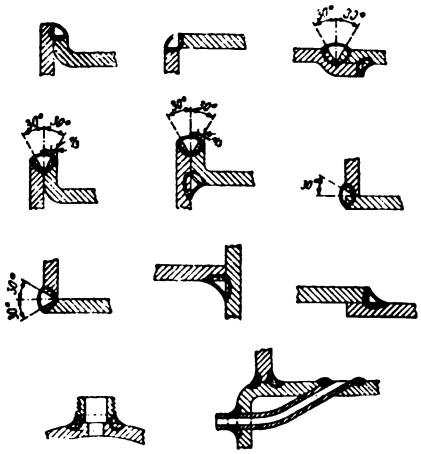


Abb. 3. Geschweißte Verbindungen im Behälterbau.

zu nehmen. Diese sind bei der elektrischen Schweißung geringer als bei der Gasschweißung. Zu beachten ist bei der konstruktiven Durchbildung auch die Zugänglichkeit der Schweißstelle.

Besonders wichtige Anwendungsgebiete zeigt der Behälterbau, der Eisenhochbau und der Flugzeug- und Automobilbau. Die Verwendung von Rohren an Stelle von Profileisen ist möglich und gestattet bei hoher Starrheit und Festigkeit bedeutende Gewichtsersparnisse.

b) An Stelle der Verflanschung bei Rohrleitungen.

Durch die Schweißung werden Undichtigkeiten vermieden (Abb. 4). Bei Verlegung ergeben sich Ersparnisse in der Erdaushebung, da die Verschweißung längerer Strecken vor der Versenkung erfolgen kann.

c) Als Ersatz für Gußstücke.

An Stelle spröder und umständlich erhältlicher Gußstücke werden Flußeisenstücke zusammengeschweißt. Hiebei lassen sich bedeutende Gewichtsersparnisse erzielen. Zum Beispiel bei dem Dynamogehäuse der AEG (Abb. 5) betrug das Gewicht statt 11 000 kg bei Guß nur 6000 kg. Außerdem kann das Modell erspart werden.

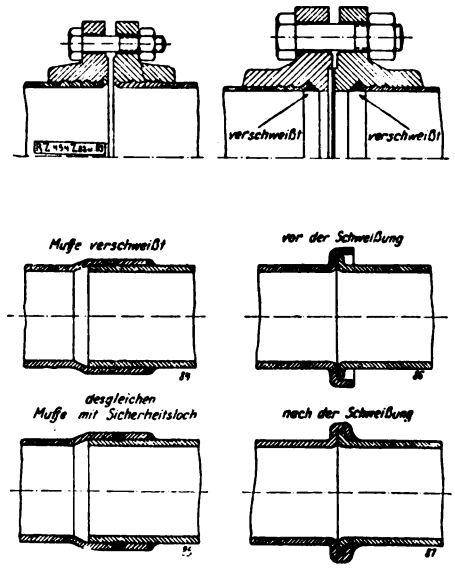


Abb. 4. Rohrverbindungen.

d) Wiederherstellung und Instandhaltung einzelner Teile.

Gebrochene Gußstücke werden kalt oder warm geschweißt. Mit etwa 10 bis 30 vH der Neuanschaffungskosten lassen sich Stücke instandsetzen, welche sonst als unbrauchbar ausgeschieden werden müßten. Stellen, welche starkem Verschleiß unterworfen sind, können durch Auftragen neuen Materials wieder gebrauchsfähig gemacht werden, zum Beispiel Rollen, Spurkränze, Schienen, Gleitflächen und dgl. Hierbei kann Auftragsmaterial höherer Festigkeit verwendet werden, als sie das Grundmaterial hat.

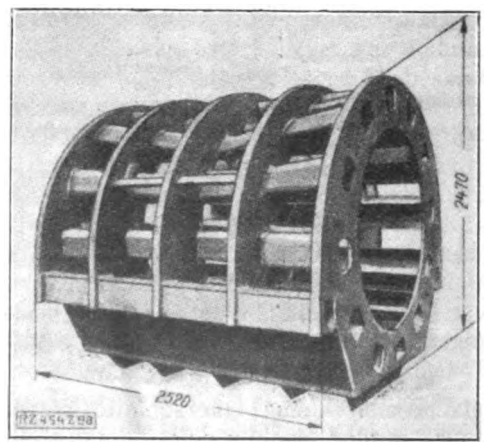


Abb. 5. Mittels Schweißung hergestelltes Dynamogehäuse.

Wesentlich für den Erfolg ist es jedenfalls, daß neben entsprechender konstruktiver Durchbildung und entsprechendem Material die Schweißarbeit als solche sachgemäß und gewissenhaft durchgeführt wird. Ell.

Digitized by Google

Maschinelle Auftrags- und Nahtschweißung mit elektrischem Lichtbogen.

Von Dr. E. **Rosenberg**, Weiz.

Die verschiedenen Arten des elektrischen Schweißens. — Faßschweißmaschine mit Schweißkopf der „ELIN" — Längsnahtschweißmaschine. — Selbsttätige Schweißung mit Eisenelektroden. — Halbautomatische Schweißeinrichtung der General Electric Comp. — Schweißkopf der SSW. — Schaltung des Vorschubmotors. — Schweißen von Spurkränzen. — Der Schweißdraht. — Elektrische Betätigung der Apparate.

Die Handschweißung erfordert einen geübten Schweißer, der mit sicherer Hand den Elektrodenhälter stetig mit möglichst kleinen Schwankungen der Schweißnaht entlang führt. Ferner erfordert sie in regelmäßigen kurzen Zeitabständen das Auswechseln des Elektrodenrestes gegen eine neue Elektrode. Man hat deshalb schon seit Jahren versucht, dem Arbeiter einen Teil seiner Arbeit abzunehmen und einige der ihm obliegenden Funktionen durch selbsttätige oder maschinelle Einrichtungen auszuführen.

Es gibt verschiedene Grade des „selbsttätigen Schweißens". In manchen Fällen erfolgt nur die Nachstellung der Elektrode maschinell, in anderen Fällen nur die Relativbewegung zwischen Schweißkopf und Werkstück, in anderen Fällen aber beides, ebenso das Zünden des Lichtbogens. Die Relativbewegung des Werkstückes gegen den Schweißkopf erfordert maschinelle Einrichtungen wie sie sonst bei Werkzeugmaschinen üblich sind. Steht der Schweißkopf fest, so werden Rundnähte

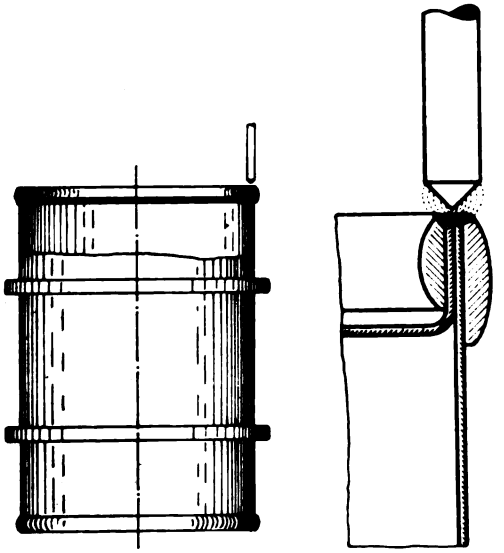


Abb. 1. Schweißung eines Faßrandes mit Kohlenlichtbogen.

auf einer drehbankähnlichen Maschine hergestellt, Längsnähte auf einer nach Art einer Hobelbank gebauten Maschine. Es kann auch der Schweißkopf samt Stromzuführung und eventuell Kühlwasserzuführung bewegt werden, so daß der Mechanismus dem einer Bohrmaschine oder einer Shapingmaschine vergleichbar ist. Nur ist hierbei zu erwähnen, daß wir es mit keinem festen Schnittmesser, sondern mit einem flackernden Lichtbogen zu tun haben und daß auch die Werkstücke, die meist aus Blech bestehen, sowohl bei Kreisnähten als bei geraden Nähten von der strengen geometrischen Form abweichen, so daß die maschinelle Einrichtung auf Abweichungen Rücksicht nehmen muß. Die Schweißgeschwindigkeit ist weitaus geringer als die Arbeitsgeschwindigkeit beim Drehen oder Hobeln.

Das Nachstellen des Lichtbogens ist dasselbe Problem, wie es bei den Bogenlampen vorkommt, aber mit mehreren Verschärfungen. Die Stromstärken, um die es sich beim maschinellen Schweißen handelt, sind weitaus größer als die normaler Bogenlampen, oft sogar größer als bei großen Scheinwerferlampen. Das Schweißen mit Eisenelektrode bietet ein zusätzliches Problem durch den raschen Verbrauch des Drahtes und

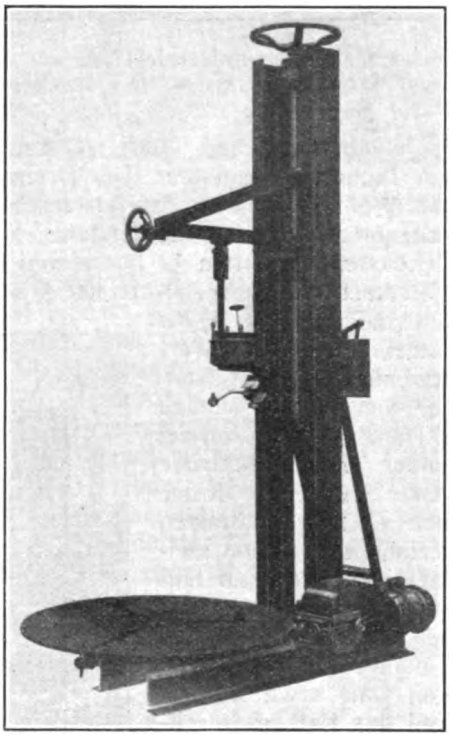


Abb. 2. Maschine für Faßschweißung (Elin).

durch die Möglichkeit des „Festklebens" von Draht und Werkstück.

Bei Kohlenelektroden ist der Abbrand verhältnismäßig gering, und in manchen Fällen kann der Lichtbogen so lang gehalten werden, daß man während der Anfertigung einer Schweißnaht auf das Nachstellen der Elektrode verzichtet und nur die Relativbewegung zwischen Werkstück und Schweißkopf maschinell vornimmt.

Ein Beispiel ist die Faßschweißung, das ist das Zusammenschweißen von Boden und Zylinderwand eines Blechgefäßes, verstärkt durch Eisen-

Digitized by Google

ringe innerhalb des umgebörtelten Bodens und außerhalb der Zylinderwand (Abb. 1). Das Faß wird auf eine Drehscheibe mit vertikaler Achse (Abb. 2) gestellt, die Kohlenelektrode kann über

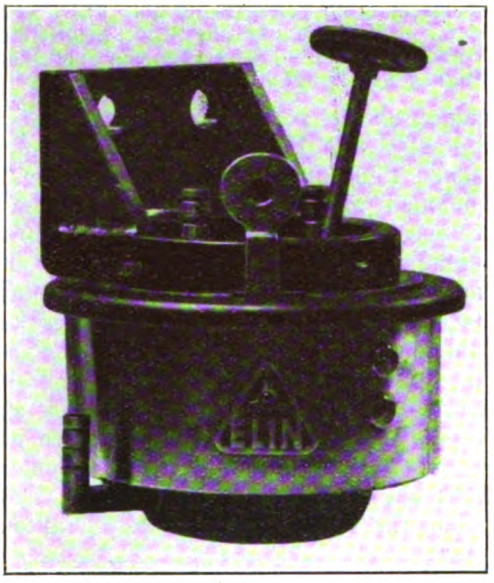


Abb. 3. Schweißkopf für Kohlenelektrode mit magnetischem Gebläse und Wasserkühlung (Elin).

dem zu schweißenden Rand fixiert werden, so daß ein langer Lichtbogen entsteht. Die Drehung des Fasses wird mit konstanter Antriebsgeschwindigkeit vorgenommen. Zur Verwendung kommen Kohlenelektroden von etwa 12 bis 16 mm Durchmesser. Stromstärken von 200 bis 400 A und eine Nahtgeschwindigkeit von 15 bis 40 m/h, auch noch mehr, werden angewendet. Die Fertigstellung einer Naht dauert wenige Minuten. Die Zündung kann bei feststehender Kohlenelektrode durch ein Stückchen Kohle oder einen sonstigen leitenden Körper erfolgen, den man zwischen Elektrode und Faß hält und sofort nach Zündung entfernt. Bei feststehender Kohle arbeitet man nur mit langem Lichtbogen und etwa 50 bis 60 V, weil das Faß oft merklich von der wahren Kreiszylinderform abweicht und bei zu kurzem Lichtbogen die Gefahr des Überspringens vom zu schweißenden Rand auf eine andere Stelle des Fasses besteht. Will man mit kurzem Lichtbogen arbeiten, so darf der Schweißkopf nicht ganz feststehen, sondern muß entlang der zu schweißenden, nicht ganz kreisförmigen Naht geführt werden. Es ist möglich, durch ein Relais und einem von ihm betätigten kleinen Motor die Kohle periodisch vor und gelegentlich rückzuschieben, so daß die Spannung des Lichtbogens während der Arbeit nur wenige Volt aufwärts oder abwärts schwankt. Abb. 2 zeigt einen Faßschweißautomaten der Elin, Abb. 3 den zugehörigen Schweißkopf in größerem Maßstab. Der Schweißkopf hat magnetisches Gebläse und Wasserkühlung. In Abb. 2 ist unterhalb des Schweißkopfes eine Führungsrolle zu sehen, die den beweglich aufgehängten Kopf befähigt, den Unregelmäßigkeiten des Faßrandes zu folgen.

Prinzipiell die gleiche Vorrichtung kann bei Längsnahtschweißmaschinen angewendet werden, die umgebörtelte Bleche von weniger als 1 bis zu 4 mm Stärke mit einander verbinden. Bei 1 mm-Blechen wird eine Kohlenelektrode von etwa 4 mm Durchmesser und ein Strom von etwa 50 A bei einer Spannung von etwa 35 V angewendet. Bei 4 mm starken Blechen, die in der gleichen Weise aneinander geschweißt werden, kommen Elektroden und Stromstärken wie bei der Faßschweißung zur Verwendung. Abb. 4 zeigt eine Maschine mit feststehendem Schweißkopf zur Herstellung der Längsnähte von Transformator-Wellblechkasten. Der Lichtbogen wird durch ein Relais, das einen Nachschubmotor steuert, auf konstanter Spannung gehalten. Das Wellblech bewegt sich auf dem Schlitten unter dem Schweißkopf mit konstanter Geschwindigkeit fort. Die den Schweißstrom liefernde Regulierpolmaschine ist im Bild unterhalb des Schlittens zu sehen.

Bei selbständiger Schweißung mit Eisenelektroden werden Rollen oder Bünde von Blankdraht verwendet. Der Draht wickelt sich während des Schweißens ab, wird gerade gerichtet und dem Abbrand entsprechend vorgeschoben. Je nach der Einstellung des Drahtes und nach der Länge des Lichtbogens, auch abhängig von der Qualität des Drahtes, wird verschiedene Vorschub-

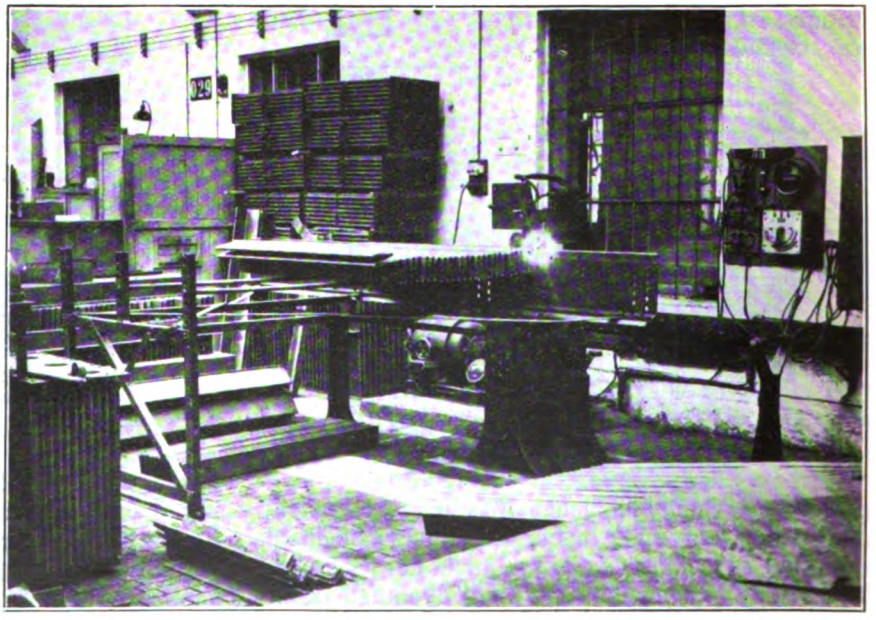


Abb. 4. Maschinelle Schweißung der Längsnähte von Wellblechkasten (Elin).

Digitized by Google

geschwindigkeit gebraucht. Man kann einen Motor konstanter Drehzahl verwenden, zum Beispiel einen Drehstromkurzschlußmotor oder einen an konstante Spannung angeschlossenen Gleichstrom-Nebenschlußmotor, und verschiedene mittlere Geschwindigkeit durch Wechselgetriebe einstellen, auch durch periodisch erfolgendes Stillsetzen des Motors. Man kann aber auch einen Gleichstrommotor, zum Beispiel einen Reihenschlußmotor, verwenden, dessen Geschwindigkeit durch die Klemmenspannung beeinflußt wird, so daß beispielsweise durch Vorschaltung eines Widerstandes eine Verlangsamung eintritt, ebenso aber auch durch stärkere Belastung des Motors. Verwendet man Gleichstrommotoren konstanter Geschwindigkeit, so kann man in Fällen, wo kein Gleichstromnetz vorhanden ist, bei Anlagen, die mit Erregermaschine arbeiten, diese zur Speisung des Motors benutzen.

Eine „halbautomatische" Schweißeinrichtung der amerikanischen General Electric Company zeigt Abb. 5. Der Motor mit der Nachschubvorrichtung ist auf einen Schwenkkran oberhalb des Werkstückes verschiebbar angebracht und schiebt durch ein langes biegsames Rohr den Draht in die Schweißpistole oder Schweißzange nach, die hier vom Schweißer von Hand aus geführt wird. Durch das selbsttätige Nachschieben des Drahtes wird dem Schweißer das Tempo gesetzt, auch entfallen die Pausen, die bei der Handschweißung für das Auswechseln der Elektroden nötig sind. In Abb. 5 sind Rohre mit großem Durchmesser zu sehen, die durch Antriebsrollen langsam gedreht werden. Die Schweißpistole ist durch ein flexibles Kabel von 4·5 m Länge mit dem Nachschubmotor verbunden, der auf einem Schwenkkran von 2·5 m Radius Auslage sitzt, so daß Punkte innerhalb eines Radius von 6 m erreicht werden können. Beim Schweißen von Rundnähten kann der Schweißer seine Hand mit der Pistole auf den in der Abbildung sichtbaren Tisch stützen, während das Rohr von Rollen unterstützt und angetrieben wird. Im Vordergrund der Abbildung sieht man an

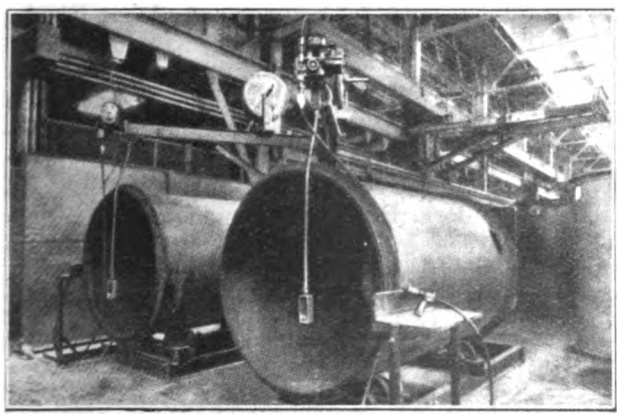


Abb. 5. Halbautomatische Schweißvorrichtung (GEC).

einem biegsamen Rohr hängend einen Handschalter, mittels dessen der Nachschubmotor stillgesetzt werden kann. Das halbautomatische Schweißen kann in sehr vielen Werkstätten vorteilhafte Verwendung finden, wo nicht genug gleichartige, sich immer wiederholende Arbeit vorliegt, um die Aufstellung von „Vollautomaten" mit teueren maschinellen Einrichtungen zu rechtfertigen.

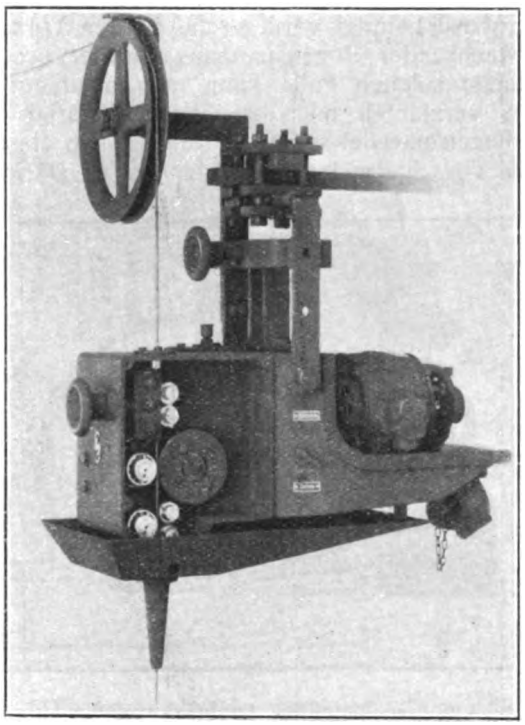


Abb. 6. Schweißkopf mit abgenommenem Schutzblech (SSW).

Der Schweißkopf der Siemens-Schuckert-Werke ist in Abb. 6 mit abgenommenem Schutzblech gezeigt. Man sieht deutlich die Riffelrollen, die den Draht geraderichten. Die Schaltung zeigt Abb. 7. Der Vorschubmotor wird von einem Netz konstanter Spannung angetrieben und wird vor oder rückwärts gesteuert, je nachdem die Lichtbogenspannung zu groß oder zu klein ist. Der Umschalter wird von einem Magneten betätigt, dem eine Feder entgegenwirkt. Reißt der Lichtbogen ab, so steigt die Spannung von etwa 20 V auf einen Wert von

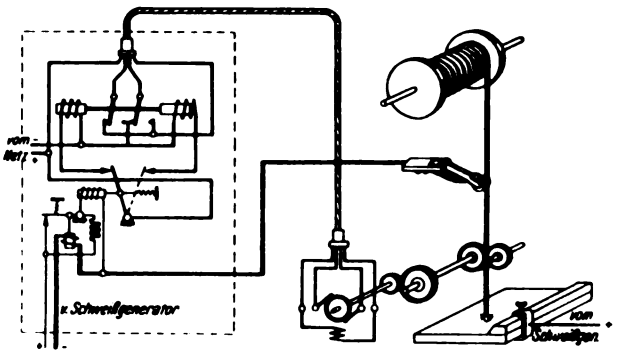


Abb. 7. Schaltungsschema für den umsteuerbaren Vorschubmotor (SSW).

vielleicht 60 V und, um die Magnetspule vor dieser hohen Spannung zu bewahren, wird ein Widerstand vorgeschaltet, der mittels Kurzschließer ge-

Digitized by Google

schlossen wird, wenn der links unten sichtbare Hauptstrommagnet wieder vom Strom durchflossen wird.

Es ist aber auch möglich, einen Gleichstrommotor zu benützen, der von der Lichtbogenspannung selbst betätigt wird, so daß er den Vorschub bei wachsender Bogenspannung rascher besorgt. In einem solchen Falle kann man auch auf ein Relais verzichten und den Motor dauernd dem Lichtbogen parallel schalten. Durch einen einstellbaren Vorschaltwiderstand oder durch stärkeres

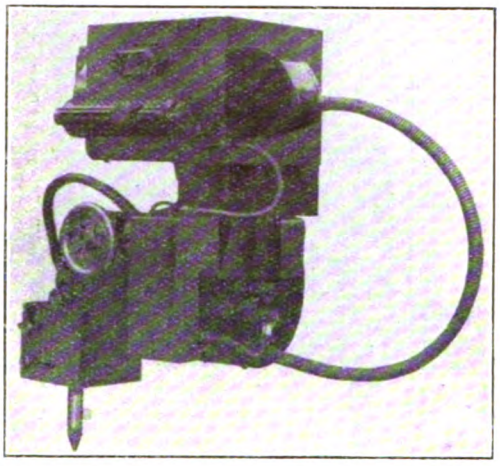


Abb. 8. Schweißkopf für Drahtschweißung (Elin).

oder schwächeres Anziehen der Rollen, die das Geraderichten des Drahtes besorgen, kann man den Vorschub bei bestimmter Lichtbogenspannung genau dem Drahtverbrauch bei der gegebenen Drahtqualität und Stärke gleich machen. Der Motor läuft nur in einer Richtung und besorgt nur das Nachschieben des Drahtes. Beim Beginn des Schweißens wird der Motor entsprechend der Leerlaufspannung der Maschine den Draht so lange vortreiben, bis er zur Berührung mit dem Werkstück kommt. In diesem Moment wird die Spannung Null und der Motor wird bei genügend kleiner Schwungmasse und genügend großem Bremsmoment abstellen. Entsteht bei der Berührung von Draht und Werkstück so viel Hitze, daß die Kuppe des Drahtes sofort abbrennt, so ist der Lichtbogen eingeleitet und der Apparat arbeitet regelmäßig weiter. Entsteht aber dieses Abbrennen nicht rasch genug, so liegt die Möglichkeit vor, daß der Draht mit dem Werkstück zusammenschmilzt, ohne daß sich ein Dauer-Lichtbogen bildet.

Eine größere Sicherheit für das Entstehen des Lichtbogens wird geboten, wenn man, ähnlich wie bei gewissen Bogenlampen, einen Elektromagneten in Reihe mit dem Lichtbogen schaltet, der den Schweißkopf um einige Millimeter hebt, so wie er von Strom durchflossen wird. Dann findet unmittelbar nach der Berührung auch ein Abreißen des Drahtes vom Werkstück und damit das Ziehen des Lichtbogens statt. Reißt aus irgend einem Grunde der Lichtbogen ab, so wird der durch die Magnetspule gehende Strom Null, der Magnet läßt den Schweißkopf fallen, der Draht berührt das Werkstück, der Magnet hebt den Schweißkopf wieder, der Lichtbogen ist wieder gezündet, Die Elin-Schweißköpfe der Abb. 8 und 9 sind in dieser Art ausgerüstet. Abb. 9 zeigt einen Schweißkopf, der längs einer Führungsschiene sich auf einer horizontalen Unterlage mittels Rollen vorschiebt, so daß beliebig gekrümmte Nähte geschweißt werden können. Der verhältnismäßig schwere Motor treibt den von ihm getrennten beweglichen Schweißkopf mittels biegsamer Welle an. Mit dem Schweißkopf ist der horizontal angeordnete Reihenschlußmagnet verbunden, dessen

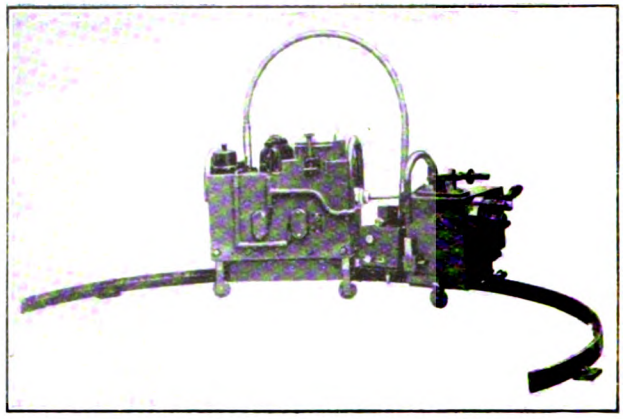


Abb. 9. Schweißwagen mit Schienenführung (Elin).

Wirkung durch Schwenkung des Kopfes nicht geändert wird.

Manchmal wird der Schweißdüse, durch die der Draht an das Werkstück herantritt, oder auch dem ganzen Schweißkopf durch Kurbel oder Exzenter eine hin- und hergehende Bewegung mit einstellbarer Amplitude erteilt, so daß die Schweißnaht eine Wellenlinie darstellt. Solche Bewegungen, oft viel raschere, gibt es auch bei Autogenschweißmaschinen. Sie dürften ursprünglich in Nachahmung der zitternden Hand des Schweißers entstanden sein. Die Zitterbewegung bietet bei weiten Nähten, also bei Schweißung dicker Bleche oft Vorteile.

Maschinelle Drahtschweißung wird zum Verschweißen verschiedener Werkstücke und auch zum Auftragen von Material auf abgenützte Flächen von Werkstücken verwendet, insbesondere bei abgenützten Spurkränzen von Wagen- und Lokomotivrädern. Besonders rentabel ist das Aufschweißen von Material bei scharf gelaufenen Spurkränzen. Hier ist oftmals eine Aneinanderreihung von vielen Schweißraupen erforderlich, um genügend Material aufzutragen. Die Raupen werden meist mittels drehbarer Drahtbürsten gesäubert, um Schlackeneinschlüsse beim Ansatz der folgenden Raupen zu verhüten. Beim Erkalten des aufgetragenen Materiales entstehen Spannungen. Dieselben lassen sich dadurch innerhalb enger Grenzen halten, daß die Räder durch eine Gasflamme mäßig erwärmt werden, so daß sich dann das neu aufgetragene Material gleichfalls mit dem ganzen Rad abkühlt.

Digitized by Google

Beim Handschweißen konkurriert die blanke mit der umhüllten Elektrode. Beim selbsttätigen Drahtnachschub wäre es wegen der Stromzuführung und der notwendigen Geraderichtung schwierig, einen Draht mit isolierter Oberfläche zu verwenden. Im allgemeinen wird zur maschinellen Schweißung blanker Draht verwendet. Die amerikanische General Electric Company hingegen verwendet vielfach einen rohrförmigen, nach außen blanken Draht, der im Innern Chemikalien enthält, die die Schweißung so beeinflussen, wie der Überzug von umhüllten Elektroden. Dieser Draht gibt in vielen Fällen vorzügliche Ergebnisse, beeinflußt aber die Wirtschaftlichkeit der Schweißung durch seinen hohen Preis.

Da beim maschinellen Drahtschweißen meist 4 mm, seltener 5 oder 6 mm Drahtdurchmesser verwendet wird, so bleibt die Stromstärke fast stets unter 200 A. Die Lichtbogenspannung kann bei selbsttätiger Regelung auf 12 bis 16 V eingestellt werden.

Die elektrische Betätigung der verschiedenen, zu einer selbsttätigen Schweißeinrichtung gehörigen Apparate kann mittels einzelner Schalter oder durch Druckknopfsteuerung oder durch eine Steuerwalze erfolgen.

Das Beispiel von Abb. 10 ist eine Steuerwalze für eine Faßschweißmaschine, bei der eine Bewegung des Tisches ohne Betrieb des Lichtbogens, Einschaltung des Lichtbogens ohne Fortbewegung des Tisches und Rechts- und Linkslauf des Tisches eingestellt werden kann. Dabei ist der Motor für den Tischantrieb ein Drehstrommotor. Die Steuerwalze ist mit Funkenblasspule ausgerüstet.

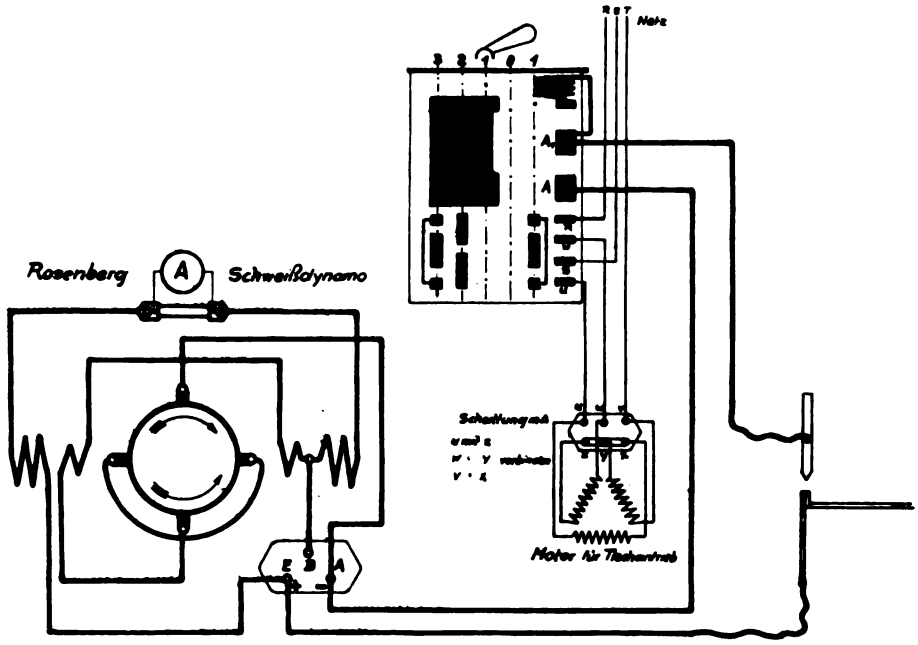


Abb. 10. Steuerwalze für Faßschweißmaschine. Schaltungsschema (Elin).

Maschinelle Lichtbogenschweißung kann nicht überall angewendet werden. In vielen Fällen erspart sie aber viel Arbeitszeit, macht von der Geschicklichkeit des Schweißers unabhängig und liefert bessere Arbeit.

Ersparnis an Löhnen, Gewicht- und Profilsorten beim vollständigen Schweißen eines 200 t-Ölleichters.

Von Dr. Ing. W. **Strelow**, Hamburg[1]).

Einen bedeutenden wirtschaftlichen Vorteil ergibt die elektrische Lichtbogenschweißung im Schiffbau, wo sie als Ersatz für Nietung verwendet werden kann.

Die Ersparnisse gliedern sich in zwei Gruppen:

1. Verminderung der Arbeitszeiten.
2. Verminderung des Werkstoffes.

1. Die Vorbereitungsarbeiten zum Nieten, wie Anzeichnen zum Lochen und Schneiden, Lochen, Schneiden, Versenken der Löcher, Ausschärfen der Plattenecken, Hobeln der Plattenkanten, Aufreiben der Löcher und Verstemmen entfallen. Demgegenüber sind die vorbereitenden Arbeiten beim Schweißen: Anzeichnen zum Schneiden und Hobeln der Kanten. Die Arbeitszeiten für jede Verbindungsart entsprechen ungefähr der Anzahl der Arbeitsgänge, woraus eine bedeutend geringere Arbeitszeit für die Schweißverbindung resultiert.

2. Eine Werkstoffersparnis wird dadurch erzielt, daß die Querschnitte der zu verbindenden Teile mit einander verschweißt werden, wogegen beim Vernieten die Bleche einander übergreifen müssen, oder aber dieses Übereinandergreifen wird durch Zwischenschalten von Laschen, Eckverbindungen, Winkeln und dgl. erzielt.

Durch die Nietlöcher wird das Material geschwächt, wodurch die Festigkeit der Verbindung auf etwa 75 vH sinkt. Infolgedessen muß der gesamte Werkstoffquerschnitt von Haus aus verstärkt werden, was bei der Schweißvorrichtung entfällt.

Schließlich ist das Gewicht der Schweißnaht

[1]) Auszugsweise Wiedergabe des Vortrages.

Digitized by Google

pro laufenden Meter geringer als das Gewicht der Nieten.

Die Festigkeit der Schweißung ist vollkommen zufriedenstellend, die Konstruktion vereinfacht

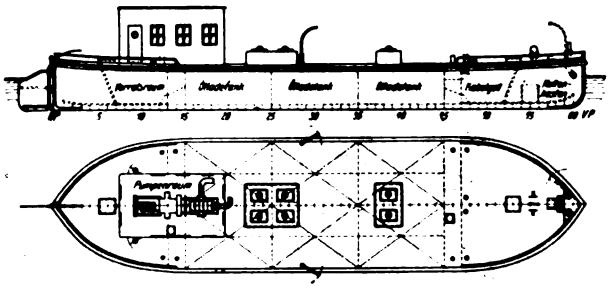


Abb. 1. Öltankleichter, Ansicht.
Länge zwischen den Loten 30·5 m, Breite auf Spanten 7·315 m, Seitenhöhe 2·440 m, Tiefgang beladen 1·830.

sich, da auf die Anbringung der Nieten keine Rücksicht genommen werden muß.

Im Schiffbau sind nun die geschilderten Vorteile von besonderer Bedeutung. Es gibt wohl kaum ein Bauwerk aus Eisen, welches so viele Nietverbindungen besitzt als ein Schiff. Durch Verschweißen entfallen die zahlreichen Werkstoffanhäufungen im Verlaufe der Platten-Längs- und Quernähte, die Befestigungsflanschen der Versteifungsprofile, wie der Spanten, die zahlreichen Verbindungswinkel.

Ab. 1 zeigt die Ansicht eines Öltankleichters. Abb. 2 stellt den Arbeits- und Gewichtsaufwand

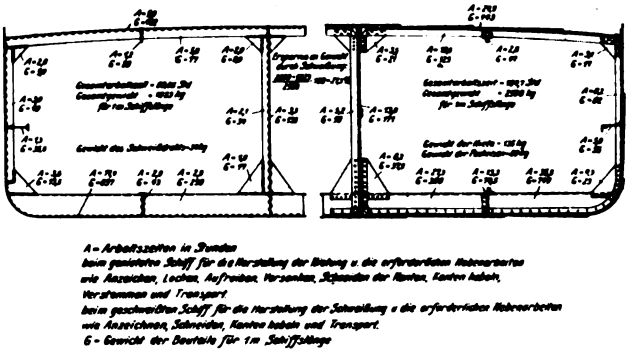


Abb. 2. Arbeitszeiten zur Herstellung der Hauptverbandsteile des Schiffskörpers und die Gewichte derselben für 1 m Schiffslänge im Mittelschiff.
Geschweißt Genietet

für geschweißte und genietete Ausführung dar. Tabelle 1 zeigt die Arbeitszeiten, Tabelle 2 die Werkstoffmengen, welche hiebei zur Verwendung gelangten.

Aus den Gegenüberstellungen geht hervor, daß, gemäß den eingangs erwähnten Angaben, die durch das Schweißen zu erzielenden Vorteile im Schiffbau bedeutend sind. Die Erfahrungen mit geschweißten Schiffen sind die denkbar besten.

E11.

Tabelle I. Zusammenstellung der Arbeitszeiten für das geschweißte und genietete Schiff.

Geschweißt (Stunden)	Arbeiten	Genietet (Stunden)
500	Schnürboden, Anzeichnerei, Schiffbau-Werkstatt	2 800
400	Schiffbauschmiede, Glühofen	1 500
	Bohrer, Stemmer	1 600
1 500	Zusammenbau auf der Helling	2 000
2 500 Schweißen		Nieten 3 200
4 900	Arbeiten für den Stahlschiffskörper	11 100
	Sonstige Arbeiten wie für	
6 250	Transport, Ablauf, Einrichtung, Ausrüstung, Anstrich, Erprobungen	8 250
11 150	Gesamt-Arbeiten	19 300
	Ersparnis an	
56 vH	Arbeiten für den Stahlschiffskörper	
42 „	Gesamt-Arbeiten	

Tabelle II. Zusammenstellung des Werkstoffs bei geschweißter und genieteter Ausführung.

Geschweißt (kg)	Werkstoff	Genietet (kg)
54 679	Bleche	60 187
1 576	Formeisen	28 563
11 780	Stabeisen	1 093
404	Formstahl	404
	Nieten	5 600
1 500	Schweißdraht, Packeisen, Keile	1 800
4 500	Verschnitt	6 500
74 439	Gesamtverbrauch an Werkstoff	104 147
28·5 vH	Werkstoffersparnis	
	Anzahl der verschiedenen Sorten	
4	Formeisen	23
11	Stabeisen	3

Digitized by Google

Schweißung von Nichteisenmetallen.

Von Oberregierungsbaurat a. D. **Bardtke**, Wittenberge[1]).

Ist das Schweißen der Nichteisenmetalle mit dem Lichtbogen möglich und zu empfehlen? — Gasschmelzschweißung von Kupfer. Vorkehrungen gegen Bildung von Kupferoxydul und das Auftreten von Spannungen durch Abwanderung der Wärme. — Wahl des Zusatzstoffes. — Schweißungen von Messing. — Vorkehrungen gegen das Abdampfen von Zink. — Bronze-Schweißung. — Das Schweißen von Aluminium. — Die Vernichtung der Oxydhaut durch Schweißpulver. — Das Löten von Aluminium. — Das Schweißen von Blei. — Die Einstellung und Führung der Flamme beim Schweißen von Nichteisenmetallen.

Während beim Schweißen von Stahl und Eisen die Gasschmelzschweißung und die elektrische Lichtbogenschweißung in scharfem Wettbewerb stehen, sodaß bald der einen, bald der anderen, teils aus Rücksicht auf die Sicherheit und Güte der Schweißung, teils aus wirtschaftlichen Gründen der Vorzug gegeben wird, hat sich beim Schweißen der Nichteisenmetalle bisher, abgesehen von ganz geringen Ausnahmefällen, die Gasschmelzschweißung allein eingebürgert. Es bestand aber wohl immer der Wunsch, auch hier die Lichtbogenschweißung wegen ihrer wirtschaftlichen Vorteile zur Anwendung zu bringen, und Versuche in dieser Richtung sind wiederholt gemacht worden. Alle diese Versuche haben aber m. W. zum Mißerfolg geführt.

Um so mehr muß es Verwunderung erregen, daß kürzlich in einer führenden Fachzeitschrift eine Abhandlung erschien, in der das Schweißen von Nichteisenmetallen und zwar Kupfer und Aluminium mit dem Wechselstromlichtbogen nicht nur als besonders wirtschaftlich, sondern auch in der Güte der Gasschmelzschweißung gegenüber nicht zurückstehend bezeichnet wurde. Dies veranlaßt mich zunächst, meine Erfahrugen, die ich bei der Schweißtechnischen Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in Wittenberge beim Schweißen von Kupfer mit dem elektrischen Lichtbogen gemacht habe, kurz mitzuteilen. Danach war es allerdings möglich, Verbindungsschweißungen von Kupferblechen auch auf diesem Wege herzustellen, es wurden dazu aber wegen der Leitfähigkeit des Kupfers für Wärme und elektrischen Strom sehr große Energien benötigt, sodaß Schweißumformer benutzt werden mußten, wie sie bei der Gußeisenschweißung verwendet werden. Außerdem gelang das Verfahren nur beim Schweißen in horizontaler Lage. Auch die Güte der Schweiße war nicht hervorragend. Ähnlich wie bei Stahlschweißungen ließen sich Probestücke kaum um einen Winkel biegen, der die Hälfte des Biegewinkels betrug, der bei Gasschmelzschweißung mühelos erreicht werden kann.

Auf Aluminium diese Versuche mit der Lichtbogenschweißung auszudehnen, lag keine Veranlassung vor, denn alle solchen Versuche, die bisher an anderen Stellen vorgenommen wurden, hatten gleichfalls das Ergebnis, daß das Verfahren nicht den Anforderungen der Praxis entspricht. Es ist dies auch leicht verständlich, da bei Aluminium der Übergang vom festen in den flüssigen Zustand ziemlich plötzlich eintritt, weshalb schon schärfere Gasflammen leicht zum Einbrennen von Löchern führen. Diese Gefahr dürfte beim Lichtbogen, dessen Hitze sich auf eine viel kleinere Stelle als bei der Gasflamme konzentriert, noch erheblich größer sein. Deshalb bin ich der Überzeugung, daß alle Versuche, Kupfer und Aluminium sowie die meisten der Legierungen dieser Metalle mit dem elektrischen Lichtbogen zu schweißen, nicht zu praktischen Erfolgen führen werden, und daß auch in Zukunft die Gasschmelzschweißung diese Anwendungsgebiete behaupten wird.

Auch die Gasschmelzschweißung gestaltet sich bei den Nichteisenmetallen aus verschiedenen Gründen erheblich schwieriger als bei Stahl und Eisen und verlangt besondere Erfahrung und Geschicklichkeit des Schweißers. Es sei auf diese Schwierigkeiten im folgenden näher eingegangen.

Bei Kupfer bereitet die größte Schwierigkeit die Neigung dieses Metalls, Sauerstoff aufzunehmen, eine Eigenschaft, die mit seiner Erhitzung und Verflüssigung wächst und einerseits zur Überhitzung und Verbrennung des Kupfers, also zur Bildung von Kupferoxyd, andererseits zur Bildung des auf die Güte der Schweiße sehr ungünstig wirkenden Kupferoxyduls führt, die sich bis tief in das Innere der Schweiße fortsetzt. Eine weitere Erscheinung bildet die durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Kupfers hervorgerufene rasche Abwanderung der Wärme, die der Schweißstelle zugeführt wird, zu benachbarten Teilen des Werkstückes. Von verschiedenen Seiten wird schließlich noch als besondere Schwierigkeit beim Schweißen des Kupfers seine Eigenschaft aufgeführt, in flüssigem Zustande größere Mengen von Kohlenoxydgas und Wasserstoff zu lösen und bei der Erstarrung in Form kleinerer Bläschen frei zu geben, die das Kupfer verspritzen, eine Eigenschaft, die unter dem Namen „Spratzen des Kupfers" bekannt ist. Ich habe diese Erscheinung jedoch selbst bei weniger geübten Schweißern nur selten beobachtet und halte sie von geringerer Bedeutung.

[1]) Bemerkung des Verfassers. Da ich den Bericht über das Schweißen von Nichteisenmetallen in letzter Stunde für den an der Teilnahme an der Tagung verhinderten Herrn Obering. Horn übernommen habe und ohne Vorbereitung nur das Wichtigste kurz vortragen konnte, habe ich auf Wunsch meine Ausführungen im folgenden etwas weiter ausgearbeitet, um ein möglichst vollständiges Bild über den Stand der Technik des Schweißens der Nichteisenmetalle zu geben. Mit Rücksicht darauf, daß Herr Horn gerade auf dem Gebiete des Schweißens von Messing, Bronze und Aluminium über besondere Erfahrungen verfügt, über die er selbst berichtet haben würde, habe ich es ferner für angebracht gehalten, seine in der „Schmelzschweißung", August 1927 und März 1928 hierüber veröffentlichten Ausführungen bei meinen Ausführungen mit zu verwerten, wenn ich auch andererseits dort, wo ich anderer Meinung bin, dies zum Ausdruck gebracht habe. — Vgl. a. Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik von P. Bardtke, VDI-Verlag, Berlin 1927.

Digitized by Google

Das Wichtigste ist jedenfalls, die Sauerstoffaufnahme beim Schweißen von Kupfer in geringen Grenzen zu halten und das sich bildende Kupferoxyd nach Möglichkeit unschädlich zu machen. Daneben ist notwendig, der Schweißstelle soviel Wärme zuzuführen, daß trotz der großen Abwanderung derselben ein genügendes Aufschmelzen des Werkstückes stattfindet. Um dem sich bildenden Kupferoxydul den Sauerstoff zu entziehen, solange das Schmelzbad noch in Wallung ist, gibt man zweckmäßig dem Kupferschweißdraht oder dem Schweißpulver, sofern solches verwendet wird, was aber zum mindesten bei dünneren Blechen nicht nötig ist, etwas Phosphor bei, das stark reduzierend auf Kupferoxyde wirkt und außerdem die Eigenschaft hat, das Kupfer dünnflüssiger zu machen, und den Schweißvorgang und das Austreiben der Schlacke leichter zu gestalten. Phosphor darf aber nur in solcher Menge verwendet werden, als er gerade zur Reduzierung des Kupferoxyduls erforderlich ist und demgemäß restlos verbraucht wird. Andernfalls vermindert er die Festigkeit und Dehnung des Kupfers und macht dieses brüchig. Er führt dann zu demselben Ergebnis wie das Kupferoxydul, dessen schädliche Wirkungen er beseitigen soll.

Ist hierdurch zwar ein Mittel gegeben, das sich bildende Kupferoxydul unschädlich zu machen, so wird es doch in erster Linie darauf ankommen, die Sauerstoffaufnahme und damit die Bildung des Oxyduls gering zu halten. Dies kann nur durch sorgfältigste Einstellung und Führung der Flamme erreicht werden. Es ist vor allem darauf zu achten, daß immer mit der reduzierenden Zone der Flamme gearbeitet wird. Sie darf also weder zu nahe an das Schmelzbad herangebracht werden, damit nicht die gasförmigen unverbrannten Bestandteile der Brenngase auf dasselbe einwirken können, noch zu weit, sodaß der Luftsauerstoff Zutritt zum Schmelzbade gewinnen könnte. Keinesfalls darf aus letzterem Grunde die Flamme vom Schmelzbade abgehoben oder gar am glühenden Blech entzündet werden. Am besten hält man die Flamme immer senkrecht zur Schweißstelle, wodurch man diese am sichersten vor dem Luftsauerstoff schützt.

Was die Stärke der Flamme anbelangt, so wählt man den Brenner im allgemeinen bei Kupfer, insbesondere beim Schweißen stärkerer Bleche wegen der höheren Wärmeleitfähigkeit des Kupfers und der dadurch bedingten Abwanderung der Flamme etwas stärker als beim Schweißen von Stahl.

Man darf sich aber nicht dazu verleiten lassen, die Flamme zu groß zu wählen, weil anfangs wie bei allen Nichteisenmetallen das Aufschmelzen, ebenfalls wieder wegen der Abwanderung der Wärme, etwas langsamer vor sich geht. Ist nach einiger Zeit das Werkstück allmählich auf Rotglut gekommen, sodaß weniger Wärme verloren geht, so kann der Schweißer dem sich immer mehr beschleunigenden Schmelzvorgange bei Verwendung einer zu großen Flamme nicht mehr schnell genug mit der Zugabe von Zusatzstoff folgen. Man geht deshalb besser so vor, daß man die Schweißflamme nicht so groß wählt und an Stelle dessen mit einem zweiten Brenner das Werkstück vorwärmt und auf Schweißhitze erhält. Man hat es so in der Hand, durch zeitweises Aussetzen des zweiten Brenners die Schmelzgeschwindigkeit zweckmäßig zu regeln. Bei starken Kupferblechen erzielt man einen wirtschaftlichen Vorteil dadurch, daß man die Schweißfurche X-förmig gestaltet und mit zwei Brennern gleichzeitig auf beiden Seiten des Bleches schweißt, um, sofern es die Lage des Werkstückes gestattet, an beide Seiten zu gleicher Zeit heranzukommen.

Wegen der großen Abwanderung der Wärme ist auch ein Verziehen der Bleche oder ein Auftreten von Spannungen bei Kupfer in höherem Grade zu befürchten als bei Stahl. Man hilft sich auch hier mit keilförmigem Auseinanderlegen der Bleche. Einem Aufreißen der bereits erkalteten rückliegenden Naht infolge einer durch die starke Erwärmung der Schweißstelle hervorgerufenen Hebelwirkung beugt man vor, indem man nicht am Ende der Schweißfurche mit dem Schweißen, sondern im mittleren Teil, beginnt und dann die rückliegende Naht in entgegengesetzer Richtung schweißt.

Schließlich werden oft Fehler bei der Wahl des Zusatzstoffes gemacht. Es liegt nahe, diesen in besonderer Güte zu wählen und Elektrolytkupfer, also ein besonders reines Material hierzu zu verwenden. Erfahrungsgemäß fällt aber die Schweiße umso besser aus, je genauer der Zusatzstoff dem Werkstückstoff angepaßt ist. Da das letztere nun in der Regel aus Hüttenkupfer besteht, das in geringen Mengen Beimischungen enthält, so wähle man auch als Zusatzstoff nicht ein ganz reines Kupfer, sondern ein solches von 99 vH Reinheitsgehalt, zweckmäßig mit einem geringen Zusatz von Phosphor und Lithium, oder von Silber. Es ist dies auch deshalb zweckmäßig, weil Elektrolytkupfer einen etwas höheren Schmelzpunkt hat als Hüttenkupfer, was sich bei der Schweißung immer störend bemerkbar macht.

Alles in allem kann man sagen, daß das Schweißen von Kupfer zwar schwierig ist und große Erfahrung erfordert, daß es aber Mittel gibt, um eine durchaus einwandfreie Kupferschweiße herzustellen, die oft sogar, besonders bezüglich der Dehnung, der Stahlschweißverbindung überlegen ist. Zudem kann man gerade bei Kupfer durch Hämmern in Rotglut und geeignete Nachbehandlung eine weitgehende Vergütung und Verdichtung erzielen. Das Hämmern darf aber nur mit leichten balligen Hämmern vorgenommen werden, zu schwere Hämmer führen zur Zertrümmerung des Gefüges. Die Nachbehandlung kann durch Abschrecken der heißen Schweißstellen erfolgen, wodurch eine Verfeinerung des Gefüges bewirkt werden kann.

Noch größere Schwierigkeiten als Kupfer bietet das Schweißen von Messing. Die Ursache hierfür ist das in der Legierung enthaltene leichtflüssige Zink, das unter dem Einfluß der Schweißflamme zum Teil verdampft. Ein weiterer Verlust an Zink entsteht dadurch, daß es unter dem Einfluß der Schweißflamme dem Kupferoxydul

Digitized by Google

den Sauerstoff entreißt und für diese Reduktion verbraucht wird. Die Folge des Zinkverlustes ist eine poröse und schwammige Schweißstelle. Der Verlust an Zink steigert sich aber nicht mit der Erwärmung des Schmelzbades, sondern mit der Zeitdauer des Schweißvorganges.

Das beste Mittel, den Verlust an Zeit gering zu halten, besteht nun darin, daß man den Schweißvorgang durch die Wahl einer genügend starken Flamme nach Möglichkeit abkürzt, wobei aber wieder, wie beim Kupferschweißen, zu beachten ist, daß sich dieser anfangs langsam entwickelt, dann aber, wenn das Werkstück genügend erwärmt ist, schneller gestaltet und gegen Ende der Naht noch weiter durch die Wärmestauung in den Blechenden beschleunigt wird. Der Stärke der Flamme ist also auch hier eine Grenze gesetzt. Man wird deshalb selten Messingschweißnähte antreffen, die nicht mehr oder weniger porös und schwammig sind. Es gehört jedenfalls eine besondere Geschicklichkeit und lange Erfahrung dazu, um bei Messing brauchbare Schweißverbindungen zu erzielen.

Auf Grund solcher empfiehlt Herr Oberingenieur Horn beim Messingschweißen mit einem Überschuß an Sauerstoff zu arbeiten, der bis zu 40 vH betragen darf, und besonders bei dünnen Blechen und bei Verwendung von gewöhnlichem Messingdraht als Zusatzstoff es ermöglichen soll, porenfreie Schweißen herzustellen. Man wird allerdings auch dann mit gewöhnlichem Messingdraht nur in wenigen Fällen auskommen und besser Sonderschweißdrähte, wie Canzler-, Unisco-, Poro- und Kolnikodraht, verwenden. Eine Anreicherung des Zusatzstoffes mit Zink führt nach Horn weniger zum Ziel als ein geringer Zusatz von Aluminium.

Auf jeden Fall ist die Wahl des Zusatzdrahtes von ausschlaggebender Bedeutung, besonders dann, wenn die Farbe der Schweißnaht nicht von der des Werkstückes abweichen soll, was in besonderen Fällen gefordert wird. Zu beachten ist auch, daß es eine große Menge verschiedener Messingsorten gibt, deren Zusammensetzung dem Zusatzstoff unbedingt angepaßt werden muß.

Die Anwendung von Schweißpulver ist für Messing ebenso wie für die im folgenden behandelte Bronze unerläßlich. Meist hat sie dieselbe Zusammensetzung wie die für Kupfer verwendete.

Als Nachbehandlung zur Vergütung der Schweiße kann Hämmern bei Walzmessing in kaltem Zustande, bei Gußmessing im warmen Zustande empfohlen werden. Abschrecken der Schweiße in Rotglut verfeinert auch hier das Gefüge wie bei Kupfer.

Bei der Bronzeschweißung liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei der Messingschweißung. Es braucht also auf die Einzelheiten nicht weiter eingegangen werden. Es kommt aber hier noch als weitere Schwierigkeit hinzu, daß Bronze in erhitztem Zustande fast völlig die Festigkeit verliert und geringe Erschütterungen, ja sogar das Eigengewicht der Masse zum Bruch des Werkstückes führen können. Eine Vorwärmung des Werkstückes ist zu empfehlen, damit der beim Schweißen seine Festigkeit verlierende Körper keine Spannungsrisse erhält. Auch bezüglich der Wahl des Zusatzstoffes bei der großen Zahl der verschiedenen Bronzelegierungen gilt dasselbe wie bei Messing.

Abweichend von der Messingschweißung empfiehlt Horn bei Bronze scharfe Einstellung des Flammenkerns, weil ein Überschuß sowohl von Sauerstoff wie von Azetylen, insbesondere aber das Letztere, das an sich sehr lebhafte Schäumen der Schmelze verstärkt und schwammige Schweißen zur Folge hat.

Recht gute Erfahrungen hat beim Schweißen einer Sonderlegierung von Kupfer, Zink und Zinn, dem bei der Reichsbahn viel verwendeten Rotguß, das Reichsbahnausbesserungswerk Wittenberge mit der elektrischen Lichtbogenschweißung gemacht. Es ist dies wohl der einzige Fall, bei dem der Kohlelichtbogen eine praktische Bedeutung beim Schweißen von Nichteisenmetallen erlangt hat. Man ist dabei so vorgegangen, daß man wie bei Gußeisenwarmschweißungen eine Form aus Retortenkohleplatten um die Fehlstelle oder den verbreiterten Riß gelegt und dann mittels des Kohlelichtbogens Zusatzstoff aus alten Rotgußstücken in die Form herabgeschmolzen hat, bis diese gefüllt war. Auch hierbei bildeten sich oft durch das Ausdampfen von Zinn und Zink Blasen, doch konnte diese Erscheinung durch Wahl geeigneten Zusatzstoffes einigermaßen in angemessenen Grenzen gehalten werden. Mit Bronze und Messing wurden derartige Ausbesserungsarbeiten nicht vorgenommen, weil Arbeiten an diesen Legierungen im Eisenbahnausbesserungsbetriebe nicht anfallen.

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß wegen der beim Schweißen von Messing und Bronze sich entwickelnden Dämpfe das Anlegen von Atmungsmasken dem Schweißer zur Vorschrift gemacht werden muß.

Eine Schwierigkeit ganz anderer Art als die im vorangegangenen bei Kupfer und seinen Legierungen besprochene, bietet das Schweißen von Aluminium durch die sehr dünne aber sehr dichte Oxydhaut, die es bedeckt und an der Luft augenblicklich wieder entsteht, wenn man sie entfernt. An und für sich ist diese Oxydhaut eine besonders schätzenswerte Eigenschaft des Aluminiums, da es durch sie vor korrodierenden Einflüssen, insbesondere durch organische Säuren, geschützt wird, und sich deshalb in hervorragender Weise zur Verwendung bei Herstellung chemischer Apparate und Rohrverbindungen eignet. Der Schweißflamme setzt aber diese zähe Oxydhaut, deren Schmelzpunkt außerordentlich hoch liegt (etwa bei 2500°), einen solchen Widerstand entgegen, daß das Schweißen erst gelang, als durch das sogenannte Schoopsche Patent ein Flußmittel gefunden wurde, durch welches die Oxydhaut auf chemischem Wege zerstört wird. (Bemerkt sei, daß nach neueren Ermittlungen nicht M. A. Schoop der Erfinder war, sondern Odam in Paris, der sich aber die Erfindung nicht patent-

Digitized by Google

rechtlich schützen ließ.) Das Flußmittel, das aus Lithium und Fluorverbindungen besteht und in Form einer Schweißpaste oder auch von Schweißpulver angewendet wird, ist ebenso wie die diesbezüglichen Patente an die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron übergegangen, sodaß es also zum Schweißen von Aluminium Lizenzen der genannten Firma bedarf.

Zum Schweißen werden dünne Bleche wie bei Stahl und Kupfer durch Falzen oder Bördeln vorbereitet, die ohne Zusatzstoff verschmolzen werden. Dagegen ist es nicht nötig, stärkere Bleche durch Ausarbeiten eine Fuge vorzubereiten. Man kann sie bei Aluminium im allgemeinen stumpf verschweißen, wird doch aber besser tun, sie bei größeren Stärken etwas abzuschrägen. Da auch Aluminium in der Hitze leicht wie Bronze zusammenbricht, ist ein Unterlegen der Werkstücke, insbesondere dünnwandiger, durch Eisenblech anzuraten. Während des Schweißens ist ein Bewegen oder Wenden der Werkstücke zu vermeiden. Als Zusatzstoff dient gewöhnlicher Aluminiumdraht.

Wie bei Messing und Bronze, beobachtet man auch bei Aluminium, daß das Flüssigwerden der Schweiße bei Anfang der Arbeit eine ziemliche Zeit beansprucht, alsdann aber der Schmelzvorgang sich sehr beschleunigt. Man darf sich also auch hier wieder nicht durch diese Erscheinung dazu verleiten lassen, eine zu starke Flamme zu wählen, weil man sonst bei fortschreitender Arbeit mit der Zugabe von Zusatzstoff dem Aufschmelzen des Werkstückes nicht mehr folgen kann. Es kommt hinzu, daß der Übergang von dem festen in den flüssigen Zustand bei Aluminium sehr plötzlich eintritt, ohne sich vorher durch irgendwelche Kennzeichen bemerkbar zu machen. Dadurch entsteht besonders bei dünnen Blechen die Gefahr, daß Löcher eingebrannt werden. Man verwendet deshalb für dünne Bleche gern eine mildere Flamme wie sie Wasserstoff-Sauerstoff- oder Leuchtgas-Preßluft-Mischungen ergeben. Bei stärkeren Blechen gibt man aber auch bei Aluminium der Azetylenflamme den Vorzug, weil Azetylen weichere Schweißen ergibt, während das Schweißen mit Wasserstoff größere Härte und geringere Dehnung zur Folge hat. Bedingung ist bei Verwendung von Azetylen, daß es gründlich von Phosphor- und Schwefelverbindungen gereinigt ist, da durch diese die Schweiße an Festigkeit verliert. Für die Wahl der Flamme gibt einen guten Anhalt die Schweißraupe selbst. Wird sie zu breit, so muß man zu einem schwächeren Brenner greifen. Ich möchte aber nicht wie Horn als Maß für die Breite der Schweißraupe das Dreifache der Blechstärke empfehlen, weil dies meiner Ansicht bei stärkeren Abmessungen der Bleche zu viel zu breiten Schweißraupen führt. Dagegen stimme ich Horn bezüglich der Flammenführung bei, daß man mit dem Flammenkern möglichst das Ende des abzuschmelzenden Schweißdrahtes, nicht aber das Werkstück treffen soll.

Nach dem Erkalten der Schweiße ist von der Schweißnaht etwa noch anhaftendes Flußmittel gründlich abzuwaschen, da es zu Korrosionserscheinungen Anlaß geben kann. Im übrigen kann die Schweiße auch bei Aluminium durch Nachbehandlung vergütet werden, und zwar durch Hämmern nach Erkalten und darauffolgendes Ausglühen.

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß man gerade bei Aluminium auch durch Löten in vielen Fällen ebensogute Verbindungen erhalten kann wie durch Schweißen. Es gibt sogar Fälle, wo es vorzuziehen ist.

Man unterscheidet hier das Weichlöten, auch Reiblöten genannt, weil man hierbei die Oxydhaut des Aluminiums durch Verreiben des Lotes auf dem Aluminium zerstört, und das Hartlöten. Beim Weichlöten werden aluminiumarme oder aluminiumfreie, niedrig fließende Schwermetallote verwendet, beim Hartlöten aluminiumreiche, hochfließende Lote. Dem Weichlöten haften dieselben Nachteile an wie auch Lötverbindungen anderer Metalle. Es ergibt sich eine geringere Festigkeit der Schweißstelle, die höchstens gleich der des Lotes ist. Außerdem ist die Schweißstelle nicht unzersetzlich gegen korrodierende Einflüsse. Es kommt noch hinzu, daß die Weichlote leicht nachdunklen, sodaß die Schweißstelle eine andere Farbe bekommt als der Grundstoff. Allerdings sind auch hier Fortschritte mit der Herstellung von Loten erzielt worden, die diese Nachteile gemildert haben.

Dagegen ist das Hartlöten mit aluminiumreichen, sogenannten Edelloten, die Rostosky in Berlin geschaffen hat und unter Patentschutz stellen ließ, in manchen Fällen in erfolgreichem Wettbewerb mit dem Schweißen getreten. Auch hier werden pulverförmige oder breiige Flußmittel angewendet, die den Schweißmitteln in ihrem Wesen gleich, aber von ihnen in ihren einzelnen Bestandteilen verschieden sind.

Ein Vorzug des Hartlötens gegenüber dem Schweißen besteht darin, daß man das Aluminium nicht bis zum Schmelzpunkt zu erhitzen braucht. Bei dünnen Blechen hat man deshalb das Einbrennen von Löchern weniger zu befürchten. Man kann sie auch überlappt verbinden, was durch Schweißen nicht möglich ist. Spannungen und Rißbildungen treten wegen der niedrigeren Temperatur weniger auf als beim Schweißen. Die Befürchtung, daß elektrische Spannungen zwischen dem Lot und dem Aluminium zu einer Zerstörung der Verbindung durch Korrosion führen könnten, ist unbegründet, da diese Spannungen nur gering sind. Auch die Farbe des Lotes ist der des Aluminiums gleich und dunkelt nicht nach.

Über das Schweißen der übrigen Nichteisenmetalle ist wenig zu sagen.

Nickel bietet so große Schwierigkeiten, da es in geschmolzenem Zustande überaus große Mengen von Gasen zu lösen vermag, die bei dem Erstarren unter Schäumen und Spritzen wieder ausgestoßen werden, daß die Schweißung selten angewandt wird. Es bedarf besonderer Flußmittel, die meist geheim gehalten werden, um das geschmolzene Metall mit einer für die Gase undurchdringlichen Haut zu überziehen.

Digitized by Google

Zink und Zinn kommen für die Schmelzschweißung fast garnicht in Betracht, dagegen hat das Bleischweißen eine gewisse Bedeutung, zumal es ein Bleilöten mit der Flamme streng genommen nicht gibt, da immer Blei mit Blei verschmolzen wird, also auch das, was oft Löten genannt wird, ein Schweißen ist. Eine Erschwerung des Schweißens bietet das Blei durch das sich bei ihm in Form eines zähen Häutchens an der Oberfläche leicht bildende Bleioxydul, das einen höheren Schmelzpunkt als das Blei selbst besitzt. Sauberes Abkratzen der Schweißfläche vor der Schweißung und gutes Umrühren mit dem Zusatzstab im Schmelzbade sind zu empfehlen. Als Brenngas wird meist Wasserstoff benutzt. Es kann stumpf gebördelt oder überlappt geschweißt werden.

Auf die Anwendungsgebiete der Schmelzschweißung der Nichteisenmetalle einzugehen, würde zu weit führen. Es kann aber allgemein gesagt werden, daß die Schmelzschweißung gerade auf diesen Sondergebieten der Nichteisenmetalle eine so überaus große Verbreitung gefunden hat, wie sonst kaum, und daß man in bestimmten Industriezweigen, wie beispielsweise bei Herstellung von Behältern, Röhren usw. für die chemische Industrie fast ganz auf sie eingestellt ist und sie heute überhaupt nicht mehr entbehren kann. Die Lötung und zum Teil auch die Nietung sind ihr gegenüber fast gänzlich verlassen worden.

Richtlinien zur Beurteilung und Abnahmeversuche für blanke (nicht umhüllte) Schweißdrähte.

Von Ing. Julius **Fuchs**, Kapfenberg.

Schweißdrähte aus schwedischem Holzkohleneisen. — Bisherige Abnahmebedingungen für Schweißdrähte haben sich nicht bewährt. — Arbeitseigenschaft von Schweißdrähten für Verbindungsschweißung. — Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Stabmaterials auf den Lichtbogen. — Elektrischer Leitungswiderstand der Stäbe. — Feststellung nicht metallischer Einschlüsse. — Blanke Elektroden mit nicht metallischen Einschlüssen als Ersatz der ummantelten. — Warmbiegeprobe für Stäbe. — Spritzen von wasserstoffhältigen Stäben. — Neue Vorschriften für Abnahmeversuche blanker Schweißdrähte. — Herstellung der Probestäbe aus geschweißtem Blech. — Beurteilung von Schweißdrähten für Auftragschweißung.

Mit der Entwicklung der elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißung in den letzten Jahren ist der Bedarf an Zusatz- oder Füllmaterial (Elektroden) nicht nur in ständiger Zunahme begriffen, sondern es erhöhen sich fortlaufend die Forderungen, die an dasselbe gestellt werden. Verfahren zum Schweißen, die auf einem Schmelzvorgang beruhen, werden heute bereits derart allgemein angewendet, daß jeder, der an dem Verbinden oder Wiederherstellen abgenützter Metallwerkstoffe interessiert ist, wenigstens davon hat sprechen hören. Diejenigen, die mit der gegenwärtigen Entwicklung der Schmelzschweißarten vertraut sind, versprechen sich „ungeahnte Zukunftsmöglichkeiten", ohne zu überlegen, welcher Art die Möglichkeiten sind und durch welche Maßnahmen solche verwirklicht werden können.

Tatsächlich liegen die Verhältnisse heute so, daß alle diese Zukunftsmöglichkeiten von der Entwicklung der Elektroden oder Schweißstäbe abhängen.

Man hat schon frühzeitig erkannt, daß es sich bei der Lichtbogen-Schmelzschweißung um einen metallurgischen Vorgang handelt, weshalb man sich allerorts, in Versuchsanstalten und Betrieben bemühte, diesen Vorgang zu studieren und den Einfluß des Zusatzmateriales auf die Güte der Schweißung kennen zu lernen.

Vor wenigen Jahren ging man noch allgemein von dem Standpunkte aus, daß ein möglichst reines, kohlenstoffarmes Eisen in Drahtform für alle vorkommenden Bedarfsfälle genüge. Aus diesem Grunde erklärt es sich auch, daß noch vor ganz kurzer Zeit der deutsche Markt mit Draht aus sogenanntem „schwedischen Holzkohleneisen" überschwemmt wurde und derselbe sich für landläufige Blech-, Schmiedeeisen- und Stahlgußschweißungen auch zufriedenstellend erwies, soferne an dieselben keine besonderen Anforderungen gestellt wurden. Sehr bald warfen sich jedoch die inländischen Eisen- und Drahtwerke auf dieses Gebiet und brachten Schweißdrähte unter allen möglichen Namen und Markenbezeichnungen in den Handel. Es ist nicht zu leugnen, daß auch auf diesem Gebiete Erfolge erzielt wurden, doch ist bis vor kurzem jeder Fortschritt in der Entwicklung der Schweißdrähte durch mehr oder weniger planlose Versuche geglückt. Die natürliche Verschiedenheit des Materiales aus verschiedenen Erzeugungsstätten, die weiten Grenzen in der chemischen Zusammensetzung desselben und demzufolge das verschiedene Verhalten beim Schweißen selbst, führten zu Unkömmlichkeiten und Unzufriedenheit der Abnehmer, vielfach auch zur direkten Verurteilung der Lichtbogen-Schmelzschweißung selbst.

Über den Wert oder Unwert der bald darauf auftauchenden umhüllten, ummantelten, umwickelten und getauchten Elektroden will ich nicht sprechen, schon aus dem Grunde, weil sie in der Mehrzahl der Fälle wegen ihres hohen Preises aus wirtschaftlichen Gründen für Reparaturarbeiten nicht in Betracht kommen.

Trotz aller Rückschläge entwickelte sich die Lichtbogen-Schmelzschweißung ungeheuer schnell in der Richtung, daß heute die Schweißmaschinen, die Schweißverfahren sowie die manuelle Geschicklichkeit der Mehrzahl der Arbeiter als vollendet bezeichnet werden können, die Elektrode, als meines Erachtens der wichtigste Faktor für die Güte einer Schweißung, in ihrer Entwicklung jedoch zurückgeblieben ist.

Es war daher begreiflich, daß man vorerst

Digitized by Google

bei den größten Verbrauchern an Schweißdraht, den Eisenbahnbehörden, den Schiffswerften usw. die Notwendigkeit erkannt hat, Abnahmebedingungen zu schaffen, deren restlose Erfüllung die Gewähr bietet, daß die zur Verarbeitung gelangenden Schweißdrähte auch tatsächlich den an sie gestellten Anforderungen entsprechen. Leider haben diese Abnahmebedingungen ihren Zweck nur teilweise erfüllt, da man auf Grund derselben nur in der Lage war, „brauchbares" von „unbrauchbarem", oder „gutes" von „schlechtem" Material zu unterscheiden. Prüfungen ausgeführter Schweißungen können natürlich nur in sehr beschränkter Anzahl durchgeführt werden, sind kostspielig und zeitraubend, verschiedenen Zufälligkeiten unterworfen, weshalb sie auch nur in beschränktem Maße für die Klassifikation einer größeren Liefermenge von Schweißdraht dienen können.

Ich möchte vorausschicken, daß es auch mir nicht gelungen ist, Abnahmebedingungen in streng umrissener Form zu konstruieren, doch mögen meine folgenden Ausführungen vielleicht den Anreiz bieten, auf dem beschrittenen Wege weiterzuschreiten und das Gerüst, welches ich aufzeige, den jeweiligen örtlichen Verhältnissen und Bedürfnissen entsprechend auszubauen.

Vor allem müssen wir die Schweißdrähte nach ihrem praktischen Verwendungszweck unterscheiden und gelten meine nachstehenden Ausführungen hauptsächlich für

Elektroden für Verbindungsschweißung.

Wir wollen zuerst untersuchen, in welcher Beziehung ein Schweißstab zu analysieren ist, das heißt, welche „Arbeitseigenschaften" er haben muß. Als solche sind in der Hauptsache zu betrachten:

1. Stabilität des Lichtbogens,
2. Schmelzgeschwindigkeit,
3. Einbrandtiefe,
4. Spritzverluste.

Jede dieser vier Eigenschaften kann dann noch unterteilt werden. So hat zum Beispiel die Chicago Steel & Wire Co., die Herstellerin der „Weldite-Schweißstäbe", das sind ummantelte Schweißstäbe, vier Lichtbogentypen festgelegt, und zwar:

1. Die labile Type, bei welcher der Lichtbogen als ein glühender Kern erst von einem, dann von einem anderen Punkt ausgeht, gewöhnlich rings um den Hals des geschmolzenen Tropfens. Bei Entstehen eines derartigen Lichtbogens wird es auch dem geschicktesten Schweißer nicht gelingen, gute Arbeit zu leisten.

2. Die stabile Type, bei welcher der Bogen von einem Punkt ausgeht, gewöhnlich vom untersten Punkte des geschmolzenen Tropfens. Mit dieser Lichtbogentype wird nahezu jeder Schweißer befriedigende Arbeit leisten können.

3. Die gesättigte Type, bei welcher der Lichtbogen das ganze Ende der Elektrode gleichmäßig bedeckt. Dies ist jene Type, mit welcher gegenwärtig die beste Arbeit geleistet werden kann und die im allgemeinen angestrebt wird.

4. Die rohrähnliche Type, bei welcher der Bogen vom Äquator des Tropfens ausgeht, dem „stabilen" Bogen ähnlich, aber innen hohl ist. Diese Lichtbogentype bezeichnet die „Chicago Steel & Wire Co." als wahrscheinlich die wertvollste Bogentype, denn es scheint, als ob man nur mit dieser Bogentype die Schmelzgeschwindigkeit steigern kann, ohne gleichzeitig die Stabilität des Lichtbogens zu vermindern.

Man kann wohl zweifellos ohne weiteres behaupten, daß die Ursache der Entstehung dieser verschiedenen Typen von Lichtbogen lediglich in der chemischen Zusammensetzung des Stabes und im Gesamtaufbau des Stabmateriales zu suchen ist.

Betrachten wir vorerst die chemische Zusammensetzung, so wird im allgemeinen von einem Draht für Verbindungsschweißungen verlangt, daß er möglichst wenig Silizium, Schwefel und Phosphor enthalte. Die Analysenvorschrift lautet im allgemeinen: C = unter 0·1, Si = Spur, Mn = zirka 0·5, S = unter 0·03 und P = unter 0·04 vH.

Nun hat sich aber auf Grund zahlloser Versuche unzweifelhaft gezeigt, daß man mit zwei Stäben derselben chemischen Zusammensetzung sehr verschiedene Schweißresultate erzielen kann. Während der eine Stab sich mit Minus-Pol an der Elektrode unter Bildung eines stabilen Lichtbogens anstandslos verschweißen läßt, gelingt dies mit dem zweiten Stab unter keinen Umständen. Mechanische Änderungen der Struktur durch Walzen, Kaltziehen und dergleichen vermögen an diesem Resultate nichts zu ändern. Diese Erscheinung, die sich sicher auch in der Praxis schon gezeigt hat, muß also Ursachen anderer Natur haben und bewegten sich nun unsere Untersuchungen dahingehend, den elektrischen Leitungswiderstand derartiger sich praktisch verschieden verhaltender Stäbe zu bestimmen.

Dies wurde mit je 15 Stäben derselben Analyse, jedoch mit verschiedenem Verhalten beim Schweißen gemacht und kamen wir zu dem überraschenden Resultat, daß die gut zu verschweißenden Stäbe einen spezifischen Widerstand von 0·123 bis 0·128 Ohm, die schlecht oder gar nicht verschweißbaren Stäbe einen solchen von 0·129 bis 0·133 Ohm aufwiesen. Diese Differenz äußerte sich aber auch in gewissem Sinne bei der Verschweißung selbst, da die Stäbe mit niedrigerem spezifischen Widerstand eine Schweißspannung von 16 bis 18 V, die schlecht oder gar nicht verschweißbaren Stäbe eine Schweißspannung von über 20 bis 28 V unter sonst ganz gleichen Verhältnissen ergaben. Es war naheliegend, für dieses unterschiedliche Verhalten doch die Struktur der Stäbe verantwortlich zu machen; es gelang uns dies auch in ziemlich überraschender Weise. Wir konnten bei verschiedenen Stäben derselben chemischen Zusammensetzung, derselben mechanischen Struktur, jedoch mit verschiedenem Verhalten bei der Verschweißung sehr große Unterschiede in dem perzentuellen Anteil von nicht metallischen Einschlüssen feststellen.

Digitized by Google

Die Feststellung des perzentuellen Anteiles von nicht metallischen Einschlüssen in verschiedenen Schweißstäben war eine ziemlich langwierige Aufgabe und dürfte es interessieren, den eingeschlagenen Vorgang kennen zu lernen.

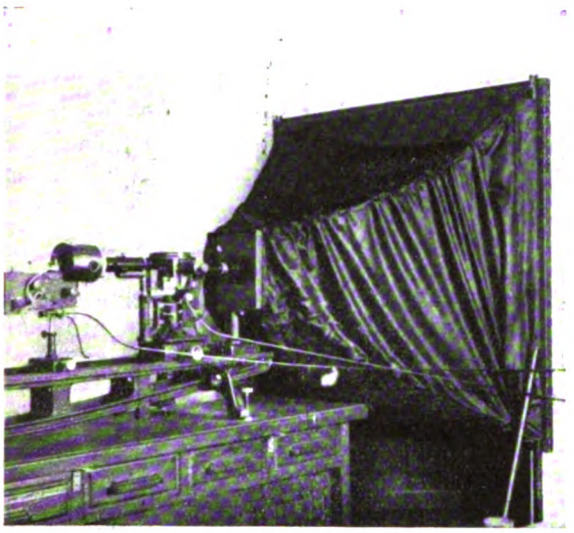


Abb. 1.

Abb. 1 zeigt ein normales Mikroskop, an dessen Kamera ein Projektionsschirm angeschlossen ist.

Abb. 2 zeigt den Projektionsschirm von der Rückseite mit einem 1000-fach vergrößerten Schliffbilde.

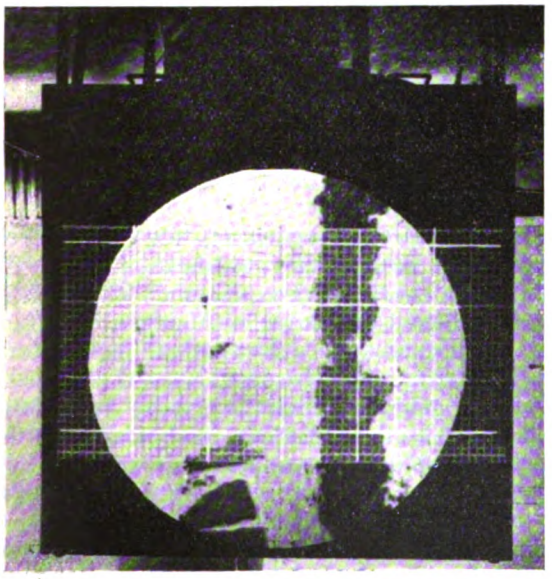


Abb. 2.

Auf dem Projektionsschirm wird mittelst Mikrometer an Stelle des Schliffes ein bestimmter Streifen abgegrenzt; man hat also bei 1000-facher Vergrößerung einen Streifen von 0·3 mm des Schliffes am Projektionsschirm in einer Breite von 300 mm, eingeteilt in 1/100 mm (Abb. 3). Mit Hilfe von Millimeterpapier kann man nun die 1000-fach vergrößerten nichtmetallischen Einschlüsse aufzeichnen und berechnen. (Abb. 4).

Hunderte solcher Bestimmungen in Längs- und Querschliffen ergeben ein ziemlich sicheres Bild über den Durchschnittgehalt an nicht metallischen Einschlüssen.

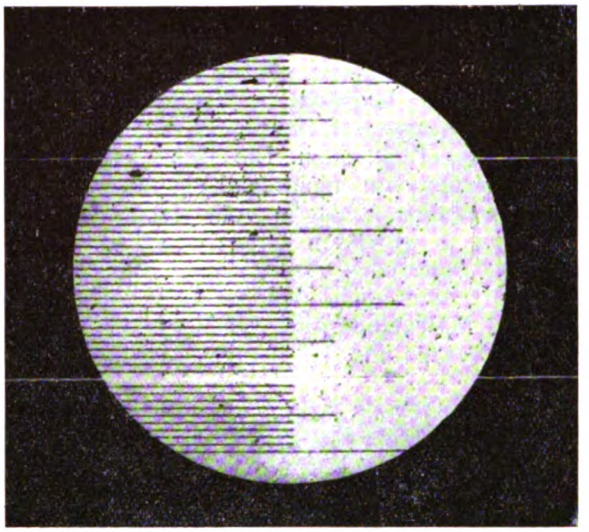


Abb. 3.

In der Zahlentafel sind vier verschiedene Drähte angeführt, deren Analysen nur geringe Abweichungen zeigen, deren perzentueller Anteil an nichtmetallischen Einschlüssen jedoch sehr verschieden ist. Während sich die Drähte 1 und 2 mit Minuspol an der Elektrode gar nicht, der

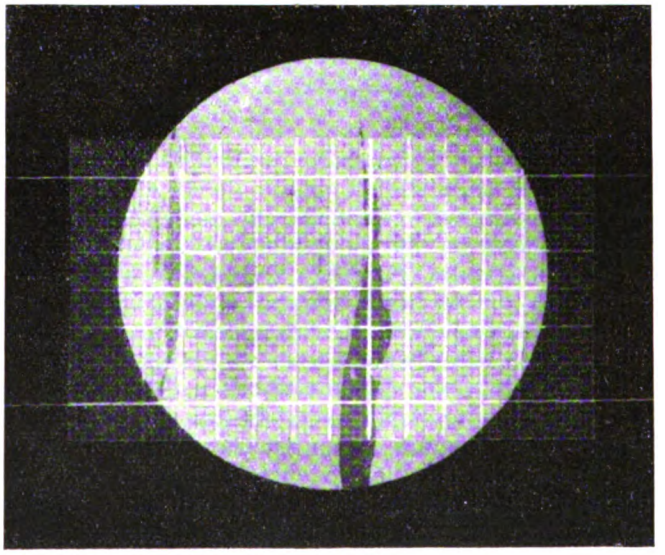


Abb. 4.

Draht Nr.	C	Si	Mn	S	P	in einem mm² Einschlüsse in 1/1000mm	Einschlüsse in vH d. Fläche
1	0·09	0·01	0·33	0·028	0·018	1·86	0·186
2	0·11	Spur	0·30	0·039	0·037	2·45	0·245
5	0·02	0·003	0·13	0·011	0·005	8·35	0·835
6	0·08	0·002	0·09	0·005	0·059	31·6	3·16

Digitized by Google

Draht 5 unbefriedigend verschweißen ließ, zeigte der Draht 6 mit einem Vielfachen nichtmetallischer Einschlüsse durchaus befriedigendes Verhalten und hohe Güteziffern in der Schweiße selbst.

In den Abb. 5 und 6 sind die Gefügebilder der Drähte 1 und 6 in 500-facher Vergrößerung dargestellt.

Diese Feststellungen waren die Erklärungen für viele bisher beobachtete Erscheinungen und gleichzeitig Wegweiser für die Herstellung geeigneter blanker Elektroden. Die Höhe des perzentuellen Anteiles von nichtmetallischen Einschlüssen ist zweifellos abhängig vom Herstellungsverfahren und in gewissen Grenzen auf die Güteziffern des Materiales von geringem Einfluß. Daraus erklärt sich auch, daß vielfach ganz billige Zaun- und Matratzendrähte sich befriedigend verschweißen lassen und daß blanke Stäbe, mit denen eine normale Schweißraupe zu ziehen einfach nicht möglich ist, in ummanteltem Zustande sofort befriedigendes Verhalten zeigen. Die Ummantelung, für die es heute bereits hunderte von Rezepten gibt, bedeutet aber in diesem Falle nichts anderes als den Ersatz der in zu geringem Ausmaße vorhandenen, nichtmetallischen Einschlüsse.

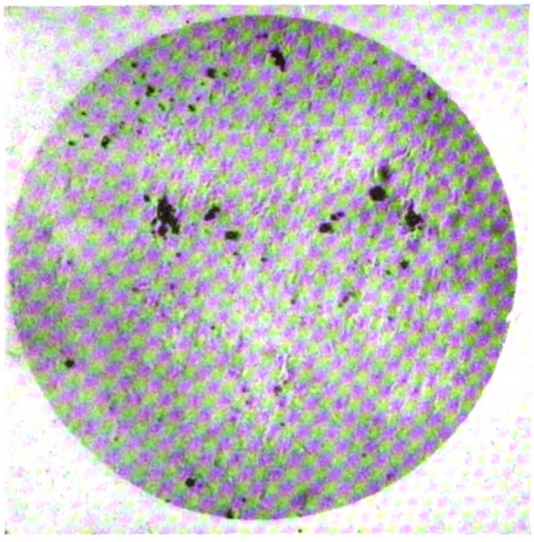


Abb. 5.

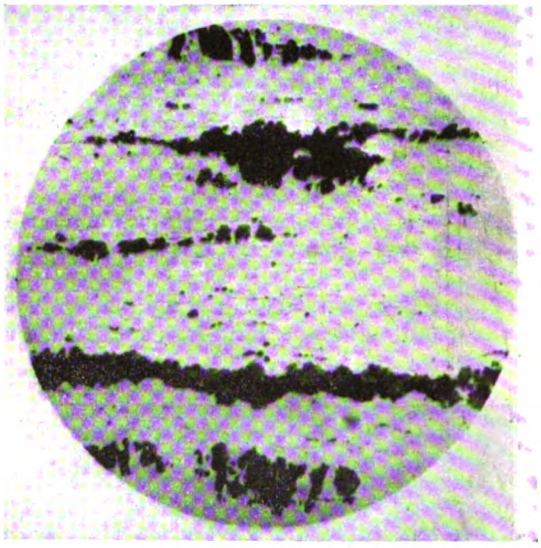


Abb. 6.

Hat der Hersteller von Elektroden einmal diesen Weg erkannt, dann ist es ihm natürlich auch möglich, den Elektrodenstahl mit der praktisch richtigsten Menge nichtmetallischer Einschlüsse zu legieren und ein stets gleichmäßiges Produkt herzustellen, aus welchem blanke Elektroden resultieren, die den ummantelten Elektroden in Bezug auf Verschweißbarkeit nicht im geringsten nachstehen, jedoch selbstverständlich weit billiger kommen, was natürlich für die Entwicklung der elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißung ein ganz hervorragender Faktor ist.

Es ist ferner ein heute auch bereits gelöstes Problem, die praktisch richtigste Menge nichtmetallischer Einschlüsse in die Längsachse des Stabes zu verlegen, wodurch der eingangs erwähnte vorteilhafte Lichtbogen „rohrähnlicher Type“ erzielt wird.

Daß aber ein derartiger Elektrodenaufbau zu den in mancher Beziehung vorteilhaften Eigenschaften der „umhüllten“ Elektrode führt, wird durch das Oscillogramm voll und ganz bestätigt, welches tatsächlich das charakteristische Schaubild der umhüllten Elektrode zeigt. Demzufolge lassen sich derartige Elektroden auch mit Wechselstromtransformatoren ohne Schwierigkeit verschweißen und zeigen derartige Schweißungen dieselben Güteeigenschaften wie die mit Gleichstrommaschinen hergestellten.

Die mit solchen Elektroden hergestellten Schweißen sind schmiedbar und warmbiegfähig; im Gegensatze zu den umhüllten Elektroden entfällt das kostspielige und zeitraubende Abklopfen der Schlacke beim Auftragen mehrerer Lagen.

Um aber Mißverständnissen von vorneherein vorzubeugen, betone ich ausdrücklich, daß die vorstehenden Ausführungen lediglich für elektrische Lichtbogen-Schmelzschweißungen Geltung haben, da die etwaige Anwesenheit nichtmetallischer Einschlüsse im Schweißstab für Gasschmelz-Schweißung sehr schädlich ist. Es ist demzufolge ein Unding, dieselbe Elektrode für beide Arten der Schmelzschweißung anwenden zu wollen, wie dies leider heute noch allzuhäufig geschieht, bezw. sogar als Forderung aufgestellt wird.

Ein sehr gefährlicher Feind jeder Lichtbogen-Schmelzschweißung ist der S-Gehalt im Schweißstab, da ein Überschreiten einer gewissen Grenze zur Rotbrüchigkeit führt, die sich dahingehend äußert, daß die Schweiße schon während des Erkaltens, oder einige Zeit darauf, Risse erhält. Für die Feststellung dieses schädlichen Einflusses haben wir neben der zu kostspieligen und zeitraubenden chemischen Analyse ein sehr einfaches Mittel, die Warmbiegeprobe. Der zu untersuchende Stab wird ungefähr bis zur Mitte des Durchmessers eingekerbt, an dieser Stelle auf Rotglut

Digitized by Google

erwärmt und gebogen. Das Verhalten der Kerbe zeigt sofort deutlich, ob Rotbrüchigkeit vorliegt.

Schließlich hat man das Augenmerk noch zu richten auf die auftretenden Spritzverluste. Das in mehr oder minderem Ausmaße zu beobachtende Spritzen von Schweißstäben ist in erster Linie auf ein Zuwenig oder Zuviel unschädlicher, nichtmetallischer Zusätze und in zweiter Linie auf das Vorhandensein von schädlichen, nichtmetallischen Verunreinigungen zurückzuführen. Zu letzterem gehört wohl zweifellos auch der Wasserstoff, der an und für sich für die Güteziffern der Schweißung selbst belanglos, durch kleine Explosionen das Spritzen fördert und das Schweißen selbst erschwert. Wenn der Aufnahme von Wasserstoff selbstverständlich schon bei der Herstellung des Stahles metallurgisch entgegengewirkt wird, so ist gerade bei der Erzeugung des Schweißstabes bei Nichtbeobachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln genügend Gelegenheit zur Wiederaufnahme von Wasserstoff vorhanden.

Es ist allgemein bekannt, daß alle Metalle und insbesonders Eisen eine starke Tendenz haben, Wasserstoff zu absorbieren. Nun werden aber die gewalzten Drähte vor dem Ziehverfahren sehr häufig in heißer, verdünnter Schwefelsäure gebeizt, um vom Walzzunder befreit zu werden. Bei diesem Prozeß setzt nun eine chemische Reaktion ein, bei welcher die Schweißstäbe mit großen Mengen Wasserstoff im Entstehungszustande in Berührung kommen und denselben absorbieren. Solche Schweißstäbe werden bei sonst befriedigenden Güteeigenschaften bei der Verschweißung sehr stark spritzen und die Arbeit des Schweißers ungemein erschweren. Nur durch Wahl geeigneter Beizflüssigkeit und genaue Beobachtung des Beizprozesses selbst läßt sich diesem Übelstande restlos steuern.

Nach diesem Abstecher von meinem eigentlichen Thema, welcher jedoch zur Begründung meiner folgenden Vorschläge nötig war, komme ich dazu, Vorschläge zu machen, welche Gesichtspunkte bei Übernahme von blanken Schweißdrähten in der Hauptsache zu beobachten wären.

Es ist wohl einleuchtend und selbstverständlich, daß jedes Schweißdraht herstellende Werk sich selbst schon gewissermaßen Abnahmebedingungen für seine Fabrikate geschaffen hat. Ich möchte Ihnen nun schildern, in welcher Weise diese interne Abnahme in unserer Unternehmung erfolgt.

In erster Linie erfolgt die Kontrolle der chemischen Zusammensetzung durch die chemische Analyse. Selbstverständlich ist bereits bei der Herstellung des Stahles auf die Anwesenheit des früher erwähnten notwendigen perzentuellen Anteiles von nichtmetallischen Einschlüssen Bedacht genommen worden. Da diese nichtmetallischen Einschlüsse derart gewählt sind, daß sie bei der Verschweißung vorwiegend verdampfen und nahezu keine Schlacke bilden, erübrigt nur die Kontrolle der die Güte der Schweißung beeinflussenden Analyse. Ich halte es nicht für richtig, daß der Abnehmer Analysengrenzen festlegt, da es dem Fabrikanten unbenommen bleiben soll, durch Änderungen der Legierung die Güte der Schweißung zu beeinflussen.

Als günstigste chemische Zusammensetzung haben wir für unlegierte Flußstahl-Elektroden für Verbindungsschweißungen unter anderem erkannt: C = unter 0·1, S = max. 0·03 und P = max. 0·02 v. H.

Die Herstellung des Drahtes geschieht nun nach dem allgemein üblichen Verfahren durch Walzen und Ziehen. Es empfiehlt sich nicht nur, sondern ist auch ein Gebot der Notwendigkeit, die einzelnen Chargen bis zur Beendigung der Kontrolle bezw. Übernahme getrennt zu halten.

Von jedem zehnten Drahtbund einer Charge wird nun ein Stab der Warmbiegeprobe, wie bereits früher erwähnt, zur Kontrolle der Rotbrüchigkeit und ein Stab der praktischen Verschweißung unterzogen. Letztere besteht darin, daß auf einem Stück Werkstoff, wie er hauptsächlich zur Verschweißung gelangt, also zum Beispiel auf Kesselblech eine Schweißraupe gezogen wird. Hiebei kann einwandfrei beobachtet werden, die Schweißspannung, welche 20 V keinesfalls übersteigen soll, der Fluß und die Schmelzgeschwindigkeit, das Verhalten bezw. die Bestimmung der Type des Lichtbogens, das Auftreten und Verhalten von Schlacke sowie das Spritzen des Drahtes. Jeder auch minder geübte Schweißer wird diese Momente ziemlich genau klassifizieren können. Hierauf wird die Schweißraupe etwas abgeschliffen und mittels Brinellscher Kugeldruckpresse oder Rockwells Härteprüfer die Festigkeit der Schweiße überprüft. Schließlich wird das Blech mit der Schweißraupe auseinandergeschnitten, die Schnittfläche etwas überschliffen, makroskopisch geätzt, und die Einbrandtiefe festgestellt. Haben alle diese Beobachtungen zufriedenstellende Resultate ergeben, dann kann man mit einiger Sicherheit annehmen, einen guten Schweißdraht in Händen zu haben. Zeigen jedoch diese Stichproben untereinander verschiedenes, widersprechendes Verhalten, dann empfiehlt es sich, sämtliche Drahtringe der Charge in dieser Weise zu erproben, da hiedurch jene Ringe, die entweder infolge unrichtiger Behandlung bei der Verarbeitung oder einer Materialverwechslung als Schweißdraht ungeeignet sind, von vorneherein ausgeschieden werden können. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man bei genauer Beobachtung der geschilderten Proben blanke Schweißdrähte sehr genau klassifizieren kann und die schließlich damit abgeführten, physikalischen Erprobungen im allgemeinen die Klassifikation bestätigen.

Selbstverständlich ist es nötig, von Fall zu Fall auch wissenschaftliche Materialprüfung vornehmen. Allerdings erachte ich es als zu weitgehend und unrichtig, die gefundenen Werte einer Zerreißprobe oder den Biegewinkel einer Biegeprobe als maßgebend für die Güte eines Schweißdrahtes anzusehen, da man bei diesen Proben viel zu sehr von der manuellen Geschicklichkeit des Schweißers und verschiedenen anderen Zufälligkeiten abhängig ist und die Resultate derartiger

Digitized by Google

Proben erwiesenermaßen viel zu große Streuung aufweisen. Es ist meines Erachtens nicht notwendig und der Entwicklung hinderlich, neben festgelegten Analysen bestimmte Festigkeits- und Dehnungsziffern, Biegewinkel usw. vorzuschreiben und dieselben vielleicht auch tatsächlich mit einem erstklassigen Schweißer zu erreichen. Die Praxis verfügt einerseits heute noch nicht über genügend erstklassige Schweißer und stellt andererseits auch von Fall zu Fall verschiedene Forderungen, die sich nicht in eine Norm bringen lassen. Zur Illustration diene ein Beispiel aus meiner Praxis.

Eine Firma hatte Gestänge und Winkel zu schweißen, die in geschweißtem Zustande geschmiedet, gerichtet und verdreht werden mußten. Als Probe galt folgende Vorschrift:

Zwei Flacheisen 70 × 14 mm wurden zusammengeschweißt, hierauf unter dem Dampfhammer auf 20 × 5 mm geschmiedet und in noch warmen Zustande zu einer Spirale gedreht, ohne daß sich die Schweißung hiebei lösen durfte. Auf eine bestimmte Festigkeit oder Dehnung kam es nicht an. Dieser Forderung war mit erstklassigen, blanken Elektroden, mit denen man vorzügliche physikalische Werte und Biegewinkel bis zu 180° erzielte,

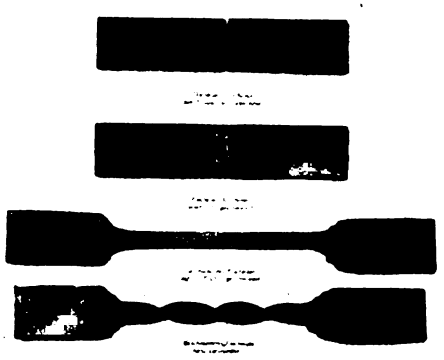


Abb. 7.

nicht Genüge zu leisten. Mit einem Draht, der auf Grund meiner eingangs erwähnten Erwägungen hergestellt wurde, konnte die Forderung restlos erfüllt werden (Abb. 7).

Ich führe dieses Beispiel deshalb an, um darzutun, wie nützlich es ist, die Forderungen, die man an einen Schweißdraht stellt, den praktischen Verhältnissen zu entlehnen, da ich dann in den meisten Fällen auch tatsächlich mit dem mir zur Verfügung stehenden Menschenmaterial mein Auslangen finde und nicht genötigt bin, vereinzelt dastehende Künstler und Talente heranziehen zu müssen.

Ich möchte aber nicht den Anschein erwecken, daß ich wissenschaftliche Proben negiere. Im Gegenteil finde ich sie äußerst notwendig für die Bestätigung der praktischen Beobachtung. Wenn sie jedoch gemacht werden, muß dies mit äußerster Sorgfalt geschehen und müssen sie vor allem in eine Norm gebracht werden, um die Resultate von verschiedenen Stellen auch richtig vergleichen zu können. In meiner Unternehmung ist diese Norm geschaffen worden und haben damit alle Versuchsergebnisse in den verschiedenen räumlich von einander entfernten Betrieben dieselbe Vergleichsbasis.

Aus Abb. 8 ist zu entnehmen, wie aus einem geschweißten Blech 300 × 350 × 12 mm drei Stäbe für Biegeproben, zwei Stäbe für Zerreißproben und zwei Stäbe für Kerbschlagproben entnommen werden. Entgegen den Richtlinien des deutschen Fachausschusses für Schweißtechnik wird bei uns die Schweißraupe restlos entfernt, indem das geschweißte Blech beiderseits um 1 mm abgehobelt wird. Ich halte diesen Vorschlag für rein wissenschaftliche Erprobung für richtiger, da ich von der Form und Größe der Schweißraupe unabhängig bin. Für interne Werkstättenproben zur Überprüfung der vom Schweißer geleisteten Arbeiten mag die Belassung der Schweißraupe ohneweiters zugestanden werden.

Von Wichtigkeit ist es auch, für die Durchführung der Biegeproben eine Norm zu schaffen, bezw. ist es absolut zu verwerfen, wenn Biegewinkel genannt oder veröffentlicht werden, ohne daß die Methode, wie das Biegen vorgenommen wurde, genau beschrieben wird. Nicht nur die Art der Herstellung des Biegestabes mit belassener, abgehobelter oder abgeschliffener Schweißraupe, sondern auch die Art des Biegens selbst, im Schraubstock, mit Biegevorrichtung mit festen oder Rollenauflagen haben einen bestimmenden Einfluß auf die Größe des Biegewinkels und ist es wohl ohneweiters einleuchtend, daß man bei verschiedener Zusammenstellung der aufgezählten sechs Momente auch zu den verschiedensten Resultaten gelangen muß.

Außerordentlich wichtig ist es jedoch, den für physikalische Erprobungen zu verwendenden Werkstoff zu normieren. In allen bisherigen Vorschlägen für Güteprüfungen von Verbindungsschweißungen wird als Werkstoff Kesselblechgüte vorgeschlagen. Nun hat man aber in Deutschland vier Kesselblechgüten, deren Festigkeiten zwischen 37 und 54 kg liegen und deren C-Gehalte dementsprechend verschieden sind. Je nach Wahl einer dieser vier Güten erhält man bei Verwendung desselben Zusatzmateriales sehr unterschiedliche Resultate, insbesonders bei Zerreiß- und Biegeproben, und ist die bisher beobachtete große Streuung bei den Resultaten solcher Proben an verschiedenen Stellen wohl zum großen Teil auch auf die Heranziehung verschiedener Blechgüten zurückzuführen. Es ist also meines Erachtens auch in dieser Beziehung eine Normung des Werkstoffes oder eine Differenzierung der gestellten Forderungen nötig, da es unbillig wäre zu verlangen, daß ein Blech von 37 kg Festigkeit in geschweißtem Zustande dieselben mechanischen Eigenschaften zeigt wie ein solches von 54 kg Festigkeit.

Meines Erachtens wäre es am zweckdienlichsten, für wissenschaftliche Erprobungen nur geglühte Bleche von bestimmten Festigkeitseigenschaften heranzuziehen, da nur dadurch eine sichere Gewähr geboten ist, gleichartige und span-

Digitized by Google

nungslose Bleche zu verschweißen. Ich bin davon überzeugt und habe es durch zahlreiche Fälle bestätigt gefunden, daß der Grund für Fehlbeurteilungen und rätselhafte Streuungen in Versuchsreihen lediglich auf Ungleichartigkeit des verwendeten Kesselbleches zurückzuführen war.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die Abnahmeversuche von Verbindungsschweißdrähten in eine feste Norm zu kleiden, auf ziemliche Schwierigkeiten stößt und die individuelle praktische Beurteilung nach wie vor weisen, wogegen auf Dehnung und Kerbzähigkeit in den meisten Fällen wenig oder gar kein Gewicht gelegt wird. Am naheliegendsten ist es, Auftragsschweißungen mit einem Zusatzmaterial auszuführen, welches sich in chemischer Beziehung nach der Schmelzung im elektrischen Lichtbogen möglichst dem Material des Werkstückes nähert. Schon aus diesen Forderungen, die noch durch die Frage der Bearbeitungsfähigkeit vermehrt werden, erhellt, daß bei der Wahl von Zusatzmaterial für Auftragsschweißungen derart in-

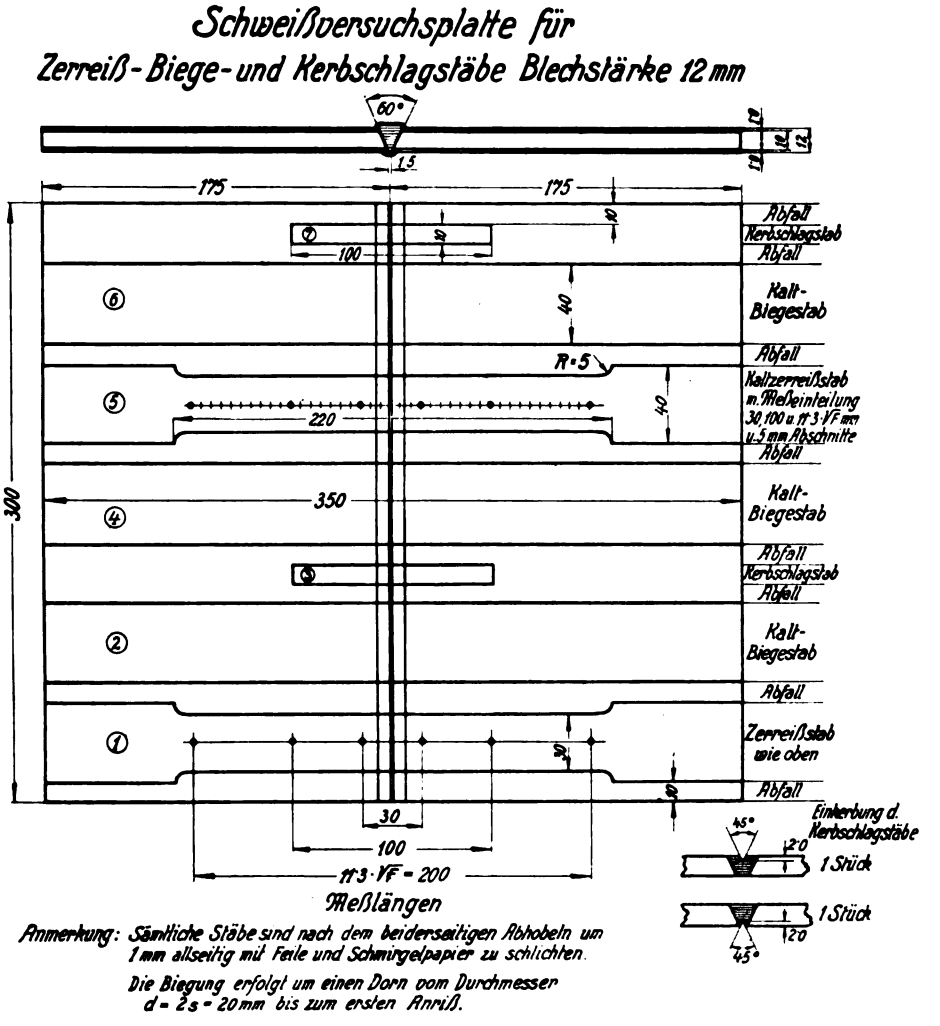


Abb. 8

eine bedeutende Rolle spielen wird. Eine Hauptaufgabe der Fachausschüsse wäre es vor allem, die Durchführungsbestimmungen für wissenschaftliche Erprobungen zu normieren, damit eine übereinstimmende Vergleichbasis herrscht, dieselben aber lediglich als Kontrolle und Bestätigung der praktischen Beurteilung anzusehen.

Von ganz anderen Gesichtspunkten hat man bei der Beurteilung von Schweißdrähten für Auftragsschweißung auszugehen. Die Auftragsschweißung dient im allgemeinen der Wiederherstellung abgenützter Maschinenteile und besteht die Hauptanforderung an derartige Schweißungen darin, daß dieselben bei großer Dichte bedeutenden Verschleißwiderstand auf-

dividuell vorgegangen werden muß, daß an eine Normung desselben gar nicht gedacht werden kann. Hauptbedingungen für alle Zusatzmaterialien sind aber, ebenso wie bei der Verbindungsschweißung, gute Verschweißbarkeit mit stabilem Lichtbogen, gute Einbrandtiefe und geringer Spritzverlust. Diese Beurteilung mag wohl jeder mittelmäßige Schweißer durchzuführen in der Lage sein.

Nun kommt es aber dem Schweißdrahtverbraucher in der Hauptsache auch darauf an, im vorhinein zu wissen, welche Eigenschaften die von ihm hergestellte Schweiße besitzt. Nun ist aber einerseits der Kohlenstoffgehalt des Werkstückes, auf dem die Auftragsschweißung durch-

Digitized by Google

geführt wird, andererseits die Größe dieses Werkstückes, sowie die bei der Schweißung in demselben aufgespeicherte Wärme von derartig bestimmendem Einflusse auf die physikalischen Eigenschaften, daß mit demselben Zusatzmaterial bei verschiedenen Bedingungen die unterschiedlichsten Resultate erzielt werden können. Wenn also für Zusatzmaterialien für Auftragsschweißung vom Schweißstabhersteller bestimmte Festigkeiten für die Schweißung angegeben werden, so gründen sich dieselben immer auf gewisse zu erfüllende Vorbedingungen, die von Fall zu Fall den örtlichen Verhältnissen entsprechend festgelegt werden müssen. Um aber doch wenigstens für eine bestimmte Anzahl von Fällen einen gewissen Anhaltspunkt zu haben, würde ich vorschlagen, einheitlich bestimmte Werkstücknormen festzulegen, auf denen aufgetragene Schweißraupen bestimmte Brinell'sche Festigkeiten ergeben. Ich könnte mir vorstellen, daß Werkstücke von bestimmter chemischer Zusammensetzung und bestimmten Brinellhärten in verschiedenen Querschnittgrößen und einheitlicher Länge normiert werden, auf denen Schweißraupen aufgetragen werden, deren Brinellhärte bestimmt wird. Infolge der durch die verschiedene Wärmeabfuhr bedingten verschiedenen Abschreckwirkung werden sich bei den kleineren Querschnitten geringere, bei den größeren Querschnitten höhere Brinellhärten ergeben und könnten die von den Schweißdrahtherstellern angegebenen Grenzziffern sicherlich dem Verbraucher Anhaltspunkte für die Wahl des Zusatzmateriales bieten.

Eine Ausnahme bilden die austenitischen Stähle, inbesonders der in letzter Zeit für verschleißfeste Auftragsschweißungen herangezogene hochprozentige Manganstahl. Bei diesen Stählen zeigt die Brinellprobe nicht die richtigen Werte und muß erfahrungsgemäß auf dieselben ungefähr 25 kg zugeschlagen werden, um die tatsächliche Zugfestigkeit in kg/mm² zu erhalten.

Wie Sie aus meinen Ausführungen erkannt haben dürften, steht einer Normung von Abnahmebedingungen noch eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen und wird es wohl für die nächste Zeit dabeibleiben müssen, daß solche nur für spezielle Fälle, und das möchte ich besonders betonen, unbedingt im gegenseitigen Einvernehmen zwischen Verbraucher und Hersteller geschaffen werden.

Wichtig, ja ich möchte sagen, unerläßlich und auch durchführbar ist jedoch die Schaffung von Normen für theoretische Versuche und sind in dieser Hinsicht meines Wissens schon von verschiedenen führenden Persönlichkeiten der Schweißtechnik beherzigenswerte Vorschläge gemacht worden. Wenn wir, wie ich hoffe, in absehbarer Zeit Resultate der verschiedensten Herkunft auf Grund einheitlicher Vergleichbasis auch tatsächlich miteinander vergleichen können, dann sind wir meines Erachtens auf dem jungen, entwicklungsfähigen, jedoch noch in den Kinderschuhen steckenden Gebiete der elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißung ein gutes Stück vorwärts gekommen, was ich im Sinne unserer gemeinsamen Bestrebungen von Herzen wünsche.

Über blanke und ummantelte Stäbe, Einfluß der Ummantelung auf die Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung.

Von Ing. Johann **Titscher**, Linz.

Die richtige Wahl des Schweißpoles. — Beeinflussung der „Polarität" durch die Ummantelung. — Polarität, Güte und Wirtschaftlichkeit. — Arbeitsgänge, welche die Verwendung ummantelter Stäbe erheischen. — Vergleichende Güte- und Wirtschaftlichkeitsprüfungen. — Schlußfolgerung.

Bei Behandlung dieser Frage muß zunächst auf die Begriffe „Güte" und „Wirtschaftlichkeit" eingegangen werden, welche sich auf den ersten Blick zu decken scheinen. Ist denn nicht unter allen Umständen die beste Schweißnaht auch die wirtschaftlichste? Ein näheres Eingehen auf die Forderungen des Betriebes lehrt, daß dies nicht der Fall ist, sondern daß gerade dort, wo heute das elektrische Schweißverfahren hauptsächlich in Betracht kommt, die physikalischen Eigenschaften der Schweiße nicht jenen des Grundmateriales gleich sein müssen. Es sei nur auf das große Gebiet gewisser Auftragsarbeiten verwiesen, wo ähnlich wie bei einsatzgehärteten Gegenständen bloß eine größere Widerstandsfähigkeit der Oberfläche verlangt wird, ohne, daß diese auch nur einigermaßen die Zähigkeit und das Dehnungsvermögen des Kernes zu besitzen braucht. Anders liegen die Verhältnisse im Behälterbau, wie bei Kraftschweißungen überhaupt.

Der Betrieb wird jene Schweißung als die wirtschaftlichste anwenden, welche bei geringsten Kosten den an sie gestellten Anforderungen eben gerecht wird. Demnach ergibt sich bei Behandlung der Frage von selbst eine Unterteilung nach den einzelnen Gruppen von Betriebsschweißungen.

Bei der Durcharbeitung der gestellten Aufgabe zeigte sich zunächst, daß jeder im Handel vorkommende Schweißdraht eine ganz bestimmte Polarität besitzt, das heißt sich in der Regel im blanken Zustande nur an einem Pol gut verschweißen läßt.

Die Polarität wird derzeit nur von wenigen Firmen für ihre einzelnen Drahtsorten bekanntgegeben. Firma Böhler gibt zum Beispiel für ihr Erzeugnis BW den Minuspol, für den Draht BW 7 den Pluspol an. Nach den „Richtlinien für Schweißversuche" ist der Schweißstab an den Minuspol zu legen, so daß Drähte mit Pluspolarität unrichtig verschweißt werden müßten. Diese Vorschrift bedarf daher einer Ergänzung.

Digitized by Google

Ich werde später noch darauf zurückkommen, daß bei Verschweißung von Drähten am Pluspol bedeutend weniger Strom verbraucht wird als umgekehrt, welcher Umstand bei Leistungsbestimmungen von Gleichstromumformern berücksichtigt werden muß. Die „Polarität", sowie die Auswirkungen der Plus- oder Mniuspolverschweißung auf Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung werden in Zukunft sowohl für den Erzeuger, als auch für den Verbraucher Begriffe größter Beachtung werden müssen.

Es zeigte sich ferner, daß Drähte, welche blank (kurz gesprochen) „positiv sind", durch Tauchung mit weicher Paste in der Regel „negativ" werden, das heißt eine Verschweißung am Minuspol verlangen. Sind sie jedoch blank negativ, so bleiben sie auch mit weicher Paste getaucht negativ. Erst bei Drähten größerer Härte bleibt die Ummantelung, selbst wenn sie stärker oder härter ist, ohne Einfluß auf die Polarität des blanken Drahtes. Bei sehr hart pastierten, sowie umwickelten

Tafel 1. Gewählte Bezeichnung für die Ummantelung.

a w	getaucht, weiche Paste
a h	getaucht, harte Paste
i	umwickelt
z	Paste im Spezialprozeß beigebracht
e	Draht mit Seele

Drähten wird die Polarität fast ausnahmslos positiv, wie zum Beispiel bei den A-W-P-Stäben, da der Minuspol mit seiner geringen Wärmekapazität nicht mehr imstande ist, Draht und Paste richtig abzuschmelzen, bzw. die abschmelzende Paste den metallischen Schluß zwischen Werkstück und Stab fortwährend unterbricht, eine Erscheinung, die übrigens auch bei Verschweißung von A-W-P-Stäben mittels Wechselstromtransformators beobachtet werden kann.

Vor Eingehen auf die Versuchsergebnisse muß auf Tafel 1 verwiesen werden, welche die später beibehaltenden Bezeichnungen für die Ummantelung der Drähte wiedergibt.

Aus Tafel 2 ist die Polarität mehrerer untersuchter Schweißdrähte zu entnehmen, weiter auch die vorhin erwähnten Gesetzmäßigkeiten, betreffend die Beeinflussung der Polarität durch die Paste und die Festigkeit (Härte) des Stabes.

Wie schon erwähnt, wird bei Verschweißung am Minuspol mehr Strom und, wie die Versuche zeigten, auch mehr Zeit gebraucht, um 1 kg Material niederzuschmelzen, so daß die Polarität, entweder bedingt durch die Zusammensetzung des Drahtes oder wie eben angeführt durch die Ummantelung, die Wirtschaftlichkeit der Schweißung beeinflußt. Dies zeigt die Versuchsreihe der Tafel 3. Es wurde hier bei allen Versuchen die reine Schweißzeit abgestoppt, demnach Fehlerquellen, welche etwa durch zeitweises Abreißen des Lichtbogens oder Stabwechsel hätten eintreten können, ausgeschaltet. Für derartige „Leerzeiten" wurde als Leistungsverbrauch die genau gemessene Leerlaufleistung in Rechnung gesetzt. Ob blank oder ummantelt, zeigen nach dieser Versuchsreihe Stäbe am Pluspol größere Spannung und kleinere Stromstärken, sowie geringeren Leistungsverbrauch. Auch ist infolge der größeren Wärmeenergie der Anode die Abschmelzzeit eine geringere. Anschließend vorgenommene Wechselstromschweißungen lassen den geringeren Stromverbrauch infolge Entfalles des maschinellen Wirkungsgradfaktors gegenüber dem Gleichstromumformer erkennen.

Tafel 2. Die Polarität der derzeit gebräuchlichsten Schweißstäbe.

Draht	Gewählte Bezeichnung	Firma	Pol	Anmerkungen
B W 7	B W 7	Böhler	+	getaucht nicht zu verschweißen
B W	B W/z	„	—	
„	B W/z a w	„	—	auch getaucht negativ zu verschweißen
B H extra	B H	„	+	—-Pol nicht } da harter Draht
B M	B M	„	+	—-Pol nicht }
F g II	F g II	Felten & Guillaume	+	} sehr gute Schweißung
„	F g II/a w	„	—	
F I	F I	„	—	
„	F I/a w	„	—	
O K 6	O K 6	Kjellberg	—	
„	O K 6/a h	„	—	
O K 7	O K 7	„	—	
„	O K 7/a h	„	—	
O K 7 spez.	O K 7 spez.	„	—	
„	O K 7/a h	„	+	harter Draht, harte Paste
O K 9	O K 9	„	+	
„	O K 9/a h	„	+	
1165	1165	Fliess	+	
1165	1165/a h	„	+	+- und —-Pol schlecht zu verschweißen
1161 P	1161 P	„	—	
„	1161 P/a h	„	—	
1166	1166	„	+	
1166	1166/a h	„	+	

Als vergleichende Güteprüfungen wurden an verschiedenen Drahtsorten folgende Proben vorgenommen:

Auf Platten aus 20 mm starkem Kesselblech wurden entsprechend hohe Auftragsschweißungen

Digitized by Google

vorgenommen, die Brinellhärte gemessen, hierauf die Platten durch die Mitte quer zu den Raupen zersägt und mindeste, sowie größte Einbrandtiefe gemessen, da ja bekanntlich anfangs bei noch kaltem Werkstücke der Einbrand gering ist und erst mit zunehmender Erwärmung desselben steigt.

Mit denselben Drähten wurde weiters eine große Zahl von Verbindungsschweißungen nach den „Richtlinien zur Herstellung von Schweißproben" vorgenommen und auf der hiefür gelagen auf Blech aufgetragen und daraus nach restloser Entfernung des Grundmateriales Zerreißstäbe gefräst. Diese wurden auch benützt, um die Gefügebildung bei 350 bis 1000facher Vergrößerung zu untersuchen.

Tafel 3. Strom, Spannung, Zeit, abhängig von Drahtsorte und Polarität (Ummantelung).

Draht 4 mm	Pol	Zeit, Minuten, Sekunden		Material kg	Strom		kWh/kg	Ges. Zeit/kg Minut., Sek.
		schweißen	Gesamt		*Jm* Amp.	*Em* Volt		
B W/z a w	—	18 m 10 s	25 m 42 s	0·35	185	60/19	5·27	1 St 13 m 30 s
„	—	16 15	22 58	0·45	185	60/18	5·13	51 12
Bw/z	+	11 18	16 37	0·40	165	60/22	3·82	41 36
B W/z	+	9 38	14 42	0·33	165	60/22	3·37	41 30
„	—	16 44	18 44	0·335	185	60/18	5·18	53 00
B W/a w	+	11 11	13 46	0·35	165	60/22	3·81	39 18
Fg/a w	—	11 55	16 39	0·27	185	60/17	5·43	1 1 48
„	—	12 14	15 59	0·27	185	60/17	5·37	59 00
Fg	+	10 52	15 49	0·35	150	60/24	3·68	45 12
„	+	8 41	11 17	0·30	155	60/24	3·43	37 36
Fg/a w	Transformator	5 m 21 s		0·17			4·30	31 4
		„	4 54	0·147			2·65	33 4
B W/z a w		„	3 38	0·15			3·07	24 2

Es muß erwähnt werden, daß diese Raupenschweißung betriebsmäßig, das heißt ohne Hämmern oder Ausglühen der Schweiße durchgeführt wurde.

Das Ergebnis der vergleichenden Güteprüfung,

Tafel 4. Gütetafel verschiedener Drähte.

Draht 4 mm	Ummantelung	Pol	Strom		Einbrandtiefe	Brinell		Biegewinkel		Schweißung
			Jm Amp.	*Em* Volt		Zahl	k_s	Anriß	Bruch	
1	—	—	130	87/19	2·5/1·3	126	48	71°		
1	a w	—	135	87/23	2·2/1	112	43·2	75		
1 *a*		+			3/1	131	49·7	71	100	
3 *a*	—	—	120	85/20	2·5/0·6	114	43·9	62	81	gut
3 *a*	a h	—	125	85/18	3·1/2	116	44·6	89	107	zäh. Schweißn. Einschlüsse
3 *b*	—	—	145	90/22	2·6/1·2	118	45·3	110	128	gute Schweiße
3 *b*	a w	—	140	90/19	3/1·5	116	44·6	82	90	gute Schweiße
3 *c*	—	+	125	90/28	1·8/1	116	44·6	87		
3 *c*	a w	—	145	90/20	2·2/1·2	118	45·3	74		
4 *a*	—	—	150	90/22	3/1	116	44·6	80	90	
4 *a*	a w	—	150	90/22	3/1·9	118	45·3	61	79	
4 *b*	—	+	115	82/24	2·1/1·3	121	46·3	62	85	spröde, harte Naht
4 *b*	a h	—	130	85/18	3/1·5	113·5	43·7	80	105	spröde
4 *c*	—	—	125	90/18	1·8/1·2	117·5	45·1	72	90	feinkörnig, zäh
4 *c*	a h	—	135	85/18	2·7/1	112	43·2	74	82	
4 *d*	—	+	140	90/30	1·9/1	286	103			
4 *d*	a h	+	145	90/27	2·8/1·2	286	103			
5 *a*	—	+	125	85/30	2·3/1	137	51·8			am —-Pol nicht verschweißbar
5 *a*	a h	+	130	85/25	2·2/0·7	126	48·02			auf beiden Polen schlecht verschweißbar, besser am +-Pol
5 *b*	—	—			1·8/0·6	121	46·3			
5 *b*	a h	—			2·3/0·7	116	44·6			
5 *c*	—	—			2·2/1·6	126	48			
5 *c*	a h	—			2/0·7	121	46·3			
5 *d*	—	+	125	85/30	2·2/1	131	49·7			
5 *d*	a h	+	135	85/24	2·1/1	137	51			Paste ganz zwecklos, schmilzt 2 mm vor Stabende ab
3 *b*	a w	Wechselstromtransf.			2/0·5	121	46·4	45	61	
3 *c*	a w	∼			2·5/1	118	45·4	55	75	feinkörnig
3 *a*	a h	∼			3/1	118	45·4	50	65	blasig
1	a w	∼			2/1	118	45·4	56	70	Schlacke
1 *a*	a h	∼			2·5/0·4	124	47·44	61	74	

bräuchlichen Biegemaschine mit Rollen und Dorn gebrochen, hierauf Biegewinkel und Aussehen der Naht festgestellt.

Schließlich wurde aus zwei Drahtsorten, blank und weich getaucht, je ein Raupenzopf in mehreren

welches in den Tafeln 4, 5 und 6 ziffernmäßig belegt erscheint, ist folgendes:

Weich und hart ummantelte Stäbe zeigen im allgemeinen kleinere Brinellhärten und etwas höhere Dehnungen als blanke, was auf die ge-

Digitized by Google

ringere Stickstoffaufnahme im kürzeren und durch die Paste geschützten Lichtbogen zurückzuführen ist. Jedoch geht aus den Biegeproben hervor, daß diese vergleichsweise höhere Güte der Schweißnaht durch nicht zu vermeidende Schlacken-

Tafel 5. Werkstatt-(Brinell-)Proben von Spezialdrähten.

Draht 4 mm	Ummantelung	Pol	Strom Jm Amp.	Strom Em Volt	Brinell Zahl	Brinell k_z	Biegewinkel Anriß	Biegewinkel Bruch	Schweiße
Amerikanischer	e						64	116	zeigt große Abschmelzgeschwdgkt.
Normen d.	—						53	80	schlechte Bindung
„	a h						66	146	„ „
Awp selbsthärtend . .	—	+	135	85/23	135	51·1			
	i	+	125	85/25	255	92·3			
„ immediate	a h	+					82	105	Schlackeneinschluß, sonst feinkörniger Bruch
„ Niedervolt schwarz	i	+					180	180	ohne Bruch
„ „ rot . .	i	+					79	102	starker Schlackeneinschluß, sonst seidiger Bruch
„ spez. A	i	+					102	135	
„ „ B	—	−	115	82/22			96	125	sehr feinkörniger Bruch
„ „ B	i	+	115	82/30			91	115	zäher feinkörniger Bruch
AVC AC	—						66	90	spröde
AVC AC	a h						93	105	„
AVC F3	—						70	100	schöner Bruch
AVC F3	a h						101	142	feinkörniger Bruch

einschlüsse und auftretende kleinste Blasen in der Naht des ummantelten Stabes wieder aufgehoben wird.

Die Gefahr des Auftretens dieser Erscheinungen steigt mit zunehmender Härte und Stärke der Ummantelung, bzw. Umwicklung der Stäbe. Dagegen zeigten sich gelegentlich beobachtete Überhitzungen der Schweiße nur bei blanken Stäben.

Stark ummantelte und umwickelte Stäbe zeigen in der Schweiße äußerst schönen, feinkörnigen, oft samtartigen Bruch. Die Schweißung mit derartigen Drähten ähnelt in zwei Punkten sehr der Gasschweißung und ist sicher auch darauf

Tafel 6. Festigkeit und Dehnung von Schweißraupen.

Draht	Zustand	Zerreißstab aus Raupe mm	k_s, kg/mm² Streckgrenze	k_s, kg/mm² Bruch	Dehnung vH	Biegewinkel °	Anmerkung
BW/z	getaucht	14/8	22·08	24·6	1	20	
„	blank		28·36	39·72	2	34	
Fg II	getaucht		24·62	35·4	6	52	
„	blank		25·65	50·7	0·42	5	sehr spröde

der Erfolg hoher Biegewinkel und großer Dehnung zurückzuführen.

Einmal ist es eine Schmelzbadschweißung, welche größere Mengen des Grundmateriales schmilzt, weiters bedeckt die äußerst zähe Schlacke das Schmelzbad und schützt es vor den Einwirkungen der Luft, sowie vor dem raschen Abkühlen. Die Verschweißung dieser Stäbe setzt große Sorgfalt des Schweißers voraus. Das Abhämmern der Schlacke muß mit großer Kraft und nach Abkühlung der Schweißnaht erfolgen. Die Kosten der Schweißung steigen infolge der teuren Stäbe und des Mehraufwandes an Zeit für Schlackenentfernung ganz bedeutend.

Auf Grund der Schlußfolgerungen der Untersuchungen, sowie der Erfahrungen der Praxis kann zusammenfassend gesagt werden:

Die allgemeine Verwendung von ummantelten Stäben ist das Kennzeichen eines jungen, noch nicht weit fortgeschrittenen Schweißbetriebes, sofern als Ursachen nicht die Verwendung von Wechselstrom oder das vorzügliche Auftreten von im folgenden erwähnten Schweißungen vorliegt:

1. Lotrecht- und Überkopfschweißungen.
2. Schweißungen von Gegenständen, welche zu magnetischen Ablenkungen des Lichtbogens Anlaß geben, wie Gabelbolzen zwischen den Lappen, Hebel mit Bohrungen usw.
3. Gußkaltschweißungen.
4. Schweißungen mit Gleichstromumformern geringer Einbrandtiefe.
5. Auftragungen ganz geringfügiger Korrosionen, wo eine höhere Schweißraupe nutzlos ist.

Schließlich sei noch auf einen Werkstattkunstgriff verwiesen, welcher manchmal angewendet wird und die Vorteile blanker und umhüllter Stäbe gleichzeitig ausnützt:

Man beginnt die ersten Raupen auf das noch kalte Grundmaterial mit ummantelten Stäben, um tieferen Einbrand und raschere Erwärmung des Werkstückes zu erzielen und setzt dann mit blanken Stäben fort.

In all diesen Fällen liegt bei weichen Pasten der Stab am Minuspol, soll die Tauchung überhaupt einen Wert haben. Dies zieht, wie gezeigt, einen ungefähr 40 prozentigen Strom- und 50 prozentigen Zeitmehrbedarf nach sich. Dem stehen als Vorteile etwas größere Dehnung, sowie tieferer Einbrand gegenüber. Ob jedoch die Dehnung 2 vH oder 6 vH beträgt, dürfte bei einem Dehnungsvermögen von 20 vH, wie sie die Grundmaterialien im Mittel gewöhnlich besitzen, fast belanglos sein. Auch die gebräuchlichen Kesselnietungen legen Streifen größerer Starrheit, das heißt geringerer Dehnung in ein sonst dehnungsgleiches Kraftfeld. Eisenbetonverbindungen sind sehr gebräuchlich, ebenso wie die Einsatzhärtungen im Maschinenbau, obwohl hier Materialien ganz verschiedener Dehnungseigenschaften nebeneinanderliegen. Die Einbrand-

Digitized by Google

tiefe allerdings stellt ein Maß der Verdübbelung der beiden Materialträger dar.

Die Paste muß auf die Stabsorte genau abgestimmt sein, es gibt Beispiele, welche zeigen, daß schlechte Pasten die Eigenschaften guter Stäbe verderben, umgekehrt, was ebenso schlimm, die geringe Güte mancher Stäbe durch eine gute Paste, welche ein leichtes Verschweißen ermöglicht, verschleiert wird. Es gibt auch Pasten, welche am Stab ganz wirkungslos abschmelzen und nie in die Sphäre des Lichtbogens gelangen. Eine Vergütung der Schweiße durch metallische Zusätze erwies sich bei weichen Pasten als aussichtslos.

Die Untersuchung eines Schweißdrahtes wird sich daher auf folgende Punkte erstrecken müssen:

1. Analyse des Drahtes.
2. Feststellung der Polarität.
3. Feststellung des Einflusses der Ummantelung bei harten Pasten und der Umwicklung auf die Zusammensetzung des Materiales durch Prüfung der Schweiße.

Für ausgesprochene Güteschweißungen, wo, wie im Behälterbau, großer Wert auf Dehnung gelegt werden muß, erweisen sich stark- und hartpastierte sowie umwickelte Stäbe trotz der hohen Kosten als wirtschaftlich[1]).

Der Großteil von Betriebsschweißungen des allgemeinen Maschinenbaues wird jedoch im steigenden Maße bei der Personalschulung mit guten, blanken, am Pluspol zu verschweißenden Stäben am wirtschaftlichsten fahren. Ein gut geleiteter Betrieb muß seinen Schweißern die Stabsorten und die Verwendung von blanken, umhüllten und umwickelten Stäben je nach der auszuführenden Arbeit, dem verwendeten Schweißgerät und der Schulung des Schweißers vorschreiben. Ein solcher Betrieb wird die Wirtschaftlichkeit seiner Geräte und die Schulung seines Personales am Prozentsatz des verschweißten blanken Drahtes erkennen.

[1]) Es kann nicht ohne weiters behauptet werden, daß solche Fälle der Gasschmelzschweißung vorbehalten bleiben müssen, da sich hier gerade die Vorteile der elektrischen Schweißung in folgenden Punkten besonders auswirken: 1. Entfall der Wärmeleitung und -strahlung durch große Flächen. 2. Vermeidung von Wärmedehnungen, welche nach Abkühlung des Werkstückes zu großen Verspannungen führen. 3. Vermeidung des Ausglühens großer Flächen, welche Änderungen der Materialstruktur zur Folge haben.

Neuere Werkzeuge in der Gasschmelzschweißung.

Von Ing. Rudolf **Brendler**, Wien.

Es ist nicht leicht, dieses allgemein bekannte Gebiet interessant zu gestalten. Vor allem handelt es sich hier um die Reduzierventile, Schweiß- und Schneidbrenner, sowie Ergänzungsapparaturen, welche zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Erleichterung der Überwachung dienen.

Die Anforderungen, die der Betriebsmann an zeitgemäße Arbeitsgeräte stellen muß, sind nach drei Seiten zu beurteilen:

1. In sicherheitstechnischer Hinsicht. 2. Hinsichtlich zweckmäßiger und handlicher Eignung. 3. In wirtschaftlicher Beziehung. Inwieweit diese drei Anforderungen von den neuzeitlichen autogenen Geräten erfüllt werden, will ich nun an Hand markanter Ausführungsformen besprechen.

Bezüglich der sicherheitstechnischen Einrichtungen, die seitens der behördlichen Aufsichtsstellen vorgeschrieben wurden, ist zu bemerken, daß vor einigen Monaten für die Anbringung der Sicherheitsventile und der Schlauchanschlußstutzen besondere Bestimmungen herausgegeben wurden. (Abströmrichtung in schräger Richtung nach abwärts.) Über die Handlichkeit der Druckminderventile ist nichts besonderes zu erwähnen, da die Einrichtung derselben einerseits durch die vorhin erwähnten bezüglichen Vorschriften fixiert ist, andererseits nicht so wie bei den Flammengeräten in die Wagschale fällt, da die Reduzierventile keine ständige Manipulation seitens der Schweißer erforderlich machen. Die Flammengeräte, Schweiß- und Schneidbrenner zeigen gegenüber den Reduzierventilen die mannigfachsten Ausführungsformen. Hinsichtlich sicherheitstechnischer Einrichtungen ist es selbstverständlich, daß ein moderner Brenner flammenrückschlagsicher ist, das heißt richtiger, flammenrückschlaglöschend, denn daß ein Brenner abknallt, kann man nicht hindern, aber daß er innen nicht weiter brennt, dem kann durch zweckmäßige Konstruktion der Durchgänge im Brennerinnern vorgebeugt werden. Ich habe auch die Beobachtung gemacht, daß flammenrückschlagsichere Brenner (Injektorbrenner), die mit Flaschenazetylen betrieben wurden, nicht so sicher flammenrückschlaglöschend arbeiteten als wie mit Niederdruckazetylen. Es wurden auch Versuche unternommen, um das Rückströmen von Sauerstoff in die Gaszuleitung unmöglich zu machen, doch ist dies ein Problem, welches noch seiner vollkommenen Lösung harrt. Eine bekannte Brennerkonstruktion verhindert allerdings das Rückströmen von Sauerstoff in die Gaszuleitung, jedoch nur dann, wenn die Verbindung des Brennereinsatzstückes mit dem Griffrohr undicht ist. Es ist dies der Awa-Kometbrenner. Durch eine entsprechende Kanalführung wird der Sauerstoff, wenn die Abdichtung nicht intakt ist, durch einen Kanal ins Freie geführt. Wenn die Verbindungsstelle im Brennerinnern jedoch exakt abschließt und die Brennerspitze durch irgendeinen Zufall verlegt wird, so wird auch bei diesem Brenner der Sauerstoff durch die Gaszuleitung zurückströmen.

Bei dieser Brennerkonstruktion sind übrigens auch zwei separate Zuleitungsrohre durch das Griffrohr, für Sauerstoff und Brenngas je ein Rohr, vorhanden. Dies ist nicht bei allen Brennerkon-

Digitized by Google

struktionen der Fall, hat jedoch den großen Vorteil, daß, wenn zum Beispiel das Sauerstoffrohr irgendwie defekt wird (Metallrisse usw.), der ausströmende Sauerstoff durch die Öffnungen im Griffrohr entweicht und sich nicht wie bei anderen Konstruktionen mit dem Brenngas mischen kann,

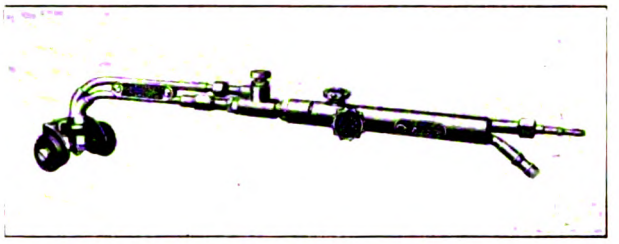


Abb. 1. Einhand-Schweißbrenner „Griesheim".

um Knallgas zu bilden. Es ist dies eine Ausführungsform, die schon vor Jahren angewendet wurde, jedoch wegen der zu teuren Herstellungskosten größtenteils wieder aufgelassen wurde. In neuer Zeit ist man wieder darauf zurückgekommen und man findet diese doppelte Gaszuleitung bereits

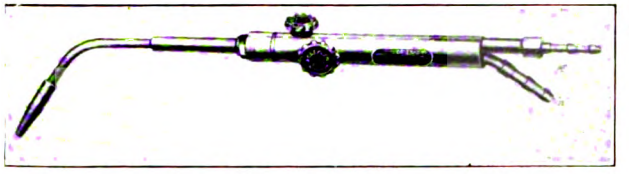


Abb. 2. Kombinierter Einhand-Schneidbrenner „Griesheim".

nicht nur bei Awa-, sondern auch bei den Dräger- und einigen anderen Fabrikaten.

Bei Flammenrückschlägen bis zum Reduzierventil haben sich die sogenannten Rückschlagpatronen, welche zwischen Reduzierventil und

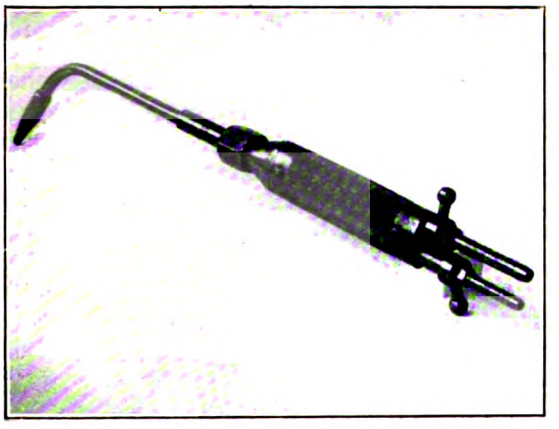


Abb. 3. Schweißbrenner Type „Görres".

Gasschlauch eingeschaltet waren, bestens bewährt.

Was die handliche, zweckmäßige Konstruktion der Schweißbrenner betrifft, so ist besonders die Konstruktion der Einhandschweißbrenner erwähnenswert, wie sie Griesheim und Messer erzeugen, jene Brennertype, bei welcher die Beorderungsorgane am Brennergriffrohr derart angebracht sind, daß sie von derselben Hand — durch Daumen oder Zeigefinger — eingestellt werden können (Abb. 1 u. 2).

Auch die Versuche sind bemerkenswert, vom runden Querschnitt des Griffrohres auf den ovalen oder eckigen Querschnitt überzugehen, damit der Brenner sicherer und leichter in des Schweißers Hand liegt. Abb. 3 zeigt den Görres-Brenner mit ovalem Handgriff.

Um die Länge des Brennerrohres von Dissousgasbrennern entsprechend der Größe der Schweißflamme variieren zu können, bietet der Awa-

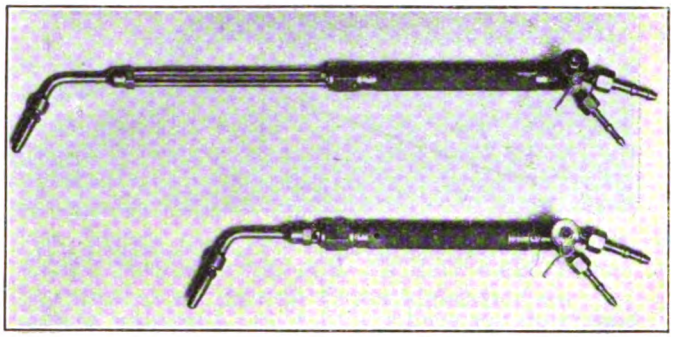


Abb. 4. Schweißbrenner „AWA-Teleskop".

Teleskop-Brenner (Abb. 4) eine originelle Konstruktion, die diesem Bestreben entsprungen ist. Die Zuleitungsrohre sind verschiebbar in das Griffrohr eingebaut und mittels einer doppelten Stoffbüchse gasdicht angeschlossen. Schließlich ist das Bestreben der Konstrukteure erwähnenswert, das Gewicht des Brenners herabzusetzen, etwa durch Verwendung von Leichtmetall (Aluminium und dessen Legierungen) als Baumaterial.

Ein eigenes Kapitel auf dem Gebiete der

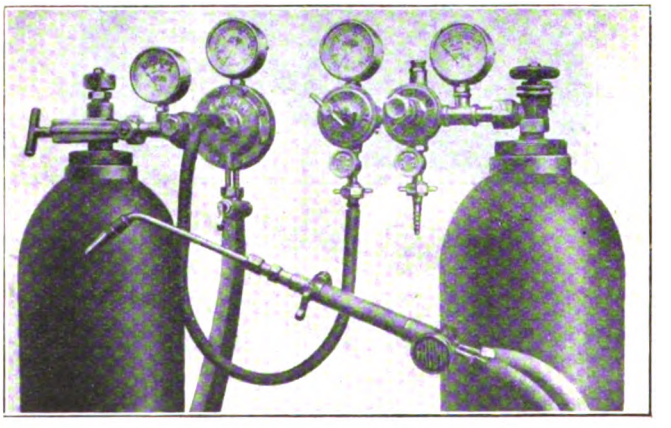


Abb. 5. Frama-Anlage.

Autogengeräte ist das Frama-Schweißverfahren, das in Fachkreisen noch viel umstritten ist. Die Apparatur dieses Verfahrens ist in Abb. 5 zu sehen. Ich hatte selbst Gelegenheit, Versuche mit einer Frama-Apparatur anzustellen,

Digitized by Google

konnte jedoch leider zu keinem positiven Resultat gelangen.

Hier soll noch jener Einrichtung gedacht werden, bei welcher an Stelle des Brenngases flüssiger Brennstoff (Benzin, Benzol) in Verbindung mit

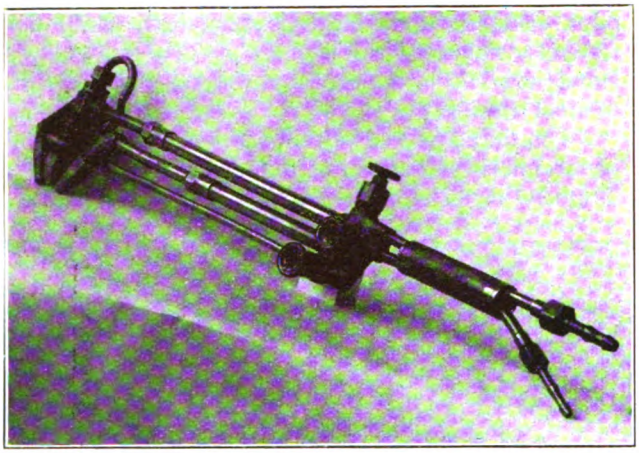


Abb. 6. Gußeisenschneidbrenner der Weberwerke, Siegen.

Sauerstoff verwendet wird. Diese Apparatur wurde in Österreich vielfach in Verwendung genommen, doch konnte sie sich infolge ihres engbegrenzten Arbeitsbereiches nicht überall durchsetzen.

In die Gruppe der autogenen Schneidgeräte gehören auch die Gußeisenschneidbrenner[1]). Die Konstruktion der Weberwerke, Siegen, zeit Abb. 6. Hiezu bemerke ich, daß das Gußeisenschneiden nicht so von statten geht wie das Schmiedeeisenschneiden. Das Gußeisenschneiden ist kein Ausbrennen des Materials mittels Sauerstoff aus der Schnittfuge, sondern ein Ausschmel-

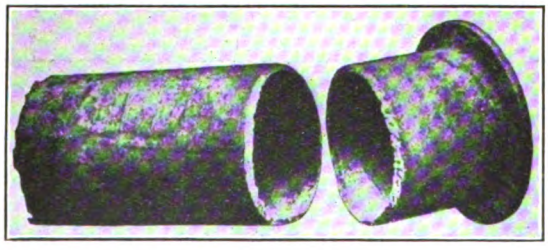


Abb. 7. Mit dem Gußeisenschneidbrenner der Weberwerke, Siegen, zerlegtes Gußeisenrohr.

zen mittels stark überhitzter Schmelzflamme durch welche ein Sauerstoffstrahl geblasen wird. Die Gußeisenschnittfuge ist gegenüber der Schmiedeeisenschnittfuge daher bedeutend breiter und unregelmäßig, da der Schneidprozeß eigentlich ein Abschmelzprozeß ist. Abb. 7 zeigt ein zerlegtes gußeisernes Rohr.

Ein besonderes Gebiet ist auch das Schneiden unter Wasser. Abb. 8 stellt einen Unterwasser-Schneidbrenner dar.

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Brenner kann gesagt werden, daß die Konstruktion seit 5 bis 6 Jahren einen gewaltigen Schritt nach vorwärts getan hat. Ich kann da nur vergleichsweise anführen, daß vor ungefähr einem halben Jahre hier Parallelversuche von einem großen Werke angestellt wurden, mit Griesheim-Brennern modernster Konstruktion und mit Brennern aus dem Jahre 1922. Ich war von den Versuchsergebnissen sehr überrascht. Leider konnte ich in die Versuchsprotokolle keine Einsicht nehmen. Aus Mitteilungen war aber zu entnehmen, daß mit den Schweißbrennern bis 30 vH Sauerstoff- und 35 vH Gasersparnis erzielt wurden. Bei den Schneidversuchen wurde sogar bis

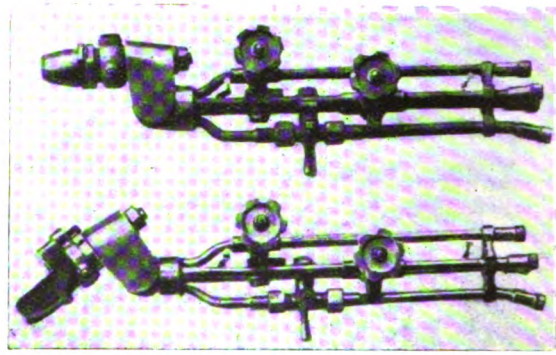


Abb. 8. Unterwasserschneidbrenner der Dortmunder Union.

zu 70 vH Sauerstoff erspart. Hiezu muß bemerkt werden, daß die Brenner aus dem Jahre 1922 seinerzeit als erstklassig galten. Die Erfahrung lehrt, daß außerordentlich viel Brenngas und Sauerstoff durch veraltete Brennerkonstruktionen zwecklos verbraucht werden, so daß sich eine Überprüfung der Apparaturen nach dieser Richtung hin empfiehlt.

Doch nicht allein in der guten Konstruktion der Brenner liegt die Ökonomie und Hochwertigkeit der Schweißbetriebe; sie ist vielmehr auch abhängig von der Eignung des betreffenden Autogenarbeiters, dem die Handhabung anvertraut ist. Gründliche Fachkenntnis, Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit sollen die Haupteigenschaften sein für jeden Schweißer, denn gute Werkzeuge können nur in der Hand von vollwertigen Arbeitern erstklassige Arbeit leisten.

[1]) Das Sauerstoffschneidverfahren ist in Österreich durch das Pionierpatent Nr. 49 421 patentamtlich geschützt. In dieses Patent fallen alle Schneidbrenner mit Mischgasvorwärmung, somit praktisch alle auf dem Markte befindlichen brauchbaren Schneidbrenner.

Digitized by Google

Verwendung von gelöstem Azetylen oder Entwicklergas. Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der porösen Massen für Azetylenflaschen.

Von Oberregierungsrat Dr. W. **Rimarski**, Berlin-Halensee.

Statistik über den Verbrauch von Kalciumcarbid, Sauerstoff und gelöstem Azetylen (Dissousgas) in den europäischen Ländern. — Verbrauch von Apparategas im Verhältnis zum gelösten Azetylen. — Amtliche Untersuchungen von „porösen Massen" für die Füllung von Azetylenflaschen zwecks Erreichung größtmöglicher Sicherheit bei der Herstellung, beim Transport und bei der Verwendung von gelöstem Azetylen (Prüfungsverfahren bei der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin).

Die Verbraucherkreise werden vielfach vor die Frage gestellt, ob sie für Schweiß- und Schneidezwecke gelöstes Azetylen, also Flaschengas, oder Entwicklergas, also Apparategas, verwenden sollen. Diese sehr berechtigte Frage ist naturgemäß in dieser allgemein gehaltenen Form schwer zu beantworten. Es wird oft sogar schwierig sein, in Einzelfällen die Entscheidung zu treffen, wenn man nicht die Möglichkeit besitzt, alle näheren Umstände voll und ganz zu berücksichtigen. Es ist bei der Beurteilung einer solchen Frage der Kostenpunkt durchaus nicht allein oder in erster Linie maßgebend, sondern es spielen hier eine ganze Anzahl von Faktoren eine bedeutsame Rolle, die mindestens ebenso wichtig sind als die Kostenfrage. Wir kennen die Vorzüge des Apparategases und die Vorzüge des gelösten Azetylens. Jedes von ihnen hat sich in den verschiedenen Ländern Anwendungsgebiete erobert und Kundenkreise erworben. Deshalb wäre es müßig und würde auch zu weit führen, nach den einzelnen Gründen zu forschen, die für oder gegen die eine oder die andere Gasart sprechen, da dies doch keinen praktischen Wert hätte. Dies wäre ebenso müßig, wie die Fragestellung, die in letzter Zeit in allgemein gehaltener Form mehrfach eine Rolle gespielt hat, ob es zweckmäßiger sei, die Gasschmelzschweißung oder die elektrische Schweißung anzuwenden.

Herr Prof. Schimpke, Chemnitz, hat sich in seinem Vortrage redlich bemüht, diese vielumstrittene Frage, die gelegentlich der letzten Hauptversammlung des Verbandes für autogene Metallbearbeitung in Düsseldorf zu einer sehr lebhaften Aussprache zwischen den Vertretern der beiden Schweißverfahren geführt hatte, durch Abwägung der jeweiligen Vorzüge und Nachteile dieser meist angewandten Verfahren einer Lösung entgegenzuführen, die schließlich beiden Richtungen gerecht werden sollte. Dies war ihm auch zum Teil gelungen, wenn ihm auch Entscheidungen über manche Einzelfragen nicht ganz leicht gefallen sind, was bei dieser Materie durchaus begreiflich erscheint.

Die sich an den Vortrag anschließende Diskussion hat die ernsthaften Bemühungen leider wenigstens zu einem gewissen Teil illusorisch gemacht. Denn aus dem Ergebnis der Diskussion, bei der hauptsächlich Vertreter der ausgesprochen elektrischen Industrie zu Worte kamen, hätte der unbefangene Zuhörer leicht eine falsche, mindestens aber eine unklare Auffassung von dem Stand der Dinge mit nach Hause nehmen können. Es ist, wie schon gesagt, nicht nur müßig, sondern sogar schädlich, diese Frage so allgemein aufzuwerfen, was günstiger sei, elektrische Schweißung oder Gasschweißung. Über diese Frage könnte man, wie Herr Prof. Richter, Hamburg, richtig hervorhob, tagelang verhandeln.

Wir haben zwei wertvolle Schweißverfahren in der Hand, die Gasschmelzschweißung mittels Azetylen-Sauerstoff und die elektrische Schweißung, die beide ihren Platz neben einander haben und auch behaupten werden. Wir sollten sie ausbauen wie nur irgend möglich, um das Höchstmaß von Vollkommenheit zu erreichen. Das Suchen nach Anwendungsgebieten mag dann unsere zweite Sorge sein. Es darf unter keinen Umständen in diesem Entwicklungsstadium der beiden Verfahren heißen: Hie elektrisch! Hie autogen! Sondern es muß heißen: Die Schweißtechnik als solche voran!

Alle Bestrebungen — und diese treten leider immer und immer wieder hervor —, in der Öffentlichkeit das eine gegen das andere Verfahren auszuspielen, schädigen das Ganze, erfordern Kosten, absorbieren Nerven und Arbeitskraft und hemmen nicht zuletzt die Entwicklung, indem bei den Verbraucherkreisen oft ganz unberechtigte Zweifel in die Wertbeurteilung entstehen. Die beiden Verfahren sollen sich nicht bekämpfen, sondern sich gegenseitig ergänzen. Das ist die richtige Einstellung und der beste Weg für die gesunde Weiterentwicklung, aber auch für die Überbrückung von Gegensätzen, deren Vertiefung — und das soll allen Berufenen ernstlich zu denken geben — die Sache selbst nur schädigen muß.

Nach diesen kurzen Abschweifungen möchte ich wieder auf das eigentliche Thema, auf das Verwendungsgebiet der beiden Gasarten, gelöstes Azetylen und Apparategas zurückkommen. Es ist schon gesagt worden, daß es keinen praktischen Wert hätte, nach den Gründen zu forschen, die für oder gegen die eine oder andere Gasart sprächen.

Wir besitzen aber in jedem Lande für die Einstellung der Verbraucherkreise zu einer bestimmten Gasart und für die fortschreitende Entwicklung einen ganz bestimmten Maßstab, und das ist die Statistik. Sie läßt uns die grundsätzliche Einstellung in jedem einzelnen Lande klar erkennen, sie gibt uns wichtige Anhaltspunkte für wirtschaftliche Zusammenhänge, sie gibt uns gewisse Deutungen auch für die Zukunft. Man wird mir einwenden, mit einer statistischen Zusammenstellung wäre nichts anzufangen, wenn sie nicht ganz lückenlose Angaben enthielte. Diesen Einwand kann ich wenigstens für das hier behandelte

Digitized by Google

Gebiet nicht ganz gelten lassen. Denn für das einzelne Land kann es nicht allzu schwierig sein, statistisch brauchbare Werte aufzustellen, aus denen die Zusammenhänge und die Entwicklungsrichtung beurteilt werden können.

P. Rosemberg hat beim 9. internationalen Kongreß in Brüssel wenigstens den Versuch gemacht, eine internationale Statistik für Kalziumkarbid, Sauerstoff und gelöstes Azetylen in den europäischen Ländern für das Jahr 1926 aufzustellen und, meines Erachtens, nicht ohne Erfolg. Er gibt selbst zu, daß die Ergebnisse seiner Umfragen durchaus nicht lückenlos sind, und doch wird man diese Statistik nicht als unbrauchbar bezeichnen können. Jedenfalls sind die für Österreich und Deutschland angegebenen Zahlen meist richtig, und wo das nicht der Fall ist, leicht richtig zu stellen und in das Schema einzuordnen, so daß man hier brauchbare Anhaltspunkte besitzt.

Die von Rosemberg in drei Tabellen zusammengefaßten Zahlen, welche in der „Revue de la Soudure Autogène" veröffentlicht sind, habe ich nur noch dadurch erweitert, daß ich die Ausbeuten des Karbids in Kubikmetern Azetylen umrechnete und die Prozentzahlen jedesmal einsetzte, um eine bessere Übersicht zu erhalten.

Tabelle 1. **Kalziumkarbid[1]).**

	Verbrauch Tonnen	Azetylen m³	Prozent v. Gesamtverbrauch	Fabriken
Deutschland	75 000	21 000 000	24·00	10
England	40 000	11 200 000	12·80	—
Österreich	3 500	980 000	1·12	3
Belgien	10 000	2 800 000	3·20	1
Dänemark	2 000	560 000	0·64	—
Spanien	20 000	5 600 000	6·40	13
Frankreich	80 000	22 400 000	25·60	23
Griechenland	2 000	560 000	0·64	1
Holland	7 000	1 960 000	2·23	—
Italien	27 000	7 560 000	8·64	17
Norwegen	1 500	420 000	0·48	5
Polen	23 500	6 580 000	7·52	4
Rumänien	4 000	1 120 000	1·28	1
Schweden	3 000	840 000	0·96	6
Schweiz	4 000	1 120 000	1·28	8
Tschechoslowakei	10 000	2 800 000	3·20	3
Jugoslawien	—	—	—	4
Zusammen	312 500	87 500 000	—	99

Aus der Tabelle 1, welche bis auf die Zahl der Fabriken eine gut geschlossene Zusammenfassung darstellt, ist ersichtlich, daß der Gesamtverbrauch an Karbid (für Beleuchtungs-, Schneid- und Schweißzwecke) in den europäischen Ländern im Jahre 1926 rund 312 500 t betragen hat, was einem Azetylenverbrauch von rund 87·5 Mill. m³ entspricht. Die für Deutschland angegebene Zahl von 75 000 t Karbid ist annähernd richtig, in Österreich dürfte der Karbidverbrauch 4000 t (statt 3500 t) betragen.

[1]) Es handelt sich lediglich um die in den Handel gebrachte Karbidmenge, die also im wesentlichen für Schweißen, Schneiden und Beleuchtung verbraucht wird, nicht aber um das weiterverarbeitete Karbid (Kalkstickstoff, Essigsäure, Alkohol usw.).

(Im Jahre 1927 hatten wir in Deutschland einen Mehrverbrauch an Karbid von etwa 30 000 t gegenüber dem Vorjahre zu verzeichnen. Dies ist ein sicherer Maßstab auch für die weitere Entwicklung der Azetylen-Sauerstoff-Schweißung.)

Die größten Mengen entfallen nach Tabelle 1 auf Frankreich mit 80 000 t oder rund 22·5 Mill. m³ = = 25·6 vH, und auf Deutschland mit 75 000 t oder 21 Mill. m³ = 24 vH. Der Verbrauch der beiden Länder beträgt also rund die Hälfte des Gesamtverbrauches der europäischen Länder. Dann kommt England mit 12·8 vH, Italien mit 8·6 vH, Polen mit 7·5 vH, Spanien mit 6·4 vH, Belgien und Tschechoslowakei mit 3·2 vH, Holland mit 2·23 vH. Im Verbrauch stehen dann gleich: Österreich, Schweden, die Schweiz, Rumänien. Die anderen Länder sind dann in geringerem Ausmaße beteiligt.

Tabelle 2. **Sauerstoff.**

	Kubikmeter	Prozent v. Gesamtverbrauch	Fabriken
Deutschland	30 000 000	36·0	80
England	9 000 000	10·8	25
Österreich	650 000	0·7	10
Belgien	3 000 000	3·6	5
Dänemark	500 000	0·6	—
Spanien	2 500 000	3·0	15
Frankreich	20 000 000	24·0	37
Griechenland	300 000	0·4	2
Holland	3 000 000	3·6	12
Italien	10 000 000	12·0	33
Norwegen	250 000	0·3	6
Polen	1 100 000	1·3	10
Rumänien	700 000	0·8	9
Schweden	500 000	0·6	15
Schweiz	1 100 000	1·3	12
Tschechoslowakei	800 000	0·9	10
Zusammen	83 400 000	—	281

Aus der Tabelle 2 ist zu ersehen, daß der Sauerstoffverbrauch am größten in Deutschland war (36 vH), selbst wenn wir die niedrigere, aber richtige Zahl (25 Mill. m³ statt 30 Mill. m³ einsetzen), dann folgen Frankreich (24 vH), Italien (12 vH), England (10·8 vH) usw. Für Österreich ist die Zahl von 650 000 m³ angegeben, was auch dem Azetylenverbrauch annähernd entsprechen dürfte.

Aus den Tabellen 1 und 2 lassen sich für das Verhältnis von Sauerstoffverbrauch zum Azetylenverbrauch natürlich nur Näherungswerte entnehmen, weil man die für andere als für Schweißzwecke verbrauchten Mengen nicht genau kennt. Wenn man diese verhältnismäßig kleinen Mengen unberücksichtigt läßt, so erhält man für das Verhältnis von Azetylen zum Sauerstoff folgende Zahlen:

In Deutschland 1 : 1·2,
„ Frankreich 1 : 0·9,
„ England 1 : 0·8,
„ Italien 1 : 1·3 usw.

Wenn wir nun zu der ursprünglichen Fragestellung zurückkehren, welche Gasart (Apparategas oder gelöstes Azetylen) in den einzelnen Ländern von den Verbraucherkreisen bevorzugt wird, so kann man aus der Tabelle 3 gewisse Schluß-

Digitized by Google

folgerungen ziehen, obwohl gerade diese Tabelle noch gewisse Lücken aufweist.

Tabelle 3. **Gelöstes Azetylen.**

	Kubikmeter	Prozent v. Azetylen-Gesamtverbrauch (Tab. 1)	Fabriken
Deutschland	2 680 000	12·7	30
England	—	—	14
Österreich	300 000	30·6	5
Belgien	400 000	14·3	5
Dänemark	—	—	—
Spanien	—	—	—
Frankreich	2 500 000	11·16	30
Griechenland	—	—	—
Holland	275 000	14·0	5
Italien	300 000	3·9	12
Norwegen	150 000	35·7	5
Polen	20 000	0·3	2
Rumänien	25 000	2·2	1
Schweden	—	—	—
Schweiz	180 000	16·0	6
Tschechoslowakei	50 000	1·8	2
Zusammen	6 880 000	—	117

Nehmen wir zum Beispiel den Gesamtverbrauch an gelöstem Azetylen in den europäischen Ländern nach Rosemberg mit rund 10 Mill. m^3 an (die Zahl dürfte annähernd richtig sein), dann käme man auch zu prozentualen Näherungswerten. Dies ist aber nicht einmal so wichtig. Wertvoller ist für uns das Verhältnis des Verbrauches an gelöstem Azetylen zum Gesamtverbrauch an Azetylen in den einzelnen Ländern. Man wird deshalb die Zahlen in der ersten Spalte der Tabelle 3 mit den Zahlen der Spalte 2 in der Tabelle 1 miteinander vergleichen müssen, um zunächst den Prozentgehalt an gelöstem Azetylen (im Verhältnis zum Gesamtverbrauch) zu erhalten.

In Deutschland zum Beispiel beträgt der Gesamtverbrauch an Azetylen rund 21 Mill. m^3. Davon entfallen 2·68 Mill. m^3 auf das gelöste Azetylen, also rund 12·7 vH. In Österreich würde man nach der gleichen Berechnung auf 31·2 vH gelöstes Azetylen kommen, wenn man die von uns erkundeten Werte als richtig unterstellt.

Ganz allgemein betrachtet, wird man also leicht erkennen, daß der Verbrauch an Apparategas in allen europäischen Ländern noch heute stark überwiegt. Denn selbst die Spitzenwerte für gelöstes Azetylen, die in Österreich und Norwegen erreicht werden, liegen um mehr als die Hälfte niedriger als die Verbrauchszahlen für Apparategas.

Und trotzdem ist auch eine, wenn auch sehr langsame Umstellung wenigstens in Deutschland unverkennbar. Noch vor wenigen Monaten wurde mir von fachkundiger Seite für gelöstes Azetylen im Verhältnis zum Sauerstoffverbrauch eine Zahl von 7 vH und darunter angegeben. Diese Zahl hat sich erhöht und wird sich nach dem Bau der zahlreichen neuen Fabriken in den letzten Jahren weiter erhöhen, wenn das im Jahre 1927 auch noch nicht zum Ausdruck kommt, zumal, wie schon erwähnt, der Karbidverbrauch von 75 000 t auf über 100 000 t gestiegen ist. Der Umstellungsprozeß kann sich natürlich nur sehr langsam vollziehen. Aber gewisse Merkmale deuten darauf hin, daß die Entwicklung eine bestimmte Richtung nimmt. Dies zeigen auch schon die immer mehr in den Verkehr gelangenden Hochdruckapparate. Die Zeit ihrer bisherigen Anwendung ist noch zu kurz, um ein abschließendes Urteil abgeben zu können. Immerhin sind sie auf dem Plan und scheinen sich zu behaupten.

Man wird die Verhältnisse in Amerika nicht ohne weiteres zum Vergleich heranziehen können. Trotzdem ist es interessant festzustellen, daß man dort das gelöste Azetylen außergewöhnlich stark bevorzugt, schätzt man den Anteil dieses Gases zum Gesamtverbrauch nach der Mitteilung eines amerikanischen Fachkollegen doch auf rund 80 vH ein, während der andere Teil hauptsächlich auf das Hochdruckapparategas entfallen soll.

Wie schon eingangs erwähnt, spielt die Kostenfrage bei der Auswahl der Gasart nicht immer die Hauptrolle. Neben vielen anderen Faktoren, die sich nur für jeden Einzelfall besonders auswerten lassen, ist nicht zuletzt die Sicherheit bei der Herstellung, beim Transport und bei der Anwendung der verschiedenen Gasarten von größter Bedeutung. Wir wissen, wie beide Industriezweige, der Apparatebau und die Dissousgasindustrie, in Verbindung mit den zuständigen Behörden und Sachverständigen unaufhörlich daran arbeiten, die größtmögliche Sicherheit zu erreichen und alle Gefahrenquellen zu verstopfen.

In Deutschland besteht als höchste Instanz in sicherheitstechnischen Fragen der vom Reichsminister des Innern eingesetzte Deutsche Azetylenausschuß, der sich unter dem Vorsitz eines Vertreters des Preußischen Handelsministeriums aus Vertretern des Reiches, der Länderregierungen, der Reichsbahn, des Fachausschusses für Schweißtechnik im V. D. I. sowie aus Sachverständigen der einschlägigen Vereine, Verbände und Berufsgenossenschaften zusammensetzt. Die Weiterbildung der Technischen Grundsätze der Azetylenverordnung für den Bau und die Aufstellung von Azetylenanlagen, die Zulassung der Bauart von Azetylenentwicklern und Wasservorlagen, die Zulassung allgemeiner Ausnahmen von den Bestimmungen der Azetylenverordnung gehören zu seinem Hauptaufgabengebiet.

Die Verbindung mit den einschlägigen Industriezweigen wird hergestellt durch einen Technischen Beirat, der vom Vorsitzenden des Deutschen Azetylenausschusses einberufen wird, um die Stellungnahme der Industrie zu schwebenden Fragen und vorliegenden Anträgen zu hören. Weiterhin ist um die Sicherheit auf dem Gebiete der Gasschmelzschweißung und elektrischen Schweißung eifrig bemüht der Fachausschuß für Schweißtechnik im V. D. I., der neben wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Aufgaben auch solche sicherheitstechnischer Natur zu lösen hat. Eine Reihe von Forschungsaufgaben auf diesem Gebiet sind schon in Bearbeitung gegeben worden.

Digitized by Google

Daß auch die einzelnen Firmen sowie auch die Verbände und Berufsgenossenschaften auf die Erreichung einer größtmöglichen Sicherheit hinarbeiten, brauche ich, weil selbstverständlich, kaum zu erwähnen.

Als Prüfungsstelle steht dem Deutschen Azetylenausschuß gemäß den Bestimmungen der Azetylenverordnung die Untersuchungs- und Prüfstelle des Deutschen Azetylenvereins zur Verfügung, die auch besondere Untersuchungen auf dem sicherheitstechnischen Gebiet durchführt, soweit die Vorrichtungen dafür vorhanden sind.

Die Prüfung von Wasservorlagen und anderen Sicherheitsvorrichtungen insbesondere auf Flammendurchschlag wird von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt vorgenommen, wo auch die Prüfmethoden selbst ausgearbeitet werden. Die Reichsanstalt unterstützt den Deutschen Azetylenausschuß ferner durch Untersuchungen auf dem chemischen, physikalischen und sprengtechnischen Gebiet, um Unterlagen für die Zulassung neuer Apparate und Einrichtungen zu schaffen, sowie zwecks Aufklärung von Explosionen, überhaupt ganz allgemein zwecks Erhöhung der Sicherheit.

Die Aufgaben werden, wenn erforderlich, zusammen mit der Untersuchungs- und Prüfstelle des Deutschen Azetylenvereins und der Industrie gelöst. Ich erinnere hier zum Beispiel an die Ermittlung der höchstzulässigen Drucke für Hochdruckapparate, an die gerade jetzt schwebenden Aufgaben (Beseitigung der toten Räume in Entwicklern, an das Studium der Gefahrenfragen bei Anwendung von Reinigungsmassen, die Prüfung von Hochdruckwasservorlagen in sicherheitstechnischer Hinsicht u. a.).

Die Erzeugung von gelöstem Azetylen (Dissousgas) fällt an sich auch unter die Azetylenverordnung, doch gehört die Art der Benutzung unter die Ausnahmebestimmung des § 19, Ziffer 6, wonach die Verordnung keine Anwendung findet „auf gelöstes Azetylen in Behältern, die den Bestimmungen der Eisenbahnverkehrsordnung sowie der Polizeiverordnung, betreffend den Verkehr mit verflüssigten und verdichteten Gasen entsprechen".

Auf Grund der zuletzt genannten Polizeiverordnung wird die Zulassung von Azetylenflaschen, welche durch den Minister für Handel und Gewerbe erteilt wird, davon abhängig gemacht, daß die in ihnen enthaltene, fast ausschließlich aus Sicherheitsgründen eingebrachte „poröse Masse" zuverlässig ist und bleibt. Darunter ist kurzweg zu verstehen, daß sie mit dem Flaschenmaterial, Azeton und Gas keine schädlichen Verbindungen eingeht, daß sie beim Transport oder bei längerem Gebrauch der Behälter nicht absackt, das heißt, keine Hohlraumbildung aufweist, daß sie die genügende Porosität besitzt und daß sie schließlich das Fortschreiten eines eingeleiteten explosionsartigen Azetylenzerfalls sicher verhindert.

Die Prüfung der porösen Massen erfolgt durch die Chemisch-Technische Reichsanstalt in der von mir geleiteten Abteilung für allgemeine Chemie.

Einem Wunsche der österreichischen Fachkollegen will ich gern entsprechen, einiges über die Prüfung der porösen Massen für Azetylenflaschen an Hand von Lichtbildern mitzuteilen. Da ich aber gelegentlich der letzten Hauptversammlung des Deutschen Azetylenvereins in Düsseldorf im September 1927 bereits einen abschließenden Bericht über die Prüfung in der Reichsanstalt erstattet hatte und das Prüfungsschema als solches ja festliegt, so muß ich manches bringen, was den Besuchern dieser Hauptversammlung, die auch an der jetzigen Tagung teilnehmen, schon bekannt ist.

Über die zeitliche Entwicklung der ganzen Sicherheitsfrage beim gelösten Azetylen in Deutschland möchte ich nur einige wenige Daten zur Orientierung geben.

Das Bedürfnis, die Zuverlässigkeit der als Sicherheitsfaktor verwendeten porösen Massen amtlich zu prüfen, war schon vor etwa zwölf Jahren vorhanden. Die Prüfung wurde damals im Auftrage des Handelsministeriums von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg ausgeführt. In Verbindung mit dieser Stelle wurden dann auch die Bedingungen, denen die porösen Massen entsprechen mußten, in Form einer Polizeivorschrift, die ich schon erwähnt habe, festgelegt.

Von der Zentralstelle wurden zwei poröse Massen untersucht, die „Aga-Masse" (Zementmasse) und die „Schneider-Masse" (Zellstoff). Nach der Auflösung dieser Prüfstelle im Jahre 1920 sind dann sämtliche poröse Massen in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt geprüft worden.

Die Veranlassung dazu, die Sicherheitsmaßnahmen beim gelösten Azetylen genauer zu studieren, gaben einige folgenschwere, explosionsartige Zerlegungen von Azetylenflaschen in Deutschland und im Ausland im Anfang der zwanziger Jahre.

Im Jahre 1922 fand die erste größere Aussprache zwischen den Sachverständigen im Ministerium für Handel und Gewerbe statt. Hier wurde beschlossen, die Chemisch-Technische Reichsanstalt, welche bereits Erfahrungen auf diesem Gebiet gesammelt hatte und auch die Praxis auf sprengtechnischem Gebiet besaß, mit der Ausarbeitung eines Prüfungsschemas zu betrauen, dessen Einzelheiten mit den Vertretern der Dissousgasindustrie diskutiert werden sollten.

Im November 1923 wurde das von der Reichsanstalt ausgearbeitete Prüfungsschema vorgelegt, von der Industrie als brauchbar bezeichnet und vom Ministerium für Handel und Gewerbe dadurch anerkannt, daß laut Verordnung vom 30. November 1923 alle im Verkehr befindlichen oder für die Zulassung zum Verkehr noch zu beantragenden „porösen Massen" der Prüfung nach dem von der Reichsanstalt aufgestellten neueren Prüfungsschema unterzogen werden sollten.

Digitized by Google

Dieses Prüfungsschema, mit dem man sich möglichst eng an die Vorkommnisse in der Praxis anzulehnen versucht hat, zerfällt in drei größere Abschnitte:

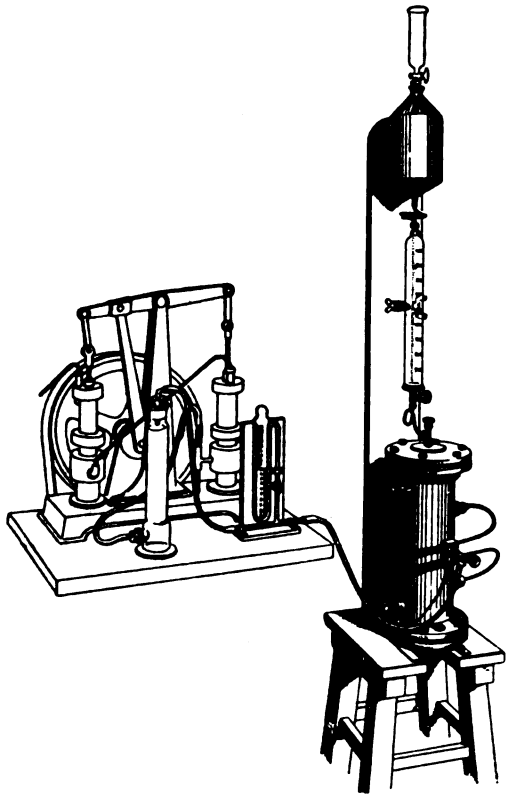


Abb. 1. Apparat für die Bestimmung der Porosität.

1. Die chemische und physikalische Prüfung der porösen Masse bzw. ihrer Komponenten, einschließlich der Porositätsbestimmung;

2. Die Prüfung auf Transportsicherheit (Feststellung der Zerreibungsempfindlichkeit, Ermittlung von Hohlräumen usw.);

3. Die Prüfung auf Zuverlässigkeit der porösen Masse bei der Erwärmung oder bei starker Erhitzung oder bei etwaiger Einleitung eines explosionsartigen Zerfalls des Azetylens in der Flasche oder einer Zündung des in den Rohrleitungen etwa vorhandenen Azetylen-Luft- oder Azetylen-Sauerstoffgemisches.

Jeder technischen Prüfung einer porösen Masse, deren Zulassung zum Verkehr beantragt wird, muß eine chemische und physikalische Prüfung vorangehen, immer unter Berücksichtigung der Verhältnisse, die bei der Herstellung, beim Transport und bei der Verwendung von gelöstem Azetylen vorzukommen pflegen. Die Masse oder ihre Komponenten müssen auch so genau definiert sein, daß eine Nachkontrolle ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung auch nach Jahren noch möglich ist. Bei körnigen Massen spielen auch Korngröße sowie Kornmischung eine bedeutsame Rolle; ihre Festlegung durch automatische Siebmaschinen, Mischtrichter, Litergewicht usw. ist also notwendig. Für die Bestimmung der Porosität, die bekanntlich von größter Wichtigkeit ist, wurde in der Reichsanstalt ein Apparat konstruiert, der aus der Abb. 1 zu ersehen ist. Der Versuchszylinder wird mit der zu prüfenden Masse gefüllt, wie es sonst bei normaler Flaschenfüllung geschieht. Dann wird der Deckel gasdicht festgeschraubt und der Zylinder mittels einer gutwirkenden Luftpumpe evakuiert. Schließlich läßt man Azeton einfließen, bis keine Volumenveränderung mehr eintritt. Das Volumen des abgelaufenen Azetons wird an der Röhrenskala abgelesen und auf 15° C umgerechnet. Es müssen mehrere Versuche bei verschiedenen Drucken (5, 10, 20 mm) durchgeführt werden, um die Porosität bei 0 zu erhalten.

Einfacher gestaltet sich die Prüfung in Apparaten, wie sie Dr. Steil angibt und wie man sie auch zur Korndichtebestimmung von Pulvern benützt. Hier hat man nebenbei noch den Vorteil, schon mit kleinen Substanzmengen genaue Bestimmungen zu erhalten.

Durch das Verhältnis vom wahren zum scheinbaren spezifischen Gewicht:

$$p = 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

wird die Porosität p erhalten. Nach der Porosität, welche bei den in Deutschland in Verkehr befindlichen porösen Massen zwischen etwa 70 bis 80 vH liegt, richtet sich die in die Behälter einzufüllende Azetonmenge und schließlich der freie Sicherheitsraum.

Das Füllschema, das nach den ausgezeichneten Arbeiten von Siller jetzt für jede Masse genau festgelegt werden kann, ist aus der Abb. 2 zu ersehen[1]).

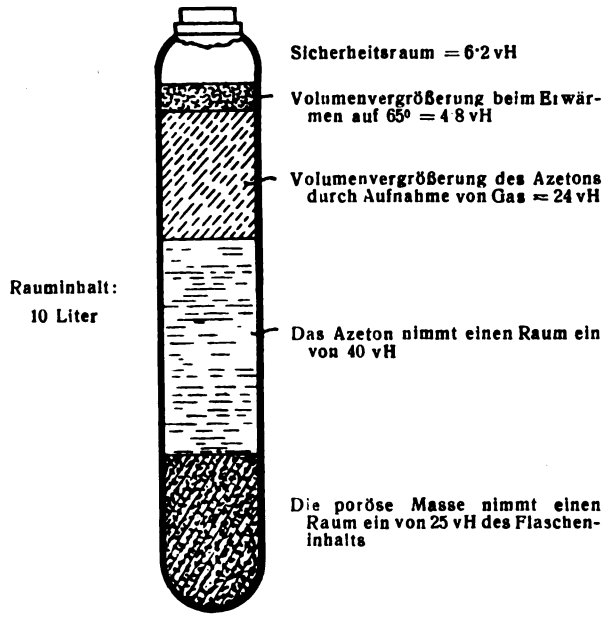


Abb. 2. Füllschema.

Es wird vielfach die Behauptung aufgestellt, daß Azetylenflaschen mit porösen Massen gleicher Porosität eine verschiedene Gasaufnahmefähigkeit besitzen. Dies ist nach dem eben Gesagten un-

[1]) Nähere Angaben: Vogel, „Das Azetylen", II. Aufl., 1923.

Digitized by Google

richtig. Denn die Aufnahmefähigkeit hängt fast ausschließlich von der Azetonmenge ab, die in der Flasche vorhanden ist, und diese wiederum von der Porosität. Die poröse Masse als solche spielt dabei keine oder eine nur ganz untergeordnete Rolle, man könnte höchstens der Azetonverteilung in der Masse eine gewisse Bedeutung zuerkennen, obwohl auch dies nicht erwiesen ist. Jedenfalls habe ich bei unter ganz gleichen Bedingungen angestellten

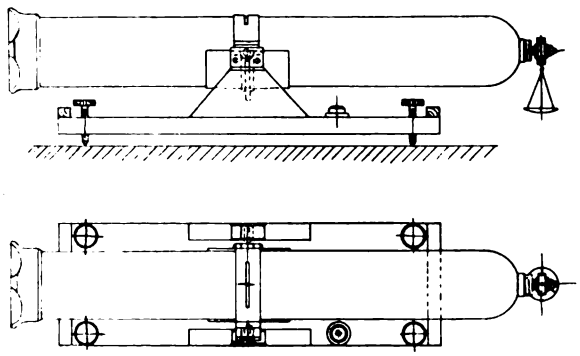


Abb. 3. Prüfungsvorrichtung zur Bestimmung der Azetonverteilung in Azetylenflaschen.

Serienversuchen mit zwei verschiedenen körnigen Massen von der gleichen Porosität den Beweis erbringen können, daß die Gasaufnahme bei gleicher Anordnung der Füllstadien die gleiche war. Dagegen wird zugegeben, daß die Dauer des Füllprozesses vielfach davon abhängt, wie das Azeton sich in der Masse verteilt. Es ist ja bekannt, daß zum Beispiel Flaschen mit elastischen Massen, wie

Um das Abfließen von Azeton nach dem Boden der Flasche, das die Gasaufnahme erschweren kann, praktisch festzustellen, wird die zu prüfende Flasche nach dem Azetonieren wie ein Wagebalken auf einen Stützpunkt gelegt (Abb. 3) und die Gleichgewichtslage vermerkt. Während der Gasfüllung

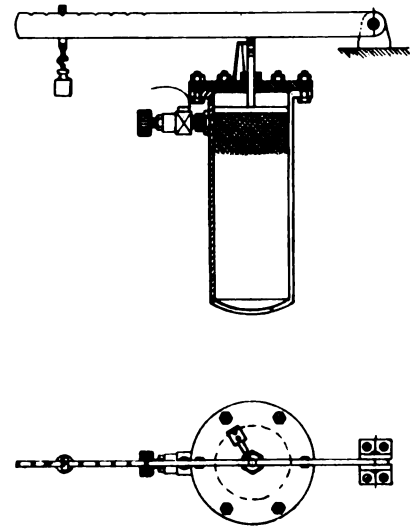


Abb. 4. Apparatur zur Bestimmung der Quellfähigkeit.

und während der vertikalen Lagerung wird die Flasche in bestimmten Zeitabständen wieder in die Prüfungsvorrichtung eingesetzt. Das Maß des Abfließens von Azeton wird durch Gewichtsbelastung auf der anderen Seite festgestellt.

Eine vollkommen gleichmäßige Verteilung des

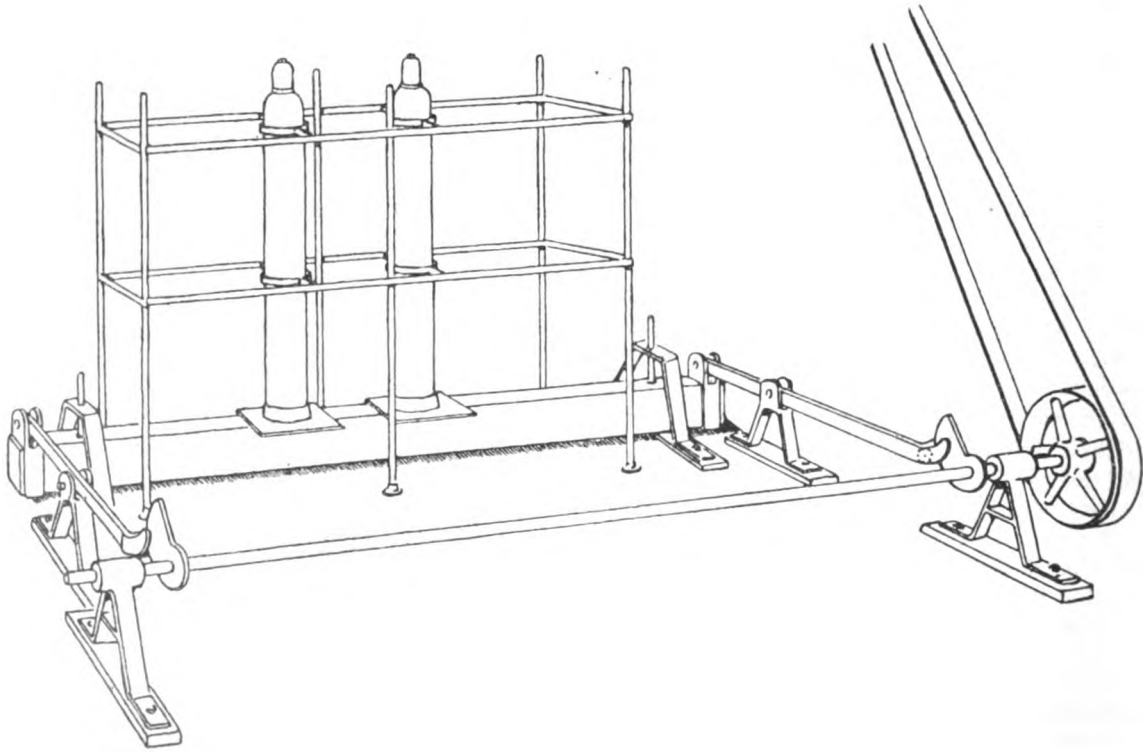


Abb. 5. Daumenwerk.

Zellstoff und andere, besser liegend gefüllt werden, weil der Füllprozeß infolge der größeren Angriffsfläche des Azetons beschleunigt wird.

Azetons wird bei keiner Masse erreicht, doch verhalten sich die einzelnen Massen bei dieser Prüfung recht verschieden.

Digitized by Google

Zu der physikalischen Prüfung einer Masse gehört auch die Feststellung der Quellfähigkeit, die für die Beurteilung des Zusammensinkens von elastischen, organischen und körnigen Massen von Bedeutung ist.

Der von der Firma Pintsch, Berlin, hergestellte Apparat, dessen Konstruktionsprinzip aus der Literatur bekannt ist (Abb. 4), ist ein einfacher Metallzylinder, in den das zu prüfende Material eingebracht wird. In dem oberen Teile bewegt sich eine Platte mit Führungsstange, die mit einem auf einer Seite beweglich angebrachten Wagebalken in Verbindung steht. Volumenvergrößerung und Gewichtbelastung bis zu dem ursprünglichen Volumen geben den Maßstab für die Quellfähigkeit.

Der erste Abschnitt des Prüfungsschemas, die chemische und physikalische Prüfung, wäre damit abgeschlossen.

Wir kommen jetzt zu dem zweiten Abschnitt, nämlich zu der Prüfung der Transportsicherheit. Daß diese auch bei stärkster Beanspruchung gewährleistet sein muß, ist eine Selbstverständlichkeit. Man prüft das Verhalten der Massen in dieser Beziehung mit Schlag- und Stoßapparaten.

Auf dem Daumenwerk (Abb. 5) mit einem Hub von 3 cm werden fertig laborierte Flaschen (aber ohne Gasfüllung) 500 000 Stößen ausgesetzt. Die geringste Neigung zum Absacken macht sich hier bemerkbar. Noch schärfer ist die Prüfung mit dem Stoßapparat (Abb. 6). Hier wird der Versuchszylinder (mit Masse und Azeton normal gefüllt)

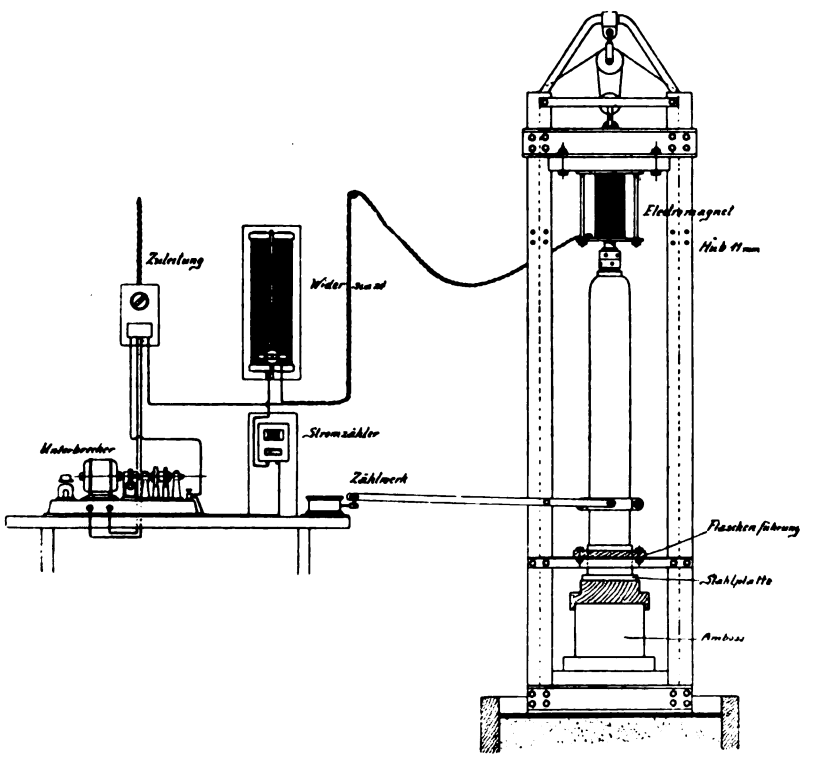


Abb. 6. Stoßapparat.

auf eine plangeschliffene Stahlplatte fallen gelassen und von einem Elektromagneten in bestimmten Zeitabständen wieder angezogen. Der Hub beträgt 11 mm, die Anzahl der Schläge 100 000. Auch hierbei darf die Masse nicht absacken oder Hohlraumbildung aufweisen. Der gleiche Apparat wird auch benutzt, um die Zerreibungsempfindlichkeit körniger Massen und die Entmischung ihrer Komponenten zu ermitteln.

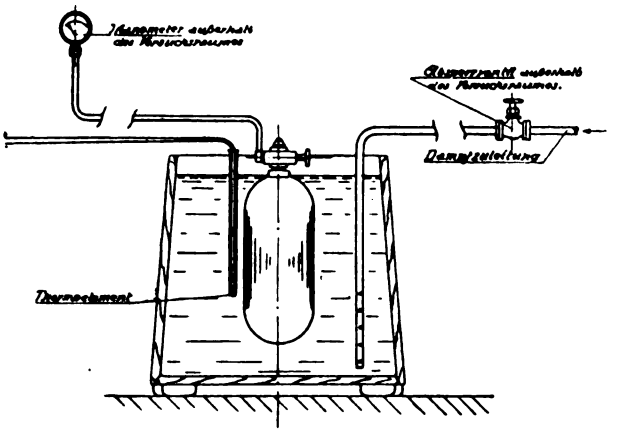


Abb. 7. Apparatur für den Erwärmungsversuch bei 50° C.

Hierbei dienen automatische Siebmaschinen, Meßzylinder usw. als Hilfsgeräte.

Den wichtigsten Teil jeder Prüfung, der den Abschnitt 3 des Prüfungsschemas umfaßt, bilden die zahlreichen Erhitzungs- und Zündungsversuche. Durch diese soll gemäß der genannten Polizeivorschrift, betreffend den Verkehr mit verflüssigten und verdichteten Gasen der Beweis erbracht werden, „daß die poröse Masse mit Sicherheit verhindert, daß explosionsähnliche Zersetzungen des Azetylens selbst bei hohen Temperaturen und heftigen Stößen der Flasche eintreten oder sich durch die Masse fortpflanzen".

Man unterscheidet bei den Erwärmungs- und Zündungsversuchen:

1. Die längere Erwärmung einer normal mit Masse, Azeton und Gas gefüllten Flasche auf 50° C;

2. Die Erhitzung einer normal gefüllten Flasche mittels eines Schweißbrenners;

3. Die Zündung des Azetylens in dem künstlich geschaffenen Hohlraum einer normal gefüllten Flasche oder in einer an diese angeschlossenen Rohrleitung;

4. Die Zündung eines Azetylen-Sauerstoffgemisches in einer an einer normal gefüllten Flasche angeschlossenen Rohrleitung.

Alle diese Prüfungsmethoden lehnen sich an die Vorkommnisse in der Praxis an.

So kommt es häufiger vor, daß Azetylenflaschen infolge starker Sonnenbestrahlung oder in der Nähe von Öfen und sonstigen Heizquellen stark erwärmt werden. Es muß die

Digitized by Google

Gewähr bestehen, daß solche Flaschen infolge starker Drucksteigerung nicht zu Bruch gehen.

Diesen Vorgängen wird durch den Erwärmungsversuch bei 50° C (Abb. 7) entsprochen. Die normal gefüllte Flasche wird in ein auf 50° C erwärmtes Wasserbad eingehängt und darin 24 Stunden belassen. Druck und Temperatur werden

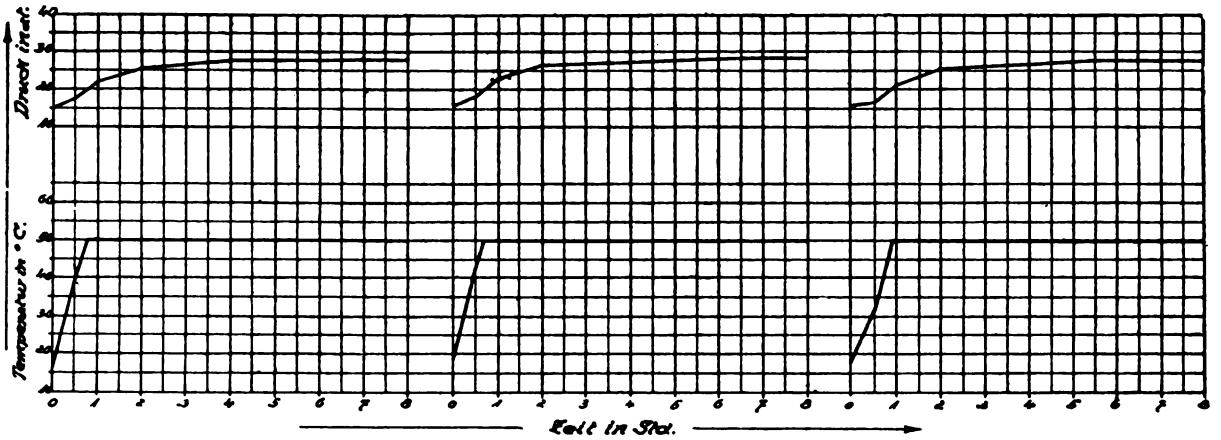


Abb. 7 *a*. Druck- und Temperaturkurven des Erwärmungsversuchs bei 50° C.

laufend beobachtet. Der Druck darf nach der ministeriellen Verordnung bei diesem Versuch 40 atü nicht übersteigen (vgl. die Kurve in der Abb. 7 a).

Es wird in der Praxis gelegentlich auch die Beobachtung gemacht, daß Schweißbrenner, ohne die Flamme abzustellen, an das Flaschenventil angehängt werden, wodurch schon mehrfach folgenschwere Unfälle entstanden sind. Mir sind mehrere derartige Fälle bekannt. In einem dieser Fälle wurde der ganze obere Teil der Azetylenflasche aufgerissen. Nur dem glücklichen Umstand, daß der Schweißer gerade abwesend war und keine Gas-Luftexplosion erfolgte, ist es zuzuschreiben, daß

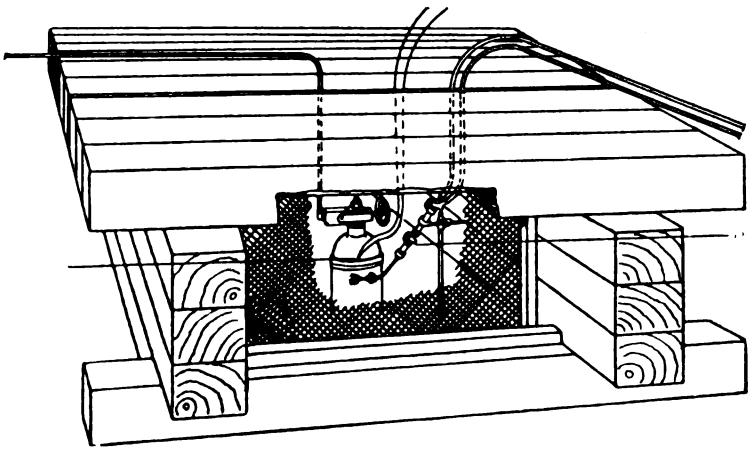


Abb. 8. Schweißbrennerversuch.

die Unachtsamkeit keine schweren Folgen hatte. In einem anderen Falle, der mir neulich aus dem Ausland gemeldet worden ist, wurde der sehr stark erhitzte, im Betrieb befindliche Brenner aus Ängstlichkeit vom Schweißer fortgeworfen, so daß er an die horizontal montierte Flasche zu liegen kam. Durch die Flamme wurde die Flaschenwand durchgeschmolzen, so daß das Gas aus einem breiten Spalt austreten konnte, ohne daß der Behälter zu Bruch ging. Durch eine darauffolgende Gas-Luftexplosion wurden Passanten verletzt.

Gegen solchen Unfug kann nur durch strengste Maßnahmen vorgegangen werden. Denn gegen Gas-Luftexplosionen kann auch die beste poröse Masse nicht sichern. Wohl aber kann man durch eine gute Masse erfahrungsgemäß erreichen, daß beim Durchschmelzen der Flaschenwand der Behälter nicht zu Bruch geht.

Um dies festzustellen, wird der Schweißbrennerversuch durchgeführt, dessen Anordnung aus Abb. 8 ersichtlich ist.

Der Schweißbrenner wird an einer normal gefüllten Azetylenflasche so angelegt, daß die Flamme die Flaschenwand bestreicht. Bei Anwendung einer guten porösen Masse darf der Azetylenbehälter trotz dieser außergewöhnlichen Beanspruchung nicht zu Bruch gehen, was aus den Abb. 9, 10 und 11 zu ersehen ist. Aus der letzten Abbildung ist zu erkennen, wie weit die poröse Masse zersetzt worden ist. Bei den Versuchen war die eine Seite der Flaschenwand mehrmals nahezu eine viertel bis halbe Stunde in Rotglut gewesen, ohne daß eine explosionsartige Zersetzung im Flascheninneren eintrat.

Wenn wir die bekannt gewordenen Explosionsfälle der letzten Jahre, deren Zahl bei dem großen Umlauf von Azetylenflaschen verhältnismäßig gering ist, kritisch betrachten, so werden wir die Beobachtung machen, daß ein Zubruchgehen des Behälters während des Schweißens oder Schneidens sehr häufig auf einen Flammendurchschlag vom Brenner her zurückzuführen ist, der sich bei einer schlechten porösen Masse durch den ganzen Flascheninhalt bis zur Zerlegung des Behälters fortpflanzt. Ein solcher Flammendurchschlag tritt gewöhnlich ein, wenn Sauerstoff in die Azetylenleitung zurückgetreten ist, oder sich Luft mit Azetylen gemischt in der Azetylenleitung befindet. Eine gute poröse Masse muß die eingeleitete ex-

Digitized by Google

plosionsartige Zersetzung in der Flasche zum Stehen bringen.

Es ist aber auch ein Zerfall des endothermen Azetylens in Leitungen beobachtet worden, die nur Azetylen führten, sei es in den Hochdruckleitungen einer Füllanlage oder in sonst angeschlossenen Rohrleitungen. Ob wir es hier mit katalytischen Wirkungen oder mit adiabatischen Drucken (und dadurch bedingten großen Temperatursteigerungen) als Zündquelle zu tun haben, soll dahingestellt bleiben. Wir haben zunächst mit der Tatsache zu rechnen.

Schließlich spielt auch die elektrische Aufladung des Gases bei großer Strömungsgeschwindigkeit eine Rolle. Es dürfte bekannt sein, daß

Abb. 9.

Abb. 10.

Azetylen brennend aus der Flasche herausschlagen kann, wenn das Ventil mit einem Ruck stark geöffnet wird, oder wenn das Ventil abgeschraubt wird, ohne daß man das Gas restlos vorher hat abblasen lassen. Beides ist natürlich eine Fahrlässigkeit, doch lehrt die Praxis, daß solche Fälle eben vorkommen. Und solchen Fällen soll durch die Prüfungsanordnung möglichst entsprochen werden. Wir haben deshalb mehrere Zündungsformen in das Prüfungsschema aufgenommen:

1. Die Innenzündung,

2. die Außenzündung mit Anwendung reinen Azetylens in der Anschlußleitung zur Flasche,

3. die Außenzündung mit Anwendung eines Azetylen-Sauerstoffgemisches in der Anschlußleitung zur Flasche.

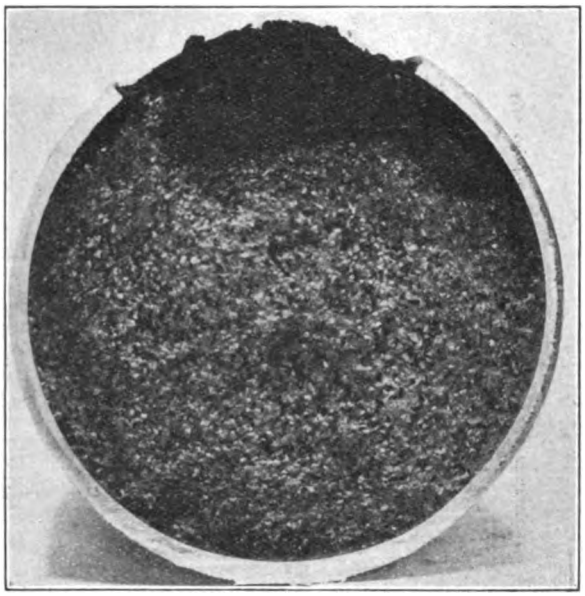


Abb. 11.

Ganz allgemein wird bemerkt, daß für alle Fälle normal gefüllte Flaschen verwendet werden, deren Füllung und Laborierung ausschließlich in der Reichsanstalt erfolgen.

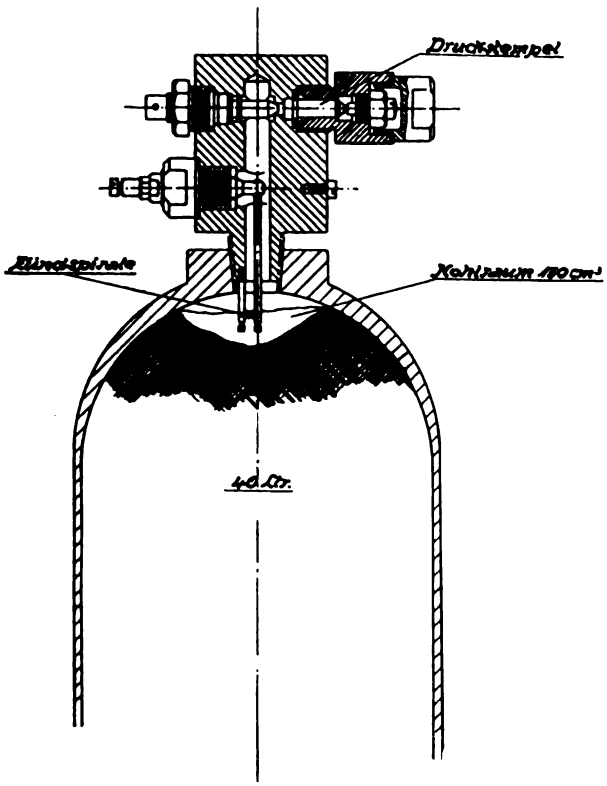


Abb. 12. Innenzündung.

Aus den Abb. 12 und 13 ist die Versuchsanordnung bei einer Innenzündung zu ersehen.

Digitized by Google

Der künstliche Hohlraum, welcher die Verhältnisse beim Absacken einer Masse kopieren soll, beträgt bei 40 l-Flaschen 150 cm³, bei 5 l-Flaschen Flascheninnere hineinschlagen kann, ohne durch Rohrkrümmungen oder winkelige Stellen (wie dies beim Ventil der Fall ist), abgeschwächt zu sein.

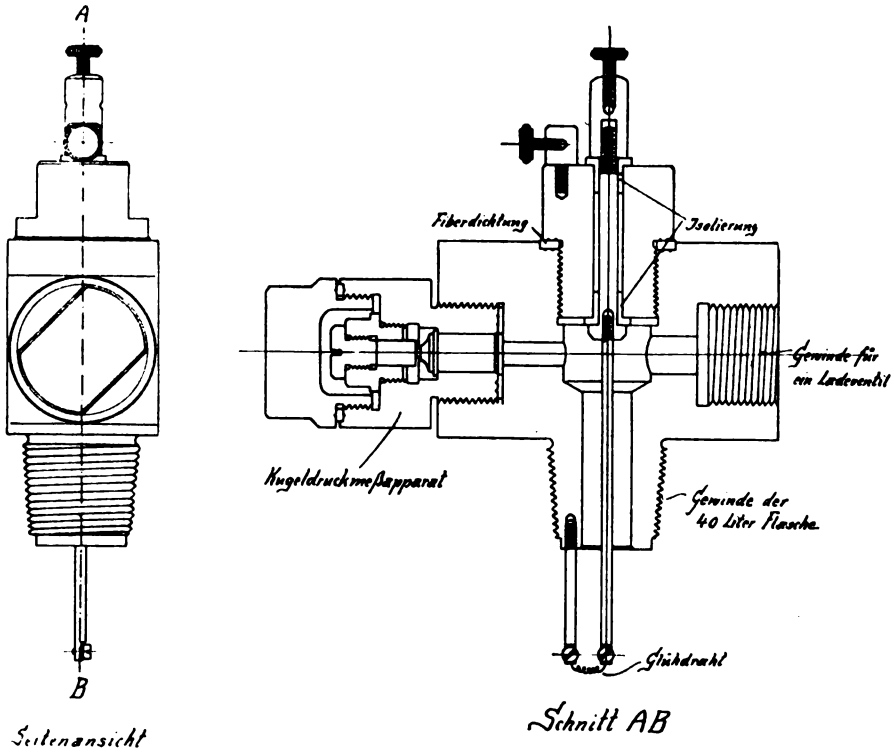


Abb. 13. Ventil für die Innenzündung.

50 cm³. Die Zündungsvorrichtung ragt in den Hohlraum hinein. Die Druckstempel sind seitlich am Ventil angebracht. Die Erwärmung der Flasche nach erfolgter Zündung wird durch ein Pyrometer gemessen.

Man unterscheidet folgende Zündungsformen:

a) langsames Erglühenlassen des Zünddrahtes bis zur Weißglut (allmähliche Steigerung der Stromstärke von 0 auf 4·5 A);

b) sofortige Erhitzung des Zünddrahtes auf Weißglut (Stromstärke 4·5 A);

c) Durchschmelzen des Zünddrahtes (Stromstärke 15 A).

Durch die ersten, schwächeren Zündungsformen werden gewöhnlich Teilzersetzungen des Azetylens erzielt, wobei unsichere poröse Massen die Fortpflanzung der Explosion auch schon nicht aufhalten, während bei der dritten Form (Durchreißzündung) das Gas immer zum explosionsartigen Zerfall gebracht wird.

Eine brauchbare poröse Masse muß den Innenzündungsversuch durchhalten, ohne wesentliche Veränderungen zu zeigen.

Die Abb. 14 zeigt die Versuchsanordnung bei Anwendung einer Außenzündung nach einem System, das von Schweden übernommen ist. Das Anschlußrohr ist seitlich am oberen Flaschenteil angebracht, so daß der Zündstrahl direkt in das

Die Anordnung der in der Reichsanstalt ausgearbeiteten Außenzündungsprüfung mit Anwendung eines Azetylen-Sauerstoffgemisches in

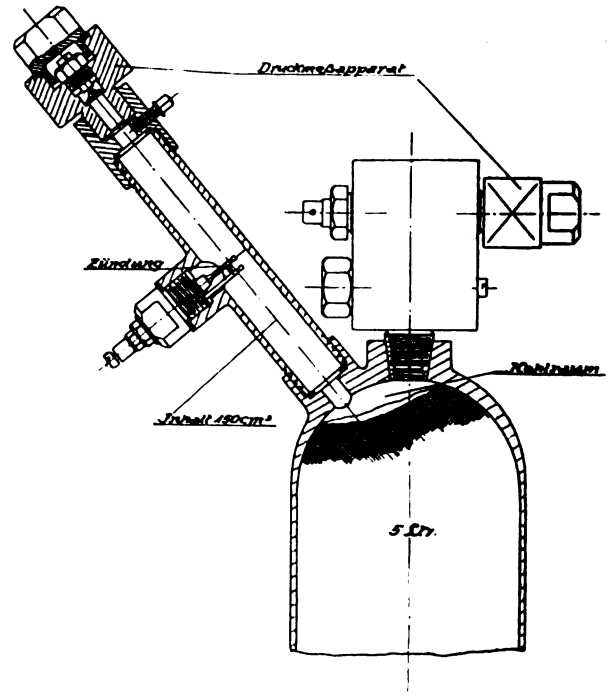


Abb. 14. Außenzündung nach dem Verfahren der „Aga". Schweden.

Digitized by Google

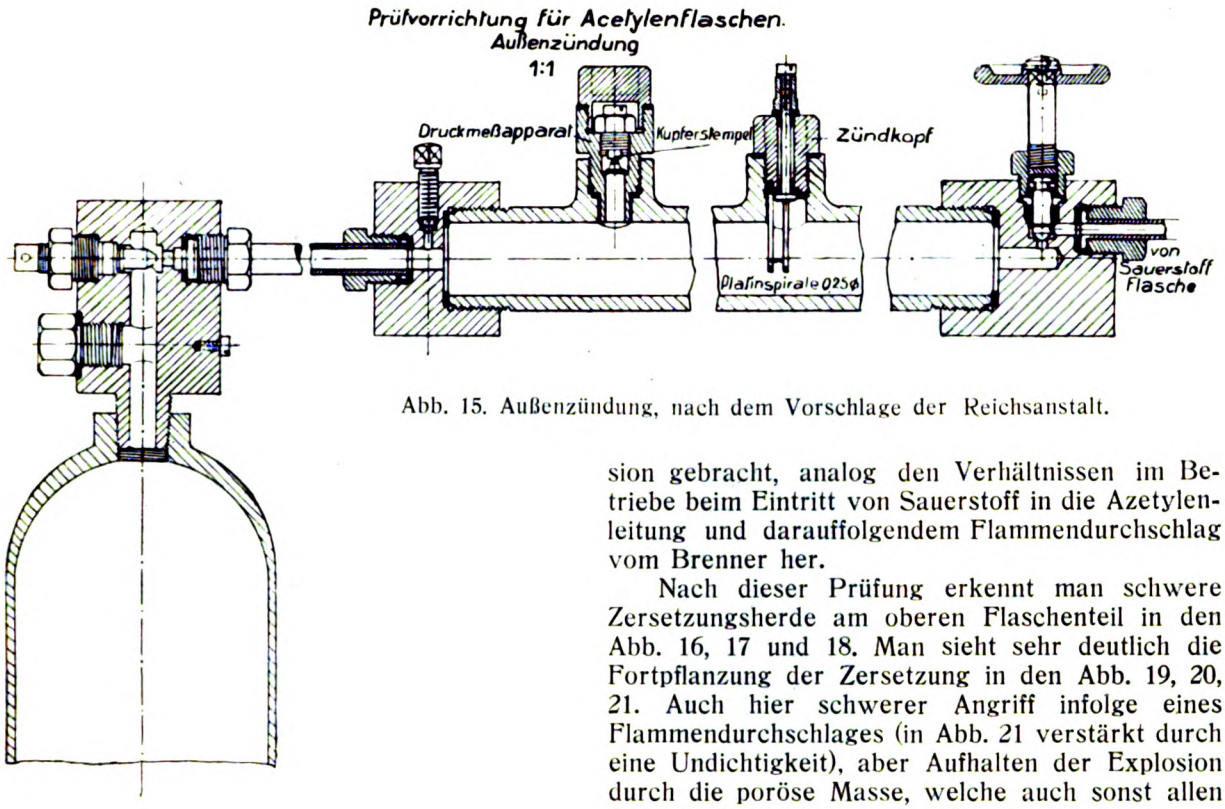


Abb. 15. Außenzündung, nach dem Vorschlage der Reichsanstalt.

der Rohrleitung ist aus der Abb. 15 zu erkennen. In der Rohrleitung wird bei weitgeöffnetem Flaschenventil ein Azetylen-Sauerstoffgemisch zur Explosion gebracht, analog den Verhältnissen im Betriebe beim Eintritt von Sauerstoff in die Azetylenleitung und darauffolgendem Flammendurchschlag vom Brenner her.

Nach dieser Prüfung erkennt man schwere Zersetzungsherde am oberen Flaschenteil in den Abb. 16, 17 und 18. Man sieht sehr deutlich die Fortpflanzung der Zersetzung in den Abb. 19, 20, 21. Auch hier schwerer Angriff infolge eines Flammendurchschlages (in Abb. 21 verstärkt durch eine Undichtigkeit), aber Aufhalten der Explosion durch die poröse Masse, welche auch sonst allen Anforderungen entsprochen hatte.

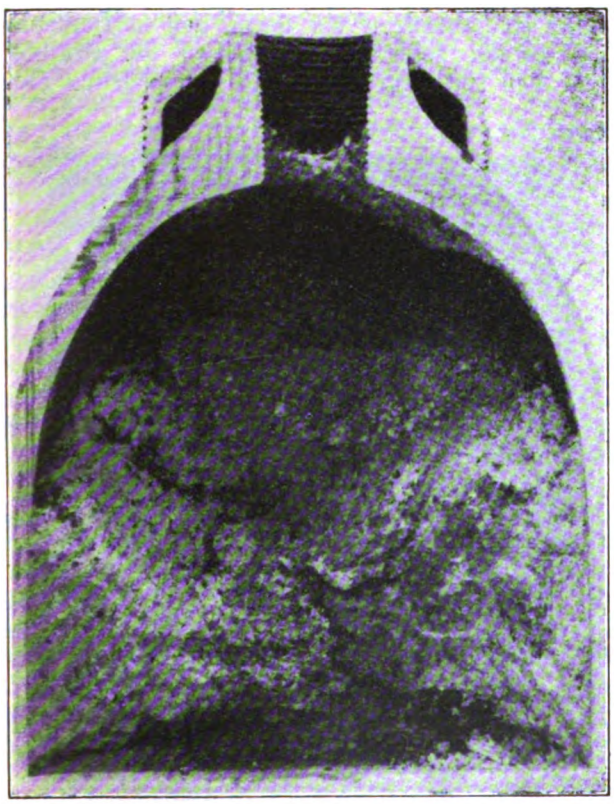


Abb. 16.

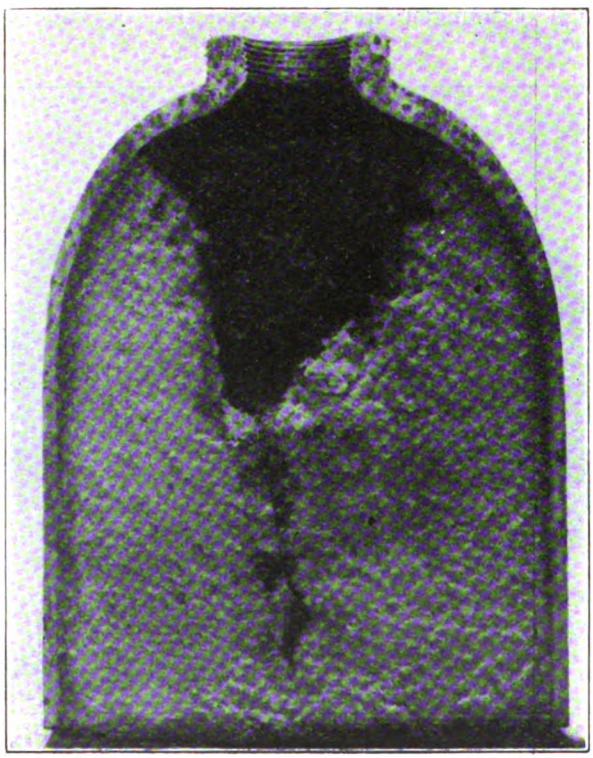


Abb. 17.

Bei Verwendung unbrauchbarer Massen werden die Behälter durch diese schwersten aller Zündungsversuche zerstört, während die bisher unter-

Digitized by Google

suchten brauchbaren Massen auch diese Bedingung erfüllt haben.

Ganz allgemein ist noch zu bemerken, daß alle Versuchsflaschen in der Reichsanstalt gefüllt

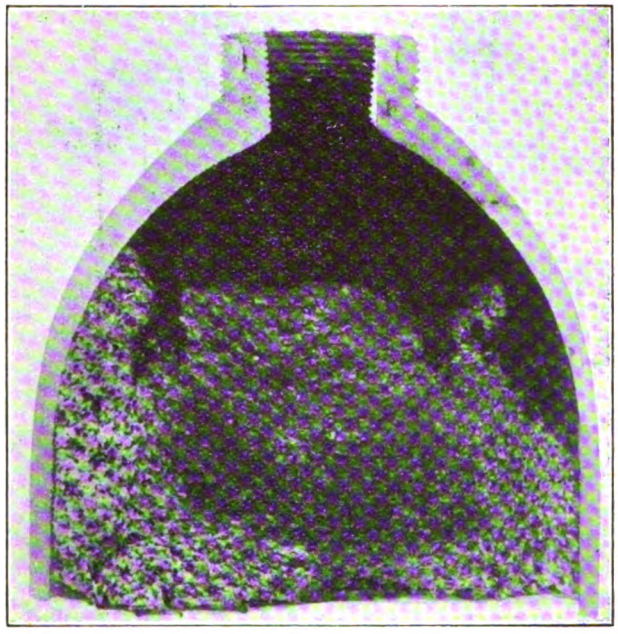


Abb. 18.

und laboriert werden. Die beteiligten Firmen können beim Füllen, Laborieren sowie bei allen Prüfungen ihrer porösen Masse zugegen sein.

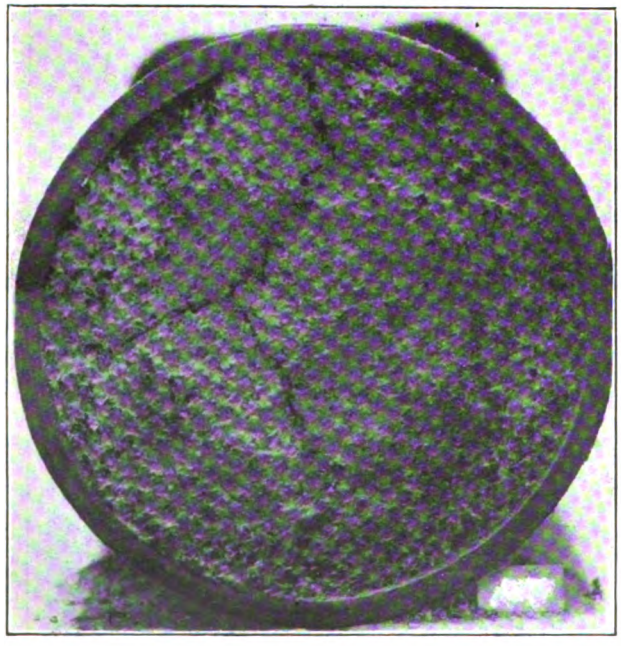


Abb. 19.

Hiermit möchte ich meine Ausführungen schließen. Ich glaube wenigstens ein ungefähres Bild entworfen zu haben, wie man in Deutschland die porösen Massen für Azetylenflaschen untersucht. Wir wissen, daß wir in Deutschland gegenüber allen anderen Ländern die größten Anforderungen an die Zuverlässigkeit der porösen Massen stellen. Wir wissen aber auch, daß durch das Prüfungsschema die meisten Vorgänge in der Praxis weitgehend und richtig erfaßt werden. Und einen Beweis

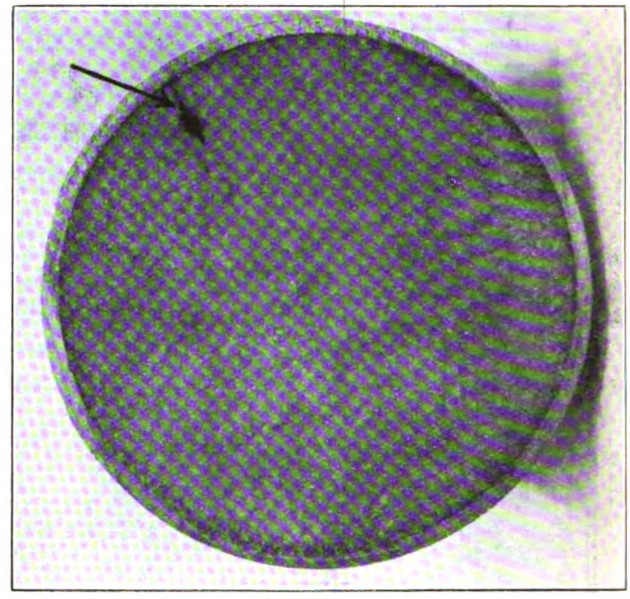


Abb. 20.

dafür, daß diese Bedingungen trotzdem nicht zu scharf sind, besitzen wir darin, daß in Deutschland zurzeit zehn poröse Massen die Prüfung unter den seit dem Jahre 1923 verschärften Be-

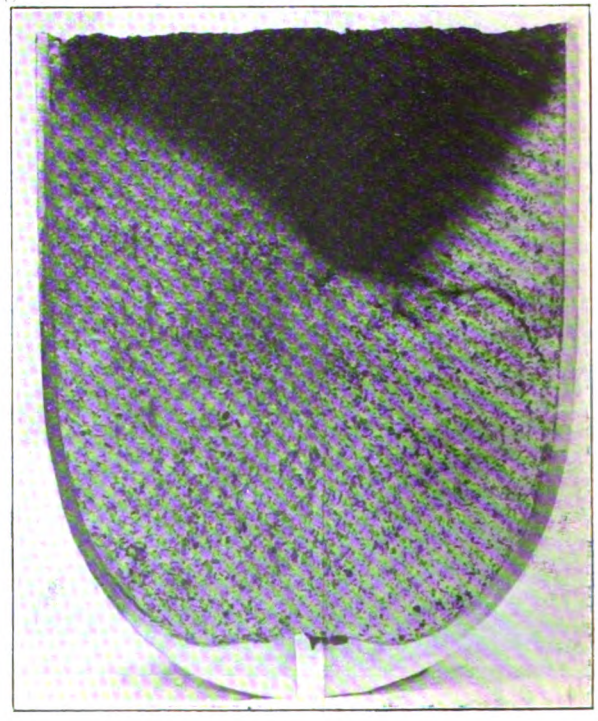


Abb. 21.

dingungen lückenlos bestanden haben, so daß sie zum Verkehr zugelassen werden konnten. Dies

Digitized by Google

war aber nur durch jahrelanges enges Zusammenarbeiten zwischen der einschlägigen Industrie und unserer Prüfstelle in der Reichsanstalt möglich. Und ich begrüße es heute, unsere Erfahrungen auch mit denen der österreichischen Fachleute austauschen zu können, wobei ich gleichzeitig bemerke, daß ich jederzeit sehr gern bereit bin, unsere Einrichtungen in der Reichsanstalt den interessierten Herren gelegentlich eines Besuches in Berlin zu zeigen und auch die Versuchsergebnisse an Hand der zu einer Sammlung vereinigten Objekte vorzuführen.

Die deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel und die Bewertung der Schweißnähte.

Von Dipl.-Ing. **K. Vigener**, Halle a. Saale.*)

Die Betriebssicherheit der Anlagen als Grundlage für die Gesetzgebung. — Vom Werdegang der Deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften. — Die Tätigkeit des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungsvereine auf dem Gebiete der Schweißverfahren. — Die Stellungnahme der Besitzer größerer Dampfkesselanlagen zu den Schweißfragen. — Amerikanische Ansichten über die Anwendbarkeit der Schweißverfahren im Kesselbetrieb. — Abschnitt IV der Deutschen Bauvorschriften für Landdampfkessel. — Bewertung der Schweißnähte. — Die Aussichten der Anwendung der Schweißverfahren im Dampfkesselbetrieb.

Für die Abfassung der „Deutschen Bauvorschriften für Landdampfkessel und die Bewertung der Schweißnähte" — so weit sie uns hier interessieren — mußte ausschließlich als Leitstern dienen: Die unbedingte Sicherheit der Dampfkesselanlagen darf nicht gemindert werden durch unsichere Schweißungen.

Wirtschaftliche Bedenken, wirtschaftliche Vorteile durften bei der Festlegung der neuen deutschen Bauvorschriften für Landdampfkessel nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein, wenn es galt, den Schutz für Leben und Gut der Allgemeinheit in Einklang zu bringen mit den Erkenntnissen und Fortschritten der Technik.

Wenn wiederum die Vorträge und Aussprachen dieser Tagung zur Genüge die Berechtigung solcher Ansichten bewiesen haben, wenn immer erneut die Tatsachen im täglichen Leben auf die erforderliche Vorsicht gegenüber Schweißungen im Kesselbetrieb aufmerksam machen, so könnte ich damit eigentlich meine Aufgabe als erfüllt ansehen, einen Meinungsaustausch ausgelöst zu haben. Wenn ich dennoch hier zu dieser Frage das Wort ergreife, so bewegt mich hierzu vor allem die Erkenntnis, daß über den Werdegang der neuen deutschen Vorschriften die Allgemeinheit zu wenig unterrichtet ist. Dazu kommt noch eine geschichtlich völlig unbegründete, die Tatsachen entstellende und dennoch immer erneut auftretende Behauptung, die deutschen Überwachungskreise seien die Ursache der „amtlichen" Vorschriften, sie seien schuld an den die Anwendung der Schweißungen einengenden Bestimmungen.

Beide Behauptungen halten einer ernsthaften, sachlichen Nachprüfung nicht Stand.

Zunächst einiges vom Werdegang der neuen Werkstoff- und Bauvorschriften.

Schon in den alten Bauvorschriften für Landdampfkessel aus dem Jahre 1908 heißt es in Abschnitt II, Ziffer 4 und 5, auf Biegung und Zug beanspruchte Nähte zu schweißen, sei nicht empfehlenswert. Außerdem solle das geschweißte Stück nachträglich ausgeglüht werden. In besonderen Fällen könnten bei geschweißten Längsnähten Sicherheitslaschen verlangt werden.

1908 ist in einem Erlaß[1]) und einem Ergänzungserlaß des zuständigen preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe[2]) mitgeteilt, daß die autogene Schweißung bei verschiedenen Kesselschäden in Anwendung gekommen und als gelungen zu betrachten sei. Bisher sei zu Bedenken keine Veranlassung gegeben.

Allerdings werden 1909 vom Minister Bedenken getragen, Schweißungen, die auf Zug und Biegung beansprucht sind, zuzulassen[3]).

So also war die Ansicht der preußischen Behörden vor etwa zwei Jahrzehnten geartet. Auch die Dampfkessel-Überwachungs-Vereine haben sich bereits früh mit der Anwendbarkeit der Schweißungen im Dampfkesselbau beschäftigt. Insbesondere ist dies zu ersehen aus den Berichten und Vorträgen auf den Tagungen des Internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungs-Ver-

*) Der Autor hatte die Freundlichkeit, an Stelle des angekündigten Vortrages des Herrn Ing. Melhart, der leider verhindert war, die nachstehenden Ausführungen ohne besondere Vorbereitung vorzubringen. — Seine Darlegungen erweckten eine sehr lebhafte Diskussion; eine eindeutige Klärung der Ansichten über die Sicherheit und Zulässigkeit der Schweißung bei Dampfkesseln konnte jedoch nicht erzielt werden.

[1]) Erlaß des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe vom 6. IV. 1908 — III 3079 — an den Zentralverband, abgedruckt in Jaeger, Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel, 4. Aufl., S. 176.

[2]) Erlaß des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe vom 7. IV. 1909 — III 2898 — an den Zentralverband, abgedruckt in Jaeger, Dampfkessel, 4. Aufl., S. 177.

[3]) Erlaß des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe vom 7. IX. 1909 — III 7218 — abgedruckt in Jaeger, Dampfkessel, 4. Aufl., S. 177.

Digitized by Google

eine[4]), der unter Führung der deutschen Vereine stand. 1907 wurden 2000 Mark ausgeworfen, um die Festigkeitseigenschaften von Schweißnähten zu prüfen, besonders mit Rücksicht auf die Anwendung bei Ausbesserung von Rissen an Dampfkesselwandungen. Die Versuche wurden 1908 in der Materialprüfungsanstalt in Stuttgart durchgeführt, standen also unter Leitung des damals hervorragendsten Fachmannes auf dem Gebiete der Materialprüfung, Se. Exzellenz von Bach. Das Ergebnis war ungünstig. Dennoch wurde die Anwendungsmöglichkeit der autogenen Schweißung nicht grundsätzlich abgelehnt, aber den Aufsichtsstellen empfohlen, die allergrößte Sorgfalt bei ihrer Anwendung walten zu lassen[5]).

Wie ein roter Faden zieht sich dann durch die Tagungen des Internationalen Verbandes der späteren Jahre die Frage der Möglichkeit der Anwendung von autogener und elektrischer Schweißung im Kesselbau und -betrieb. Aber bis 1914 sind die Ergebnisse der Versuche nicht so, daß ohne weiteres die Anwendung der Schweißung, ohne besondere Überwachung durch neutrale Stellen, sich rechtfertigen ließ.

Im einzelnen wird in den Berichten über Ausbesserungen mit Hilfe der elektrischen Schweißung berichtet, die keine Beanstandungen ergeben haben[6]).

In dem Bericht über die Tagung in Moskau 1913 befindet sich die Angabe des deutschen Berichterstatters[7]), daß die Erfahrung mit autogener Schweißung bei Dampfkesselschäden leider vorläufig nicht für eine möglichst weitgehende Anwendung spräche, wegen der leicht vorkommenden Materialspannungen und der daraus folgenden Schäden. Die elektrische Schweißung sei vorläufig vorzuziehen, insbesondere bei schwierigen Fällen, zum Beispiel Krempenrissen.

Auf der Tagung in Chemnitz 1914 wird das Schweißverfahren von Werner erläutert und dessen Brauchbarkeit an Versuchen dargetan[8]). Das Verfahren von Werner beruht bekanntlich auf Anwendung des autogenen Schweißverfahrens in Verbindung mit Kleinfeuerschweißung. Es werden dünne Schichten aufgetragen, jedesmal mit besonderen Hämmern bearbeitet, bis zur allmählichen Füllung der Schweißnaht.

Den hier Anwesenden wird bekannt sein, daß in Deutschland sich im Jahre 1920 die „Vereinigung der Großkesselbesitzer" bildete mit dem Hauptzweck, den Ursachen der infolge der Kriegserscheinungen häufig gewordenen Kesselschäden nachzugehen. Was diese Vereinigung auf dem Gebiete der Materialforschung und allen mit ihr zusammenhängenden Fragen Hervorragendes geschaffen hat, braucht an dieser Stelle nicht besonders betont zu werden. Wenn nun diese Vereinigung, bei der sich die in den größten und zeitgemäßesten Kesselanlagen Deutschlands gemachten Erfahrungen sammeln, wiederholt vor der Anwendung der Schweißverfahren im Kesselbau warnt, so darf ohne weiteres angenommen werden, daß zu solchen Maßnahmen die ernstesten Veranlassungen vorlagen. Zwar sind die „Mitteilungen" der Vereinigung nicht für die Öffentlichkeit bestimmt, aber auch an anderer Stelle, ganz besonders in den Verhandlungen im Deutschen Dampfkessel-Ausschuß, haben die Vertreter der Vereinigung immer erneut ihre Stellungnahme gekennzeichnet. Ich glaube mich deshalb keines Verstoßes gegen die vertrauliche Behandlung der „Mitteilungen" schuldig zu machen, wenn ich darauf hinweise, daß 1922 auf Grund der v. Bach schen Versuche davor gewarnt wurde, Nietlochrisse zu schweißen. Später wird empfohlen, die bestehenden Vorschriften über Wasserkammerschweißungen zunächst nicht zu verschärfen, aber laufend Feststellungen zu machen, ob eine Kontrolle der Naht möglich sei. An anderer Stelle wird gesagt, daß die elektrische Schweißung bei Wasserkammer-Reparaturen abzulehnen sei, und eine weitere Stelle lautet: „In der Rundschweißung von Dampfrohrleitungen liegt eine Gefahr, ein Schutz kann nur durch sorgfältige Auswahl der Schweißer erreicht werden."

Noch im vergangenen Jahre machte diese Vereinigung auf das Wagnis aufmerksam, das mit jeder Schweißung verbunden sei, und konnte als Beleg das schlechte Ergebnis von Krempenschweißungen anführen.

Das alles sind Bedenken, die die Erfahrungen in der Praxis haben aufkommen lassen, nicht zuletzt bei der wichtigsten deutschen Gruppe der Kesselbesitzer. Wer die Vereinigung der Großkesselbesitzer und ihre für die Allgemeinheit so wichtigen Arbeiten richtig einschätzt, der kann und darf die gesammelten Erfahrungen nicht unberücksichtigt lassen, wenn er ein Urteil abzugeben hat über den erforderlichen Inhalt festzulegender Bestimmungen.

Ganz besonderes Interesse müssen aber in diesem Zusammenhang die Ausführungen über die amerikanische Praxis in bezug auf Kesselreparaturschweißungen erwecken. Es haben zum Beispiel drei große amerikanische Versicherungsgesellschaften erklärt, daß die Ausbesserung von erheblichen, furchenartigen Anfressungen durch Auftragen von Schweißmaterial nicht gestattet werden könne, vielmehr müßten die Trommeln erneuert werden. Besonders wertvoll ist, daß vier Staaten (Pennsylvania, New-York, Ohio und New-Jersey) besondere amtliche Richtlinien für die Ausführung von Schweißarbeiten an Dampfkesseln gegeben haben. Es heißt darin in Anlehnung an § 186 des „Boiler Code" der „American Society of Mechanical Engineers": „Schmelzschweißungen dürfen an Kesseln nur in solchen Fällen vorge-

[4]) Berichte und Vorträge des Internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine 1875 bis 1914. Zusammengestellt von Dr. techn. Peter Zwiauer, Oberingenieur im Württembergischen Revisionsverein Berlin V.-D.-I.-Verlag 1923 (im Folgenden kurz „Berichte" genannt).

[5]) „Berichte" S. 147.

[6]) „Berichte" S. 147 u. S. 154.

[7]) „Berichte" S. 173.

[8]) „Berichte" S. 179.

Digitized by Google

nommen werden, wo die Beanspruchung von anderen Konstruktionsteilen aufgenommen wird, die mit den Erfordernissen des Code übereinstimmen, und wo die Sicherheit der Konstruktion nicht von der Stärke der Schweißung abhängt."

Schließlich ist aus diesen Vorschriften als besonders wichtig noch hervorzuheben, daß das Anschweißen von Flicken am Mantel von Kesseln nicht gestattet ist.

Sie wollen hieraus erkennen, daß in Amerika eine noch wesentlich weitergehende Beschränkung der Anwendung der Schweißverfahren bei Kesselausbesserungen amtlich vorgeschrieben ist, als sie in Deutschland in den viel freier aufgebauten Werkstoff- und Bauvorschriften festzulegen für nötig befunden wurde. Wir werden noch in meinen weiteren Ausführungen hören, daß diese Vorschriften von den Sachverständigen, das sind die Ingenieure der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine, die Entscheidung verlangen, ob und in welchem Umfange die Schweißung zulässig ist. Daß aber die deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine die Zulassung von Schweißarbeiten milder beurteilen als zum Beispiel die Vereinigung der Großkesselbesitzer, dafür folgender Beweis:

Die Vereinigung hat bei 25 deutschen Überwachungs-Vereinen eine Erhebung über die mit Hilfe von Schweißungen durchgeführten Ausbesserungen an Dampfkesseln angestellt. Sie kommt zum Ergebnis, daß diese Art von Schweißungen eine Verbreitung gefunden hätte, die durch ihren tatsächlichen Wert in keiner Weise gerechtfertigt werden könne. Hier kommt also wieder die Warnung vor der Schweißarbeit zum Ausdruck, gestützt auf die gemachten schlechten Erfahrungen.

Ich habe versucht, Ihnen vor Augen zu führen, weshalb die neuen Werkstoff- und Bauvorschriften einengende Bestimmungen gegenüber dem Schweißverfahren enthalten mußten, hoffe aber auch gleichzeitig den Beweis geliefert zu haben, daß die Dampfkessel-Überwachungs-Vereine keine „Schuld" für den Inhalt dieser Bestimmungen trifft. Diese waren notwendig, weil leider die Schweißungen noch überwiegend abhängig sind von der Güte der einzelnen Ausführung.

Ich muß kurz nur noch auf die Behauptung eingehen, die Überwachungskreise seien die Ursache gewesen, daß die neuen Vorschriften amtlichen Charakter erhalten hätten. Es ist wiederholt von einer Stelle, die bei jeder Gelegenheit sich begeistert für die weiteste Anwendung der Schweißverfahren im Kesselbetrieb einsetzt und die schon auf Grund ihrer Stellung es besser wissen müßte, die Behauptung aufgestellt worden, die Dampfkessel-Überwachungs-Vereine hätten den amtlichen Charakter der Werkstoff- und Bauvorschriften veranlaßt.

Der Allgemeine Verband der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine hatte 1922 einen Beschluß auf Entstaatlichung der Werkstoff- und Bauvorschriften gefaßt und dementsprechende Eingaben zur Gründung eines unabhängigen Dampfkessel-Ausschusses gemacht. Dieser Deutsche Dampfkessel-Ausschuß sollte nach Ansicht des Allgemeinen Verbandes eine Art Selbstverwaltungskörper der Industrie sein, so wie ja auch die Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine grundsätzlich auf dem Gedanken der Selbstverwaltung aufgebaut sind. Ich halte mich für berechtigt, an dieser Stelle zu erklären, daß diese Selbstverwaltung sich über ein halbes Jahrhundert bestens bewährt hat und daß sie heute als Muster gelten könnte für so manche Bestrebungen der jüngsten Zeit, bei denen der Gedanke der Selbstverwaltung als etwas ganz neues hingestellt wird.

Daß der Deutsche Dampfkessel-Ausschuß nicht nach den Wünschen der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine zustande kam, daran sind nicht sie Schuld, sondern es erhielten die gegensätzlichen Auffassungen, insbesondere der Material- und Kesselhersteller, das Übergewicht. Außerdem aber vertraten die Behörden die Auffassung, die neuen Werkstoff- und Bauvorschriften müßten amtlichen Charakter erhalten, damit die Freizügigkeit der Kessel innerhalb der deutschen Länder gewährleistet werden könne. Im übrigen beständen ja in Deutschland die gesetzlichen Vorschriften über den Dampfkesselbetrieb auf Grund des Gesetzes von 1872, und dieses Gesetz war damals erlassen worden aus Rücksicht auf den erforderlichen Schutz von Leben und Gut der Allgemeinheit.

Es waren also— es kam mir darauf an, dies festzustellen — nicht die Forderungen der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine die Ursache, daß die neuen Vorschriften wieder amtlichen Charakter bekommen haben. Es waren übergeordnete Gründe vorhanden, die den Wunsch der Überwachungskreise, einen auf Selbstverwaltung aufgebauten Deutschen Dampfkessel-Ausschuß zu gründen, nicht zur Verwirklichung kommen ließen.

Gestatten Sie mir im Zusammenhang mit dieser Tatsache noch darauf hinzuweisen, daß die nach jahrelangen Beratungen in Kraft gesetzten Werkstoff- und Bauvorschriften der Vereinigung der Großkesselbesitzer noch nicht genügten. Sie hat es im Interesse ihrer Anlagenbesitzer für notwendig gehalten, zum Teil wesentlich verschärfte Bedingungen für den Bau und den Werkstoff der Kessel ihrer Mitglieder zu erlassen. In diesen Bestimmungen spiegeln sich die Erfahrungen der Besitzer der Großkesselanlagen, die vorwiegend mit den erhöhten Drücken und den großen Dampfmengen arbeiten, wieder, Erfahrungen, die die Kesselbesitzer zwingen, über das Maß der amtlichen Vorschriften noch hinauszugehen.

Wenn ich nach diesen Überblicken nunmehr auf den Abschnitt IV der Bauvorschriften für Landdampfkessel „Schweißung und Bearbeitung im Feuer" kurz eingehe, so setze ich voraus, daß diese Vorschriften inhaltlich bekannt sind. So weit die Schmelzschweißung dabei in Frage kommt, wird die Bestimmung des Punktes 6 von der Industrie am störendsten empfunden. Er lautet: Durch Schmelzschweißung hergestellte, auf Zug beanspruchte Nähte sind stets durch Laschen so

Digitized by Google

zu verstärken, daß die auf die Verbindung wirkenden Kräfte von den Laschen getragen werden können . . . "[9])

Man wird zugeben müssen, daß in dieser Bestimmung eine gewisse Unkonsequenz liegt, denn wenn die Laschen die wirkenden Kräfte allein aufnehmen müssen, dann wird der ausgeführten Schweißung gar kein Wert beigelegt. In diesem Punkte ist die Verordnung zweifelsohne abänderungsbedürftig. Das haben alle beteiligten Kreise in Deutschland empfunden und man darf annehmen, daß diese Stelle der Vorschriften zuerst abgeändert werden wird, sobald einige Zeit vergangen ist, in der man Erfahrungen mit den neuen Bauvorschriften gesammelt haben wird.

Was nun die Bewertung der Schweißnähte anbelangt, so räumen die neuen Bauvorschriften den Sachverständigen, und das sind im wesentlichen die Ingenieure der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine, ein weitgehendes Maß an Selbständigkeit ein, das aber auch ein entsprechendes Maß von Verantwortung bedingt.

Aus diesem Grunde haben wir im Zentral-Verband der Preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine die gesteigerten Ansprüche an die Sachverständigen berücksichtigt und sind dazu übergegangen, Sonderlehrgänge für die Ausbildung dieser Herren einzuführen. Wir fördern deren Tätigkeit in den Ortsgruppen des Verbandes für autogene Metallbearbeitung und unterstützen ihre Teilnahme an den Veranstaltungen der großen Verbände.

Das alles geschieht insbesondere mit dem Zweck, zu den eigenen Erfahrungen, die bei der Überwachung der Kesselanlagen gesammelt werden, die Lehren hinzuzufügen, die die Wissenschaft zeitigt, und die Erkenntnisse zu verwerten, die die Industrie erworben hat. Aus allem soll dann ein abgeklärtes Urteil gebildet werden, um mit der nötigen Sachkenntnis ausgerüstet bei der Verbesserung der jetzt gültigen Vorschriften mithelfen zu können.

Seitdem die neuen Vorschriften in Kraft getreten sind, ganz besonders seitdem die Beratungen für die Entwürfe stattfanden, ist manche neue Erkenntnis Allgemeingut geworden und es ist daher zu erhoffen, daß die inzwischen gesammelten Kenntnisse und Erfahrungen bereits Verwendung finden können bei dem neuen Entwurf für die Druckgefäß-Verordnung, die mit Gültigkeit für ganz Deutschland in Kraft gesetzt werden soll.

So weit die Überwacher an dieser Verordnung mitzuarbeiten haben, werden sie mit Freuden die Lehren anwenden, die sie durch Ihre Tagung empfangen haben. Eine sehr wichtige Aufgabe verbleibt jedoch Ihnen. Ihre weitere Sorge muß es sein, im Dampfkesselbau Schweißnähte so unter Gewähr herstellen zu können, daß der jetzt leider so einflußreiche „Faktor Mensch", dessen Unzulänglichkeit die jetzige Beschränkung der Anwendung der Gasschmelzschweißung im Dampfkesselbau gebietet, als „Unsicherheitsfaktor" endlich ausgeschaltet werden kann.

Von ganz besonderer Wichtigkeit würde es aber sein, wenn es gelingen sollte, Verfahren auszuarbeiten, die eine sachgemäße Prüfung der fertigen Schweißarbeit gestatten. Dabei muß es sich aber um solche Verfahren handeln, die zum mindesten jeder Ingenieur, möglichst aber auch jeder Meister ausüben kann, ohne daß er sich allzu verwickelter Apparate zu bedienen braucht.

Sobald diese beiden Ziele der Ausschaltung des erwähnten Unsicherheitsfaktors und der zuverlässigen Prüfung der Schweißarbeit erreicht sein werden, bestehen nach meiner Ansicht keine Schwierigkeiten, die Schweißung in wesentlich größerem Umfange und ohne die jetzt erforderlichen Einschränkungen im Kesselbau zuzulassen.

[9]) Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel nebst Erläuterungen. Beuth-Verlag Berlin S 14. Ausgabe Jänner 1928. S. 33, Randziffer 18.

Unfälle und Unfallverhütung bei Elektro- und Gasschmelzschweißung.

Von Ing. Franz **Osswald**, Gewerbe-Inspektorat, Wien.

Vorschriften zur Verhütung von Unfällen beim Lichtbogenschweißen: Gegen Schäden in der elektrischen Anlage, gegen Blendung durch den Lichtbogen, gegen ultraviolette Strahlen, starke Wärmeentwicklung und schädliche Gase. — Untersuchungen über die Fernwirkung ultravioletter Strahlen. — Unfälle bei Gasschmelzschweißung und Vorschriften zur Verhütung.

Im Nachstehenden sei vorerst über Unfälle und Unfallverhütung bei Elektroschweißung berichtet, aber nur über Unfälle, die sich im Zeitraume der letzten zwei Jahre ereigneten und auch nur über die bemerkenswertesten. Die daraus gezogenen Lehren spiegeln sich in Unfallverhütungsvorschriften wieder, die im Einvernehmen mit den betreffenden Industrien als die vorteilhaftesten erkannt wurden.

Es soll gleich vorweggenommen werden, daß sich Unfälle bei der Elektroschweißung wegen der tatsächlich guten Schutzvorkehrungen bei uns sowie in Deutschland nur höchst selten ereignen. Wenn heute noch Augenentzündungen hiebei auftreten, so dauern sie nur wenige Tage und sind meist auf Unvorsichtigkeit des Schweißers selbst zurückzuführen; auch ist die Empfindlichkeit der Arbeiter gegen die hier auftretenden Strahlenarten eine außerordentlich verschiedene. Im Wiener Aufsichtsbezirk ereigneten sich, soweit amtlich bekannt, keine belangreichen Unfälle beim Elektroschweißen, bis auf die angebliche Schwächung der

Digitized by Google

Zeugungskraft eines Elektroschweißers durch die ultravioletten Strahlen des Lichtbogens in einem Eisenwerke. Darüber und über die genaue Untersuchung dieses Falles spreche ich noch später. In Steiermark trat in einem Eisenwerke Lichtbogenblendung des rechten Auges und in einem zweiten Fall die beider Augen trotz Verwendung von Schutzbrillen auf, doch waren dies milde Unfälle. Ferner ereignete sich ein Doppelunfall dieser Art, indem zwei Arbeiter nebeneinander einen langen Sprung in einer Maschine elektrisch schweißen wollten und einer den anderen blendete, da die verwendeten Schutzbrillen seitlich nicht schützten. Schließlich sei erwähnt, daß in zwei Wiener Elektroschweißwerken Klagen laut wurden über empfindliche Schädigungen von Arbeitern durch Einatmung nitroser Gase, die aus dem Umhüllungsmaterial der Lichtbogenelektroden beim Schweißen frei wurden und auf die ungenügende Absaugung oder Abwendung dieser Abgase zurückzuführen waren.

Über auftretende Unfallsmöglichkeiten beim Elektroschweißen und deren Behebung sei auf Grund der Untersuchungen in zwei Wiener Elektroschweißwerken während der Jahre 1926 bis 1927 folgendes bemerkt. Die Arbeiter müssen gegen folgende Schädigungen bzw. Belästigungen geschützt sein:

1. Gegen zufällige Berührung unversicherter oder beschädigter starkstromführender Leitungen oder Apparate.

2. Gegen grelle Lichtwirkung bzw. Blendung durch den elektrischen Lichtbogen.

3. Gegen die schädlichen Einwirkungen der ultravioletten Strahlen dieses Lichtbogens.

4. Gegen übermäßige Wärmeentwicklung und gegen abspringende, glühende, selbst mikroskopisch kleine Eisenteilchen (zum Beispiel Punktschweißverfahren), Schädigung der Augen und der Kleidung.

5. Gegen Einatmung nitroser oder ähnlicher Gase, aus dem Umhüllungsmaterial gewisser Lichtbogenelektroden entstehend, zum Beispiel Stickoxyde, Nitroamido- und Cyanverbindungen.

Die erprobten Schutzmaßnahmen dagegen sind folgende:

Ad 1. Strengste Einhaltung der Vorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien für Starkstromleitungen.

Ad 2. Verwendung roter, schwarzer, dunkelblauer oder grünroter, übereinander liegender Farbenfilter, bleihältiger Gläser in Brillenform mit Seitenschutz aus Aluminium bzw. Leder oder als Schaugläser mit Handgriff, in Rahmen gefaßt. Sehr gut ist auch Spezialglas, Euphosglas einer Hamburger Firma (Runke, E. K. P. Koch, Hamburg und Zeiß, Jena). Der Schutz der Augen vor all diesen Strahlen, die nicht nur direkt, sondern auch reflektiert, aber auch seitlich schädigend wirken, muß sich auf den Elektroschweißer selbst und auf alle in der Arbeitshalle sich aufhaltenden Personen erstrecken. Außer den oben erwähnten Brillen oder Schaugläsern mit Handgriff wird mit Vorteil noch eine Schweißerkappe aus Eisenblech mit Lederschutz gerne verwendet. Letztere muß da benützt werden, wo beide Hände zum Schweißen nötig sind, zum Beispiel beim Warmschweißen. Anfangs wird sie ungern wegen verschiedener Unbequemlichkeiten, ihr Gewicht, das Ungewohnte, dann die größere Wärme, später aber nach Gewöhnung lieber als der Gesichtsschild benützt. Die Gläser sind von der oben beschriebenen Art; am liebsten werden schwarze oder tief schwarzblaue getragen, weniger grüne, braune oder rote, da dieselben die Blendung nicht so gut hintanhalten. Auf jeden Fall verwies die Erfahrung auf bleihältiges Glas. Bei Anwendung der Schweißerkappe muß der Hals, beim Schutzschirm mit Handgriff der Hals und die haltende Hand durch Überdeckung mittels eines Latzes oder mit Leder vor der Strahlenwirkung geschützt werden. Bei beiden, Kappe und Handschirm, schützt die kastenartige Ausführung auch vor den seitlich auftretenden oder reflektierten Strahlen und vor denen, die vom Lichtbogen eines seitlich arbeitenden Schweißers ausgehen. Am besten ist es aber, die Schweißer, wenn möglich örtlich voneinander, durch leicht bewegliche, 2 m hohe Holz- oder Blechwände zu trennen. Diese Wände sollen schwarz oder mattschwarz sein, da sie die ultravioletten Strahlen nur absorbieren und nicht mehr reflektieren. Erwähnt sei hier noch, daß Brillen mit aufklappbaren Gläsern und fechtmaskenartige Bedeckungen aus schwarzer Preßpapiermasse, deren Vorderteil visierartig hochgeklappt werden kann, von den Arbeitern als unpraktisch bezeichnet und nicht verwendet wurden.

Ad 3. Am besten würden die Ultrastrahlen durch Aeskulin, einer aus der Roßkastanie erhältlichen farblosen Flüssigkeit (Merk, Chemische Werke, Darmstadt) unschädlich gemacht werden, wobei die einschließenden Gläser nur soweit gefärbt sein müssen, um Blendung hintanzuhalten. Da Aeskulin aber nur in Kuvettenform anwendbar ist, in Lösungen von 1 : 75 und 1 : 100, und konzentriert 10 g Mk. 8·40 kosten, kommt seine Verwendung beim Schweißen überhaupt nicht in Frage. Versuche, die in einer Elektromaschinenfabrik gemacht wurden, ergaben auch, daß abgesehen von der Kostspieligkeit dieser Substanz, Brillen oder Schaugläser, da sie doppelwandig und mit Flüssigkeit gefüllt sein müssen, zu schwer sind. Am besten bewährten sich in einem Elektroschweißwerk die in ad 2. erwähnten dunklen Schaugläser aus bleihältigem Glase in Verbindung mit den in ad 4. beschriebenen Brillen, oder die auch schon erwähnten Schweißerkappen. Hier sei noch kurz das Lichtschutzmittel „Zeofilm" erwähnt, das in die Augen eingeträufelt zirka 5 Stunden die blendende Wirkung des elektrischen Lichtbogens verhindern oder sehr mildern soll. Dieses Schutzmittel wurde auch von den deutschen Firmen für Schweißarbeiten nicht über ein Versuchsstadium hinaus verwendet.

Ad 4. Gegen übermäßige Wärmeentwicklung und gegen abspringende, glühende, selbst mikro-

Digitized by Google

skopisch kleine Eisenteilchen müssen Augen und Kleidung des Elektroschweißers geschützt werden. Außer einer Leder- oder Asbestschürze als Kleiderschutz, bewährten sich in einem Elektroschweißwerk als seitlicher Augenschutz Brillen aus farblosem, bleihältigem Fensterplanglas, die runde, auf das Gesicht gut aufsitzende Ledereinfassung besitzen, welche die Augen bei Benützung von dunklen Schaugläsern mit Handgriff gegen seitliche Blendung und Eindringen selbst mikroskopisch kleiner Eisenteilchen wirksam schützen.

Ad 5. Zur Verhinderung der schädigenden Einatmung nitroser Gase beim Elektroschweißen genügt die Entfernung der Gase an der Entstehungsstelle durch schwachen Zug eines Exhaustors oder durch schwaches Wegblasen der Gase mittels Preßluft (Schlauch mit Hahn).

Zum Schluß sei über die im Jahre 1927 aufgetretene Klage eines Elektroschweißers in einem Wiener Eisenwerke über angebliche Schwächung der Zeugungskraft durch die ultravioletten Strahlen beim Elektroschweißen berichtet. Nachdem ähnliche Klagen, bzw. nicht bewiesene Behauptungen in den deutschen Fachberichten in den vergangenen zwei Jahren öfter auftauchten, wurde der gegenständliche Fall einer zweifachen amtlichen Untersuchung unterzogen. Das Resultat war negativ und deckt sich dieses Ergebnis mit den vielfachen neueren und neuesten Untersuchungen auf diesem Gebiete. Den erstgenannten amtlichen Versuch führte Herr Prof. Hofrat Dr. Walter Hausmann vom physiologischen Institut der Wiener Universität im Vereine mit Gewerbearzt Frau Dr. med. Jenny Adler durch. Ich lasse ihn selbst sprechen.

„Um zu entscheiden, ob sichtbare oder unsichtbare (ultraviolette) Lichtstrahlen irgend wie in Betracht kommender Intensität die Gegend des Genitale treffen — was a priori unwahrscheinlich war — wurde ein lichtempfindliches Papier unter entsprechenden Versuchsbedingungen unter der Kleidung an dem Oberschenkel des über angebliche Schwächung seiner Zeugungskraft sich beklagenden Elektroschweißers befestigt. Nach Durchführung einer normalen Schweißung war keinerlei Verfärbung des photographischen Papiers wahrnehmbar. Zur Kontrolle wurde nun dasselbe, mit einer Schablone versehene Papier unter denselben Belichtungsbedingungen frei bestrahlt. Sofort trat tiefe Bräunung ein. Eine direkte Strahlung kommt also, insolange es sich um Strahlung handelt, die auf lichtempfindliches Papier wirkt, nicht in Betracht. Dasselbe gilt wohl auch von der ultraroten Strahlung. Eine etwaige Wirkung in dem oben erwähnten Sinne könnte demnach nur auf indirekte Lichtwirkungen zurückzuführen sein, die von den unbedeckten Körperstellen ausgelöst würden. Gegebenenfalls wäre auch an die Wirkung von inhalierten Gasen zu denken, die bei der Schweißung auftreten. Wie genaue Befragung und Untersuchung des erwähnten Arbeiters ergaben, ist seine oben erwähnte Vermutung auf Neurasthenie (eventuell Autosuggestion) zurückzuführen gewesen."

Ein zweiter amtlicher Versuch über diesen Fall wurde von mir selbst unter Zuziehung des Phototechnikers Herrn Julius Seifert, Klosterneuburg, vorgenommen. Zuerst wurde eine Bromsilberplatte (20° Sch.) einfach eingeschlagen in schwarzes Papier 3 min lang der Bestrahlung durch den Elektroschweißlichtbogen in 1 m Entfernung ausgesetzt, wobei die Mitte der Platte durch eine dünne Bleifolie abgedeckt war. Der zweite Versuch betraf dieselbe Platte ohne Bleifolie aber in schwarzes Papier gehüllt in einer Pappendeckelschachtel. Beim dritten Versuch wurde höchstempfindliches Bromsilberpapier (eingeschlagen in schwarzes Papier), teilweise abgedeckt durch Bleifolie verwendet und auch das Papier der Lichtreflexwirkung der Wand ausgesetzt und beim vierten Versuch wurde wie beim dritten vorgegangen, nur war die Bleifolie durch eine Aluminiumfolie ersetzt. Nach der Entwicklung der vier Platten und Papiere zeigte sich nicht die geringste Erscheinung, Trübung, Bräunung oder Schwärzung, was beweist, daß die auf die kurze Entfernung von nur 1 m wirkende ultraviolette Strahlung bestimmt eher eine Reaktion auf die hochempfindlichen photographischen Emulsionen hätten hervorrufen müssen, als auf die durch Lederschürze und dreifache Kleidungsstücke gegen diese Bestrahlung ausreichend geschützte Körperstelle des Schweißers. Zur schärfsten Kontrolle wurden noch Versuche mit dem Auftreten der Schleiergrenze an einer versuchten Platte und einer gleichen nicht zum Versuch verwendeten Platte gemacht. Der Schleier der versuchten Platte trat zur selben Zeit ein wie der Schleier der nicht zum Versuch verwendeten Platte.

Aus der einschlägigen Fachliteratur sei hier nur folgendes zu diesem Thema erwähnt.

Beobachtete Tiefenwirkung von ultravioletten Strahlen: Jesionek sagt 1912, daß die ultravioletten Strahlen schon in der Hornschichte (oberste) der Epidermis absorbiert werden. Bell, Elvers und D. J. Macht beobachteten spektrographisch bei Kaninchen, bei feinster, nackter Epidermis und erhaltener Blutzirkulation ein Eindringen der ultravioletten Strahlen bis 3 bis 4 mm. Bei toter, aber gut konservierter Haut, also wie bei Leder, ist die Tiefenwirkung bedeutend geringer als bei lebender Haut, weiße Haut besitzt höhere Durchläßigkeit der ultravioletten Strahlen als die schwarze des Negers, die fast alle Strahlen der ultravioletten Region absorbiert. Finsen sagt, daß das Pigment mächtigen Schutz gegen die chemischen Strahlen biete und Freund fand bei pigmentierter Epidermis erheblich geringere Tiefenwirkung von ultravioletten Strahlen als bei farbloser Epidermis. Finsens Experiment mit geschwärztem Arm, der Sonnenbrand und Pigmentierung (Bräunung) nicht annahm, gegenüber dem unbedeckten Arm sei hier angeführt. Busk fand, daß die Hornhaut und die Epidermis schon einen großen Teil der ultravioletten Strahlen absorbieren. Die Pene-

Digitized by Google

trationsfähigkeit vermindert sich mit abnehmender Wellenlänge, bei Wellenlängen kleiner als 334 $\mu\mu$ aber besonders stark. Bei 334 $\mu\mu$ passieren noch 42 vH der ultravioletten Strahlen die Hautschichte von 0·1 mm (K. W. Hauser und W. Vahle, Berlin), hingegen Strahlen von 297 $\mu\mu$ Wellenlänge nur mehr 2 vH. Letzteren Strahlen kommen die stärksten biologischen Wirkungen zu. Die Pigmentwirkung wird wesentlich nur durch Strahlen von Wellenlängen von 302 bis 297 $\mu\mu$ hervorgerufen. Die Beeinflußung innerer Organe und somit die Allgemeinwirkung wird infolge der geringen Tiefenwirkung (nach Kellers Untersuchungen höchsten 0·63 mm) bei ultravioletter Bestrahlung nur auf indirektem Wege erfolgen können.

Es sollen hier zum Schluße nur zwei der schwersten Unfälle, die innerhalb der letzten zwei Jahre amtlich bei Gasschmelzschweißung bekannt wurden, und jene Vorbeugungsmaßregeln erwähnt werden, die in Hinkunft ähnliche Unfälle vermeiden ließen.

In einer Metallwarenfabrik in Wien flog die Verschlußkappe der Apparatur des Reduzierventiles einer Gasdruckflasche mit vollen Gasdruck in dem Augenblick heraus, als der Schweisser das Griffrad zwecks Druckeinstellung zu drehen begann. Das Metallstück traf den mit dem Kopf instinktiv zurückfahrenden Arbeiter noch am linken Augenbogen, verletzte ihn leicht, überquerte in zirka 10 m einen stark begangenen Weg zum Magazine, durchschlug noch einmal die Kastenwand und flog in das weit entfernte Magazin, wo es unschädlich wurde. Das aus der Gasdruckflasche strömende Vollgas hob den Arbeiter fünf Meter hoch und schleuderte ihn zu Boden, wo er mit schwerer Gehirnerschütterung bewußtlos liegen blieb. Wie sich herausstellte, war die Hartgummifüllung des Ebonitkegel exzentrisch beansprucht worden und gleichzeitig noch das Gasgewinde der Verschlußkappe auf 90° Länge glatt durch Gebrauch abgerieben gewesen.

Die aus diesem Unfalle resultierenden Schutzvorkehrungen wären folgende:

1. Die Gasflaschen sind standsicher aufzustellen bezw. gegen Umfallen besonders zu sichern; am besten empfiehlt es sich, sie zur Hälfte versenkt in Gruben standsicher einzustellen und die obere, herausragende Hälfte durch einen genügend starken, schmiedeeisernen Schirm derart standsicher zu ummanteln, daß eine seitliche Besichtigung bezw. Bedienung des Manometers und des Griffrades für die Apparatur des Reduzierventiles ohneweiters möglich ist und eventuell abfliegende Teile Personen in diesem Arbeitsraume nicht verletzen können. Eine andere Aufstellungsart der Gasbomben wäre die, sie in einem erhöhten Gestell derart standsicher unterzubringen, daß sich bei einer Explosion abfliegende Teile über die Köpfe des Arbeitspersonales dieses Raumes bewegen können. Wenn keine dieser beiden Aufstellungsarten gewählt wird, (bei der ersten wird das Manometer von oben nach abwärts, bei der zweiten von unten hinauf besichtigt) so müssen die Gasflaschen derart aufgestellt werden, daß eventuell abfliegende Teile, ohne jemand verletzen zu können, womöglich in tote Räume fallen.

2. Die Bedienung der Apparatur des Reduzierventiles bezw. deren Besichtigung darf nur durch seitliche Aufstellung des hiezu befugten Arbeitspersonales geschehen.

3. Die Apparatur des Reduzierventiles der Gasflaschen, namentlich aber alle oft beanspruchten Teile desselben, wie z. B. Ebonitkegel, Gasgewinde usw. sind in regelmäßigen Zeitabschnitten fachmännisch auf ihre richtige Wirksamkeit genauestens zu überprüfen und schadhafte Teile auszuwechseln.

Ein zweiter Unfall ereignete sich in der Provinz. Der an der Schlauchtülle des Druckreglers (Reduzierventil) sitzende und zum Schweißbrenner führende etwa 10 m lange Gummischlauch war von der Schlauchtülle abgerutscht. Der Schweißer ließ die Azetylenflasche offen, er schloß weder das Ablaßventil am Druckregler noch das Flaschenventil an der Azetylenflasche, sondern schob den Schlauch einfach auf die Tülle hinauf, umwickelte ihn dort mit Kupferdraht und zündete am Schweißbrenner das Gas an. Da in dem langen Schlauch sich durch das vorhergehende Herunterfallen und dann nachfolgende Hinaufschieben auf die Tülle bei vollständiger geöffneter Gasflasche ein explosibles Gemisch gebildet hatte, gab es beim Anzünden des Schweißbrenners eine Initialzündung im Schlauch. Der Schlauch riß an der Tülle ab, an der nur ein kurzer Schlauchrest hängen blieb. Jedenfalls hatte die Entzündung im Schlauch nunmehr auch das aus der Tülle austretende Azetylengas zur Entzündung gebracht. Ein beim Schweißen selbst nicht beschäftigter Arbeiter sprang hinzu und statt nun entweder das Ablaßventil am Druckregler oder das Flaschenventil selbst zu schließen, betätigte er das Druckreglerventil und zwar derart, daß er statt zu drosseln das Gas unter vollem Druck durch die Tülle entweichen ließ. Die Folge war zunächst eine schwere Feuergarbe, die, da die Tülle unmittelbar gegen den Hals der Azetylenflasche gerichtet war, mit voller Kraft bei etwa 700° Temperatur auf die Flasche aufprallte. Nach etwa drei Minuten explodierte die Gasflasche, wobei es drei Schwerverletzte und sechs Leichtverwundete gab. In der Werkstätte selbst wurden sämtliche Fenster und Oberlichten zertrümmert und die Tore herausgerissen.

Der folgenschwere Unfall hat jedenfalls gezeigt, daß an den Druckreglern vor allem die Schlauchtülle, aber auch das Sicherheitsventil nicht derart angebracht sein dürfen, daß ein eventueller Gasaustritt aus diesen Apparateteilen die Gasflasche selbst trifft und daß die Schläuche genügend stark und gegen Abgleiten versichert sein müssen. Anläßlich der Genehmigung von autogenen Schweißanlagen wurden bereits in drei Fällen solche unrichtig konstruierte Schlauchtüllen angetroffen und deren richtige Abänderung bedungen.

Ich möchte zum Schluße gerne an die letzten

Digitized by Google

Worte anknüpfen, die Herr Ing. Hilpert zum Schlusse seines ausgezeichneten Vortrages an Sie richtete: er sagte, daß wir bestrebt sein müssen, die Ausbildung des Schweißarbeiters und des die Arbeit beaufsichtigenden Ingenieurs immer mehr zu fördern, damit wir die höchsten Leistungen von heute weiter verbessern, immer mehr überbieten können. Ich möchte diese Worte durch den Satz aber noch ergänzen, daß wir außerdem auch noch den Schutz des Arbeiters und seines Aufsichtsorganes immer weiter vervollkommnen, um beiden jene Sicherheit und damit jene Ruhe zu geben, die eine solche immer mehr verbesserte Arbeit verbürgt. Fehlt diese Ruhe und Sicherheit, so wird auch die Arbeitsleistung in ihrem Endwerte sinken.

Die Elektroschweißung auf der Sonderschau der Wiener städtischen Elektrizitätswerke.

Zwei Dinge stehen auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung im Vordergrund des Interesses: Der elektromotorische Einzelantrieb der Arbeitsmaschinen und die Elektrowärmeverwertung. Es ist klar, daß auch die Wiener städt. Elektrizitätswerke an diesen beiden Fragen nicht vorbeigingen und schon vor Jahresfrist Mittel und Wege suchten, um wenigstens in ihrem Stromversorgungsgebiete die Verwendung der Elektrizität zu gewerblichen und industriellen Zwecken soweit als denkbar zu ermöglichen suchten. Ermuntert durch die Erfolge der „Stewe"-Ausstellung, in welcher elektrische Haushaltgeräte aller Art zu sehen und käuflich

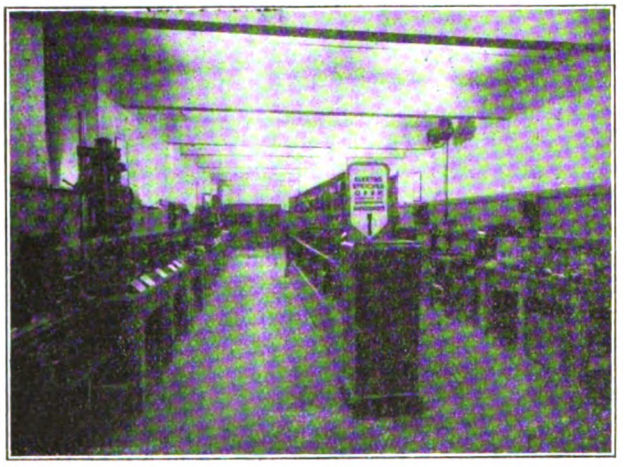


Abb. 1.

gegen Bar- oder Teilzahlung erworben werden können, haben die Elektrizitätswerke dieser Ausstellung eine Sonderschau unter dem Titel „Die Elektrizität im metallverarbeitenden Gewerbe" in ihrem Direktionsgebäude organisch angegliedert, welche Ende Dezember 1927 eröffnet wurde und — wie Abb. 1 zeigt — eine Reihe von einschlägigen elektrischen Maschinen, Apparaten und Geräten zur Schau stellt und im Betriebe vorführt. In gemeinsamer Arbeit mit der erzeugenden Elektroindustrie und mit den führenden Elektrofirmen konnte damit eine Ausstellung geschaffen werden, die sich in erster Linie an Schlosser, Spengler, Elektriker, Mechaniker, Eisenkonstruktionswerkstätten aller Art und ähnliche Betriebe wendet und alle auf dem Gebiete der Metallaufbereitung mit Nutzen und Wirtschaftlichkeit verwendbaren neuesten elektrischen Maschinen und Apparate zeigt.

Die vorstehenden Ausführungen der Vortragenden auf der letzten Wiener Tagung des Fachausschusses für Schweißtechnik lassen erkennen, daß die gesamte Technikerschaft ernstlich bestrebt ist, der Elektrowärmetechnik den Boden Schritt für Schritt zu erobern und es ist daher begreiflich, daß diesem Umstande auch in der „Stewe"-Sonderschau Rechnung getragen wurde. Besonders dem elektrischen Schweißen wurde das Augenmerk geschenkt und Abb. 2 zeigt, daß eine eigene Schweißecke den neuesten Stand der Schweißtechnik praktisch vor Augen führen soll.

Ausgestellt sind zwei Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißaggregate: Die Dynamo, System Rosenberg[1]), liefert 0 bis 80 V und 200 bis 50 A Strom, der zugehörige 16 PS starke Antriebsmotor ist ein Kurzschlußankermotor mit Sterndreieckschalter. Die Dynamo des zweiten Schweißaggregates, System BBC, liefert 35 bis 65 V und 150 bis 200 A Schweißstrom, der Antriebsmotor leistet 14 PS und ist als Zentrifugalanlassermotor ausgebildet; ein zweiteiliger Beruhigungswider-

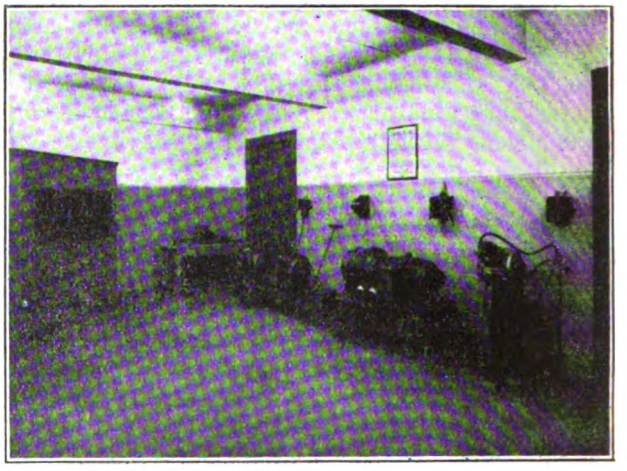


Abb. 2.

stand sehr geringer Ohmzahl dient zur vollständigen Beruhigung des Lichtbogens, die Regelung der Leerlaufspannung geschieht im Nebenschlußkreis und erfolgt mit Hilfe eines tragbaren Magnetregulators an der Arbeitsstelle. Der zweite Schalter von links ist für ein später aufzustellendes weiteres Schweißaggregat, System AEG, für 60 V und 350 A maximal vorgesehen.

Aus Abb. 2 ist auch die Schweißzelle ersichtlich, in welcher sich die gesamte Schweißplatzausrüstung befindet; in die Verschalung sind Spezialgläser eingesetzt, um die Zuschauer vor den ultravioletten Strahlen des Lichtbogens zu schützen, ein Ventilator sorgt für den Abzug der beim Schweißen entstehenden Dämpfe und Gase. Der in Abb. 2 ebenfalls ersichtliche Auflagetisch trägt eine Reihe von Schweißmustern, von welchen besonders ein lichtbogengeschweißtes Druckgefäß aus Kesselblech mit 6 mm Mantel- und 13 mm Bodenstärke zu erwähnen ist, bei dem ein Probedruck von 125 at nur eine Wölbung von Mantel- und Bodenfläche ergab, während alle Schweißnähte unversehrt blieben.

Auch die elektrische Widerstandsschweißung wird im Betriebe vorgeführt, die heute an Stelle von Lötung,

[1]) Siehe E. Rosenberg, E. u. M. 1928, Heft 3, S. 61.

Digitized by Google

Falzung, Nietung und Autogenschweißung erfolgreich verwendet wird. Aus Abb. 2 ist eine der ausgestellten Punktschweißmaschinen, System AEG, zu ersehen. Die Maschine ist bei normaler Ausladung für Punktschweißungen bis zu 5 mm Gesamtblechstärke verwendbar, hat eine Leistung von 8 kVA und gibt sekundär zirka 3300 A bei 1·5 bis 2·4 V und hat einen Kühlwasserverbrauch von zirka 60 l je Stunde. Nach Auswechslung der Punktelektrodenarme gegen Rollen-

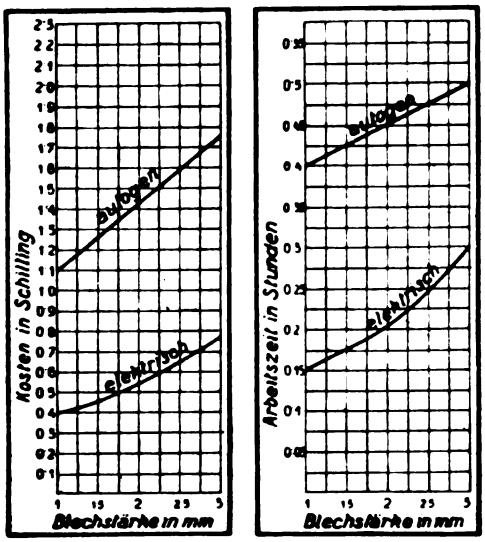


Abb. 3.

elektrodenarme ist die Maschine auch als Nahtschweißmaschine verwendbar. Da die Punktschweißmaschinen der Zahl nach am meisten vertreten sind und in der Blechwarenindustrie begeisterte Aufnahme fanden, wurde auch noch eine kleinere Type für 3 kVA für eine gesamte Blechstärke von 1 mm betriebsbereit aufgestellt.

In wenigen Wochen werden die beiden geschilderten Vertreter der elektrischen Widerstandsschweißung noch durch einige andere moderne Maschinen ergänzt

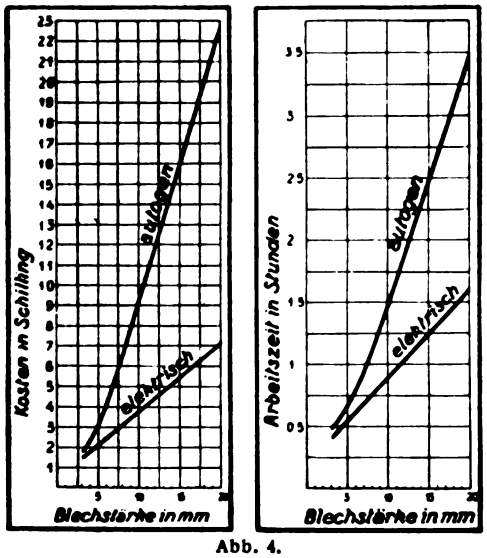


Abb. 4.

werden, so daß dann für alle praktisch vorkommenden Arbeiten neuzeitliche Konstruktionstypen zur Verfügung stehen, an Hand welcher auch das Nahtschweißen mit den verschiedenen Arbeitsverfahren, wie Rollenschweißverfahren, Rollenschrittverfahren, Pilgerschrittverfahren und Gegenschrittverfahren sowie auch das Stumpfschweißen besprochen werden kann.

Da sich zur Ausführung der Lichtbogenschweißung auch der Schweißtransformator eingebürgert hat und häufig wegen der bedeutend geringeren Anschaffungskosten bevorzugt wird, ist auch ein solcher zur Aufstellung gelangt, obwohl dieser vom Stand-

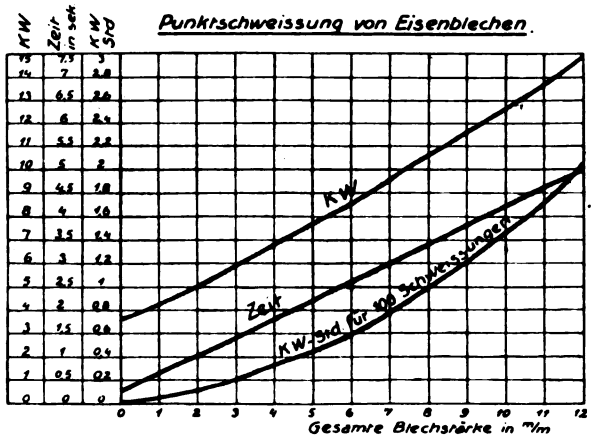


Abb. 5.

punkte des stromliefernden Werkes wegen der unsymmetrischen und zudem noch stoßweisen Netzbelastung keinen Idealfall darstellt. Das Ausstellungsobjekt hat

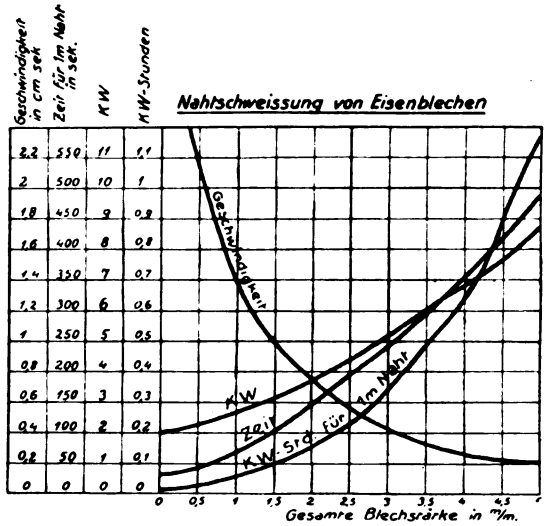


Abb. 6.

eine Sekundärspannung von 35 bis 65 V, einen maximalen Schweißstrom von 200 A und eine Leistung von 12 kW. Durch Parallelschalten eines Kondensators zeigt

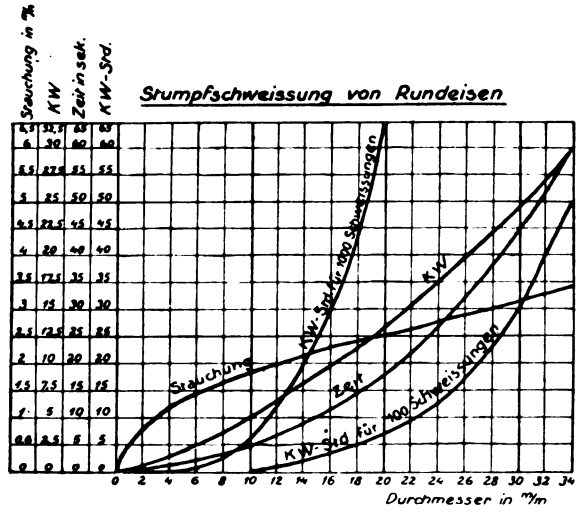


Abb. 7.

man die Herabsetzung des Blindstromes, so daß bei gleichzeitiger Verwendung eines Schweißkondensators

Digitized by Google

oft an Steigleitungen angeschlossen werden kann, die sonst zu schwach wären.

Um dem Ausstellungsbesucher die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Schweißens vor Augen zu führen, werden im allgemeinen bekannte Kurven vorgezeigt, die — wie Abb. 3 und 4 ersichtlich machen — die Kosten und die Arbeitszeit für elektrisches und autogenes Schweißen für verschiedene Blechstärken darstellen. Die Abb. 5, 6 und 7 sollen durch Angaben von Stromverbrauch und Arbeitsdauer einen Vergleich des elektrischen Schweißens mit den bisherigen Arbeitsmethoden ermöglichen.

Was den anderen Teil der Ausstellung betrifft, so soll nur noch speziell auf die zur Schau gestellten neuesten Modelle von Elektromotoren und insbesondere auf die Kurzschlußläufermotoren verwiesen werden, welchen zufolge ihrer einfachen, billigen Bauart bei größter Betriebssicherheit und denkbar einfachster Bedingung eminente Bedeutung von wirtschaftlichem Standpunkte zukommt, da sie bei richtiger Wahl in ungeahnter Weise den Leistungsfaktor des Netzes zu verbessern in der Lage sind[2]). Diesem Umstande haben auch die Wiener Elektrizitätswerke bei der Neuauflage der Bestimmungen für die Herstellung und Instandhaltung elektrischer Starkstromanlagen im Anschluß an die Netze der Städt. Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien, Ausgabe 1928, weitgehendst Rechnung getragen, indem nunmehr Kurzschlußmotoren bei Verwendung von Statoranlassern oder Sterndreieckschaltern bis 7·5 kW an Stelle von nur 5 PS zum Anschluß an das Niederspannungsnetz gelangen können.

Die Ausstellung weist seit Monaten einen äußerst lebhaften Besuch auf und es ist erfreulich, feststellen zu können, daß sich aus allen Zweigen des Wirtschaftslebens Gewerbetreibende einfinden, um sich hier fachmännischen Rat, Aufklärung und Auskünfte zu holen.

Dr. techn. Adolf Velisek, Wien.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 161 und ETZ, Jahrg. 48, Heft 19.

Rundschau.

Schweißung im Elektro-Großmaschinenbau. A. P. Wood berichtet über die weitgehende Anwendung der elektrischen Lichtbogenschweißung bei der Herstellung von Wechselstrommaschinen in der Werkstätte der General Electric Co. Gegossene Teile werden durch solche aus geschweißten Stahlplatten und Profileisen ersetzt; dies bringt größte Freizügigkeit in der Formgebung mit sich, was insbesondere bei abnormalen Typen von Bedeutung ist. Die hohen Kosten für die Herstellung und Einlagerung der Gußmodelle bleiben erspart, wertvoller Platz wird durch den Entfall einer Reihe von Gußstellen gewonnen. Das zur Verwendung gelangende Material ist einwandfrei gleichmäßig, die Schweißung ergibt völlige Unabhängigkeit von unvermeidlichen Gußfehlern. Da die geschweißten Teile nur mit sehr geringer Materialzugabe gefertigt werden, sinken die Bearbeitungszeiten auf ein Mindestmaß. Die Festigkeit der so erzielten Konstruktionen ist durch eingehende Versuche festgestellt worden. Brüche bei unvorsichtiger Handhabung während der Fabrikation und durch die Einwirkung schwerer Kurzschlüsse im Betriebe sind so gut wie ausgeschlossen. Bei der fertiggestellten Maschine kann die Lackierung unter Anwendung des Spritzverfahrens in kürzester Zeit bei einwandfreiem Aussehen beendet werden, die zeitraubende Spachtelung erübrigt sich, da bei geschweißten Teilen im allgemeinen eine Reinigung im Sandstrahlgebläse genügt.

Wo angängig, wird bei der Herstellung von Ständern, Läufern, Lagerträgern usw. das automatische Lichtbogenverfahren verwendet. Für die vollautomatische Schweißung haben sich drei Hauptmaschinentypen entwickelt. Entweder dreht sich bei kreisrunden Nähten das Arbeitsstück unter den Schweißköpfen, oder es rotieren letztere auf drehbaren Auslegern über dem stillstehenden Werkstücke. Das erste Verfahren findet Anwendung bei Gehäusedurchmessern unter etwa 3400 mm, bei größeren Durchmessern kommt das zweitgenannte Verfahren in Betracht. Die dritte Maschinentype eignet sich für gerade Nähte, hier wird der Schweißkopf über das ruhende Werkstück geführt. Die Schweißgeschwindigkeit beträgt bei diesen Schweißautomaten 1·8 bis 2·5 m/min bei einer Schweißstromstärke von 300 bis 400 A Gleichstrom. Die Lichtbogenspannung hält sich in den bei dieser Stromstärke üblichen Grenzen (etwa 20 bis 30 V). Die große Arbeitsgeschwindigkeit wird durch einen Spezialschweißdraht erzielt, bei dem zwischen einem Stahlkerne und einer Stahlhülle Flußmaterial untergebracht ist. Das halbautomatische Verfahren, bei welchem der Lichtbogen in einer Wasserstoffatmosphäre brennt[1]), findet gleichfalls weitgehende Anwendung. Schweißstromstärken von zirka 250 A bei der relativ hohen Lichtbogenspannung von 40 bis 60 V sind hier die Regel. Der Aufsatz beschreibt eine Anzahl charakteristischer Konstruktionen von Gehäusen, Läufern, Grundrahmen und anderen Einzelteilen elektrischer Großmaschinen. Unter den Abbildungen ausgeführter Maschinen ist die eines Drehstromgenerators mit vertikaler Welle für Wasserturbinenantrieb bemerkenswert. Diese Maschine ist nahezu vollständig aus geschweißten Stahlteilen hergestellt. We.

(Journal A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 3, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1045.

Einzelumformer oder Vielfachumformer? Von A. Danz, Berlin. Die Betriebskosten einer Lichtbogen-Schweißanlage ergeben sich als Summe folgender Beträge: *a)* Tilgungskosten für Verzinsung und Amortisation der Kapitalsanlage, einschließlich Kosten für die Instandhaltung; *b)* Stromkosten. Es wird die Frage der Wirtschaftlichkeit der Verwendung einer größeren Anzahl Einzelumformer oder von Vielfachumformern mit etwa 65 V konstanter Klemmenspannung für mehrere Schweißstellen und von Vorschalt- bzw. Regulierwiderständen für die einzelne Schweißstelle in mittleren und größeren Schweißbetrieben untersucht. Derartige Fälle kommen insbesondere bei Schiffswerften und großen Schweißwerkstätten vor. Unter Zugrundelegung verschiedener Nutzungsfaktoren und Strompreise werden vergleichsweise die Betriebskosten für beide Fälle ermittelt. Es zeigt sich, daß Einzelumformer schon bei einem Nutzungsfaktor von etwa 0·4 und einem Strompreis von 15 Pfg. pro kWh (zirka 25 g/kWh) Vielfachumformern überlegen sind. Die Möglichkeit, den Einzelumformer bis nahe an die Schweißstelle zu bringen, bietet einen weiteren wesentlichen, in den direkten Betriebskosten nicht aufscheinenden Vorteil. Her.

(Die Schmelzschweißung, Heft 8, 1927.)

Schmelzschweißung mittels Gleichstrom oder Wechselstrom? Von W. Hoffmann. Der Verfasser berichtet über Vergleichsschweißungen mit Gleich- und Wechselstrom. Für letztere wurde ein Transformator neuester Konstruktion, welcher auch das Verschweißen von nackten Elektroden ermöglicht, verwendet. Gemessen wurde die Einbrandtiefe, Zerreißfestigkeit und Dehnung, weiterhin wurden Kaltbiegeproben vorgenommen. Wechselstromschweißungen mit blankem Draht ergaben vollständig ungenügende Gütewerte. Auch bei ummantelten Elektroden war bei Wechselstrom die Einbrandtiefe stets geringer als bei Gleichstrom. Zufolge der Abschmelzverzögerung, die durch die notwendige Umhüllung der Schweißstäbe verursacht wird, war die

Digitized by Google

Schweißzeit bei Wechselstrom durchwegs größer. Festigkeit und Dehnung zeigen bei Wechselstrom geringere Werte, besonders fällt jedoch die wesentlich größere Streuung der Ergebnisse gegenüber den mit Gleichstrom geschweißten Proben auf. Die Ummantelung der Schweißstäbe konnte die Sauerstoff- und Stickstoffanreicherung in der Schweiße nicht verhindern und bringt überdies die Gefahr der Schlackeneinschlüsse mit sich. Wechselstrom-Schweißeinrichtungen sind auch wirtschaftlich Gleichstromschweißeinrichtungen gegenüber nicht im Vorteil. Bei stärkerer Benützung der Anlage entstehen trotz des geringeren Anschaffungspreises zufolge der Nachteile der Wechselstromschweißung sogar Mehrkosten. Her.

(Die Schmelzschweißung, Heft 10, 1927.)

Elektrische Lichtbogenschweißung mit Hilfe von Mehrphasenwechselstrom. Die Société alsacienne de constructions mécaniques hat ein Schweißgerät auf den Markt gebracht, durch dessen Benützung die Nachteile vermieden werden sollen, welche sich bei der Lichtbogenschweißung mit Einphasen-Wechselstrom fühlbar machen. Es sind dies die einphasige Belastung des die Anlage speisenden Drehstromnetzes, wobei sich ein außerordentlich schlechter Leistungsfaktor einstellt, das schwierige Aufrechterhalten des Lichtbogens, sowie die hohe, mitunter als gefährlich anzusprechende Leerlaufspannung des Schweißtransformators.

Die Primärwicklung des in Rede stehenden Schweißgerätes ist unter Zwischenschaltung von regelbaren Drosselspulen, eines dreipoligen Schützes, sowie der normalen Sicherungen an das Drehstromnetz geschaltet. Die Drosselspulen, welche zur Veränderung der Schweißstromstärke in üblicher Weise mit verschiebbarem Eisenkern ausgeführt sind, dienen einerseits zur Stabilisierung des Lichtbogens, andererseits zur Herabsetzung der Leerlaufspannung auf der Sekundärseite. Die Erregerspule des Schützes wird durch einen am Elektrodenhalter befindlichen Druckknopf geschaltet und erlaubt selbsttätiges Abtrennen der Primärseite des Transformators vom Netz bei Pausen in der Schweißarbeit.

Die Sekundärseite des dreischenkeligen Transformators besitzt 5 Wicklungen, welche in der bekannten Schaltung nach M. Leblanc verbunden sind[1]); durch diese Anordnung wird der zugeführte Drehstrom in zweiphasig verketteten Wechselstrom umgewandelt. Die beiden Phasen des so gewonnenen Systems werden nun an zwei in sehr kleinem Abstand voneinander befindliche, durch Ummantelung isolierte Schweißelektroden geführt, während der Verkettungspunkt mit dem Arbeitsstück verbunden wird. Der Lichtbogen bildet sich einerseits zwischen den beiden Elektroden und dem Werkstücke, andererseits auch zwischen den Elektroden selbst. Das bei Einphasen-Schweißtransformatoren störend empfundene leichte Abreißen des Lichtbogens beim Durchgang der Spannung durch den Nullwert wird hier vermieden. Der Schweißtransformator, sowie die erforderlichen Apparate sind in üblicher Weise in einem mit Rädern versehenen, verschließbaren Kasten untergebracht, aus welchem nur das Handrad für die Regulierung der Stromstärke herausragt. Nach den Angaben des Aufsatzes erhält man mit dem beschriebenen Gerät eine Leerlaufspannung von bloß 40 V und ein Produkt $\cos\varphi$ in der Größenordnung von 0·6 (Es bleibt abzuwarten, ob sich der geschilderte Apparat in die Praxis einführen wird. Es erscheint dies einigermaßen fraglich, da einerseits die Komplikation der teueren und zu Störungen neigenden, ummantelten Doppelelektrode in den Kauf genommen werden muß, andererseits eine Verbesserung der Güte der Schweißnaht gegenüber den gebräuchlichen Wechselstrom-Lichtbogengeräten kaum zu erwarten sein wird. Der Ber.) We.

(Bulletin technique de la Suisse Romande, Jg. 54, Nr. 1, 1928.)

[1]) Siehe zum Beispiel M. Mathieu, Transformateurs de Puissance (Librairie Scientifique A. Blanchard, Paris 1927), S. 207.

Über die Anwendungsmöglichkeiten des elektrischen Schweißens wurde im Commitee on Electric Welding des American Institute of Electrical Engineers ein interessanter Bericht erstattet[1]), der hier auszugsweise wiedergegeben sei.

a) Ausbesserungsarbeiten in Eisenbahnwerkstätten. Die Bahnverwaltungen der V. St. A. haben derzeit etwa 3500 Schweißanlagen im Gesamtwerte von 4 Mill. Doll. in Betrieb, durch welche etwa 12 Mill. Doll. jährlich erspart werden. In erster Linie werden die häufigen Reparaturarbeiten an Lokomotivkesseln genannt, an weiteren Anwendungen der Lichtbogenschweißung im Reparaturbetriebe sind verschiedene Auftragsarbeiten an Rädern, Stangen, Schienen usw., sowie die Wiederherstellung gebrochener Rahmen und sonstiger Lokomotiv- und Wagenteile erwähnt.

b) Schiffbau. Die Lichtbogenschweißung findet sowohl bei der Neuherstellung von Schiffen, als auch bei Ausbesserungsarbeiten vielseitige Verwendung. Auf einzelnen Werften werden die Ruder, alle Tanks und Rohrleitungen für Flüssigkeiten, ferner die Lüftungsleitungen, elektrisch geschweißt. Genietete Nähte an der Wasserlinie werden durch Schweißung verstärkt, um dem Eisdrucke besser standzuhalten. Lichtbogenschweißung wird nicht nur bei Handelsfahrzeugen, sondern auch bei der Herstellung von Kriegsschiffen verwendet.

c) Hoch- und Brückenbau[2]). Das erste Gebäude, bei dem das Gerippe aus elektrisch verschweißten Profilen und Blechen hergestellt wurde, ist eine im Jahre 1925 errichtete, dreistöckige Garage mit etwa 23×46 m² Grundfläche, hier wurden gegenüber der Nietung 25 vH erspart. Das größte Bauwerk dieser Art ist ein fünfstöckiges Gebäude der Westinghouse Co. in Sharon, Pa, welches zirka 67 m lang, 21 m breit und 24 m hoch ist[3]). Für diesen Bau wurden 790 t Eisen aufgewendet, ein gleichwertiges Objekt in genieteter Ausführung hätte 885 t Material erfordert. Etwa die Hälfte des gewonnenen Eisens (44 t) konnte durch geeignete Formgebung der 22 Hauptträger (je 9 t Gewicht) erspart werden, der Rest durch Entfall der Knotenbleche und Einschweißen von vier Übergangsplatten an jeder Verbindungsstelle zwischen Trägern und Säulen, wodurch vollkommene Kontinuität in der Lastverteilung erzielt wurde. Auch im Brückenbau findet die elektrische Lichtbogenschweißung steigende Anwendung. Bereits im Jahre 1924 wurde eine 215 m lange Brücke aus geschweißtem Stahle errichtet, seither wurden eine Reihe von Eisenbahn- und Straßenbrücken nach gleichen Gesichtspunkten gebaut. Eine zirka 54 m lange Eisenbahnbrücke über die Chicopee Falls, Mass, erforderte 80 t Stahl, die genietete Brücke hätte 120 t Material benötigt. Bei diesem Bauwerke wurden nur etwa 30 vH aller Nähte in der Werkstätte geschweißt, der Rest wurde am Bauplatze fertiggestellt. Für die gesamte Arbeit waren bloß zwei Schweißer erforderlich, denen ein 200 A Schweißapparat zur Verfügung stand. Eine Bahnbrücke in Leavenworth, Kansas, über den Missouri wurde durch Einschweißen von 110 t Plattenmaterial verstärkt.

d) Rohrleitungen. Bei der Herstellung von größeren Rohrleitungen aller Art ist die Lichtbogenschweißung allen bisher geübten Verfahren überlegen. Als Beispiel wird die Oakland Wasserleitung angeführt.

e) Geschweißte Konstruktionen an Stelle gegossener. Walzprofilstahl besitzt drei- bis vierfache Zugfestigkeit, kostet dabei pro Gewichtseinheit weniger als Gußeisen. Diese Tatsache ermöglicht weitgehenden Ersatz gegossener Teile durch elektrisch geschweißte. Als Beispiel wird eine gußeiserne Grundplatte angeführt, welche 250 kg wiegt und fertig bearbeitet (unter Zugrundelegung der Verhältnisse in den V. St. A.) zirka 31 Doll. kostet. Der entsprechende Grundrahmen, welcher aus elektrisch geschweißten

[1]) Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 12, 1927.

[2]) Nach A. M. Candy, Journal A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 4, 1928 u. El. World, Bd. 91, Nr. 14, 1928.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 53.

Digitized by Google

Profilen hergestellt ist, wiegt bloß 105 kg und kostet zirka 7·5 Doll. Diesem Anwendungsgebiet der Elektroschweißung eröffnen sich ungeahnte Perspektiven.

f) Widerstandsschweißung. Punktschweißmaschinen für eine Gesamtmaterialstärke von 25 mm werden an Stelle der Nietung von Blechen im normalen Betriebe angewendet. Nahtschweißmaschinen für überlapptes Schweißen zweier Bleche bis je maximal 3·2 mm Stärke wurden entwickelt. Die Anwendung des Widerstands-Schweißverfahrens ergibt gleichmäßig feste, dichte und gut aussehende Arbeitsstücke, wobei hervorzuheben ist, daß man hiebei von der Geschicklichkeit des die Maschine bedienenden Arbeiters nahezu unabhängig ist. We.

Literaturberichte.

3615 **Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik.** Von P. Bardtke, Wittenberge. VIII und 280 Seiten mit 250 Abb. im Texte. Berlin VDI-Verlag. Preis geb. Mk. 14·50.

Das vorliegende Werk des bekannten Leiters der Ausbesserungs-Werkstätte Wittenberge der Deutschen Reichsbahngesellschaft behandelt in der Einleitung nach einer Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Schweißtechnik, die vom „Fachausschuß für Schweißtechnik" im VDI aufgestellte Nomenklatur nebst Zeichen der verschiedenen Schweißverfahren[1]). Sodann wird eine kurze Übersicht über die schweißbaren Metalle und die zur Verfügung stehenden Schweißmittel gegeben. Im ersten Hauptabschnitte wird der derzeitige Stand der Technik der Schmelz-Schweißverfahren in vollständiger Weise geschildert und die erforderlichen Geräte beschrieben. Im Gegensatze zu anderen Veröffentlichungen sind im vorliegenden Buche bei der Beschreibung der Verfahren die Lichtbogen- und Gasschmelzschweißung nicht getrennt, sondern nebeneinander behandelt, wodurch sich nebst einer übersichtlichen Darstellung der Vorteil der leichteren Abgrenzung der Anwendungsmöglichkeiten der einzelnen Schweißverfahren ergibt. In diesem Abschnitte, der durch die ausgesprochene Bevorzugung der Gleichstrom-Lichtbogenschweißung gegenüber dem Wechselstrom-Lichtbogenverfahren bemerkenswert ist, hat eine große Zahl von im Bilde dargestellten Arbeiten Aufnahme gefunden. Auch hier sind die neuesten Verfahren, wie die Elektroschweißung mit atomaren Gasen, geschildert; die voll und halbselbsttätige Lichtbogenschweißung ist allerdings nach Ansicht des Berichters allzu knapp davongekommen. Der zweite Teil des Werkes befaßt sich mit der Preßschweißung, wobei die elektrische Widerstandsschweißung in ihren mannigfachen Verwendungsmöglichkeiten übersichtlich behandelt und durch Abbildung der wichtigsten Typen der in Betracht kommenden Schweißmaschinen erläutert ist. Die aluminothermische Schweißung wird im dritten Hauptabschnitte kurz beschrieben. Der Abschnitt IV behandelt die Ausbildung der Schweißer; hier ist auch ein ausführlicher Lehrplan wiedergegeben. Den verschiedenen Prüfungsverfahren ist der Teil V des Buches gewidmet; an dieser Stelle sei nur der vom Verfasser vorgeschlagenen, einfachen Vorrichtungen zur Vornahme von Biegeproben, sowie der von Kantner in die Praxis eingeführten Prüfung der Schweißnähte mit Hilfe von röntgen-photographischen Aufnahmen Erwähnung getan. Der sechste Hauptabschnitt befaßt sich ausführlich mit dem wichtigen Kapitel der Güte und Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Schweißverfahren. Der siebente Teil behandelt die Unfallverhütung. Ein Anhang beschreibt die Technik des Brennschneidens mit Hilfe der Gas-Sauerstoff-Flamme und des elektrischen Lichtbogens. Das Buch Bardtkes ist leicht verständlich geschrieben und kann jedem Ingenieur, Techniker und Werkmanne empfohlen werden, der sich mit Schweißungen, gleichviel welcher Art, zu befassen hat.

An folgenden Stellen wird sich bei einer späteren Auflage eine Verbesserung empfehlen.

Auf Seite 10, Zeile 6, wird behauptet, daß nur die verschiedenen Eisensorten mit Hilfe des Preßschweißverfahrens schweißbar sind. Im Gegensatz dazu muß festgestellt werden, daß auch Kupfer und Aluminium sich in der elektrischen Widerstandsschweißmaschine schweißen lassen. Auf Seite 50, Zeile 11, wird behauptet, daß Stahlflaschen am besten liegend zu verwenden sind. Dazu muß einschränkend gesagt werden, daß dies nur für Sauerstofflaschen gilt, nicht aber für solche, welche Brenngas enthalten. Auf Seite 66, Zeile 16, wird, wie so oft in der schweißtechnischen Literatur, die Zündspannung einer Schweißmaschine mit der Leerlaufspannung verwechselt. Abb. 46 auf Seite 87 stellt einen fahrbaren, nicht wie die Aufschrift sagt „ortsfesten" Umformer dar. Die Abb. 46 und 47 entsprechen nicht den neueren Ausführungen der Rosenberg-Schweiß-Dynamo[1]). Bei Abb. 70 auf Seite 106 soll es richtig „Überschuß" heißen. Abb. 104, Seite 134, stellt eine ausgesprochene Gußeisen-Kaltschweißung mit Flußeisenelektroden dar, keine Flußeisen-Kaltschweißung. Seite 159, dritte Zeile von unten, hier ist das Wort „Wärme" durch „Temperatur" zu ersetzen. Auf Seite 21, Zeile 11, soll es statt „leisten", überwinden heißen, soferne man sich der hier ausgesprochenen Ansicht über die Entstehung der höheren Temperatur an der positiven Elektrode des Gleichstrom-Lichtbogens anschließen sollte. Bei einer Neuauflage könnte auch eine Reihe der nicht ganz einwandfreien Lichtbilderwiedergaben durch Strichzeichnungen ersetzt werden.

Abschließend möge gesagt sein, daß durch Bardtkes neues Buch eine erfreuliche Bereicherung der Literatur über Schweißtechnik geschaffen wurde. Im Interesse dieses aufstrebenden Zweiges der Metallverarbeitung ist dem Werke die weiteste Verbreitung zu wünschen. O. Weiss.

3671 **Elektrische Widerstand-Schweißung und Erwärmung.** Von Dipl. Ing. A. J. Neumann. 193 Seiten mit 250 Abb. Berlin, Verlag Julius Springer, 1927. Preis geb. Mk. 7·50.

Die elektrische Widerstandsschweißung findet in der Metallverarbeitung in immer höherem Maße Verwendung. Bisher hat es an einem Werke gefehlt, welches die einschlägigen Verfahren und Maschinen beschreibt und erläutert. Der Bedarf nach einem solchen Buche ist daher zweifellos vorhanden. In dem vorliegenden Werke unternimmt es der Verfasser, die Verfahren für Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißung zu schildern, sowie einige besondere Anwendungsgebiete der elektrischen Widerstandserhitzung wie Löten, Signieren, Nieterwärmen und Ähnliches. Kapitel über Grundzüge der Elektrotechnik, Metallkunde und Wärmetechnik sollen die notwendigen theoretischen Unterlagen geben. Die Einteilung des Buches ist gut. Der Betriebsleiter, welcher sich mit der Anwendung der Widerstandsschweißung befassen muß, findet die meisten in Betracht kommenden Fragen beantwortet. Einige Rechenbeispiele geben Aufschluß über Rentabilitätsverhältnisse. Zweckmäßig wäre es allerdings, die Zahl dieser Beispiele wesentlich zu erhöhen, da ja gerade die Wirtschaftlichkeit des neuen Arbeitsverfahrens von ausschlaggebendem Einfluß für die Entscheidung ist, ob auf neue Arbeitsmethoden übergegangen werden soll. Es fehlen z. B. vollkommen Wirtschaftlichkeitsangaben über die Aufschweißung von Stahlplättchen auf Werkzeuge.

Wie Prof. Hilpert im Geleitwort zu dem Buche sagt, stehen wir noch am Anfang dieser Schweißverfahren. Das Werk hätte somit auch die Aufgabe, die bisherigen Anwendungsgebiete in möglichst zahlreichen Abbildungen aufzuzeigen, bezw. neue Anwendungsgebiete zu propagieren. Das diesbezügliche Abbildungsmaterial ist unzulänglich.

Leider enthält das Buch eine Reihe von Fehlern und Flüchtigkeiten. Bei einer Neuauflage, die ja im Interesse des Stoffes gegeben wäre, müßte es wohl gründlich durchgesehen und umgearbeitet werden. Ellmann.

[1]) VDI-Mitteilungen 1926, S. 533.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 61.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 3. Juni 1928 | Heft 23

Die Stromverteilung parallelgeschalteter Transformatoren.

Von Ing. Anton **Höpp**, Weiz.

Inhaltsangabe: Es werden Vektordiagramme abgeleitet, aus welchen die Stromverteilung, die Phasenverschiebungswinkel und der Spannungsabfall von zwei oder mehreren parallel arbeitenden Transformatoren mit gleichem oder ungleichem Übersetzungsverhältnis, in letzterem Falle auch der Ausgleichsstrom jedes Transformators, abgelesen werden kann. Es wird weiter gezeigt, wie die Ohmschen und induktiven Widerstände der Leitungen zu berücksichtigen sind. Die Diagramme sind auch dann verwendbar, wenn die Stromabgabe gleichzeitig an mehreren Stellen, welche durch Leitungen mit Spannungsabfall verbunden sind, erfolgt. Vernachlässigt wird der Leerlaufstrom und der innere Phasenverschiebungswinkel der Transformatoren. Der Fehler, welchen die letztere Vernachlässigung verursacht, wird angegeben.

Die beim Parallelbetrieb von Transformatoren auftretenden Verhältnisse sind bekannt und sind in dem Aufsatze „Transformatoren im Parallelbetrieb" von Vidmar in dieser Zeitschrift (E. u. M. 1927, Heft 23), zusammenfassend behandelt worden. Im nachstehenden wird daher nur Wert auf die Ableitung von Diagrammen gelegt und die Diskussion der Resultate sehr kurz gehalten.

Abb. 1 zeigt das Spannungsdiagramm eines Transformators bei einer Belastung mit 100% der Nennlast und einem sekundären Phasenverschie-

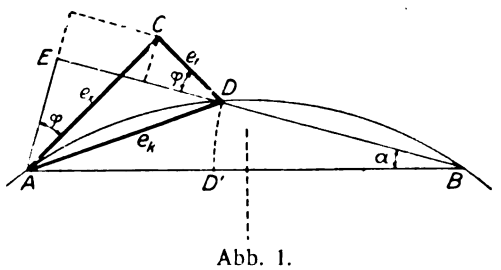


Abb. 1.

bungswinkel φ. Die Strecke AB stellt in einem beliebig gewählten Spannungsmaßstab die sekundäre Leerlaufspannung dar und ist gleich 100% derselben. Die Strecken AC und CD sind der induktive und der Ohmsche Spannungsabfall e_x und e_r, die Strecke AD die Kurzschlußspannung ϵ_k des Transformators in Prozenten der Leerlaufspannung. Die Strecke BD entspricht dann der Sekundärspannung des Transformators bei der angegebenen Belastung. $AB - DB = AD'$ gibt den prozentuellen Spannungsabfall des Transformators bezogen auf dessen Leerlaufspannung. Fällen wir vom Punkte A auf die Verlängerung der Strecke BD über D hinaus eine Normale, so erhalten wir den Punkt E. Der Winkel CDE ist der sekundäre Phasenverschiebungswinkel φ; ebenso ist der Winkel $EAC = \varphi$. Der Winkel $ABD = \alpha$ ist der innere Phasenverschiebungswinkel des Transformators. Aus der Abb. 1 ergibt sich weiters

$$ED = e_r \cos\varphi + e_x \sin\varphi \text{ und}$$
$$AE = e_x \cos\varphi - e_r \sin\varphi.$$

Für verschiedene Belastung bei gleichem $\cos\varphi$ ändern sich die Werte e_r und e_x des Ohmschen und induktiven Spannungsabfalles sowie deren Resultierende proportional dem Strom, daher bleibt der Winkel ADC konstant. Da der Winkel φ voraussetzungsgemäß konstant ist, ändert sich auch der Winkel ADB nicht. Da weiters auch die Punkte A und B erhalten bleiben müssen, beschreibt der Punkt D als Scheitelpunkt eines gleichbleibenden Winkels über der Strecke AB einen Kreis, der durch die Punkte A, B und D geht und dessen Mittelpunkt auf der Symmetralen von AB liegt.

Wenn wir den inneren Phasenverschiebungswinkel des Transformators $\alpha = 0$ machen, dann rückt der Punkt B ins Unendliche und die sekundäre Spannung BD wird parallel zu AB. In Abb. 2 ist das Spannungsabfalldreieck ACD unter der Voraussetzung, daß der innere Phasenverschiebungswinkel $\alpha = 0$ ist, gezeichnet. Die Strecke ED ist als Verlängerung von BD (siehe Abb. 1) parallel zu AB. Die Bedeutung der einzelnen Strecken und der Winkel φ sind in der Abb. 2 eingetragen.

Lassen wir bei gleichbleibender Belastung den sekundären Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 0$, das heißt $\cos\varphi = 1$ werden, so wird nach den oben angegebenen Formeln $ED = e_r = C'D'$ und $AE = e_x = AC'$. Der Punkt E rückt daher nach C' und das Spannungsabfalldreieck für $\cos\varphi = 1$ ist $AC'D'$. Da die Belastung sich nicht geändert hat, sind e_r, e_x und e_k ihrer Größe nach unverändert geblieben. Der Winkel $C'AC$ ist gleich dem Winkel $EDC = \varphi$. Wegen der Gleichheit der Winkel $C'AD'$ und CAD ist auch der Winkel $D'AD = \varphi$. Fällen wir vom Punkte D auf die Richtung AB eine Normale, so ergibt die Strecke AD'' (auf der Abb. irrtümlich AD') den Spannungsabfall in Prozenten bei $\cos\varphi$ und einer Belastung gleich 100 vH des Nennstromes.

Digitized by Google

In der Abb. 2 bedeutet daher jeder Punkt P der Ebene einen Belastungsfall des Transformators. Die Strecke AP ist proportional dem Strom. Das Verhältnis der Strecke AP zu AD' gibt die Größe

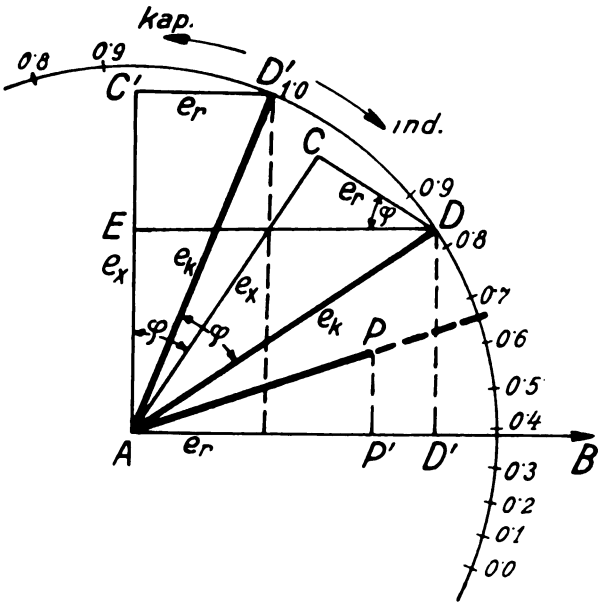


Abb. 2.

dieses Stromes in Prozenten des Nennstromes an, denn die Strecke AD', welche mit dem Spannungsmaßstab gemessen die Kurzschlußspannung e_k darstellt, gibt auch den Nennstrom des Transformators gleich 100 vH im Strommaßstab. Der sekundäre Phasenverschiebungswinkel ist durch den Winkel $D'AP$ gegeben. Zweckmäßigerweise wird man auf einem Kreise mit dem Mittelpunkt A eine $\cos\varphi$-Skala einzeichnen, und zwar vom Punkte D' entsprechend $\cos\varphi = 1$ im Uhrzeigersinn induktiv, entgegen dem Uhrzeigersinn kapazitiv. Die Projektion AP' von AP auf AB ergibt im Spannungsmaßstab den prozentuellen Spannungsabfall.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte Δe_φ eingetragen, um welche bei verschiedenem induktiven Spannungsabfall e_x und verschiedenem $\cos\varphi$ die in dem vereinfachten Diagramm (Annahme: $\alpha = 0$) abgelesenen Spannungsabfälle zu erhöhen sind, um die genauen Werte zu erhalten. Hiebei ist der Ohmsche Spannungsabfall gleich Null angenommen. Ist der Ohmsche Spannungsabfall größer als Null, so verringern sich die Fehler, wenn $\cos\varphi$ kleiner ist als 1. Ferner ist in der letzten Kolonne der innere Phasenverschiebungswinkel α angegeben, welcher im folgenden vernachlässigt wird.

e_x	Δe_φ					α
	$\cos\varphi = 1$	0·9	0·8	0·7	0·6	
2 vH	0·02	0·018	0·014	0·01	0·009	1° 9′
3 „	0·045	0·038	0·025	0·013	0·018	1° 44′
4 „	0·071	0·067	0·052	0·042	0·03	2° 18′
5 „	0·125	0·1	0·08	0·064	0·048	2° 52′
6 „	0·179	0·15	0·118	0·09	0·067	3° 27′

Es wurden nur Werte des induktiven Spannungsabfalles bis 6 vH berücksichtigt, da größere seltener vorkommen. Die Kleinheit der Fehler berechtigt, besonders bei einer graphischen Darstellung, die gemachte Vereinfachung. Dieses umsomehr, als der Ohmsche Spannungsabfall auch von dem Erwärmungszustand des Transformators abhängt und auch dadurch kleine Differenzen verursacht werden.

Wir betrachten nun den Fall, daß 2 Transformatoren mit gleichem Übersetzungsverhältnis und den Leistungen L_1 und L_2 und den Kurzschlußspannungen e_{k1} und e_{k2} parallel geschaltet werden. Die Ohmschen Spannungsabfälle seien e_{r1} und e_{r2}. Belasten wir die parallel geschalteten Transformatoren, so muß sich der Strom auf die beiden Transformatoren so aufteilen, daß jederzeit der sekundäre Spannungsvektor der beiden Transformatoren gleiche Richtung und gleiche Größe hat. Dieses ist nur dann möglich, wenn der Belastungspunkt P beiden Transformator-Diagrammen gemeinsam ist. Wegen des gleichen Übersetzungsverhältnisses fallen auch die Punkte A zusammen. (Abb. 3). Wir haben also nur die Richtung der aufgedrückten Spannung AB zu zeichnen und im Punkte A die Kurzschlußspannungen e_{k1} und e_{k2} im gewählten Spannungsmaßstabe so aufzutragen, daß ihre Projektion auf der Richtung der aufgedrückten Spannung gleich e_{r1} und e_{r2} ist, und die beiden $\cos\varphi$-Skalen zu zeichnen. Bei öfterem Gebrauch ist es angezeigt, eine $\cos\varphi$-Skala auf durchsichtigem Papier anzufertigen, da die Übersichtlichkeit der Diagramme durch diese Skalen leidet. Die Strecken AP_1 und AP_2 stellen dann schon die Nennströme der beiden Transformatoren gleich je 100 vH vor und geben damit die beiden Strommaßstäbe. Nun ist noch die Richtung und der Strommaßstab für den Summenstrom zu ermitteln.

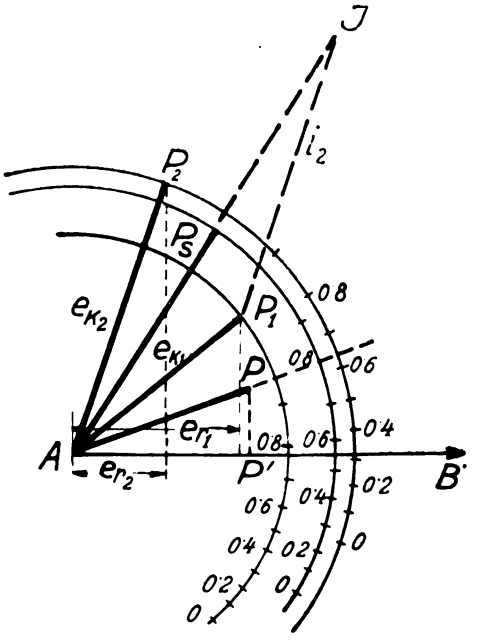


Abb. 3.

Wir gehen hiezu von einem beliebigen Belastungspunkt, beispielsweise P_1 aus. Die Strecke AP_1 stellt im Diagramm des Transformators I dessen Nennstrom $i_1 = 100$ vH vor (Phasenverschiebungs-

Digitized by Google

winkel $\varphi_1 = 0$). Im Diagramm des Transformators II bedeutet die Strecke AP_1 einen Strom $i_2 = \frac{AP_1}{AP_2}$ in Prozenten des Nennstromes des Transformators II (Phasenverschiebungswinkel $\varphi_2 = \sphericalangle P_1AP_2$). Um die Ströme in Amp. geometrisch zu addieren, muß i_2 noch mit $\frac{L_2}{L_1}$ multipliziert werden. Tragen wir den so erhaltenen Wert im Punkte P_1 parallel zur Strecke AP_2 auf, so erhalten wir mit der Strecke AJ den Summenstrom in Amp. Bezeichnen wir die arithmetische Summe der beiden Nennströme in Amp. als Summenstrom gleich 100 vH, so ist dessen Größe $AP_s = \frac{AP_1}{AJ}\,\frac{L_1 + L_2}{L_1}$. Der Phasenverschiebungswinkel des Summenstromes $\varphi_s = \sphericalangle P_1AJ$. Die Richtung AJ gibt auch schon die Richtung für $\cos\varphi_s = 1$. Mit AP_s ist also der Maßstab des Summenstroms und die Lage der zugehörigen $\cos\varphi$-Skala festgelegt (Abb. 3).

Für einen beliebig gewählten Belastungspunkt P gibt also die Strecke AP mit den drei Strommaßstäben gemessen, die Ströme der beiden Transformatoren in Prozenten ihrer Nennströme und den Summenstrom in Prozenten der arithmetischen Summe der Nennströme an.

Der Schnittpunkt der Richtung AP mit den $\cos\varphi$-Skalen gibt den $\cos\varphi$ der einzelnen Transformatorströme und des Summenstromes an; die Projektion von AP auf die Richtung der aufgedrückten Spannung AB ergibt im Spannungsmaßstab den Spannungsabfall AP' in Prozenten der aufgedrückten Spannung. Soll keiner der Transformatoren überlastet werden, so kommen nur Belastungspunkte P innerhalb des Kreises mit dem Mittelpunkt A und dem Radius AP_1 in Frage.

Aus dem Diagramm ergibt sich anschaulich, daß bei variablem Summenstrom, aber konstantem $\cos\varphi$ die Phasenverschiebungswinkel der einzelnen Transformatoren konstant bleiben. Bei einem Summenstrom mit $\cos\varphi_s = 1$ belastet sich ein Teil der Transformatoren induktiv, der andere Teil kapazitiv. Der Transformator mit der größeren Kurzschlußspannung wird prozentuell immer weniger belastet als der mit der kleineren Kurzschlußspannung, da die Strommaßstäbe proportional der Kurzschlußspannung sind. Günstig ist es, wenn der Transformator mit der größeren Kurzschlußspannung die kleinere Leistung besitzt. Haben die Transformatoren gleiche Kurzschlußspannung, aber ungleiche Wicklungsverluste, so werden bei einem Summenstrom von 100 vH alle Transformatoren überlastet.

Das Diagramm kann sinngemäß auch für mehrere parallelgeschaltete Transformatoren erweitert werden. Abb. 4*a* zeigt dies für drei parallel geschaltete Transformatoren mit ungleichen Kurzschlußspannungen und ungleichen Übersetzungsverhältnissen. Wir bezeichnen die Differenz der Sekundärspannungen im Leerlauf bei gleicher Primärspannung in Prozenten der kleinsten Sekundärspannung mit $\Delta\ddot{u}$. Tragen wir die $\Delta\ddot{u}$ auf der angenommenen Richtung der aufgedrückten Spannung auf, so erhalten wir die Punkte A_1, A_2, A_3. Von jedem dieser Punkte können wir, da die Kurzschlußspannung und der Wicklungsverlust jedes Transformators bekannt sein soll, nach der für einen Transformator entwickelten

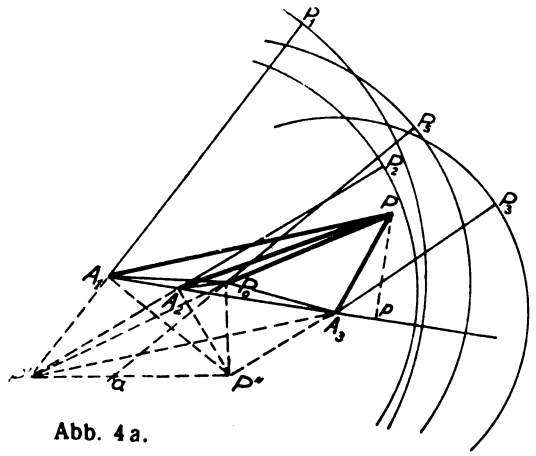


Abb. 4a.

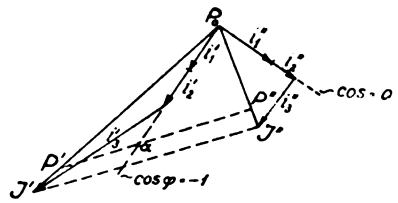


Abb. 4b.

Methode die Richtung von $\cos\varphi = 1$, die $\cos\varphi$-Skalen und die Strommaßstäbe A_1P_1, A_2P_2 und A_3P_3 zeichnen. Bei Leerlauf muß infolge der Differenzspannung $\Delta\ddot{u}$ in jedem Transformator ein Ausgleichstrom fließen. Die geometrische Summe dieser Ausgleichströme muß Null sein und die geometrische Summe der von ihnen hervorgerufenen Spannungsabfälle muß für je 2 Transformatoren dem $\Delta\ddot{u}$ dieser Transformatoren gleich sein. Dieser noch zu ermittelnde Leerlaufpunkt P_0 entspricht dem Summenstrom 0. Den Punkt P_0 finden wir am einfachsten, indem wir für 2 Belastungsfälle die Stromvektordiagramme zeichnen (Abb. 4*b*). Zweckmäßigerweise wählen wir hiezu Punkte, für welche der $\cos\varphi$ zweier Transformatoren gleich ist, zum Beispiel P' und P'' (Abb. 4*a*). Für den Belastungspunkt P' als Schnittpunkt der Strecken A_1P_1 und A_2P_2 ist der $\cos\varphi$ der Transformatoren I und II gleich -1. Für den Belastungspunkt P'' ist, da $A_1P'' \perp A_1P_1$ und $A_2P'' \perp A_2P_2$ gemacht wurde, der $\cos\varphi$ der Transformatoren I und II gleich 0. Durch das Ausmessen der Strecken A_1P', A_2P', A_3P' bezw. A_1P'', A_2P'', A_3P'' mit den entsprechenden Strommaßstäben erhalten wir die prozentuellen Ströme. Um die Ströme in Amp. zu erhalten, müssen wir sie noch im Verhältnis der Leistungen der einzelnen Transformatoren umrechnen, zum Beispiel sind, wenn wir alle Ströme auf den des Transformators I beziehen, die Ströme A_2P und A_2P'' mit $\frac{L_2}{L_1}$, die Ströme A_3P' und A_3P'' mit

Digitized by Google

$\frac{L_3}{L_1}$ zu multiplizieren. Die so ermittelten Ströme i_1', i_2', i_3' bezw. i_1'', i_2'', i_3'' wurden in einem beliebig gewählten Maßstab in der Abb. 4*b* geometrisch addiert. Der Phasenverschiebungswinkel jedes Stromes ist durch die Abb. 4*a* gegeben, denn die Winkel, welche die Strecken $A_1 P'$ usw. mit der Richtung von $\cos\varphi = 1$ des zugehörigen Transformators einschließen, sind schon die Phasenverschiebungswinkel dieser Ströme. In der Abb. 4*b* wurde die Richtung von $\cos\varphi = 0$ beliebig gewählt. Wir erhalten so die Summenströme $P_0 J'$ und $P_0 J''$. In der Abb. 4*a* muß der Summenstrom $P_0 J'$ durch den Punkt P', der Summenstrom $P_0 J''$ durch den Punkt P'' gehen, Der Winkel $J' P_0 J''$, welchen die beiden Summenströme in Abb. 4*b* einschließen, muß auch in Abb. 4*a* erhalten bleiben und das Verhältnis der beiden Summenströme $\frac{P_0 P'}{P_0 P''}$ in Abb. 4*a* muß gleich sein $\frac{P_0 J'}{P_0 J''}$ in Abb. 4*b*. Wir müssen daher in Abb. 4*b* das Dreieck $P_0 J' J''$ so verkleinern, daß $J' J'' = P' P''$ wird und das so erhaltene ähnliche Dreieck $P_0 P' P''$ in die Abb. 4*a* übertragen. Wir erhalten auf diese Weise den gesuchten Leerlaufpunkt P_0. Durch Übertragung des Punktes *a* aus der Abb. 4*b* in die Abb. 4*a* erhalten wir auch die Richtung von $\cos\varphi_s = -1$ und damit auch die Richtung von $\cos\varphi_s = 1$ des Summenstromes und dessen $\cos\varphi$-Skala. Der Strommaßstab des Summenstromes ist durch $P_0 P_s = \frac{P_0 P''}{P_0 J''} \frac{\Sigma L}{L_1} m = \frac{P_0 P'}{P_0 J'} \frac{\Sigma L}{L_1} m$ festgelegt, wobei *m* der Nennstrom des Transformators 1 im Strommaßstab der Abb. 4b ist.

Für einen beliebigen Belastungspunkt *P* sind die Strecken $A_1 P$, $A_2 P$ und $A_3 P$ in den zugehörigen Strommaßstäben die Belastungsströme der Transformatoren I, II, III in Prozenten der einzelnen Nennströme. Die Strecke $P_0 P$ stellt im Summenmaßstab den Summenstrom in Prozenten der arithmetischen Summe der Nennströme aller Transformatoren vor. Die Strecken $A_1 P_0$, $A_2 P_0$ und $A_3 P_0$ entsprechen, mit den zugehörigen Strommaßstäben gemessen, den Ausgleichströmen der einzelnen Transformatoren in Prozenten von deren Nennströmen. Die Winkel $P_1 A_1 P$, $P_2 A_2 P$ und $P_3 A_3 P$ sind die Phasenverschiebungswinkel der einzelnen Transformatorströme, der Winkel $P_s P_0 P$ der Phasenverschiebungswinkel des Summenstromes. Die Winkel $P_1 A_1 P_0$, $P_2 A_2 P_0$ und $P_3 A_3 P_0$ sind die Phasenverschiebungswinkel der einzelnen Ausgleichströme. Der $\cos\varphi$ dieser Winkel wird am besten mittels eines $\cos\varphi$-Maßstabes auf durchsichtigem Papier ermittelt. Durch Projizieren des Belastungspunktes *P* auf die Richtung der aufgedrückten Spannung erhalten wir durch die Strecken $A_1 p$, $A_2 p$ und $A_3 p$ im Spannungsmaßstab die Spannungsabfälle der drei Transformatoren, bezogen auf die kleinste Leerlaufspannung. Soll keiner der Transformatoren überlastet werden, so kommen nur Belastungspunkte in Frage, welche innerhalb aller den Nennströmen der einzelnen Transformatoren entsprechenden Kreise liegen.

Aus dem Diagramm ergibt sich anschaulich: Im allgemeinen ist bei Leerlauf der Ausgleichstrom in jedem Transformator verschieden groß und hat verschiedenen $\cos\varphi$. Der $\cos\varphi$ des Ausgleichstromes des Transformators mit der geringsten Sekundärspannung ist kapazitiv, der des Ausgleichstromes des Transformators mit der größten Sekundärspannung induktiv. Bei Leerlauf ist die Sekundärspannung zwischen der größten und kleinsten Sekundärspannung der einzelnen Transformatoren gelegen. Bezogen auf den Transformator mit der kleinsten Sekundärspannung ergibt sich daher bei Leerlauf eine Spannungserhöhung. Der Ausgleichstrom ändert sich nur bei einer Änderung des Übersetzungsverhältnisses. Er soll natürlich bei keinem Transformator größer als der Nennstrom sein. Sowohl bei variablem Summenstrom und konstantem $\cos\varphi$ desselben als auch bei konstantem Summenstrom und variablem $\cos\varphi$ desselben ändern sich die Phasenverschiebungswinkel der einzelnen Transformatoren. Daß alle Transformatorenströme gleichen $\cos\varphi$ haben, trifft nur in speziellen Fällen zu. Die Ströme des Transformators mit dem kleinsten Übersetzungsverhältnis weisen, wenn der Summenstrom bei gleichem induktiven $\cos\varphi$ variiert, ein Minimum auf. Bei induktivem Summenstrom belastet sich der Transformator mit der größten Sekundärspannung im allgemeinen prozentuell mehr als der mit der kleineren Sekundärspannung. Im Falle, daß nur 2 Transformatoren mit ungleichem Übersetzungsverhältnis parallel geschaltet werden, sind die Ausgleichströme in Ampere gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

Ein Beispiel, daß man Transformatoren mit ungleichem Übersetzungsverhältnis mit Vorteil parallel schalten kann, zeigt der folgende Fall. Die beiden Transformatoren 1 und 2 genannt, weisen die nachstehenden Daten auf:

Transformator 1	Transformator 2
$e_{r1} = 2$ vH	$e_{r2} = 2$ vH
$e_{k1} = 2{\cdot}5$ vH	$e_{k2} = 4{\cdot}5$ vH
	$\Delta\ddot{u} = 2{\cdot}5$ vH
$L_1 =$ Leistung in kVA	$L_2 = 1{\cdot}5 \times L_1$

In Abb. 5 sind für variablen Summenstrom *J* und einen $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ desselben die Ströme der beiden Transformatoren J_1 und J_2, deren $\cos\varphi_1$ und $\cos\varphi_2$ und der Spannungsabfall *e*, bezogen auf die kleinere Sekundärspannung in Kurven aufgetragen. Aus der Abb. 6 sind die maximalen Werte des Summenstromes *J* und die hiebei auftretenden Ströme J_1 und J_2 in den beiden Transformatoren bei verschiedenem $\cos\varphi$ des Summenstromes zu entnehmen, wobei vorausgesetzt ist, daß keiner der beiden Transformatoren überlastet werden darf. Wenn die Parallelschaltung nur zu Zeiten, wo der im Betrieb befindliche Transformator überlastet werden würde, vorgenommen wird, so ist wegen der Vermeidung der durch die Ausgleichströme verursachten Verluste im Leerlauf der Betrieb einwandfrei. Bei gleichem Übersetzungsverhältnis wäre der Parallelbetrieb der beiden Transformatoren wegen der stark differierenden Kurzschlußspannungen äußerst ungünstig.

Digitized by Google

Sind die Transformatoren nicht unmittelbar nebeneinander aufgestellt, so muß der Ohmsche und induktive Spannungsabfall der Leitungen, bei Kabeln der kapazitive Spannungsabfall, berücksichtigt werden. Die Spannungsabfälle jener Teile der

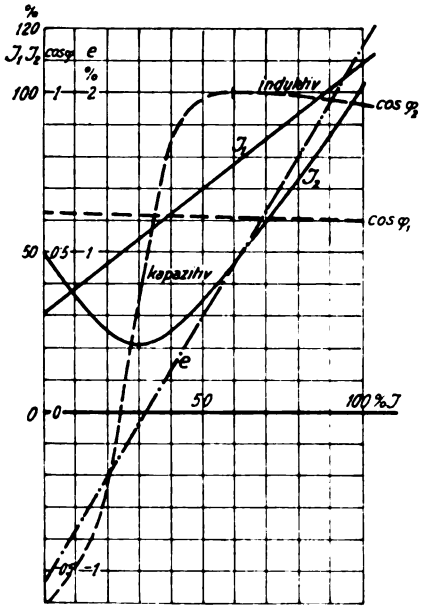


Abb. 5.

Leitungen, welche von dem gleichen Strom, wie ihn einer der Transformatoren führt, durchflossen werden, kann man geometrisch zu dem Spannungsabfall dieses Transformators addieren. Die Spannungsabfälle jener Teile der Leitungen, welche den Summenstrom mehrerer Transformatoren fortleiten, sind sinngemäß geometrisch dem Summenstrom zuzufügen. Zu berücksichtigen ist, daß der Span-

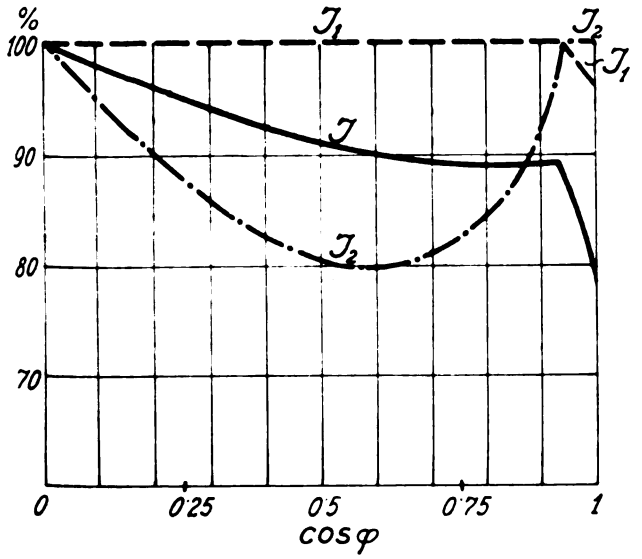


Abb. 6.

nungsabfall der Leitung bei dem 100prozentigen Strom aufzutragen ist. In der Abb. 7 *a* ist das Spannungsdiagramm für einen Fall gezeichnet, daß zwei Transformatoren mit ungleichem Übersetzungsverhältnis über eine Leitung parallel geschaltet sind und daß gleichzeitig an 2 Stellen *b* und *d* (Abb. 7 *d*) Strom entnommen wird. Der Punkt P_0 und mithin der Ausgleichstrom bei Leerlauf wird in schon beschriebener Art in Abb. 7 *a* ermittelt. Der Spannungsabfall der Leitung zwischen den Punkten *a* und *c* wird zum Transformator 1 hinzugefügt (Dreieck $I\,a\,b\,c_1$), und zwar mit Berücksichtigung des Nennstromes des Transformators I. Das Dreieck $I\,a'b'c'$ ist ähnlich dem Dreieck $I\,a\,b\,c_1$. Der prozentuelle Ausgleichstrom des Transformators 1 ist gleich $\frac{I\,a'}{I\,a}$, der des Transformators 2 $\frac{II\,c'}{II\,c_2}$, beide Werte in vH der Nennströme.

Da die Stromabgabe an zwei getrennten Stellen erfolgt, ermitteln wir die Ströme unter der Annahme, daß einmal der Strom J_2 Null ist (Abb. 7 *b*), das

Abb. 7 *d*.

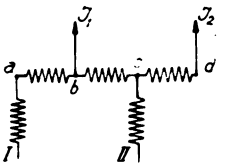
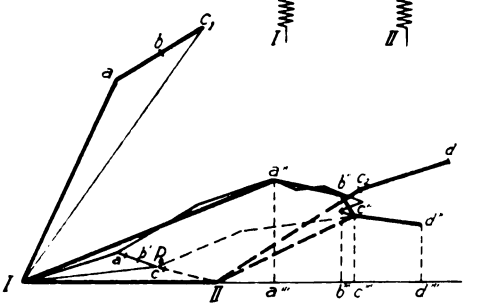


Abb. 7 *a*.



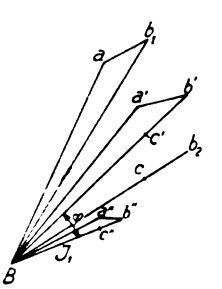


Abb. 7 *b*.

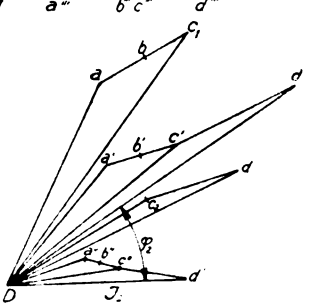


Abb. 7 *c*.

anderemal, daß der Strom J_1 Null ist (Abb. 7 *c*) und summieren die gefundenen Werte zu dem Ausgleichstrom (Abb. 7 *a*). Da wir den Ausgleichstrom, der durch das ungleiche Übersetzungsverhältnis bedingt ist, schon ermittelt haben, ist in den Abb. 7 *b* und *c* das Übersetzungsverhältnis der Transformatoren als gleich anzunehmen.

Wird nur an der Stelle *b* Strom entnommen (Abb. 7 *d*), so ist der Spannungsabfall der Leitung *a b* dem Transformator I, der Spannungsabfall der Leitung *b c* dem Transformator II unter Berücksichtigung der Nennströme zu addieren. Wäre zum Beispiel die Leistung des Transformators II doppelt so groß als die des Transformators I, so müßte die Strecke $c\,b_2$ in Abb. 7 *b* zweimal so groß als $b\,c_1$ in Abb. 7 *a* gemacht werden. In Abb. 7 *b* stellt die Strecke $B\,b_1$ die Kurzschlußspannung und gleichzeitig den Strommaßstab des Transformators I plus Leitungsstrecke *a b*, $B\,b_2$ die Kurzschlußspannung

Digitized by Google

und den Strommaßstab des Transformators II plus der Leitung bc vor. In schon bekannter Art ermitteln wir den Summenstrom Bb'. (Dreieck $Ba'b'$ ist ähnlich Dreieck Bab_1; $Bc'b'$ ist ähnlich Bcb_2.) Für die Belastung im Punkte b mit dem Strom J_1 bei einem $\cos\varphi_1$ (Abb. 7 b) zeichnet man dann das Spannungsabfall-Dreieck $Ba''b''c''$.

Wird nur im Punkte d Strom abgenommen, so ist in Abb. 7 c der Spannungsabfall der Leitung ac dem Transformator I zu addieren, der Summenstrom mit Transformator II zu bilden und zu diesem Summenstrom der Spannungsabfall der Leitung cd bei einer Belastung gleich dem Summenstrom anzureihen. Dc' ist der Summenstrom von Dc_1 und Dc_2. Dreieck $Da'b'c'$ ist ähnlich Dreieck $Dabc_1$. Dreieck $Dc'd'$ ist ähnlich Dreieck Dc_2d. Die Strecke Dd' gibt dann den Maßstab für den Summenstrom im Punkte d und dessen Richtung für $\cos\varphi = 1$. Bei einer Belastung im Punkte d mit einem Strom J_2 bei einem $\cos\varphi_2$ ergibt sich das Spannungsabfall-Vieleck $Da''b''c''d''$.

Werden nun in Abb. 7 a die entsprechenden aus Abb. 7 b und 7 c entnommenen Strecken geometrisch addiert, so ergibt sich das Spannungspolygon $Ia''b''c''II - d''$ für die gleichzeitige Belastung in den Punkten b und d. Der prozentuelle Strom im Transformator I ist gleich $\frac{Ia''}{Ia}$, der Strom im Transformator II gleich $\frac{IIc'}{IIc_2}$. Die $\cos\varphi$ sind mit Hilfe einer auf durchsichtigem Papier gezeichneten $\cos\varphi$-Skala zu ermitteln. Die Projektionen der Punkte a'', b'', c'', d'' auf die Richtung der aufgedrückten Spannung ergeben mit den Strecken IIa''', IIb''', IIc''' und IId''' im Spannungsmaßstab die prozentuellen Spannungsabfälle in den Punkten a, b, c, d, bezogen auf die Leerlaufspannung des Transformators II. $\frac{a''b''}{ab}$ ergibt den prozentuellen Strom in der Leitungsstrecke ab, $\frac{b''c''}{bc_1}$ den prozentuellen Strom in der Leitungsstrecke bc, wobei beide Ströme auf den Nennstrom des Transformators I bezogen sind. Das Verhältnis $\frac{c''d''}{c_2d}$ ergibt den prozentuellen Strom in der Leitungsstrecke cd, bezogen auf den Nennstrom des Transformators II. Die Phasenverschiebungswinkel der Ströme in den einzelnen Leitungsstrecken sind durch die Winkel, welche die Strecken ab und $a''b''$, bc_1 und $b''c''$, sowie c_2d und $c''d''$ einschließen, gegeben und es kann deren $\cos\varphi$ mittels der schon erwähnten $\cos\varphi$-Skala auf durchsichtigem Papier abgelesen werden.

Das vorstehend entwickelte Spannungsdiagramm ist mit den eingangs getroffenen Beschränkungen eine allgemein giltige graphische Ermittlung der Strom- und Spannungsverteilung im Wechselstromnetz.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Schweizer Bahnelektrifizierung und ihre Anwendung auf Österreich.

Von Ing. Dr. Josef **Ornig**, Graz.

Übersicht: Die wichtigsten wirtschaftlichen Ergebnisse der Schweizer Elektrifizierung werden besprochen. Schaubilder über die Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit von der Verkehrsstärke, vom Kohlen- und Strompreis werden gegeben und die Anwendung auf die österr. West- und Südbahn erörtert.

Der Bericht der Schweizer Bundesbahnen für die Basler Weltkraftkonferenz im Jahre 1926 über die Elektrifizierung ihrer Eisenbahnen hat wegen der Fülle des gebotenen technischen und wirtschaftlichen Materiales und wegen der Offenheit der Darstellung berechtigtes Aufsehen erregt. Mit umso größerem Interesse wird man es bei uns, wo die weitere Fortsetzung der Elektrifizierung noch nicht entschieden ist, begrüßen, über neue Erfahrungen auf diesem Gebiete verläßliche Angaben zu erhalten. Diese Aufgabe erfüllt ein Bericht des Sektionschefs der Schweizerischen Bundesbahnen, Ing. Jobin, in der Schweizer Bauzeitung 1928, Band 91, Heft 5 und 6.

Im Nachfolgenden werden einige wichtige Ergebnisse des Schweizer Betriebes mitgeteilt. Die Zahlenangaben sind womöglich je Maßeinheit angeführt und zur Erleichterung des Vergleiches auf die österreichischen Rechnungsgrößen umgerechnet: 1 Frk. = 1·365 S; Steinkohle (7500 Kal.) = = 1·72 Normalkohle der österreichischen Bundesbahnen (4350 Kal.). Es wurden auch die interessanten Schaulinien, welche das Ergebnis der genannten Studie zusammenfassen, entsprechend umgerechnet und für unsere Verhältnisse erweitert.

I.

Zunächst seien einige wichtige Zahlen für das Schweizer Gesamtnetz dargelegt.

Elektrifiziert sind Ende 1927: 1150 Bahn-km bei einer mittleren Verkehrsdichte (einschließlich Lokomotivgewicht) von 7 750 000 tkm pro km und Jahr; Ende 1929 werden 1666 Bahn-km und damit 60 vH des Gesamtnetzes der schweizerischen Bundesbahnen mit 80 vH ihres Verkehres elektrifiziert sein.

Der Betrieb der elektrischen Linien ergab im Jahre 1927 einen Erfolg von etwa 2·3 Mill. S gegenüber dem Dampfbetriebe. Die angelegten Kapitalien[1]) wurden mit 5·5 vH verzinst und entsprechende Rücklagen für die Tilgung des Kapitales in 50 Jahren, unter Hinzurechnung einer Ver-

[1]) Davon sind 6·7 vH als Beihilfe des Bundes (Bekämpfung des Arbeitsmangels) abgeschrieben; siehe hingegen Fußnote [4]).

Digitized by Google

zinsung des Tilgungsfonds von 3·5 vH, berücksichtigt. Der Kohlenpreis (4350 Kal.) beträgt gegenwärtig ab Grenze waggonverladen 30 S/t.

Lokomotiven: Die mittleren Anhängegewichte erreichen pro Dampflokomotive im Liniendienste 210 — 237, bei elektrischen Lokomotiven 293 — 306 t, also um etwa 30 vH mehr.

Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit in Mill. Anhänge-tkm/Jahr ergibt:

Dampflokomotiven	beste Type aus dem Jahre 1913	12
	neueste Konstruktion	15
Elektrolokomotiven		rd. 20[2])

Es sind daher 100 Dampflokomotiven des Jahres 1913 etwa 65 Elektrolokomotiven, bezw. 100 Dampflokomotiven modernster Konstruktion etwa 80 Elektrolokomotiven gleichwertig.

Die Kosten des Unterhaltes betrugen im Jahre 1926 für die Dampflokomotiven 48 g je gefahrenem Kilometer und für die Elektrolokomotiven 41 g, also um 14 vH weniger.

Die Kosten einer modernen Dampflokomotive werden mit etwa 340 000 S, die einer elektrischen Lokomotive mit zirka 600 000 S[3]) angegeben.

Die Personalersparnis betrug im Jahre 1927 etwa 18 Mill. S; im Jahre 1913 standen 8886 Mann mit einer 10 — 10½-stündigen Arbeitszeit im Dienste, hingegen im Jahre 1927 bei annähernd gleicher Verkehrsstärke 8116 Mann bei achtstündiger Arbeitszeit.

Die Ersparnisse für Wasser, Schmiermittel, Minderkosten an Kohlenwagen, Unterhalt des Bahnkörpers, besonders in den Tunnels, betrugen über 1·6 Mill. S.

Die Ersparnis an Reisezeit durch die höhere Geschwindigkeit der elektrischen Lokomotiven im Anfahren und auf Steigungen ergab sich mit etwa 20 vH.

Die Unterhaltskosten für Fahrleitungen sanken in den Jahren 1924, 1925, 1926 von 890 auf 860 und 790 S pro Geleise-km.

Tafel 1. Gesamtkosten der Schweizer Elektrifizierung in S/km:

	Jahr	Bahn-km	mit Bahnkraftwerke	ohne Bahnkraftwerke	ohne Bahnkraftwerke u. Übertrg. Leitungen
bei heutigen Preisen	1927	1150	510 000	355 000	324 000
	1929	1666	445 000	330 000	304 000
Tatsächlicher Aufwand	1929	1666	560 000	425 000	375 000

Tafel 1 zeigt die Gesamtkosten der Elektrifizierung je km mit und ohne Bahnkraftwerke und zwar für das Jahr 1927 und 1929. Die Vergrößerung des Netzes bringt eine Verbilligung einschließlich der Bahnkraftwerke von 13 vH, ohne Bahnkraftwerke von 7 vH, ohne Übertragungsleitungen von 6 vH, ein Beweis, daß in allen Fällen, wo die Ausnützung der Wasserkraftanlagen nicht sichergestellt ist, eine eigene Stromversorgung die Wirtschaftlichkeit erschwert. Besonderes Interesse verdienen die Gestehungskosten auf Grund der heutigen Preise und der heute vorliegenden Erfahrungen (praktisch bewährte vereinfachte und verbilligte Ausführung): sie liegen um 20 vH unter den bisherigen Gestehungskosten[4]).

II.

Obige Erfahrungswerte wurden für die Schaulinien der Abb. 1 und 2 ausgewertet[5]). Sie sollen einen raschen Überblick der Abhängigkeit von Bau- und Betriebskosten gegenüber der Verkehrsstärke bei verschiedenen Strompreisen und Kohlenkosten geben. Behandelt werden bahneigene Kraftwerke (Fall I), ein Strombezug von fremden Energiequellen (Fall II), dann ohne eigene Übertragungsleitungen, also vor dem eigenen Unterwerk (Fall III) und schließlich beim Austritt aus dem fremden Unterwerk in der für die Speisung der Fahrleitung notwendigen Spannung (Fall IV).

Die Steigerung des Anlagekapitales (Abb. 1) mit der Verkehrsstärke ist der Einfachheit halber nur in den Triebfahrzeugen berücksichtigt, während die Kosten der Streckenausrüstung, Energieübertragung und der Kraftwerke konstant angenommen werden. Man findet hier zum Beispiel im Einklang mit der obigen Zahlentafel als Anlagekapital für das Schweizer Netz ein-

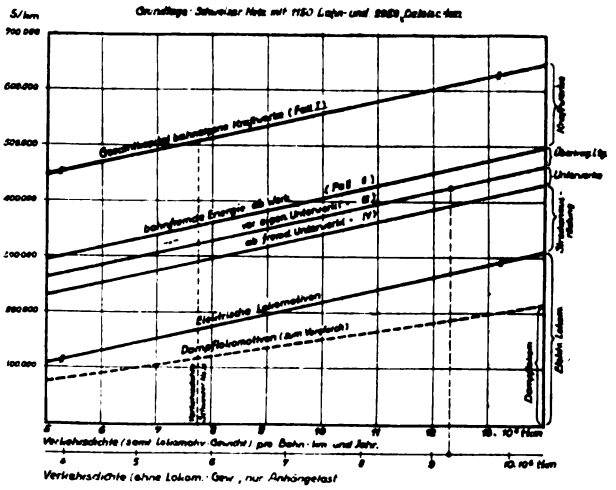


Abb. 1. Anlagekapital der Schweizer Bahnelektrifizierung pro Bahn-km in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke.

[2]) Aus den Schweizer Angaben errechnet mit 19 bis 21.

[3]) Vergleichsweise wird als Mittelpreis für österr. Elektrolokomotiven S 450 000 angegeben, also um zirka 25 vH weniger.

[4]) Ein Großteil der Bauten wurde bei einem wesentlich höheren Index erstellt.

[5]) Die Schaulinien wurden für eine erhöhte Verkehrsdichte (von 10 auf 13 Mill. btkm pro km und Jahr samt Lokomotivgewicht) erweitert.

Digitized by Google

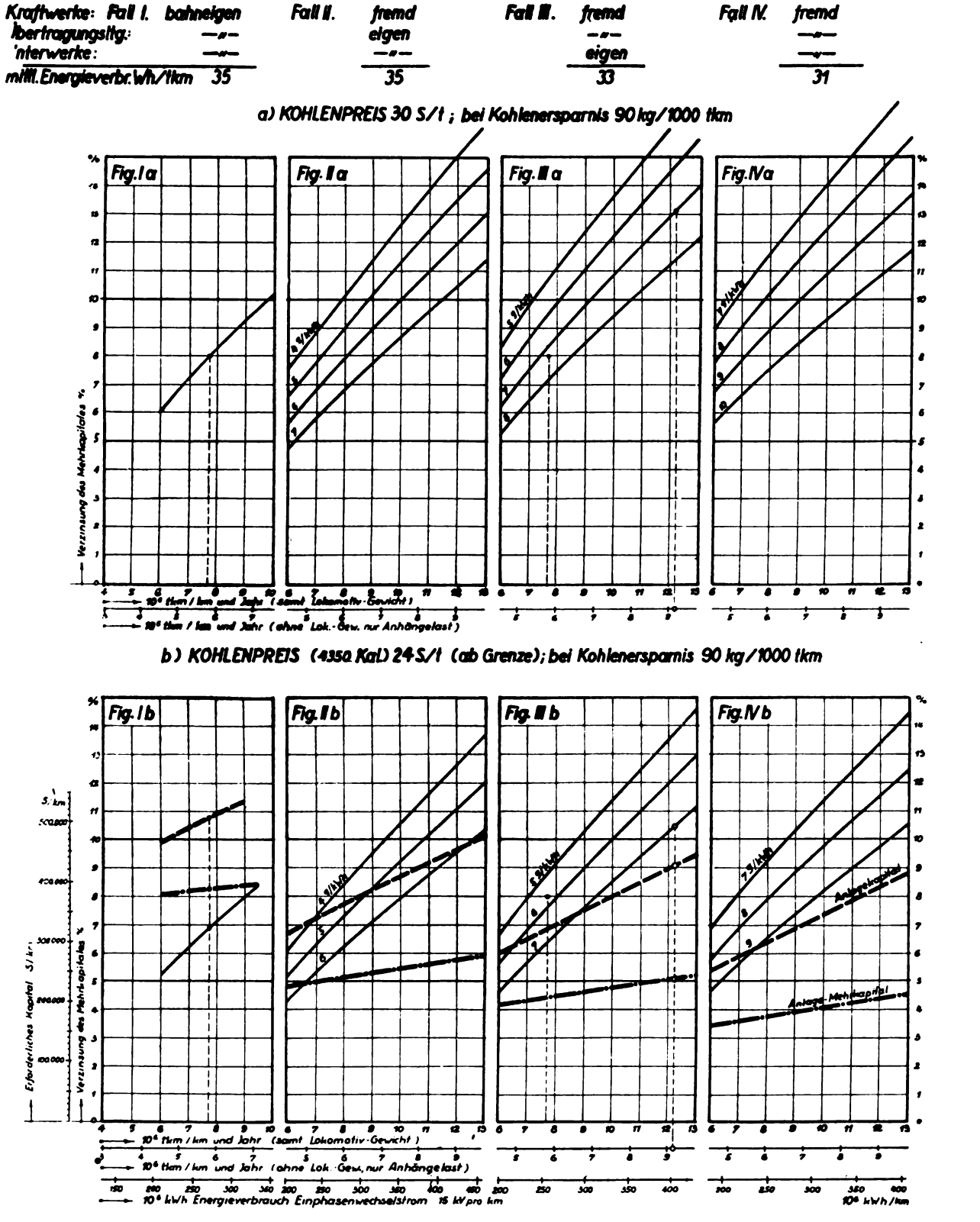


Abb. 2 *a, b.* Wirtschaftlichkeitsvergleich eines Schweizer Bahnnetzes von 1150 Bahn- und 2950 Geleise-km mit elektrischem und Dampfbetrieb.

(Samt Lokomotivgewicht.)

schließlich Kraftwerke bei einer jährlichen Verkehrsdichte einschließlich Lokomotivgewicht je km von etwa 7·75 Mill. tkm (Abszisse) 510 000 (Ordinate), bei Fremdbezug ohne Übertragungsleitung (Fall III) 324 000 S/km.

In Abb. 1 ist auch das Anlagekapital moderner

Digitized by Google

Dampflokomotiven eingetragen, die zur Bewältigung desselben Verkehres erforderlich sind (strichlierte Linie). Das gesamte Anlagekapital, (strichlierte Linie) sowie das erforderliche Mehrkapital gegenüber dem gleichwertigen Dampfbetrieb (strich-punktierte Linie) findet man auch, Bericht angenommene Grenzpreis von 24 S/t zu Grunde[7]); die Kurven behandeln die Stromkosten je kWh, wobei als Energiebedarf auf Grund der Schweizer Betriebserfahrungen 35 Wh/tkm einschließlich Lokomotivgewicht, gemessen ab Werk, 33 Wh/tkm vor, und 31 Wh/tkm ab Unterwerk

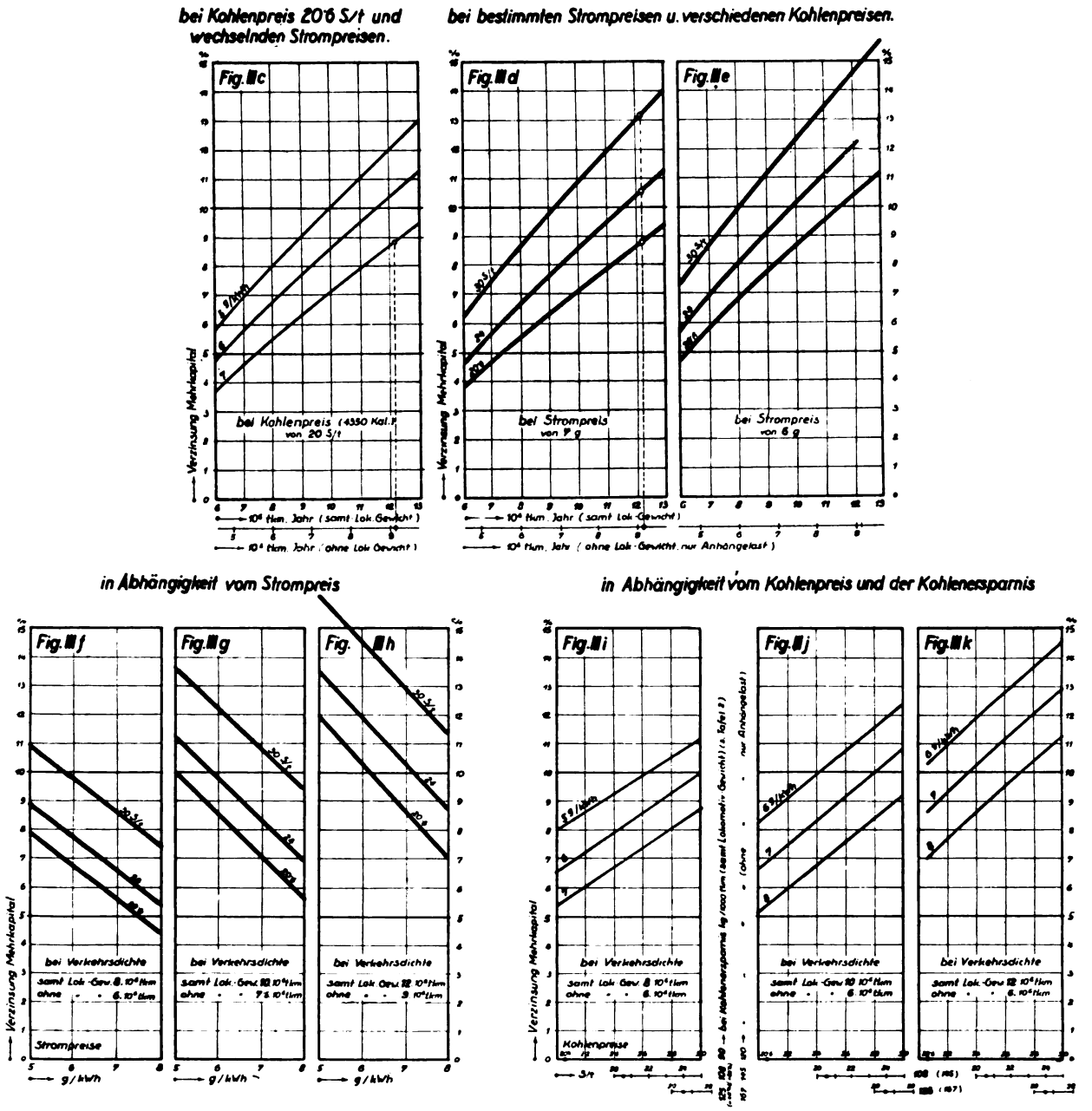


Abb. 2 *c*. Fall III. Strombezug vom eigenen Unterwerk.

aufgeteilt auf die Fälle I—IV in den Fig. I *b* — IV *b* der Abb. *2 b*.

Abb. *2 a, b*, bringt die Verzinsung (Ordinate) dieses für die Elektrifizierung aufzuwendenden Mehrkapitales in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte (Abszisse): Rücklagen für die Tilgung und Erneuerung sind in den Betriebskosten berücksichtigt. Der Abb. *2 a* liegt der gegenwärtige Schweizer Kohlenpreis (4350 Kal.) ab Grenze[6]) von 30 S/t, der Abb. *2 b* der im Schweizer angenommen sind (siehe auch Abszissenmaßstab Abb. *2 b*).

In der Abb. *2 c* wurde der Fall III, das ist Strombezug aus fremden Energiequellen vor dem eigenen Unterwerk, herausgegriffen und auf die

[6]) Die Kosten des Kohlentransportes und der Manipulation sind in dem Posten „Personal" berücksichtigt.

[7]) Die österr. Bundesbahnen rechnen nur mit 20·6 S/t, also 31 vH unter dem gegenwärtigen Schweizer Preis, bezw. 14 vH unter dem von den Schweizern angenommenen tiefsten Preis.

Digitized by Google

Kohlenpreisannahme der österreichischen Bundesbahnen von 20·6 S/t[7]) erweitert, um den Vergleich mit unseren Verhältnissen zu erleichtern. Fig. III *c* entspricht den Fig. III *a*, *b*; im weiteren sind in den Fig. III *d*, *e* bei bestimmten Strompreisen (7 und 6 g/kWh) die Kohlenpreise variiert (starke Linien), dann in den Fig. III *f*, *g*, *h* bei bestimmter Verkehrsdichte (8, 10 und 12 Mill. tkm) die Kohlenpreise (starke Linien) in Abhängigkeit von den Strompreisen und schließlich in den Fig. III *i*, *j*, *k**) die wechselnden Strompreise in Abhängigkeit von den Kohlenpreisen dargestellt; die Kohlenpreise der Fig. III *i*, *j*, *k* wechseln außerdem nach der Kohlenersparnis (kg Kohle/1000 tkm), womit auch Gebirgsstrecken mit relativ höherem Kohlenverbrauch behandelt werden können.

Wir wollen nun die Anwendung dieser Schaulinien zeigen.

Fig. I *b* (bahneigene Kraftwerke) ergibt für das elektrifizierte Schweizer Gesamtnetz bei einer jährlichen Verkehrsdichte (samt Lokomotivgewicht) je km von 7·75 Mill. tkm als Mehrkapital gegenüber einem neuzeitlichen Dampfbetrieb 391 000 S/km und ermöglicht bei gleich hohen Betriebskosten die Verzinsung des Anlagekapitales mit etwa 8 vH (Fig. 1 *a*); ein Kohlenpreis von 24 S/t (Fig. I *b*) würde unter denselben Verhältnissen eine Verzinsung von etwa 7 vH und erst bei einer Steigerung des Verkehres um rund 20 vH von etwa 8 vH zulassen.

Der Fall III (Fremdbezug vor dem eigenen Unterwerk) ergibt für das Schweizer Gesamtnetz als Anlagekapital nur 206 000 S/km, (Fig. III *a*) also fast die Hälfte gegenüber Fall I (bahneigene Kraftwerke) und bei einer 8 vH Verzinsung und den heutigen Schweizer Kohlenpreisen (30 S/t) noch als zulässigen Strompreis über 7 g/kWh, bezw. bei einer Verkehrssteigerung um 20 vH etwa 9 g/kWh. Sinkt der Kohlenpreis auf 24 S/t (Fig. III *b*), so betragen die Grenzstrompreise bei dieser Verzinsung und beim heutigen Verkehr über 5 g/kWh, bei einer 20 vH Verkehrssteigerung etwa 6·5 g/kWh.

III.

Der Schweizer Verfasser zeigt weiters, wie diese Kurven mit gewisser Vorsicht auch für andere, ähnliche Strecken angewendet werden können, so daß ein Vergleich mit unseren österreichischen Verhältnissen naheliegt. Es sei jedoch ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß solche Vergleiche stets schwierig und gewagt sind, und daß eine Verallgemeinerung von anderwärts gewonnenen Erfahrungen oft zu voreiligen und unsachlichen Schlußfolgerungen verleitet. Man muß sich auch vergegenwärtigen, daß die Schweiz in ihrer über zehnjährigen Bautätigkeit schon den Hauptteil ihres Bahnnetzes elektrifiziert hat, was besonders im nördlichen Teil eine weitgehende Vermaschung der Linien und damit eine bessere Ausnützung der Kraftwerke, Übertragungsleitungen, sowie der Aufwendungen in den Betriebsknotenpunkten (Unterwerke, Werkstätten, Bahnhofanlagen usw.) ermöglicht. Wir in Österreich studieren hingegen vorläufig Teilstrecken, die in der Länge kaum ein Viertel des elektrifizierten Schweizer

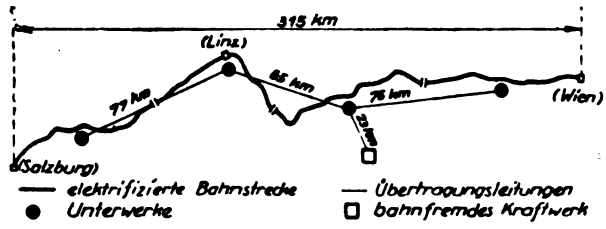
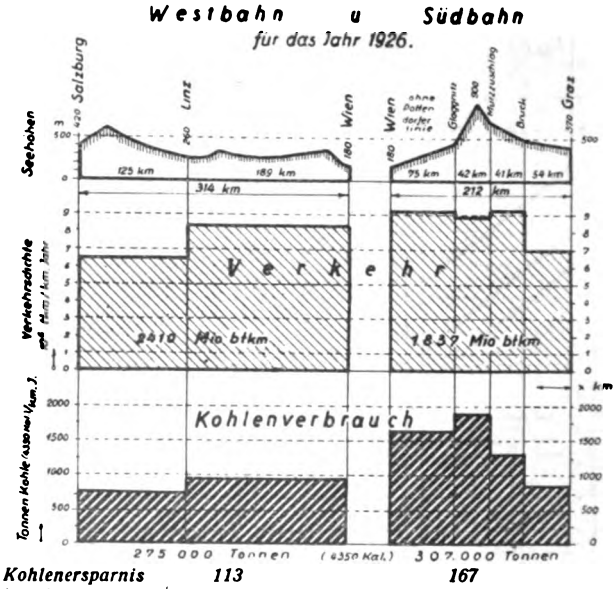


Abb. 3. Schweizer Beispiel.

Netzes erreichen und daher etwa mit den Schweizer Betriebsergebnissen des Jahres 1923 verglichen werden müßten, die ja bekanntlich erst in den letzten Jahren aktiv geworden sind. Diese im Wesen der Sache liegende anfängliche Schwierigkeit jeder Elektrifizierung wird bei uns noch durch einen für die Zukunft zweifellos unhaltbaren Tiefstand der Kohlenpreise verschärft.

Unser Vergleich wird jedoch dadurch erleichtert, daß Ing. Jobin selbst ein „Beispiel" (Abb. 3) behandelt, das von den Grundlagen des großen Schweizer Netzes stark abweicht und eine verblüffende Ähnlichkeit mit der umstrittenen Linie Salzburg—Wien hat[8]); Jobin beweist nun überraschend, daß seine Kurven selbst für einen solchen Sonderfall annähernd gelten.



Österr. Gesamtnetz: Länge 4874 km; Verkehr 14024 Mill. btkm; Kohlenverbrauch 2 113 500 t; Kohlenersparnis 145 kg/1000 tkm.

Abb. 4. Verkehr und Kohlenverbrauch der österreichischen Westbahn und Südbahn.

(Alle Verkehrswerte gelten ohne Lokomotivgewicht, beziehen sich daher auf „Anhängelast".)

Tafel 2 bringt eine Analyse der grundlegenden Vergleichswerte, um den Leser auf die Unterschiede der einzelnen Fälle aufmerksam zu machen. Angeführt sind zunächst die Zahlen für das gesamte Schweizer Netz 1927, aus denen ja die Kurven

*) In Fig. III *j* soll es richtig heißen: „ohne Lok.-Gew. $7{\cdot}5 \cdot 10^6$ tkm", in Fig. III *k* „ohne Lok.-Gew. $9 \cdot 10^6$ tkm".

[8]) Die Skizze mit Längenangaben ist dem Aufsatz Jobin entnommen, die Ortsangaben (Wien, Linz, Salzburg) wurden vom Berichterstatter eingefügt.

Digitized by Google

abgeleitet wurden, weiters für das erwähnte „Schweizer Beispiel" und schließlich für die österreichische West- (Salzburg—Wien) und Südbahnstrecke (Wien—Graz) [9]) auf Grund des gegenwärtigen und eines um 20 vH gesteigerten Verkehrs. Die schematische Darstellung der Neigungs- und Verkehrsverhältnisse, sowie des Kohlenverbrauchs auf der österreichischen West- und Südbahn soll die Unterschiede der beiden österreichischen Strecken anschaulich machen (Abb. 4).

Tafel 2. Grundlagen der verglichenen Bahnstrecken:

Streckenlängen in km:

	Bahn-km	Geleise-km	Geleise-km pro Bahn-km
Schweiz, Ende 1927 . .	1150	2950	2·6
Schw. „Beispiel"	315	810	2·6
Salzburg-Wien	314	815	2·7
Wien-Graz	212		

Verkehrsdichte pro km und Jahr[10]):

	Mill. Anhg. t	Mill. Ges. t samt Lokom.
Schweizer Netz	5·8	7·75
Schw. „Beispiel"	6·4	8·6
Salzburg-Wien 1926	7·7	rd. 10·3
(Verkehr + 20 vH)	(9·2)	„ (12·2)
Wien-Graz	8·7	„ 11·6
(Verkehr + 20 vH)	(10·5)	„ (14·0)
Österr. Gesamtnetz	3·0	„ 4·0

Kohlenverbrauch pro km und Jahr:
(4350 Kalorien.)

	t	Kohlenersparnis je Verkehrsdichte in kg/1000 t-km Anhänge-	Gesamtverkehr
Schweizer Netz	680	118	88
Schw. „Beispiel"	770	120	90 [a])
Salzburg-Wien BB [c]) . .	870	113	rd. 85
(Verkehr + 20 vH) . . .	(1000) [b])	(108)	„ (82)
Wien-Graz	1450	167	„ 125
(Verkehr + 20 vH) . . .	(1680) [b])	(160)	„ (120)
Österr. Gesamtnetz . .	435	145	„ 108

Mittlere Kohlentransportweite in km:
(Grenze bis Verbrauchsschwerpunkt.)
Schw. „Beispiel" . . . 100 km
Salzburg-Wien . . . . 119 km

Energiebedarf vor Unterwerk in Wh/tkm:
(Fall III.)

	je Anhänge-	samt Gesamtgewicht
Schweizer Netz	44	33
Salzburg-Wien, BB [c])	41	rd. 31

Unterwerke:

Schweizer Netz	Anzahl	18	je	64	Bahn-km je	164 Geleise-km
Schw. „Beispiel"	„	4	„	79	„ „	202 „
Salzbg.-Wien, BB [c])	„	6	„	53	„ „	136 „
Salzbg.-Wien, El [c])	„	5	„	63	„ „	163 „

Jahresleistung der Elektrolokomotiven:

Schweiz . . . . . rd. 20 Mill. Anhg.-t-km, { bezw. 28 Mill. Gesamt-t-km

Salzburg—Wien, BB [c]) 15 „ „
(Verkehr 1926 + 20 vH) 16·5 „ „

[a]) Aus Tabelle 13 errechnen sich 100 kg/1000 tkm.
[b]) Nach der Berechnung der Bundesbahnen +16 vH.
[c]) BB = Berechnung der österr. Bundesbahnen, El = der österr. Elektroindustrie.

[9]) Zur Erleichterung des Vergleiches ohne Pottendorfer Linie.

[10]) Die österr. Angaben gelten ohne Lokomotivgewicht, beziehen sich also auf „Anhängelast", die Umrechnung auf „Gesamt-t" erfolgte nach dem Schweizer Verhältnis: Gesamtlast × 0·75 = Anhängelast.

Der Vergleich zeigt, daß die Verkehrsdichte der österreichischen Westbahn schon gegenwärtig um mehr als 30 vH, der Südbahn um 50 vH über dem Schweizer Mittel liegt. Aus diesem Grunde wurde auch der Bereich der Schaulinien über die im Schweizer Vorbild gegebene größte Verkehrsdichte erweitert.

Bezüglich der Kohlenersparnis fällt auf, daß der Schweizer Wert von rund 120 kg je 1000 tkm Anhängelast höher ist als die aus den östereichischen Angaben für die Westbahn (Flachstrecke) mit rund 110 t errechnete Ziffer, obwohl die Schweizer mit den modernsten Dampflokomotiven, die österreichischen Bundesbahnen hingegen mit dem gegenwärtigen, zum Teile veralteten Lokomotivpark rechnen; der österreichische Wert der Südbahn (Gebirgsstrecke) liegt allerdings mit etwa 167 t bedeutend über dem Schweizer Mittel (siehe auch Tafel 3).

Wir folgen nun der Schweizer Berechnung des erwähnten „Schweizer Beispiels", setzen jedoch die entsprechend erhöhten Werte für die Strecke Salzburg—Wien ein. Außerdem wählen wir die Annahmen unserer Bundesbahnen, das ist Kohlenpreis 20·6 S/t ab Grenze, Strompreis 7 g/kWh vor dem eigenen Unterwerk (Fall III). Nach Jobin genügen vier Unterwerke mit je 3 × 4000 kVA Installation, die nach beiden Seiten je 40 km speisen, da die Schweizer Bundesbahnen die rund 40 Bahn-km lange Strecke Olten—Basel bei einem noch etwas erhöhten Verkehr anstandslos betrieben haben.

Tafel 3. Anlagekapital und Wirtschaftsvergleich für die Strecke Salzburg — Wien.

in Schilling umgerechnet nach dem Schweizer Beispiel (Schw. BZ, S. 74, Tab. 15, 16).

Grundlagen: 314 Bahn-km mit 815 Geleise-km
Verkehrsdichte Betriebjahr 1926 + 20 vH:
Anhängelast = 9·2 tkm/km/Jahr;
Gesamtlast (samt Lokom.) rd. 12·2 Mill. tkm/km/Jahr;
Fall III: Strombezug vom eigenen Unterwerk;
Strompreis 7 g/kWh;
Kohlenpreis (4350 Kal.) 20·6 S/t ab Grenze.

Anlagekapital:

		davon abnützbarer Anteil
4 Unterwerke	8 000 000	(5 000 000)
Streckenausrüstung Fahrltg.	20 000 000	(18 000 000)
Aenderg.	19 000 000	
Elektr. Triebfahrzeuge 148 St.	90 000 000 [a])	(90 000 000)
Summe (nach Schw. Erfahrungen ausreichend)	137 000 000	(113 000 000)
Unvorhergesehenes	8 000 000	
Gesamtsumme . . .	145 000 000	
davon ab Dampflokm. 185 St.	64 000 000 [a])	(64 000 000)
Mehrkapital		
ohne Unvorhergesehenes	73 000 000	(49 000 000)
mit Unvorhergesehenem	81 000 000	

Digitized by Google

Mehrkosten im Betrieb:		
Rücklagen für Tilgung Mehrkapital 50 Jahre, Verzinsung 3·5 vH, Erneuerung abnützbarer Teile	1 600 000 a)	
Personal-Unterhalt	1 000 000	
Stromkosten 122 Mill. kWh zu 7 g	8 500 000	11 100 000
Ersparnisse im Betrieb:		
Kohlen 340 000 t zu 20·6 S/t	7 000 000	
Zugs-Fahr-Depotpersonal .	7 500 000 b)	
Unterhaltskosten Rollmaterial	2 500 000 b)	
Wasser usw.	600 000	17 600 000
ergibt Ersparnis		6 500 000
dadurch Verzinsung des Mehrkapitals ohne Unvorhergesehenes		8·9 vH
mit Unvorhergesehenem		8·0 vH

a) Die Ziffern erniedrigen sich, wenn man die österr. Gestehungskosten zugrunde legt.
b) Nach Schw. Bauzeitung, S. 73, Tab. 13 und 16.

Nach der Berechnung der Tafel 3 müßte die Elektrifizierung der Strecke Salzburg—Wien mit rund 137 Mill. S, einschließlich rund 5 vH für Unvorhergesehenes, um höchstens 145 Mill. S durchgeführt werden können. Das entsprechende Mehrkapital gegenüber einem neuzeitlichen Dampfbetriebe beträgt rund 73 bzw. mit Unvorhergesehenem 81 Mill. S. In Abb. 1 und Abb. 2 (Fig. III *b*) finden wir in guter Übereinstimmung als Gesamtkapital 430 000 × 314 = 136 Mill. S bzw. als Mehrkapital 240 000 × 314 = 76 Mill. S. Bekanntlich rechnen unsere Bundesbahnen als Gesamtaufwand 200, die Elektroindustrie 150 Mill. S. Die Ursache dieses Unterschiedes liegt, abgesehen davon, daß die Schweizer Berechnungen Bauleitung und Zwischenzinsen nicht besonders ausweisen, im wesentlichen im folgenden: Jobin hält, wie erwähnt, vier Unterwerke für ausreichend, die österreichische Elektroindustrie hat fünf, die Bundesbahnen haben sechs Unterwerke angenommen, doch hat dies auf das Ergebnis fast keinen Einfluß; auch bei der Streckenausrüstung ergibt sich in der Post „Fahrleitung" kein wesentlicher Unterschied, hingegen schreiben die Schweizer von den Umänderungskosten der Kabelung der staatlichen Schwachstromleitung etwa ein Drittel zu Lasten der staatlichen Telephon- und Telegraphenverwaltung. Die größere Zahl von Elektrolokomotiven (174 gegenüber 148 Stück) wird durch den geringeren Gestehungspreis der österreichischen Maschinen wettgemacht. Schließlich fehlen in der Schweizer Aufstellung Posten für elektrische Zugsbeleuchtung, Personalhäuser, Werkstätten usw., jedenfalls weil diese Aufwendungen zum Teile nicht mit der Elektrifizierung direkt zusammenhängen, sondern nur indirekt von dieser veranlaßt werden, zum Teile wohl auch, weil diese Kosten bei der Elektrifizierung größerer vermaschter Netze weniger in Betracht kommen. Wenn man auch von diesen auseinandergehenden Auffassungen über die Art einer gerechten „Kontierung" absieht, so scheint dieser Vergleich denn doch zu bestätigen, daß der Ausbau Wien—Salzburg bei sparsamer Ausführung Ersparnisse gegenüber dem vorliegenden, äußerst „vorsichtigen" Kostenanschlag der österreichischen Bundesbahnen bringen kann.

Bei der Ertragsrechnung wollen wir uns nochmals daran erinnern, daß die Schweizer Berechnungsmethode nur das „Mehrkapital" gegenüber einem neuzeitlichen Dampfbetriebe verzinst, während die österreichischen Bundesbahnen den Vergleich mit dem gegenwärtig verwendeten, zum Teile veralteten Dampfbetriebe ziehen; doch anerkennen auch die österreichischen Bundesbahnen die Berechtigung jener Methode, sie wird sogar in der Denkschrift vom Jänner 1928 (Seite 33) als für die Elektrifizierung ungünstig bezeichnet.

In Tafel 3 finden wir die Mehrkosten des elektrischen Betriebes (einschließlich Tilgung des Kapitals und entsprechender Rücklagen für die der Abnützung unterworfenen Teile) den dadurch ermöglichten Ersparnissen gegenübergestellt. Die Strommenge deckt sich annähernd mit den Annahmen der Bundesbahnen (122 gegenüber 118 Mill. kWh), hingegen scheint, wie schon oben erwähnt, die geringe Kohlenmenge der Bundesbahnen mit 314 000 t unerklärlich, da die Schweizer trotz der Zugrundelegung von modernen Dampflokomotiven auf 340 000 t kommen.

Es verbleiben 6·5 Mill. S zugunsten der Elektrifizierung, was eine Verzinsung des Anlagemehrkapitals von 8·9, bzw. 8 vH ermöglicht. Überprüft man dieses Rechnungsergebnis nach der Fig. III *c* in Abb. 2 *c*, so finden wir damit in guter Übereinstimmung eine Verzinsung von 8·8 vH. Um nun zu zeigen, wie rasch und übersichtlich diese Kurven die Abhängigkeit des Ergebnisses bei einem Wechsel von „Kohlenpreis, Verkehrsstärke und Strompreis" anzeigen, wollen wir auf Fig. III *b* in Abb. 2 *b* hinweisen, nach welcher bei einem Kohlenpreis von 24 S/t, dem von den Schweizern überhaupt angenommenen tiefsten Grenzpreis, sich die Verzinsung auf 10·5 vH, und auf Fig. III *a*, Abb. 2 *a*, nach welcher bei dem gegenwärtigen Schweizer Kohlenpreis von 30 S/t die Verzinsung sich auf 13·1 vH erhöht. Diese Abhängigkeit überblickt man auch gut in Abb. 2 *c*, Fig. III *d*. Die Einzelberechnung der Tafel 3 besagt daher im Einklang mit dem Ergebnis der Schaulinien, daß auch bei den Annahmen unserer Bundesbahnen bezüglich Kohlen- und Strompreis der elektrische Betrieb auf der österreichischen Weststrecke in der Lage sein müßte, den erforderlichen Kapitalsmehraufwand zu verzinsen.

Es dürfte weiters die Frage interessieren, welches wirtschaftliche Ergebnis sich bei dem um etwa 30 vH höheren Kostenvoranschlag der österreichischen Bundesbahnen auf Grund der Schweizer Rechnungsart einstellen würde. Die Nachrechnung ergibt in dem hier in Frage kommenden Bereich eine Verringerung der erreichbaren Verzin-

Digitized by Google

sung gegenüber den ausgewiesenen Werten um rund 2 bis 3 vH[11]).

Schließlich sei ein flüchtiger Hinweis auf die österreichische Südbahn erlaubt.

Die Verkehrsstärke dieser Linie vom Jahre 1926 liegt um 50 vH höher als im Schweizer Netz und um 13 vH höher als auf der Strecke Salzburg—Wien. Der Semmering ist weiters als Gebirgsstrecke besonders kohlenfressend, wie ein Blick auf Abb. 4 lehrt; die erzielbare „Kohlenersparnis" der Südbahn ist um rund 45 vH höher wie auf der Westbahn[12]), wozu noch die größere Transportweite der Kohle kommt.

Wenn wir daher für diesen Fall die Schweizer Kurven anwenden, so müssen wir Fig. III *i*, *j*, *k* in Abb. 2 *c* benützen, in welchen der Kohlenpreis in Abhängigkeit von der „Kohlenersparnis" aufgetragen ist und wodurch die Vorteile einer Gebirgsstrecke gegenüber dem in den übrigen Figuren berechneten „durchschnittlichen Kohlenverbrauch" zum Ausdruck kommen. Der unterste Abszissenmaßstab entspricht annähernd der hier errechenbaren Kohlenersparnis (samt Lokomotivgewicht) von 125 kg/1000 tkm, die um 40 vH über dem Schweizer Mittel liegt. Der Kohlenpreis der österreichischen Bundesbahnen von 20·6 S/t und der Strompreis von 7 g/kWh ergeben schon bei der gegenwärtigen Verkehrsdichte (ohne Zukunftssteigerung) der Fig. III *k* (Abb. 2 *c*) von 12 Mill. tkm eine Verzinsung von über 12 vH! Schon dieser Hinweis allein beweist, wie überragend günstig die Südbahnlinie für die Elektrifikation geeignet ist.

(Eingelangt Ende Februar 1928.)

[11]) Die Vergleichsrechnung zeigt, daß eine proportionale Erhöhung der Verkehrsdichte die Wirtschaftlichkeit etwa in dem selben Maße erhöht, als sie durch eine prozentuell gleichwertige Erhöhung der Anlagekosten erniedrigt wird. Da nun zwischen der Schweizer Berechnung der Verkehrsdichte (einschließlich Lokomotivgewicht) und der österreichischen (nur Anhängelast) annähernd das umgekehrte Verhältnis wie zwischen der Kostenberechnung der österreichischen Bundesbahnen gegenüber den Schweizer Ansätzen besteht, so kann man annähernd, um mit den Werten der österreichischen Bundesbahnen zu rechnen, die österreichischen Verkehrsangaben auf den Schweizer Abszissenmaßstab samt Lokomotivengewicht beziehen.

[12]) Dies beweist auch: *a*) Das Verhältnis Kohlenverbrauch zu Stromverbrauch; auf der Westbahn ersetzt 1 kWh 2·3 kg, auf der Südbahn 3·5 kg Kohle (+ 53 vH) (Strombedarf nach Dittes in Ornig, „Energiewirtschaft" 1926, Seite 139. — *b*) Das Verhältnis Nutz-km zu Lokomotiv-km ist auf der Südbahn 100 : 165, am Semmering sogar 100 : 200, hingegen im österreichischen Gesamtnetz 100 : 155, worin die große Belastung der Südbahn durch Unterdampfhalten, Leerfahrten und Vorspanndienste zum Ausdruck kommt.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die Entfernung der Flugasche bei Kohlenstaubkesseln. W. A. Smith. Infolge der Feinheit des Brennstoffes fällt bei staubgefeuerten Kesseln der größte Teil der Schlacke (über zwei Drittel) in Form von Flugasche an, die sich teilweise im Kessel ablagert und die Heizfläche verschlechtert, teilweise beim Schornstein hinausfliegt und zur Plage der Umgebung wird. Die Größe der Flugaschenkörner, die natürlich sehr von der Art des Brennstoffes abhängt, schwankt im allgemeinen zwischen 0·035 und 0·005 mm. Zur Bekämpfung der Flugasche sind vorläufig drei Mittel bekannt: Rußbläser, Flugaschensauger und Filter. Die Entfernung des Aschenstaubes aus dem Kessel durch erhöhten Zug ist kein geeignetes Mittel, da der Staub beim Kamin herausfliegt. Besser sind die auch am häufigsten angewandten, mit Dampf betriebenen Rußbläser. Der in den toten Ecken der Kesselzüge liegende Staub und Ruß wird am besten mit Hilfe einer ortsfesten Sauganlage entfernt, die nach dem bekannten Prinzip des Staubsaugers arbeitet. Die Flugasche wird in großen Behältern abgeschieden und fallweise abtransportiert. An Stelle der in den Zügen fest eingebauten Absaugrohre werden auch solche verwendet, die mit Schläuchen an die in der Nähe der Absaugstellen liegenden Enden der Vakuumleitung jeweils anzuschließen sind.

Zur Entstaubung der abziehenden Rauchgase verwendet man Staubabscheider, die im wesentlichen aus einem ringförmigen Kanal bestehen, den die Rauchgase durchstreichen. Infolge der Zentrifugalkraft werden die Staubteilchen an die äußere Wand des Ringes geworfen und fallen von da in einen Trichter, von wo sie entweder abgeblasen oder abgesaugt werden. Ein Teil der Rauchgase tritt mit dem Staub durch das Ausfallgehäuse und wird von dort wieder mittels einer kurzen Leitung dem Ringkanal zugeführt. Der starken Abnützung der Wände durch die ausgeschiedene Flugasche begegnet man durch Verwendung von legierten Stahlplatten. Der Hauptvorteil dieses Abscheiders ist der geringe Zugverlust, den er verursacht. Bei rostgefeuerten Kesseln wird damit fast eine vollständige Entstaubung der Abgase erreicht, bei staubgefeuerten Kesseln ist die Wirkung weniger gut. Stip.

(The Electrician, Bd. 99, Nr. 2587, 1927.)

Schutz von Kondensatoren und Dampfkesseln durch elektrische Ströme gegen Korrosion und Kesselstein[1]). W. Philippi. Die Anfressungen innerhalb der Kondensatoren treten hauptsächlich an den aus Messing hergestellten Kühlwasserröhren auf und werden damit erklärt, daß sich Kupferperlen absondern und mit dem Zink, dem anderen Bestandteil des Messings, und dem als Elektrolyt wirkenden Kühlwasser ein Element bilden. Da der Strom vom Zink zum Kupfer fließt, geht das Zink in Lösung. Es findet also eine Entzinkung des Messings statt und dabei entstehen an den Rohren lochartige Anfressungen. In ähnlicher Weise verhalten sich Eisen und Kupfer, wobei das erstere aufgelöst wird. Wie die Erfahrung gezeigt hat, genügen oft schon Gefügeverschiedenheiten der Metalle oder ihrer Legierungen. Stets finden sich in den Handelsmetallen Gefügeunterschiede oder eingeschlossene Verunreinigungen, die Potentialunterschiede an benachbarten Oberflächenteilen herbeiführen. Auf Schiffen, wo die Anfressungen der Kondensatorröhren wegen des stark salzhältigen Kühlwassers besonders häufig auftreten, hat man Zinkplatten in den Kondensator eingehängt und erwartet, daß das Zink, als elektronegatives Metall gegenüber Eisen und Kupfer, sich an Stelle des Eisens auflösen wird. Dies trat jedoch nicht ein, weil sich infolge der Zerlegungen des Wassers in H_2 und O die Platten bald mit einer Zinkoxydschichte überzogen, die isolierend wirkte. Cumberland hat bekanntlich statt der Zinkplatten Eisenplatten in den Kondensator oder Kessel eingebaut, die mit Hilfe isoliert eingeführter Leitungen an eine Stromquelle angeschlossen waren, deren Spannung geregelt werden konnte. Für einen wirksamen Schutz sind

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1920, S. 228; 1921, S. 35; 1923, S. 249; 1925, Das Elektrizitätswerk, S. 351; 1926, S. 67.

Digitized by Google

nur sehr geringe Strommengen erforderlich. Der Wert dieses Verfahrens wird noch dadurch erhöht, daß man damit neben den Anfressungen auch den Kesselstein wirksam bekämpfen kann, da die Steinbildung in Form einer fest an Blechen haftenden Kruste vermieden wird und sich nur ein leicht zu entfernender schlammartiger Belag bildet. Die Meinungen über die Ursachen dieser Schutzwirkung sind noch sehr geteilt. Die Höhe der erforderlichen Spannung richtet sich nach der Länge der Stromwege und beträgt zwischen 20 und 30 V. An Energie werden je m² Oberfläche rund 1 bis 1·5 W gebraucht. Die praktische Ausführungsform besteht darin, daß gegenüber den Rohrplatten des Kondensators in den Wasserkammern kleine eiserne Anodenplatten angebracht werden. Bei Dampfkesseln legt man in den Wasserraum der Trommeln isoliert aufgehängte Anodenstangen. Mit den Isolatoren hatte man anfangs Schwierigkeiten, da sie bei der hohen Temperatur und dem hohen Druck des Wassers bald zerstört wurden. Die Anodenstäbe werden mit der Zeit vom Wasser aufgelöst. Entgegen den Bedenken ist es bis jetzt noch überall gelungen, die Anodendurchführungen auch bei hohen Drücken dicht zu halten. Von Zeit zu Zeit muß der Kessel abgestellt und der gebildete Schlamm entfernt werden.

Bei dem sogenannten Stromlosverfahren von Schnetzer wird nur der negative Pol der Stromquelle mit der Kesselwandung verbunden, während der positive Pol in einen Kasten geführt und dort mit Isoliermaterial umgossen wird. Dieses Verfahren wird mit kapazitiven Aufladungen der Kesselwand erklärt. Da die Energiequelle nur mit einem ganz geringfügigen Strom belastet wird (ein Bruchteil eines mA), verwendet man Thermoelemente, die unmittelbar an die heißen Kesselwände angeschlossen sind. Ebenso wie die Wirkungsweise dieses Verfahrens sind auch die darüber gebrachten Erklärungen ganz unklar. Weerth hat vorgeschlagen, anstatt mit Gleichstrom mit Wechselstrom zu arbeiten und durch elektrische Vibration die Kesselsteinbildung zu verhüten. Von einer praktischen Anwendung dieses Verfahrens ist aber noch nichts bekannt. (Es wurde in der letzten Zeit eine größere Kesselanlage nach dem Stromlosverfahren mit elektrischer Vibration eingerichtet, wobei man gute Erfahrungen gemacht hat. Bei einer anderen Anlage hat das Verfahren wieder vollkommen versagt. Der Ber.) Stip.

(Elektrizität im Bergbau, Bd. 2, Heft 12, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Blitzschutz für Ölbehälter und Reservoire. Die Erzeugung von großen Ölmengen in Kalifornien machte die Entwicklung von Ölbehältern für Millionen von Barrels mit Öl von verschiedenen Flammpunkten notwendig. Sie bestehen entweder ganz aus Eisen, haben eiserne Wände mit Dächern aus anderen Materialien oder es sind Behälter aus Eisenbeton. Drei größere Brände im April 1926 verursachten den Verlust mehrerer Menschenleben und einen Sachschaden von fast 20 Mill. Dollars; das dadurch bedingte starke Ansteigen der Versicherungsprämien, welches den Abschluß derartiger Versicherungen unwirtschaftlich machte, brachte es mit sich, daß die betreffenden Gesellschaften über einen geeigneten Blitzschutz Untersuchungen anstellten. R. W. Sorensen, J. H. Hamilton und C. D. Hayward berichten über die wichtigsten dieser Versuche, welche von M. E. Dice für die General Petroleum Corporation im Hochspannungslaboratorium des California Institute of Technology durchgeführt wurden.

Die Untersuchung der bei Blitzschlägen mitwirkenden Ursachen zeigt, daß zur Verminderung der Gefahr viel durch richtige Situierung in bezug auf die Gewitterstraßen beigetragen werden kann. Die Feuersgefahr kann durch direkten Blitzschlag oder durch sekundäre oder induzierte Entladungen verursacht werden. Da die Energiemengen bei den letzteren Entladungen klein sind, werden sie nur für leicht entzündbare Öle gefährlich. Der sicherste Schutz gegen induzierte Entladungen ist eine geschlossener Metallkäfig, also die Verwendung von Metallbehältern mit gut geschützten und richtig entworfenen Öffnungen oder die von Drahtnetzen über Holzdächern. Auf solche Art gebaute Tanks sind teuer und man kann sie daher nicht allgemein verwenden. Glücklicherweise besteht jedoch in Kalifornien ein großer Teil der zu lagernden Ölmengen aus schweren Rückständen, die sicher in Eisenbetonbehältern oder in Metalltanks mit nichtmetallischen, festen Dächern gespeichert werden können.

Die Vermutung, daß manche Ölbrände durch den Ausgleich statischer, an der Öloberfläche angesammelter Ladungen hervorgerufen werden, wurde durch die Versuche nicht bestätigt. Diese Versuche wurden im Laboratorium mit flachen Pfannen ausgeführt, welche mit Öl gefüllt waren und den einen Pol bildeten; über der Oberfläche des Öles war eine Elektrode, verbunden mit dem zweiten Pol, angebracht. Ein mit der Öloberfläche in Verbindung stehendes Elektroskop konnte nicht aufgeladen werden. Für eine weitere Vermutung, daß die Überschlagsspannung zwischen zwei Elektroden verkleinert wird, wenn man in die Nähe der positiven Elektrode Öl bringt, ergaben die Versuche ebenfalls ein negatives Ergebnis. Eine große Anzahl derartiger Versuche wurde gleichfalls mit einer Pfanne und darüber befindlicher Elektrode ausgeführt.

Es gibt drei Möglichkeiten des Schutzes gegen Blitzgefahr: Verhütung eines Blitzschlages zwischen Wolke und Erde, Konstruktion der Behälter in einer Weise, daß Beschädigungen vermieden werden und Ablenkung des Blitzschlages auf Leiter, welche die Entladungen gefahrlos zur Erde abführen. Die meisten Vorschläge zur Verhütung des Blitzes selbst sehen mit der Erde verbundene Spitzen vor. Modellversuche im Laboratorium zeigten aber die praktische Unmöglichkeit derselben. (Sollte zum Beispiel die Ladung von 50 Coloumb in 8 sec von einer in 750 m Höhe befindlichen Wolke abgeführt werden, so wären dazu 2·5 Mill. Eisentürme zirka 65 m hoch in etwa 250 m Entfernung voneinander notwendig.)

Allgemein giltige Regeln für einen Schutz der Ölbehälter sind schwer anzugeben. Doch scheinen Türme noch die beste Form von Blitzableitern zu sein. Sie müssen entsprechenden Abstand vom Reservoir und voneinander haben, gut geerdet sein und mit allen Rohrleitungen sowie mit den Reservoirs selbst in guter Verbindung stehen. Eingehende Versuche von Peek[1]) an entsprechenden Modellen haben den Schutzbereich von einem und mehreren Türmen bestimmt. Die Versuche mit einem Turm ergaben keine absolute Sicherheit gegen Blitzgefahr innerhalb irgend eines Bereiches, doch zeigten sie, daß in Praxis ein Kreis mit einem Radius gleich vier Blitzableiterlängen die Grenze ist, über welche hinaus der Blitzableiter wenig oder gar keinen Schutz mehr bietet, wenn sich das Gewitterzentrum gerade über dem Blitzableiter befindet. Die Versuche mit 2, 3, 4 und 6 Türmen, welche rund um das Reservoir herum angeordnet waren, ergaben, daß der Schutzbereich für eine Wolkenhöhe von 600 bis 1800 m etwa 2½ Blitzableiterhöhen beträgt. Diese Ergebnisse wurden schließlich durch Versuch an einem Modell bestätigt, das einer wichtigen Ölspeicheranlage nachgebildet war.

W. Ha.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 9, Sept. 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Die Eichung von Spannungswandlern mit einem Differenzvoltmeter von Weston beschreibt D. Bercovitz. Dieses Voltmeter besitzt eine bewegliche Spule, welche sich im Feld einer feststehenden, fremd gespeisten Spule dreht. Abb. 1 zeigt die Eichschaltung. Der zu prüfende Wandler *PW* und der zum Vergleich dienende Normalwandler *NW* werden primärseitig in Parallelschaltung über einen Hochspannungstransformator *HT* von zwei Phasen *R*, *S* eines Drehstromnetzes gespeist. Die Sekundärseite der beiden Wandler ist entgegengesetzt in Reihe geschaltet und an die Klemmen der beweglichen Spule des Differenz-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 320; 1928, Heft 20, S. 453.

Digitized by Google

voltmeters *DV* angeschlossen, so daß durch diese ein mit der geometrischen Differenz der Sekundärspannungen phasengleicher Strom fließt. Wird daher durch die feststehende Spule von *DV* ein mit der Primärspannung der Wandler ungefähr phasengleicher bzw. ein um 90° phasenverschobener Strom geschickt, so ist der Ausschlag des Differenzvoltmeters ein Maß der Fehlspannung bzw. des Fehlwinkels des Prüfwandlers *PW*. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die feststehende Spule über einen kleinen Phasentransformator *ST* in Scottscher Schaltung gleichfalls vom Drehstromnetz *R, S, T* gespeist wird; der Anschluß der festen Spule des Differenzvoltmeters an die Klemmen *UX* des Scott-Transformators dient dann zur Messung des Spannungsfehlers, der Anschluß an *YV* zur Messung des Fehlwinkels.

Die Sekundärspannung des Scott-Transformators ist entsprechend der meist üblichen Sekundärspannung von Spannungswandlern mit 110 V gewählt und das Differenzvoltmeter für diese Spannung geeicht, doch besitzt dessen feste Spule für abweichende Fälle Anzapfungen, auf die für einen Bereich zwischen 95 V und 125 V in Absätzen zu 5 V gestöpselt werden kann; der Fehler,

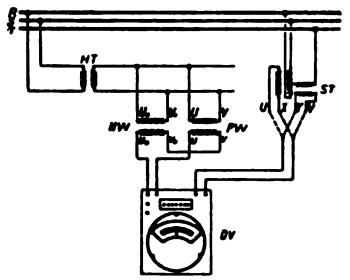


Abb. 1.

der durch Nichtanpassung der feststehenden Spule an die gebotene Spannung entsteht, wird dadurch auf höchstens 0·023 vH von 110 V begrenzt. Die zugeführte Spannung muß natürlich vor der eigentlichen Messung festgestellt werden, was auch mit dem Differenzvoltmeter selbst geschehen kann, wenn man seine feste und bewegliche Spule in Serie geschaltet an den Scott-Transformator anschließt und durch Stöpseln jene Anzapfung der festen Spule sucht, deren Bezeichnung mit dem Ausschlag des Zeigers am besten übereinsimmt. Vom Resultat der Messung selbst ist der schon bekannte Fehler des Eichwandlers abzuziehen. Das Vorzeichen des gemessenen Spannungsfehlers ist durch die Richtung des Zeigerausschlages am Differenzvoltmeter bestimmt, das Vorzeichen des Fehlwinkels kann aus dem Einfluß, den eine geeignete sekundäre Belastung des Prüfwandlers auf den Fehlwinkel ausübt, festgestellt werden. Frd.

(ETZ, Jg. 49, Heft 3, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Betriebserfahrungen bezüglich Blitzschäden an einem 132 kV-Freileitungsnetz. P. Sporn berichtet über die im Jahre 1926 gewonnenen Erfahrungen an einem 132 kV-Leitungsnetz[1]), welches gegenwärtig etwa 1450 km umfaßt, wovon ein Drittel als Doppelleitung ausgebildet ist, so daß die gesamte aktive Leitungslänge annähernd 2000 km beträgt. Es wird von den großen Kraftwerken Twin Branch, Philo[2]), Windsor, Kenova, Cabin Creek, Logan und Glen Lyn beliefert und ist an die Anlagen der West Penn Power Company, Ohio River Edison Company, Ohio Public Service Company und Cleveland Electric Illuminating Company angeschlossen. Die Größe des Kurzschlußstromes schwankt zwischen ungefähr 1750 und 4750 A, wobei 4000 A tatsächlich gemessen wurden. Das gesamte Netz liegt durchwegs in Gebieten vergleichsweise großer Gewitterheftigkeit. Die Gewitterhäufigkeit schwankt zwischen 40 bis 60 im April, 150 bis 200 im Juni und Juli und 60 bis 80 im September, wobei sich diese Angaben auf eine zwanzigjährige Beobachtungszeit beziehen.

Aus zwei Tabellen, die einerseits konstruktive Einzelheiten der Teilleitungen beschreiben und andererseits die Zahl der durch Blitzschläge verursachten Störungen, sowie deren Bezugswert auf je 160 km Leitungslänge angeben, ist der günstige Einfluß des Erdseiles, aber auch die Notwendigkeit der Berücksichtigung des Widerstandes der Maste zu ersehen. Von besonderem Interesse ist eine Leitung mit Holzmasten, die ursprünglich für 88 kV gebaut, durch Erhöhung der Isolation für den Betrieb mit 132 kV umgeändert wurde. Ein abschließendes Urteil kann jedoch wegen der Kürze der Beobachtungszeit noch nicht gegeben werden.

Während im Jahre 1926 das Hauptaugenmerk auf die Verlegung der Erdseile gelegt wurde, richtete sich 1927 die Aufmerksamkeit mehr auf die Anordnung der Leitungseinführungen in den Stationen. Es wurden in jedem Falle die Erdleitungen auch in die Kraftwerke verlegt, und zwar in größerer Zahl als auf der Leitung selbst, um vor allem die Wellenimpedanz zwischen letztem Mast und Sammelschienen so weit als möglich zu verringern. Im Zusammenhang damit wurde auch die Isolation der ersten Kilometer der Leitung (vom Kraftwerk aus gerechnet) derart vermindert, daß sie kleiner bleibt als die Isolation der an den Sammelschienen angeschlossenen Apparate[1]). Hohe Turmmaste sind so weit als irgend möglich vermieden worden, so daß die Höhe der Leitung über Erde im allgemeinen innerhalb eines vorbestimmten Grenzwertes bleibt; auch wurde aus demselben Grunde, wenn irgend zulässig, die Zugbeanspruchung der Leitungsdrähte klein gehalten und dafür größerer Durchhang in Kauf genommen. Besondere Sorgfalt wurde der mechanischen Ausführung der Apparate bezüglich des Schutzes gegen Lichtbogen zugewendet. Als zusammenfassendes Ergebnis der bisherigen Erfahrungen, namentlich jener des Jahres 1926, kann die Erkenntnis genannt werden, daß Leitungen der beschriebenen Art unbedingt mit Erdseil auszurüsten sind und daß besondere Untersuchungen darüber gepflogen werden müssen, ob nur ein Erdseil oder deren zwei zur Verlegung kommen sollen. Besonderes Augenmerk ist dann der Lage dieser Erdseile gegenüber den Hauptleitungen zuzuwenden. G. O.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 2, 1928.)

Lichtbogenwirkung an Freileitungsseilen. Von Dr. Ing. Fuchs und Dipl. Ing. Kaufmann. Um die Widerstandsfähigkeit von Freileitungsseilen gegen die Wirkungen von Lichtbögen festzustellen, wurden aus verschiedenen Werkstoffen bestehende Versuchsseile an einen 750 kVA Generator, der 350 A bei 2500 V Leerlaufspannung lieferte, einphasig angeschlossen. Die Seile waren mit 16 kg/cm² bei Kupfer und 9 kg/cm² bei Aluminium gespannt. Der eine Pol war mit einem senkrecht zum Seil in ungefähr 3 mm Entfernung angebrachten Stab verbunden, der andere Pol war bei der ersten Versuchsreihe einmal an das Seil angeschlossen, so daß nur eine Schleife gebildet wurde, während bei der zweiten der Pol durch eine Abzweigung der Zuleitung zweimal, und zwar vor und hinter der Näherungsstelle an den Stab, mit dem Seil in Verbindung gebracht wurde, so daß zwei Schleifen entstanden. Der Lichtbogen wurde durch einen dünnen Draht, der über den Stab und das Seil gelegt wurde, nach Schließen eines Ölschalters eingeleitet. Während im ersten Falle der Lichtbogen durch die magnetische Wirkung des Stromes das Betsreben hatte, abzuwandern, blieb er im zweiten Falle stehen, da sich die entgegengesetzt gerichteten Ströme in ihrer Wirkung aufhoben. Es zeigte sich nun, daß das Kupferseil nur dann durchschmolz, wenn der Lichtbogen stehen blieb, wobei die Wirkung der Anordnung mit zwei Schleifen bedeutend stärker war.

Ein 50 mm² Kupferseil riß bei zwei Schleifen schlagartig nach 0·7 sec, ein solches von 95 mm² nach 2 sec. Bei nur einer Schleife hielt ein 50 mm² Seil den Lichtbogen durch 4·4 sec aus, bis es riß. Ein gleich starkes Seil war fünf hintereinanderfolgenden Licht-

[1]) Über frühere Beobachtungen an demselben Netz vgl. E. u. M. 1926, S. 767.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 835.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 20, S. 453.

Digitized by Google

bogen ausgesetzt, ohne zu schmelzen. Durch die starke örtliche Erhitzung der Drähte trat jedoch eine Verminderung der Zerreißfestigkeit um 19 vH ein. Bei Aluminiumseilen riß im Falle einer Schleife der Lichtbogen nur selten ab. Bei einem doppellagigen Seil von 95 mm² schmolz in der Ein-Schleifenanordnung die äußere Hülle nach 3 sec ab, worauf die inneren Drähte unter einer Zugbeanspruchung rissen, die um 15 vH geringer war als die, die der ursprünglichen Zerreißfestigkeit entsprochen hätte. Ein 50 mm² Seil konnte zwei Lichtbogen durch 3 sec aushalten. Bei zwei Schleifen riß das 95 mm² Seil schon nach 0·5 sec. Seile aus Aldrey-Legierung[1]) zeigten eine etwas größere Widerstandsfähigkeit als das Aluminiumseil, da die Festigkeit des Aldrey durch die Erwärmung weniger beeinflußt wird. Der Rückgang an Festigkeit betrug rund 10 vH. Bei Stahl-Aluminiumseilen brannte natürder Aluminiummantel früher als die Stahlseele durch. Ein Seil mit 28·2 mm² Stahl und 165·8 Al schmolz in der Ein-Scheifenanordnung nach fünf Lichtbögen in der Gesamtdauer von 7·5 sec, bei zwei Schleifen dagegen schon nach 2·8 sec. Kupferhohlseile von 25 mm und 42 mm Durchmesser ergaben bei einer Schleife außerordentlich lange Abschmelzzeiten von 11 und 37 sec. Das Kupfer steht somit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit nach diesen Versuchen bei einer Schleife an erster Stelle, da seine gute Wärmeabfuhr die Kühlung des Lichtbogens begünstigt. Bei zwei Schleifen ist jedoch das Aluminium besser, da hier dessen hohe Schmelzwärme zur Geltung kommt. Der Wirklichkeit am nächsten kommt die Anordnung mit nur einer Schleife, da auch bei zweiseitiger Speisung einer Fernleitung, wie sie zum Beispiel bei Verbindungsleitungen oder Anspeisung von großen, aus mehreren Kraftquellen genährten Netzen vorkommt, die zufließenden Ströme sich infolge der auf beiden Seiten der Berührungsstellen ungleichen Impedanzen nicht aufheben werden, der Lichtbogen also meist das Bestreben haben wird, abzuwandern. Schließlich ist zu den langen Abbrennzeiten der Hohlseile zu bemerken, daß diese in Wirklichkeit wohl etwas kürzer ausfallen dürften, da die Kurzschlußströme solcher Leitungen größer sein werden, als die beim Versuch angewendeten. V. H.

(ETZ, Bd. 49, Heft 4, 1928.)

Über Messungen an den 110 kV-Bahnstromfernleitungen Walchenseewerk[2]) — Unterwerk Pasing berichtet H. Nibler. Die allgemeine Leitungsanordnung zeigt Abb. 2. Zur Durchführung der Versuche wurden die Leitungen an den Enden R_1, R_2, T_1, T_2 (Walchenseewerk) und r_1, r_2, t_1, t_2 (Unterwerk Pasing) entsprechend der folgenden Zusammenstellung verbunden. In Abb. 3 ist die Schaltung der Meßinstrumente gezeigt.

Versuch Nr.	Schaltung im U.-W. Pasing	Schaltung im Walchenseew.
1	r_1-Instr.-Stromqu.-r_2; t_1-t_2	R_1-R_2, T_1-T_2
2	r_1-Instr.-Stromqu.-t_1; r_2, t_2	R_1-T_1, R_2, T_2
3	r_1-Instr.-Stromqu.-t_1, r_2, t_2	R_1, T_1, R_2, T_2
4 *a*	r_1-Instr.-Stromqu.-t_1; r_2, t_2	R_1-T_1, R_2, T_2
b	r_1-t_1-Instr.-Stromqu.-t_2-r_2	R_1-R_2, T_1-T_2
c	t_2-r_1-Instr.-Stromqu.-t_1-r_2	R_1-T_2-T_1-R_2
d	r_1-r_2-Instr.-Stromqu.-t_1-t_2	R_2-R_1-T_1-T_2
5 *a*	r_1-Instr.-Stromqu.-t_1; r_2, t_2	R_1-R_2, T_1-T_2
b	t_1-Instr.-Stromqu.-t_2; r_1 r_2	R_1-T_1, T_2-R_2
c	r_2-r_1-Instr.-Stromqu.-t_1-t_2	R_1-R_2, T_1-T_2
d	Erde-Instr.-r_2-r_1-Stromqu.-t_1-t_2	R_1-R_2, T_1-T_2

Die durch Bindestriche verbundenen Klemmen waren jeweils miteinander leitend verbunden, die einzelstehenden waren frei.

1. Feststellungen äußerer Beeinflussungen. Eine induktive Beeinflussung durch benachbarte Hochspannungsleitungen war oszillographisch (2 mA Meßgenauigkeit) nicht feststellbar. Zum Nachweis statischer Ladungen wurden die vier am anderen Ende offenen Leitungen über ein schreibendes Amperemeter an Erde gelegt. Während zweier, allerdings gewitterloser Wochen, erfolgte keine Aufzeichnung.

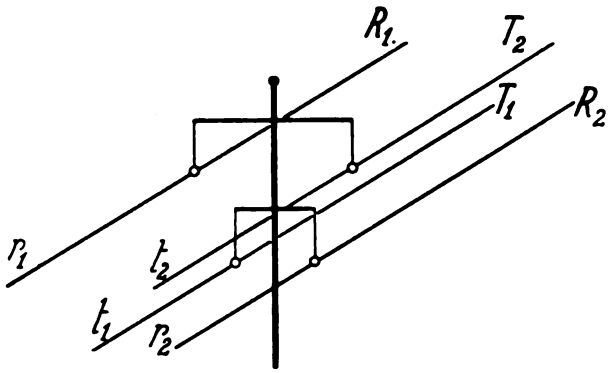
2. Gleichstromkurzschluß. Aus Strom- und Spannungsmessung errechnete sich der Wirkwiderstand der Leitung zu $R = 23{\cdot}2\ \Omega$ für eine Schleife.

3. Gleichstromleerlauf. Bei 141 V ließ sich mit 0·01 mA Meßgenauigkeit ein Ableitungsstrom nicht feststellen, somit liegt der Isolationswert der Leitung höher als 14 Megohm.

4. Wechselstromkurzschluß. Es wurde mit 160 bis 190 V und 50 Hertz gemessen. Aus Strom- und Spannungsmessung ließ sich der Scheinwiderstand, aus dieser und dem Wirkwiderstand (Versuch 2) der induktive Blindwiderstand ermitteln. Es ergab sich in den Fällen: *a*) 66·1 Ohm, *b*) 36·7 Ohm, *c*) 31·2 Ohm, *d*) 29·1 Ohm. Fall *d*) entspricht der betriebsmäßigen Schaltung. Die aus dem Oszillogramm ermittelte Phasenverschiebung entspricht genau dem gefundenen Impedanzwinkel.

5. Wechselstromleerlauf. Aus Strom- und Spannungsmessung ließ sich zusammen mit den Resultaten aus Versuch 4 die Kapazität der Leitung ermitteln. Der Ladestrom ergab sich bei allen Schaltungen annähernd gleich und mit dem Erdschlußstrom übereinstimmend. Aus dem Oszillogramm wurde ein Effektivwert von 37·5 mA ermittelt, woraus die Kapazität der Doppelschleife mit 0·63 μF folgte.

Abb. 2.



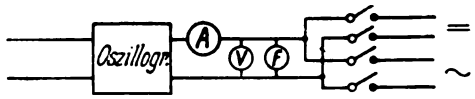


Abb. 3.

6. Leitungskonstanten für freie Schwingungen. Aus den Meßresultaten ließen sich nun noch berechnen: Der Wellenwiderstand zu 385 Ohm, die Eigenschwingungszahl zu 1030 Hertz (während der Versuche waren schon starke Resonanzerscheinungen mit den Nutenoberschwingungen der verwendeten Wechselspannung, die 1000 Hertz hatten, beobachtet worden). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wanderwellen zu 301 000 km/sec, der Dämpfungsexponent zu 0·002 für 1 km Leitung. Hat also eine Wanderwelle auf der Leitung 200 km zurückgelegt, so wird sie auf

$$\frac{e}{e_0} = \varepsilon^{0{\cdot}002 \cdot 2000} = 0{\cdot}018,$$

also auf 1·8 vH ihres Anfangswertes herabgesunken sein. Dies ist nach $\frac{2000}{300\,000} = \frac{1}{150}$ sek, also nach einer Zehntelperiode, der Fall. Würde eine Kurzschlußleistung von 200 000 kVA bei 110 kV abgeschaltet, so hätte die entstehende Überspannung bei 817 Ohm Wellenwiderstand der Einfachschleife eine Höhe von

$$\frac{200\,000 \,.\, 817}{110} = 1500\ \text{kV},$$

ein Wert, der jedoch durch das Abklingen des Kurzschlußstromes vor der Schalterauslösung und durch die Vorstufenwiderstände wesentlich vermindert wird.

A. Fr.

(Elektr. Bahnen, 3. Jg., H. 10, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1071; 1928, Heft 18, S. 405.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Das El.-Werk, S. 142.

Digitized by Google

Baustoffe.

Die Normung der Nichteisenmetalle in Österreich besprach Ing. O. Hönigsberg auf der 10. Jahresversammlung des Deutschen Normenausschusses im Oktober 1927. Zum überwiegenden Teile wurde von den Deutschen Normen[1]) ausgegangen, die Änderungen entsprechen entweder anderen fachlichen Ansichten oder dringenden Bedürfnissen der Praxis. Das Blatt „Kupfer, Rohstoff" wurde mit wenigen Veränderungen von nicht wesentlicher Bedeutnug unter der Bezeichnung „Einteilung des hüttenfertigen Kupfers" übernommen und durch ein Blatt „Einteilung nach Hüttenerzeugnissen (das sind hüttenförmiges Kupfer, Raffinade- und Elektrolytkupfer, Zwischenerzeugnisse und Rückstände) und nach handelsüblichen Formen" (u. a. auch Altkupfer) ergänzt. Bei Aluminium wurde die Unterscheidung zwischen Hütten- und Umschmelzaluminium aufgenommen. Ersteres deckt sich im wesentlichen mit dem deutschen Normblatt. Neu ist dabei die Normung der wichtigsten Barrenabmessungen. Für Lötzinn wurde die Bezeichnung „Weichlote" gewählt, und die Teilung in Zinnlote (aus reinen Metallen) und Mischzinnlote (aus antimonhaltigem Mischzinn hergestellt) vorgenommen. Für Schlaglote wurde entsprechend dem österreichischen Sprachgebrauche als Titel an erster Stelle Hartlote genannt und nur bei den kupferreicheren die Bezeichnung Schlaglot hinzugesetzt. Bei den Silberloten sind die Unterschiede durch die in Österreich übliche Verwendung silberhältigerer Legierungen bedingt. Es wurden nur vier Lote mit 12, 30, 60 und 65 vH Ag beibehalten. Bei den Weißmetallen konnte mit Rücksicht auf die geringe Verwendung einiger Sorten deren Zahl von acht auf sechs vermindert werden. Eine empfindliche Lücke soll durch die Normung der Phosphormetalle ausgefüllt werden, welche bekanntlich in der Gießerei als Zusatz zum Zwecke der Desoxydation große Bedeutung haben. Das Blatt „Messing, Rohstoff", wurde „Messing und Tombak" genannt. Auch hier wurde die Zahl der Sorten verringert und durch größere Toleranz die Herstellung erleichtert. So fallen das Schmiedemessing oder Muntzmetall und das Hartmessing oder Schraubenmessing des deutschen Normblattes in eine Sorte, das gutschmiedbare Messing, zusammen, ebenso sind Halbtombak oder Lötmessing und Gelbtombak oder Schaufelmessing durch eine Sorte Ms 67—74 Tiefziehqualität ersetzt, usw. Dieses Blatt weicht am meisten von dem entsprechenden deutschen Blatt ab. Bei Bronze hingegen stimmen die beiden Blätter fast vollkommen überein. Bei Rotguß wurden zwei Sorten weggelassen, die in Österreich nicht üblich sind. Sehr verschieden sind wieder die Blätter Bleizinnbronzen (deutsch) und Bleibronzen (österreichisch). Es wurde hier nur eine Sorte mit viel geringerem Zinngehalte (6 vH gegen 8 bis 10) aufgenommen. Im Entwurfe des Leistungsblattes für Bronze und Rotguß sind in den Toleranzen Unterschiede, insbesonders bei der chemischen Zusammensetzung von Rotguß, die zum größeren Teile durch die Verschiedenheiten der Vorschriften der Bahnverwaltungen bedingt sind. Zu erwähnen ist ferner der Entwurf über die Oberflächenbeschaffenheit der Nichteisenmetallbleche, welcher Gegenstand wegen seiner Bedeutung für die Berechnung der Preisaufschläge herausgegriffen wurde. Zum Schlusse besprach der Vortragende noch die „Einheitlichen Bedingungen für den Handel mit Altmetallen und Metallrückständen", welche nach dem Muster der „Geschäftsbedingungen für den Deutschen Handel mit Altmetallen und Metallabfällen" unter Mitwirkung der industriellen und der Metallhandelsverbände ausgearbeitet wurden. Diesen Bedingungen sind auch die bezüglichen österreichischen Normblätter beigegeben worden

J.

(Sparwirtschaft, Jahrgang 1928, Heft 2.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 304.

Chronik.

Fachkurs über elektrische Lichtbogenschweißung. Der Gewerbeförderungsdienst des Bundesministeriums für Handel und Verkehr veranstaltet demnächst einen Fachkurs über elektrische Lichtbogenschweißung. Das Kursprogramm umfaßt neben der Erklärung der erforderlichen Einrichtungen die eingehende praktische Unteweisung über das Vorbereiten der Schweißstücke, die verschiedenen Arten der Schweißung von Schmiedeeisen und Stahl, sowie das Schweißen von Gußeisen und Kupfer. Die Kursdauer beträgt 36 Stunden. Kursbeitrag S 35. Mündliche oder schriftliche Anmeldungen sind an den Gewerbeförderungsdienst des Bundesministeriums für Handel und Verkehr, Wien, IX., Severingasse 9, zu richten, woselbst auch alle näheren Auskünfte erteilt werden.

Literaturbericht.

3702 **Elektrische Vollbahnlokomotiven.** Ein Handbuch für die Praxis und für Studierende von Dr. Karl Sachs, Ingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Co., Baden (Schweiz). 461 Seiten und 448 Abbildungen im Text sowie 22 große Tafeln. Verlag Julius Springer, Berlin, 1928. Preis Mk. 84·—.

Die elektrische Zugförderung ist ohne Zweifel technisch und wirtschaftlich die großartigste und edelste, zugleich aber auch schwierigste Anwendungsform elektrischer Triebkraft und jeder weitblickende Elektroingenieur denkt dabei noch an die Eroberung aller Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge durch den leichten elektrischen Akkumulator. Der Autor hat es im vorliegenden umfangreichen Werke in glänzender, kaum zu übertreffender Weise verstanden, eine ausgezeichnet klare Darstellung der Entwicklung und des gegenwärtigen Standes im Bau der mechanischen und elektrischen Ausrüstung elektrischer Vollbahnlokomotiven für Gleichstrom, Einphasenstrom und Drehstrom einschließlich der Umformerlokomotiven zu geben. Besonders glücklich ist die richtige Betonung der mechanischen und konstruktiven Seite und des oft stiefmütterlich behandelten Zubehörs, des Apparatenbaues. Insofern ist das Buch auch eine sehr gute Schule für den Studenten und jungen Ingenieur, da die konstruktive Seite des Elektromaschinenbaues an den Hochschulen manchmal gegenüber der rein elektrischen Theorie zu wenig betont wird; für den Konstrukteur in Schule und Praxis ist das Buch eine unerschöpfliche Fundgrube.

Die einleitenden Kapitel bringen gute Unterlagen über Bahnwiderstände und Fahrdiagramme. Im mechanischen Teil, der gemeinsam für alle Stromsysteme behandelt wird, zeigt der Autor zunächst den Gesamtaufbau, dann die Konstruktion des Rahmens mit den Zug- und Stoßorganen sowie den Achslagern und Tragfedern, weiters das Laufwerk und dessen Einstellung in Krümmungen. Von besonderer Bedeutung ist das ausführliche Kapitel über das Triebwerk, in dem man mit dem unmittelbar auf der Triebachse sitzenden zweipoligen Gleichstrommotor der General Electric Co., Schenectady, anfängt und alle Ausführungsformen wie Hohlwellen, Feder- oder Gelenkkupplungen, Stangenübertragungen, federnde Läufer und Zahnräder, Blindwellen, Zahnradübersetzungen samt dem Vertikalmotor zur Darstellung kommen. Auch der Massenausgleich, die Befestigung des Motors im Rahmen sowie die Bremseinrichtungen, insbesondere Preßluftbremsen sowie die kleineren Zubehörteile wie Sandstreuer, Pfeifen usw. finden hier ihre eingehende Erledigung. Überall wird wie im ganzen Werke in zahlreichen Fußnoten auf die Literatur, namentlich auch auf die Patentschriften sowie auf die bezüglichen Bau- und Bahngesellschaften verwiesen. Die elektrische Ausrüstung wird nach den vier Bahnsystemen geordnet und bei jedem System zunächst eine ausführliche historische Übersicht gegeben. Alle vier Systeme kommen zu gründlicher Behandlung, ohne daß für eines einseitig Partei genommen würde. Vor allem kommt auch das Gleichstromsystem zu seinem vollen

Digitized by Google

Rechte, obwohl die großen Wirtschaftsfragen bei der Vollbahnelektrisierung, namentlich die Frage der gemeinsamen Stromerzeugung für Licht, Kraft, Wärme und Bahnen nicht angeschnitten werden kann. Die Behandlung des elektrischen Teiles beginnt in jedem Abschnitt mit einem grundsätzlichen Schema und den Stromabnehmern samt dem Hauptschalter sowie beim Einphasenbetrieb dem Transformator. Dann folgen die Triebmotoren, deren elektrische Berechnung natürlich nur gestreift wird, samt den Steuereinrichtungen, die eine besonders erschöpfende, ins Einzelne gehende Bearbeitung erfahren haben. Abschließend finden wir die elektrischen Bremsschaltungen, die elektrische Zugsheizung und ihre Kupplungen sowie die Nebenstromkreise wie Pumpenmotoren, Bläsermotoren, Beleuchtung usw. samt den erforderlichen Umformern. Beim Dreiphasenstrom werden auch die ausgeführten Polumschaltungen eingehend erörtert. Unter den Umformerlokomotiven kommen sowohl die sogenannten Phasenumformerlokomotiven als auch die Einphasen-Gleichstrom-Lokomotiven, für die neue Konstruktionen der ÖSSW in der Entwicklung sind, zur Besprechung. Den Abschluß bildet die Beschreibung von 15 ausgeführten Lokomotiven, die nicht nur durch Tafeln, sondern auch Lichtbilder im Text erläutert werden. Es sind Lokomotiven aller Stromsysteme und der verschiedensten Firmen der Welt.

Das Werk stellt eine ungeheure Arbeit dar und erforderte nicht nur ein besonders eingehendes Studium der gesamten Fach- und Patentliteratur, sonder auch die Verbindung mit allen Konstruktionsfirmen der Welt. Zweifellos wird es überall in der Fachwelt mit Begeisterung aufgenommen und bei der Weiterentwicklung des großen Gebietes der elektrischen Zugförderung, das ja erst in seinen Anfängen steht, in der ganzen Welt anregend und befruchtend wirken.

Niethammer.

Vereins-Nachrichten.

PROTOKOLL
der
46. ordentlichen Generalversammlung vom 4. April 1928.

Da zur festgesetzten Stunde — ½6 Uhr abends — die zur Beschlußfähigkeit einer Generalversammlung notwendige Anzahl von Mitgliedern noch nicht anwesend ist, wird im Sinne des § 8 der Satzungen um 6 Uhr abends eine neue Generalversammlung abgehalten, welche beschlußfähig ist. Der Präsident, Direktor Ing. L. Kallir, gibt bekannt, daß die Einberufung und Anzeige der Generalversammlung rechtzeitig erfolgt ist, und daß die Tagesordnung, sowie die Bilanz für 1927 und der Voranschlag für 1928 in der Zeitschrift veröffentlicht worden sind.

Vor Eingehen in die Tagesordnung gedenkt der Präsident der im abgelaufenen Vereinsjahre verstorbenen Mitglieder; es sind dies: Prof. Ole Sivert Grabstad, Trondjem, Norwegen; Ing. Hans Barborek, Wien; Ing. Gustav Bergholtz, Direktor der Österr. Siemens-Schuckert-Werke i. R., Prein a. d. Rax, N.-Ö.; Ing. Viktor Dietrich, Breclav, Č. S. R.; Direktor Ing. Fritz Korndörfer, Unterreichenstein, Č. S. R.; Ing. Werner Leschner, Wien; Karl Novotny, Werksleiter der „Steweag", Ternitz a. Südbahn, N.-Ö.; Friedrich Priller, Ober-Elektriker, Wien; Ing. Ernst Anton Schaller, konz. Elektrotechniker, Wien; Ing. Emanuel Tonan, Graz, Steiermark; besonderes Gedenken gebührt Direktor Ing. Bergholtz, der als langjähriges Mitglied dem Verein immer ein warmer Freund und Förderer war, und während seiner Aktivität an vielen Arbeiten werktätig teilgenommen hat.

Die Anwesenden haben sich zum Zeichen der Trauer von den Sitzen erhoben; diese Kundgebung soll im Protokoll vermerkt werden.

Die Versammlung wählt zu Prüfern des Protokolles die Herren Prokurist Dipl. Ing. Arbeiter und Ing. Krötlinger und als Stimmzähler die Herren Ing. Gerstmann und Feit.

Es gelangt vorerst Punkt 4 (Wahl eines Vizepräsidenten), Punkt 5 (Wahl von 8 Ausschußmitgliedern) und Punkt 6 (Wahl der Rechnungsprüfer und Ersatzmänner) der Tagesordnung zur Erledigung.

Herr Direktor Dr. Markt erstattet als Obmann des Wahlausschusses folgenden Bericht: „Bei der vor einem Jahre abgehaltenen 45. ordentlichen Gerneralversammlung hatte sich durch ein zufälliges Zusammentreffen die Notwendigkeit der Neuwahl des Präsidenten und beider Vizepräsidenten des Vereines ergeben; dies hätte zur Folge, daß in Zukunft das gesamte Präsidium alle 2 Jahre neu gewählt werden muß, während es im Interesse der Kontinuität bis dahin üblich war, mit dem Präsidenten nur einen Vizepräsiden neu zu wählen und der zweite Vizepräsident noch ein weiteres Jahr im Amte verblieb. Um die nach dem früheren Vorgang bedingte Kontinuität im Vereinspräsidium wieder herzustellen, hat Herr Direktor Ing. Beron schon anläßlich seiner Wahl zum Vizepräsidenten bei der vorjährigen Generalversammlung erklärt, sein Mandat nur ein Jahr beizubehalten. Es ist somit durch den Rücktritt des Herrn Direktor Ing. Beron die Neuwahl eines Vizepräsidenten durchzuführen; Herr Direktor Ing. Beron verbleibt jedoch noch zwei weitere Jahre Mitglied des Vereinsausschusses.

Nach § 10 *a* der Satzungen des Vereines laufen die Mandate folgender Herren des Vereinsausschusses ab: Kommerzialrat Ing. Bonwitt; Generaldirektor Ing. Brock, Ministerialrat Dr. Ing. Czeija, Oberbaurat Ing. Jellinek, Direktor Dr. Ing. Kugel, Hofrat Direktor Ing. Mandich, Direktor Dr. techn. Ing. Markt, Sektionsrat Ing. Pfeuffer, Direktionsrat Ing. Schlögl. Weiters laufen die Mandate der Mitglieder und Ersatzmänner des Revisionskomitees ab.

Das Wahlkomitee schlägt folgende Herren zur Wahl vor: Als Vizepräsidenten Herrn Ministerialrat Ing. Ernst Kaan, als Mitglieder des Vereinsausschusses die Herren: Dr. Ing. Franz Brilli, Ministerialrat Ing. Karl Fuchs, Direktor Ing. Adolf Kvetensky, Ministerialrat Dr. Ing. Max Pernt, Direktor Ing. Eduard Pick, Obering. Ernst Rieder, Ministerialrat Ing. Viktor Rissel, Ing. Josef Schalkhammer.

Zu Revisoren schlägt das Komitee vor die Herren: Kommerzialrat Ing. Bonwitt, Prokurist Gröschl und Direktor Dr. Kugel. Zu Ersatzmännern die Herren: Direktor Ellenbogen, Kommerzialrat Ing. Honigmann und Direktor Martin Kallir.

Eine besondere Begründung für die Wahl der einzelnen Herren glaube ich mir erlassen zu können. Die Herren, die vom Wahlkomitee vorgeschlagen wurden, bieten die Gewähr, daß der Verein in jeder Hinsicht die wünschenswerte wirksame Vertretung findet und in der Lage ist, seinen so vielseitigen Aufgaben voll und ganz zu entsprechen. Das Wahlkomitee bittet Sie die Vorschläge anzunehmen.

Ich möchte weiters vorschlagen — einer alten Übung entsprechend— die Mitglieder und Ersatzmänner des Revisionskomitees durch Zuruf zu wählen; die Wahl in den Vereinsauschuß ist ja durch die Satzungen mittels Stimmzettel vorgeschrieben."

Der Vorsitzende dankt Direktor Dr. Markt für den Bericht; es folgt die Wahl der Rechnungsprüfer und deren Ersatzmänner durch Zuruf, sodann kurze Unterbrechung zur Einsammlung der Stimmzettel durch die Stimmzähler.

Nach Wiederaufnahme der Verhandlung gelangt Punkt 1 der Tagesordnung (Bericht über die Vereinstätigkeit im Vereinsjahr 1927/28) zur Erledigung; der Tätigkeitsbericht war im Heft 13 der Vereinszeitschrift veröffentlicht. Der Vorsitzende gibt einen kurzen Auszug aus dem Berichte und stellt die erfreuliche Tatsache fest, daß die Tätigkeit des Vereines, im besonderen die fachliche, im abgelaufenen Vereins-

Digitized by Google

jahr eine sehr lebhafte und erfolgreiche war. Die Generalversammlung genehmigt den Tätigkeitsbericht.

Zu Punkt 2 der Tagesordnung (Bericht über den Gebarungsausweis und über die Bilanz pro 1927, sowie über den Voranschlag 1928) bringt der Geschäftsführer folgenden Bericht des Kassaverwalters zur Verlesung:

„Sehr geehrte Versammlung! Der im Heft 12 unserer Vereinszeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" veröffentlichte Bericht über die Gebarung des Vereines im Jahre 1927 weist einen Vermögenszuwachs von S 13 291·03 bzw. per 31. Dezember 1927 ein Vereinsvermögen von S 27 651·44 aus; außerdem ist aus dem Erträgnisse des Berichtsjahres ein Betrag von S 15 000 für die Schaffung eines Fonds für die Vereinsbibliothek und deren Ausgestaltung ausgeworfen.

Das Ergebnis des Jahres 1927 ist somit ein wesentlich besseres, als gelegentlich der Aufstellung des Voranschlages angenommen worden war.

Die Mitgliedsbeiträge sowie die Kapitalszinsen haben Einnahmen über die veranschlagten Beträge eingebracht; die Gemeinde Wien hat dem Vereine über Vermittlung der Städt. Elektrizitätswerke auch für 1927 eine Subvention von S 1000 bewilligt, wofür die Vereinsleitung hiemit den verbindlichsten Dank zum Ausdruck bringt. Die Gebarung der Zeitschrift hat infolge günstigerer Eingänge der Abonnementsgebühren, wie auch durch Mehreinnahmen aus den Inseraten einen kleinen Gebarungsüberschuß ergeben.

Bei den Ausgaben wurde für Bürospesen durch Sparsamkeit der im Voranschlag präliminierte Gesamtbetrag nur wenig überschritten, bei den Vortragsspesen wurde der veranschlagte Betrag nicht aufgebraucht. Neue Ausgaben sind dem Vereine durch den Beitrag für die Internationale Elektrotechnische Kommission und durch unerläßliche Anschaffungen für die Bibliothek des Vereines erwachsen.

Die in den letzten Jahren durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse bedingte äußerst schwierige Gebarung des Vereines — der nur durch größte Sparsamkeit und Anspannung aller vorhandenen Mittel in der Lage war, das Gleichgewicht in seinem Haushalte zu erhalten — hat es leider mit sich gebracht, daß der Ausgestaltung der Vereinsbibliothek keinerlei Mittel zur Verfügung gestellt werden konnten; es konnte weder die Anschaffung wichtiger Werke noch das Abonnement ausländischer Fachzeitschriften in dem wünschenswerten Ausmaße erfolgen, ja es konnten nicht für alle Werke und Zeitschriften dauernden Wertes Einbanddecken angeschafft werden. Mit Rücksicht auf die Beschränktheit der Büroräume war es nicht möglich — wie in der Vorkriegszeit — ein Lesezimmer einzurichten und mußte die Auflage der Zeitschriften im Vorzimmer erfolgen. Dieser bedauerliche und für die Mitglieder auf die Dauer unerträgliche Zustand ist seit Jahren Gegenstand der Erörterung und Erwägung im Kreise der Vereinsleitung, doch war eine Abhilfe — die ja mit verhältnismäßig hohen Ausgaben verbunden ist — bis nun nicht möglich. Der günstigere Abschluß des vergangenen Jahres hat die Vereinsleitung veranlaßt, dieser Angelegenheit wieder ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden und wurde beschlossen, aus den verfügbaren Mitteln einen Betrag von S 15 000 auszuscheiden und als Fonds für die Vereinsbibliothek, bzw. für die Anschaffung von Bibliotheksräumen zu binden. Die Vereinsleitung wird bemüht sein, die Schaffung geeigneter Bibliotheksräume, insbesondere eines Lesezimmerns, noch im Jahre 1928 durchzuführen.

Die fachlichen Arbeiten des Vereines nehmen im Rahmen der Vereinstätigkeit bekanntlich einen breiten Raum ein; zu diesen Arbeiten gehören auch die fachlichen Vorschriften der Elektrotechnik, insbesondere die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen", die Normung in der Elektrotechnik, die „Statistik der Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Österreichs" und andere. Diese Betätigung war — wie aus dem Tätigkeitsbericht zu entnehmen — im abgelaufenen Jahre eine sehr intensive und ist mit Rücksicht auf den Fortschritt der Elektrotechnik und ihrer immer wachsenden Anwendung eine fortgesetzte Steigerung zu erwarten. Die Arbeiten sind begreiflicherweise mit bedeutenden Auslagen verbunden, welchen gleichwertige laufende Einnahmen nicht gegenüberstehen. Da nicht mit Sicherheit gewährleistet werden kann, daß die laufenden Einnahmen des Vereines in jedem Jahre die aus diesen Arbeiten erwachsenden Ausgaben decken werden, ist es unerläßlich, bei günstigeren Jahresergebnissen auch für zukünftige Ausgaben aus diesem Titel entsprechende Reserven vorzusehen. Die Vereinsleitung beabsichtigt, auch hier durch die Schaffung eines eigenen Fonds für die Kontinuität der Bedeckung vorzusorgen und hofft diesbezügliche Vorschläge anläßlich der nächstjährigen Generalversammlung machen zu können.

Der Elektrotechnische Verein in Wien ist kein auf Erwerb ausgehendes Unternehmen, sondern ein wissenschaftlicher Fachverein, dessen vornehmster Zweck es ist, die Interessen der Elektrotechnik, im besonderen der heimischen zu fördern; wenn die Gebarung eines Jahres eine günstigere ist und damit die Vereinsleitung verfügbare Mittel erhält, sollen sie immer dem Vereinszwecke nutzbar gemacht werden.

Der Voranschlag für 1928 wurde mit äußerster Vorsicht aufgestellt; wenn der Abschluß 1927 im allgemeinen auch als günstig bezeichnet werden kann, so ist es nicht möglich, daraus eine Schlußfolgerung für die Gebarung des Jahres 1928 zu ziehen. Die wirtschaftlichen Verhältnisse sind für die Einnahmen eines Vereines von ausschlaggebender Bedeutung und ist daher die richtige Einschätzung zukünftiger Einnahmen unmöglich; auch bei den Ausgaben ist eine solche Einschätzung sehr schwer, weil unvorhergesehene Ausgaben nicht zu vermeiden sind. Es wurde daher im Voranschlag des Jahres 1928 zur Deckung eines allfälligen Gebarungsausfalles der Zeitschrift ein verfügbarer Betrag von S 14 000 vorgesehen.

Ich möchte nicht verabsäumen, dem Sekretär und Geschäftsführer des Vereines, Herrn Ing. Marx, dem Schriftleiter, Herrn Ing. Grünhut, sowie auch allen übrigen Beamten des Vereines den Dank für ihre erfolgreiche Tätigkeit im abgelaufenen Jahre auszusprechen."

Zu Punkt 3 der Tagesordnung (Bericht der Revisoren und Beschlußfassung über den Rechnungsabschluß) verliest der Revisor Herr Ing. Schalkhammer folgenden Revisionsbericht: „Wir unterzeichneten Revisoren haben die Bücher und Rechnungen eingehend geprüft und uns durch vielfache Stichproben von der richtigen Buchführung volle Überzeugung verschafft. Wir bestätigen auch, daß uns der Nachweis über den per 31. Dezember 1927 vorhanden gewesenen Effektenbestand erbracht wurde, und beantragen daher der Generalversammlung, dem Ausschuß das Absolutorium zu erteilen und dem Herrn Kassaverwalter für seine Bemühungen den wärmsten Dank auszudrücken. Für das Revisions-Komitee: M. Kallir e. h., Gröschl e. h., Schalkhammer e. h."

Die Generalversammlung genehmigt den Bericht des Kassaverwalters, erteilt dem Ausschuß das Absolutorium und spricht Herrn Direktor Reich für seine tatkräftige und erfolgreiche Tätigkeit als Kassaverwalter den herzlichsten Dank aus. (Lebhafter Beifall.)

Zu Punkt 7 der Tagesordnung (Allfällige Anträge) liegt kein Antrag vor.

Nunmehr gibt der Vorsitzende das Ergebnis der Wahlen bekannt; es sind alle Vorschläge des Wahlkomitees einstimmig angenommen worden.

Auf die Anfrage des Präsidenten erklärt der neugewählte Vizepräsident, Herr Ministerialrat Ing. Kaan, die Wahl als ehrendes Zeichen des Vertrauens anzunehmen und gerne bereit zu sein, den Verein und seine Interessen nach besten Kräften zu vertreten und zu fördern. (Großer Beifall.)

Der Präsident nimmt nunmehr Gelegenheit dem abtretenden Vizepräsidenten Herrn Direktor Ing. Berg — der nach einer zweijährigen Präsidentschaft es übernommen hatte, noch ein weiteres Jahr das mühevolle

Digitized by Google

Amt eines Vizepräsidenten zu behalten — im Namen der Vereinsleitung für seine aufopferungsvolle und verdienstvolle Tätigkeit zu danken; die Generalversammlung schließt sich dem Danke durch lebhafte Beifallskundgebung an. Der Präsident dankt weiters allen Ausschußmitgliedern, im besonderen den abtretenden Herren, allen Obmännern und Mitgliedern der Fachkomitees und Arbeitsausschüsse, sowie endlich dem Sekretär und Geschäftsführer Ing. Marx, dem Schriftleiter Ing. Grünhut und allen übrigen Angestellten des Vereines.

Wien, am 4. April 1928.

Der Präsident:
Ing. L. Kallir e. h.

Der Sekretär und Geschäftsführer:
Ing. A. Marx e. h.

Die Verifikatoren:
Ing. R. Arbeiter e. h. Ing. K. Krötlinger e. h.

Vereinsausschuß für das Jahr 1928/29.

(Auf Grund der Wahlen der 46. ordentlichen Generalversammlung vom 4. April 1928.)

Präsident:
Kallir Ing. Ludwig, Direktor der AEG-Union Elektrizitäts-Ges., Wien.

Vizepräsidenten:
Kann Dr. techn. Ing. August, o. Professor für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Wien.
Kaan Ing. Ernst, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr (Verkehrswesen), Wien.

Kassaverwalter:
Reich Emil, Direktor der Kabelfabrik & Drahtindustrie A.-G., Wien.

Mitglieder:
Bambula Ing. Hermann, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr, Wien.
Beron Ing. Rudolf, Direktor-Stellvertreter der Sätdt. Elektrizitätswerke Wien.
Brilli Dr. Ing. Franz, Ingenieur der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien.
Döry Dr. Ing. Iwan, Direktor der AEG-Union Werke A.-G., Wien.
Frimmel Ing. Erwin, Ingenieur der Österr. Brown, Boveri-Werke A.-G., Wien.
Fuchs Ing. Karl, Ministerialrat der Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung, Wien.
Krenner Ing. Konrad, Baurat, beh. aut. Zivilingenieur, Wien.
Kvetensky Ing. Adolf, Direktor der Oberösterr. Wasserkraft- und Elektrizitäts A.-G., Linz.
Luithlen Ing. Hugo, Ministerialrat, Direktor-Stellvertreter der Elektrisierungsdirektion in der Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien.
Maerz Ing. Martin, Direktor der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien.
Pernt Dr. Ing. Max, Ministerialrat, beh. aut. Zivilingenieur, Wien.
Pick Ing. Eduard, Direktor der „Elin" A.-G. für elektrische Industrie, Wien.
Rieder Ing. Ernst, Obering. der Akkumulatorenfabriks A.-G., Wien.
Rissel Ing. Viktor, Ministerialrat im Bundesministerium für soziale Verwaltung (Zentralgewerbe-Inspektorat), Wien.
Rothweiler Karl, Direktor der „Vertex" Elektrowerke Ges. m. b. H., Atzgersdorf bei Wien.
Schalkhammer Ing. Josef, Obering. der Firma Dr. Paul Hollitscher & Co., Wien.
Schlögl Ing. Heinrich, Oberstadtbaurat, Vorstand der Mag.-Abt. 27 a, Stadtbauamt, Wien.
Schreiber Dr. Heinrich, Rechtskonsulent, Wien.
Stradner Ing. Richard, Direktor der Vereinigten Telephon- und Telegraphen-Fabriks-A. G. Czeija, Nissl & Co., Wien.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	14. V. 1928	16. V. 1928	18. V. 1928	21. V. 1928	23. V. 1928	25. V. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	134¾	135¾	137	137	137	139¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	210	210	210	210	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	214	214	214	214	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350	350	350	350
Antimon-Regulus	90—96	93—98	93—98	95—98	94—99	94—99

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 18. Mai 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	67	10	0	68	0	0
Wire bars	68	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	17	6	62	18	9
Standard 3 Monate .	63	2	6	63	3	9
Zinn:						
Engl. ingots	231	10	0	232	10	0
Standard Kassa . .	231	15	0	231	17	6
Standard 3 Monate .	230	17	6	231	2	6
Blei:						
Engl. pig common . .	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	0	0	25	12	6
Remelted	26	5	0	—	—	—
English Swansea . .	26	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

(Nach „Mining Journal" vom 25. Mai 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	10	0	69	0	0
Wire bars	69	0	0	—	—	—
Standard Kassa . . .	64	0	0	64	1	3
Standard 3 Monate .	64	1	3	64	2	6
Zinn:						
Engl. ingots	229	10	0	230	10	0
Standard Kassa . . .	229	15	0	229	17	6
Standard 3 Monate .	229	5	0	229	10	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	7	6	25	12	6
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	26	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 export
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 10. Juni 1928 | Heft 24

Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden?

Von G. **Benischke**, Berlin.

Es ist noch nicht lange her, daß zwischen der magnetischen Kraftliniendichte in Luft $\left(\frac{0{\cdot}4\pi i n}{l} = \mathfrak{H}\right)$ und der in einem anderen Stoff $\left(\mu\,\frac{0{\cdot}4\pi i n}{l} = \mathfrak{B}\right)$ ein Unterschied gemacht, und jene als Feldstärke, diese aber als Induktion bezeichnet wird. Dementsprechend ist auf dem Elektrotechniker-Kongreß in Paris i. J. 1900 bei der vorläufigen Beschlußfassung über die Einheitsbezeichnung „Gauß" für die Kraftliniendichte ein solcher Unterschied gar nicht in Betracht gezogen worden. Bei der letzten Versammlung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) aber ist die Frage aufgeworfen worden, ob „Gauß" nur die Kraftliniendichte in Luft oder nur in einem anderen Stoff bezeichnen soll, weil von einigen Physikern die Ansicht vertreten wird, daß zwischen diesen ein physikalischer Wesensunterschied bestehe[1]).

Noch selbstverständlicher war es, daß die elektrische Kraftliniendichte in einem Luftkondensator mit den Plattenpotentialen U_1, U_2 im Abstande a $\left(\frac{U_2 - U_1}{a} = \mathfrak{E}\right)$ und in einem Kondensator mit anderem Dielektrikum $\left(\varepsilon\,\frac{U_2 - U_1}{a} = \mathfrak{D}\right)$ nur einen Zahlenunterschied, aber keinen Wesensunterschied bedeutet.

Wie liegt der physikalische Tatbestand? Wenn zwischen zwei Kondensatorplatten eine elektrische Spannung $U_2 - U_1$ besteht, so tritt auf den Platten eine gewisse Ladung und dementsprechend eine zwischen den Platten verlaufende Kraftlinienmenge auf, was in der Kapazität zum Ausdruck kommt. Wird derselbe Kondensator in ein Gefäß mit Öl gesetzt, so findet eine Vergrößerung dieser Werte statt. Wer aber nicht weiß, daß das Gefäß Öl enthält, kann auf gar keine Weise feststellen, ob diese Vergrößerung durch eine Ölfüllung oder durch eine Verkleinerung des Plattenabstandes hervorgebracht wurde. Jede Messung der Dielektrizitätskonstante ε beruht in letzter Linie auf einem Vergleich der Kraftlinienmenge in Luft und zum Beispiel Öl, hat also Wesensgleichheit der Kraftlinien in Luft und Öl zur Voraussetzung. ε ist nichts anderes als eine Materialkonstante und hat im natürlichen Maßsystem der elektrischen Größen die Dimension einer reinen Zahl, nämlich 1. Damit kommt in der Gleichung $\mathfrak{D} = \varepsilon\,\mathfrak{E}$ zum Ausdruck, daß auch in der mathematischen Anschreibung $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{E}$ gleichartig sind. Die Wahl verschiedener Buchstaben dient nur zur bequemen formelmäßigen Definition von ε. Wer der Meinung ist, daß $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{H}$ in ihrem physikalischen Wesen verschieden sind, muß nach der letzten Gleichung der Konstanten ε den reinen Zahlenwert absprechen und ihr eine besondere physikalische Bedeutung und Dimension beilegen. Thomälen[2]) ist dadurch genötigt worden, die Einführung eines anderen Maßsystemes zu fordern. Man ersieht daraus, wohin man gelangt, wenn man derselben Erscheinung in verschiedenen Stoffen physikalische Wesensverschiedenheit zuschreibt. Wie ist Franke dazu gekommen? Er schreibt ohne jede Begründung: $\mathfrak{D} = \eta\,\mathfrak{E}_0$ und $\mathfrak{E}_0 = \varepsilon\,\mathfrak{E}$, woraus folgt: $\mathfrak{D} = \eta\,\varepsilon\,\mathfrak{E}$. Durch das physikalische Experiment begründet ist aber nur $\mathfrak{D} = \varepsilon\,\mathfrak{E}$. Kein Wunder, daß sich durch weitere Ausspinnung willkürlicher Ausgangsbeziehungen später Unstimmigkeiten einstellen. Es gibt keine, wenn man sich an die experimentellen Tatsachen hält.

Bezüglich der magnetischen Kraftlinien ist der physikalische Tatbestand folgender: Wenn man durch einen Eisenring einen Leiter mit der Stromstärke i hindurchsteckt, so entsteht in ihm eine Kraftliniendichte $\mu\,\frac{0{\cdot}4\pi i}{l}$, wenn l die Länge des Eisenringes bedeutet. Ist statt des Eisenringes Luft vorhanden, so ist die Kraftliniendichte $\frac{0{\cdot}4\pi i}{l}$. Vergrößert man die Stromstärke $n$mal und schreibt nun in diese Formeln das n hinein, statt für i gleich den $n$fachen

[1]) Bericht über die Erörterung dieser Frage in der französischen physikalischen Gesellschaft: E. u. M. 1922 S. 380. Ferner: O. Franke E. u. M. 1923, S. 277. Bei der letzten Versammlung der IEC hat Janet die Einführung der Einheitsbezeichnung „Mascart" für die Kraftliniendichte in Luft statt „Gauß" vorgeschlagen, während Lombardi betonte, daß eine Unterscheidung zwischen Kraftlinien in Luft und Eisen überflüssig ist. Vgl. auch L. Lombardi „L'Induzione elettromagnetica" aus der Festschrift „Centenario della morte di A. Volta". Mailand 1927.

[2]) ETZ 1927, S. 1882.

Digitized by Google

Wert einzusetzen, so lauten die Formeln $\mu \frac{0{\cdot}4\pi i n}{l} = \mathfrak{B}$ und $\frac{0{\cdot}4\pi i n}{l} = \mathfrak{H}$. Dabei ist es völlig gleichgiltig, ob man die n malige Vergrößerung der Stromstärke dadurch vornimmt, daß man n parallel- oder n hintereinandergeschaltete Leiter durch den Ring steckt. Weil aber die Hintereinanderschaltung dadurch am einfachsten ausgeführt wird, daß man den Strom um den Ring herumführt und so n Windungen entstehen, hat sich aus rein praktischem Bedarf der Begriff „Amperewindungen" gebildet. Je mehr dieser zum laufenden Gebrauch in der Elektrotechnik wurde, desto mehr ging das Bewußtsein verloren, daß einzig und allein der Strom es ist und nicht die Windungen des Leiters, der Kraftlinien um sich erzeugt, gleichgiltig ob die Umgebung aus Eisen oder Luft besteht. Nachdem dieses Bewußtsein entschwunden war, wurde dem $\mathfrak{H}$ eine besondere Bedeutung dadurch beigelegt, daß es als die Ursache (magnetisierende Kraft, Feldstärke), das $\mathfrak{B}$ aber als Folge (Induktion) angesehen wurde[3]). In Wirklichkeit ist in beiden Fällen der Strom i oder sein Vielfaches in die Ursache, die Kraftliniendichte $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$ aber dieselbe Folge, wenn sie auch mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet wird. Das entsprang nur einer praktischen Zweckmäßigkeit zur formelmäßigen Definition der magnetischen Durchlässigkeit μ durch $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$. Sobald aber dieser Zweckmäßigkeitsformel eine besondere physikalische Bedeutung beigelegt wird, muß die Frage aufgeworfen werden, warum soll denn gerade die Kraftliniendichte in Luft wesensverschieden sein von der in Eisen? Die Antwort lautet: weil man bequemer- aber willkürlicherweise für Luft $\mu = 1$ gesetzt hat. Bekanntlich gibt es Stoffe, deren μ kleiner ist als 1 und die man daher ebenso willkürlich aber bequem als diamagnetische Stoffe bezeichnet. Physikalisch ist es bekanntlich nicht richtig, daß Wismut von einem Eisenpol abgestoßen wird, obwohl es äußerlich so aussieht, sondern es ist so, daß die umgebende Luft stärker angezogen wird als Wismut. Es ist durchaus möglich, das μ des Wismuts als schwächsten magnetisierbaren Stoffes gleich 1 zu setzen und das μ der Luft darauf zu beziehen. Wer die Kraftlinien in Luft und Eisen für wesensverschieden hält, muß auch die in Wismut und Eisen für verschieden halten. Natürlich müßte dann der Materialkonstante μ, die im natürlichen magnetischen Maßsystem eine reine Zahl ist, eine physikalische Dimension zugeschrieben werden, und zwar für Eisen eine andere als für Wismut.

Wenn aus dem oben erwähnten Eisenring ein Luftspalt herausgeschnitten wird, so nehmen dieselben Kraftlinien einen Teil ihres Weges durch Luft und einen Teil durch Eisen. Werden nun dieselben Kraftlinien an einer Stelle „Gauß"-Kraftlinien und an anderer Stelle „Mascart"-Kraftlinien sein? Und wie werden sie in Wismut heißen?

Die elektrischen Kraftlinien in Luft und in einem anderen Dielektrikum oder die magnetischen Kraftlinien in Luft und in einem anderen Magnetikum als verschieden zu betrachten ist ebenso abwegig, als wenn man den Strom, der durch 2 Kupferdrähte einem Eisenstück zugeführt wird, im Kupfer und im Eisen für verschieden hält. Obwohl die molekularen oder atomaren Vorgänge des Stromdurchganges in Kupfer und Eisen verschieden sind, weil ihre elektrische Leitfähigkeit und ihre Magnetisierungsfähigkeit durch diesen Strom verschieden sind, ist doch der Strom an sich im Kupfer und im Eisen derselbe und wird mit derselben Maßeinheit gemessen.

[3]) Nebenbei bemerkt ist die Bezeichnung „Induktion" für $\mathfrak{B}$ und „Verschiebung" für $\mathfrak{D}$ unpassend und irreführend, weshalb ich sie grundsätzlich vermeide.

Beitrag zur Berechnung von Speiseleitungen elektrischer Stadtnetze.

Von W. **Chrustschoff**, Prof. am Technologischen Institut zu Charkow.

Die Gesamtsumme der jährlichen Ausgaben für die Anlage und den Betrieb einer Speiseleitung von der Länge L (Hin- und Rückleitung), mit einem Querschnitt q, einer spezifischen Leitfähigkeit $\varkappa$ und einem Spannungsabfall ε, kann durch die Formel ausgedrückt werden:

$$S = m_1 \varepsilon I T + \left(a + b \frac{IL}{\varkappa \varepsilon}\right) L \frac{p_1}{100} + m_2 \varepsilon I \frac{p_2}{100} \quad (1);$$

darin bedeuten m_1 die Kosten einer Wh, I die größte Stromstärke in der Leitung, a und b bekannte Leitungskonstanten, welche den vom Querschnitt unabhängigen und abhängigen Teil der Kosten für die Einheit der Länge darstellen, p_1 den Prozentsatz für die Verzinsung des Kapitals, die Abschreibung und Instandhaltung der Leitung, m_2 die Kosten der Stationseinrichtung, bezogen auf 1 Watt der Leistung, p_2 den Prozentsatz für die Verzinsung des Kapitals, die Abschreibung und Instandhaltung der Kraftwerkseinrichtung und T den Wert des Integrals $\int \frac{i^2}{I^2} dt$, berechnet für den Zeitraum eines Jahres, wobei i der Momentanwert der Stromstärke ist.

Gleichung (1) unterscheidet sich von der allgemein angenommenen Form nur dadurch, daß sie eine Funktion des Spannungsabfalls ε ist, während man sie gewöhnlich als Funktion des Leistungsverlustes in der Leitung darstellt.

Wenn wir das Minimum der Gesamtsumme der jährlichen Ausgaben als Bedingung stellen, so erhalten wir den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall

$$\varepsilon' = L \sqrt{\frac{b p_1}{(100 m_1 T + m_2 p_2) \varkappa}} = s L \quad . (2).$$

Es ist interessant zu verfolgen, wie sich die Summe der jährlichen Ausgaben für Anlage und

Digitized by Google

Betrieb einer Speiseleitung bei Abweichung von der Bedingung des Minimums verändert. Aus Gleichung (2) geht hervor

$$m_1 \varepsilon' l T + m_2 \varepsilon' l \cdot \frac{p_2}{100} = b l \frac{L^2}{\varkappa \varepsilon'} \cdot \frac{p_1}{100}$$

oder

$$K_{1m} + K_{2m} = K_{3m}'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)^1);$$

das heißt, das Minimum der Summe der jährlichen Ausgaben für Anlage und Betrieb einer Speiseleitung wird dann auftreten, wenn die Summe aus den Kosten für die in der Leitung verloren gegangene Energie $K_1 = m_1 \varepsilon' l T$ und aus den jährlichen Ausgaben für die Erhöhung der Leistung der Stationseinrichtung, hervorgerufen durch den Leistungsverlust in der Speiseleitung, $K_2 = m_2 \varepsilon' l \frac{p_2}{100}$ gleich ist den jährlichen Ausgaben für den vom Leitungsquerschnitt abhängigen Teil des für die Leitungsanlage aufgewandten Kapitales, also gleich $K_3'' = b l \frac{L^2}{\varkappa \varepsilon'} \cdot \frac{p_1}{100}$.

Der linke Teil der Gleichung (3) ändert sich direkt, der rechte Teil dagegen indirekt proportional ε, daher kann die Veränderung der Summe der jährlichen Ausgaben $K' = K_1 + K_2 + K_3''$, abhängig von ε, auf folgende Weise ausgedrückt werden:

$$K' = (K_{1m} + K_{2m})\, n + \frac{K_{3m}''}{n} = K_{3m}'' \left(n + \frac{1}{n}\right) =$$

$$= \frac{K_m'}{2} \left(n + \frac{1}{n}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4),$$

wo $n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$.

Abb. 1 stellt die Abhängigkeit $\frac{K' - K_m'}{K_m'}$ von $n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$ dar und zeigt, daß man ziemlich weit in der Richtung einer Vermehrung des Spannungsabfalles gehen kann, ohne die jährlichen Ausgaben

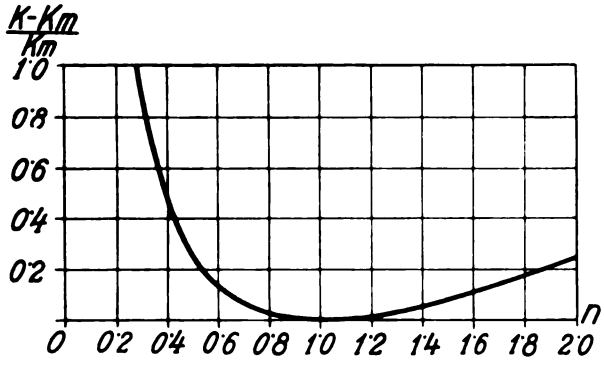


Abb. 1.

für die Anlage und den Betrieb der Speiseleitung bedeutend zu erhöhen. Bei einer Vermehrung des Spannungsabfalls, zum Beispiel um 50 vH, stellt sich K' nur um 8 vH höher, während die Gesamtausgaben in noch geringerem Maße steigen.

[1]) Der Index m soll hier und im folgenden den Wert einer Größe unter der Bedingung minimaler Ausgaben (wirtschaftlich günstigster Spannungsabfall) bezeichnen.

Während wir bisher den Fall einer einzigen Speiseleitung behandelt haben, soll jetzt ein städtisches Speiseleitungsnetz eingehender untersucht werden. Eine elektrische Zentrale, welche im Punkte A (Abb. 2) angelegt ist, versorgt durch Speiseleitungen das städtische Netz, welches sich inner-

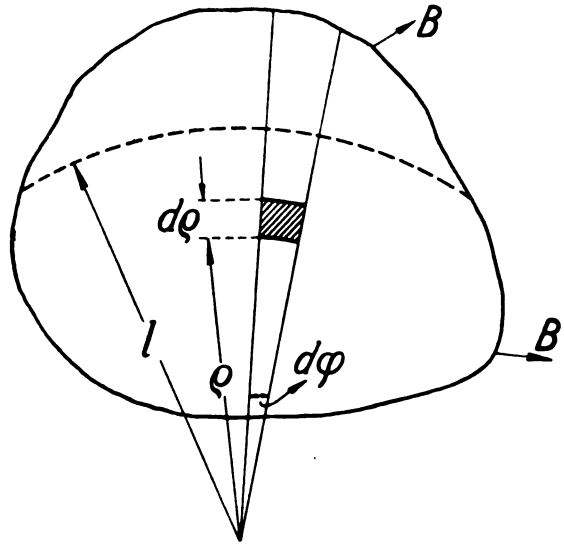


Abb. 2.

halb des durch die geschlossene Linie B begrenzten Grundrisses befindet. Nehmen wir an, daß die Belastungsdichte σ, in Watt ausgedrückt, eine konstante Größe für alle Punkte innerhalb des Grundrisses vorstellt, daß die Zahl der Speiseleitungen unendlich groß sei und daß sie alle strahlenförmig zur Station verlaufen. Für das Element der Fläche $\varrho\, d\varphi \,.\, d\varrho$ ist der vom Querschnitt abhängige Kostenanteil der Speiseleitungen

$$d Q_3'' = b q \varrho = b \frac{\sigma \varrho^3 d\varrho \,.\, d\varphi}{\varkappa V \,.\, \varepsilon},$$

wo q den Leitungsquerschnitt, V die Netzspannung und ε den für alle Speiseleitungen gleichen Spannungsabfall bedeuten; offenbar ist ε der wirtschaftlich günstigste Spannungsabfall nur für eine bestimmte Reihe von Speisepunkten, welche sich auf einer Kreislinie mit einem bestimmten Radius l befinden und hat daher den Wert $\varepsilon = s l$. Wenn wir diesen Wert von ε in den vorhergehenden Ausdruck einführen, so erhalten wir:

$$d Q_3'' = \frac{b \sigma}{\varkappa s V} \cdot \frac{\varrho^3 \,.\, d\varrho \,.\, d\varphi}{l}.$$

In dem speziellen Fall, wo das Flächenelement auf der Kreislinie des wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfalles liegt, würde der vom Querschnitt abhängige Kostenanteil der Leitung

$$d Q_{3m}'' = \frac{b \sigma}{\varkappa s V} \cdot \varrho^3 d\varrho\, d\varphi$$

betragen. Da aber die Speiseleitung eines beliebigen Elementes nicht für den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall berechnet ist, so ergibt sich hiefür die Summe der jährlichen Ausgaben $d K'$ nach Formel (4) zu

Digitized by Google

$$dK' = \left(\frac{\varrho}{l} + \frac{l}{\varrho}\right) dK'_{3m} =$$

$$= \frac{p_1}{100}\left(\frac{\varrho}{l} + \frac{l}{\varrho}\right)\frac{b\sigma}{\varkappa s V} \cdot \varrho^2 d\varrho . d\varphi .$$

Die Summe der jährlichen Ausgaben für alle Speiseleitungen des zu betrachtenden Netzes beträgt daher:

$$K' = \int\int \frac{p_1}{100}\left(\frac{\varrho}{l} + \frac{l}{\varrho}\right)\frac{b\sigma}{\varkappa s V} \cdot \varrho^2 d\varrho . d\varphi ,$$

wobei über die ganze, von der geschlossenen Linie B begrenzte Fläche zu integrieren ist.

Jene Größe l, bei welcher die Summe der jährlichen Ausgaben für Anlage und Betrieb der Speiseleitungen am niedrigsten wäre, ist durch die Gleichung

$$\frac{dK'}{dl} = \frac{p_1 b\sigma}{100\varkappa s V}\int\int\left(\varrho\, d\varrho\, d\varphi - \frac{\varrho^3 d\varrho . d\varphi}{l^2}\right) = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

bestimmt; daraus erhält man:

$$l = \sqrt{\frac{\int\int \varrho^3 d\varrho . d\varphi}{\int\int \varrho\, d\varrho . d\varphi}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6),$$

das heißt, die Summe der jährlichen Ausgaben für Anlage und Betrieb der Speiseleitungen wird dann am niedrigsten sein, wenn der Spannungsabfall in letzteren wirtschaftlich am günstigsten für eine gewisse Länge l gewählt ist, welche gleich dem Hebelarm des Polarträgheitsmomentes der Netzfläche, bezogen auf den Punkt in welchem sich das Kraftwerk befindet, ist.

Wird eine jede Speiseleitung für sich unter der Bedingung des wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfalles berechnet, sodaß in den einzelnen Speisepunkten verschiedene Spannungen herrschen und nicht ein und dieselbe, wie dies gewöhnlich der Fall ist, so hat die Summe der jährlichen Ausgaben K' für Anlage und Betrieb des Speiseleitungsnetzes den absolut geringsten Wert und kann aus der Formel:

$$K'_m = 2\frac{p_1}{100}\frac{b\sigma}{\varkappa s V}\int\int \varrho^2 d\varrho\, d\varphi$$

berechnet werden. Das Verhältnis der jährlichen Ausgaben K', wenn der Spannungsabfall in den Speiseleitungen derselbe und für eine gewisse bestimmte Länge l der wirtschaftlich günstigste ist, zum absolut geringsten Wert von K' ist:

$$\frac{K'}{K'_m} = \frac{\int\int \frac{p_1}{100}\left(\frac{\varrho}{l} + \frac{l}{\varrho}\right)\frac{b\sigma}{\varkappa s V} \cdot \varrho^2 d\varrho\, d\varphi}{2\int\int \frac{p_1}{100}\frac{b\sigma}{\varkappa s V}\varrho^2 d\varrho\, d\varphi} =$$

$$= \frac{\int\int \varrho^3 d\varrho\, d\varphi}{2l\int\int \varrho^2 d\varrho\, d\varphi} + \frac{l\int\int \varrho\, d\varrho\, d\varphi}{2\int\int \varrho^2 d\varrho\, d\varphi} \quad . \quad . \quad (7).$$

Dieses Verhältnis erscheint als eine Funktion von l und wird offenbar bei jenem l, welches durch die Gleichung (6) bestimmt wird, ein Minimum werden.

Die abgeleiteten Formeln sollen nun auf eine Anzahl spezieller Fälle mit geometrisch einfachem Netzgrundriß und verschiedener Lage des speisenden Kraftwerkes angewendet werden.

1. Ist der Grundriß des städtischen Netzes ein Kreis mit dem Radius R, in dessen Zentrum das Kraftwerk angelegt ist, so ergibt sich aus Gleichung (6) der Hebelarm des Trägheitsmomentes $l = 0{\cdot}707\,R$. Führt man die Integration in Gleichung (7) für den vorliegenden Fall aus, so erhält man $\frac{K'}{K'_m} = \frac{3}{4}\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{R}{l} + \frac{l}{R}\right)$. Setzt man $l = 0{\cdot}707\,R$ hier ein, so wird $K' : K'_m = 1{\cdot}06$; wählt man dagegen den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall für eine Entfernung gleich dem arithmetischen Mittel aller Speiseleitungslängen, so ist $l = \int\int \varrho^2 d\varrho\, d\varphi : \int\int \varrho\, d\varrho\, d\varphi = \frac{2}{3}R$ (Integration über die ganze Grundrißfläche) in obige Formel einzusetzen und man erhält $K' : K'_m = 1{\cdot}061$. Es übersteigt also in diesem Fall die Summe K' der jährlichen Ausgaben für Anlage und Betrieb der Speiseleitungen die absolute Minimalsumme K'_m um 6·1 vH.

Wird der wirtschaftlich günstigste Spannungsabfall für $l = R$ gewählt, so beträgt der vom Querschnitt abhängige Teil des für die Speiseleitungsanlage aufgewendeten Kapitals 0·707 jenes Wertes, den dieser Teil bei $l = 0{\cdot}707\,R$ hätte, das heißt er verringert sich um 29·3 vH. Das Verhältnis $\frac{K'}{K'_m}$ ist bei dieser Annahme gleich 1·125, das heißt die Ausgaben K' steigen im Vergleich zu den absolut minimalsten um 12·5 vH und im Vergleich zu den unter der Bedingung gleicher Spannung in den Speisepunkten geringst möglichen um 6·5 vH.

2. Befindet sich das Kraftwerk nicht im Mittelpunkt des Kreises, sondern auf der Kreislinie selbst, so errechnet sich der Hebelarm des Trägheitsmomentes aus Gl. (6) zu $1{\cdot}225\,R$.

Wird bei dieser Lage des Kraftwerks der wirtschaftlich günstigste Spannungsabfall für $l = 2\,R$ gewählt, so würde der vom Querschnitt abhängige Teil des Anlagekapitals der Speiseleitungen nur 61·2 vH jenes Wertes betragen, den dieser Teil bei den geringsten jährlichen Ausgaben hätte. Formel (7) ergibt jetzt:

$$\frac{K'}{K'_m} = 0{\cdot}662\frac{R}{l} + 0{\cdot}442\frac{l}{R}$$

und im Besonderen für $l = 2\,R$

$$\frac{K'}{K'_m} = 1{\cdot}215$$

und für $l = 1{\cdot}225\,R$

$$\frac{K'}{K'_m} = \frac{0{\cdot}662}{1{\cdot}225} + 0{\cdot}442 \cdot 1{\cdot}225 = 1{\cdot}081,$$

das heißt, dadurch, daß der Spannungsabfall für alle Speiseleitungen derselbe ist, steigt die Ausgabe K' im vorliegenden Falle um 8·1 vH im Vergleich zu den absolut geringsten Ausgaben. Folglich steigt, wenn man den Spannungsabfall als wirtschaftlich günstigsten für $l = 2\,R$ wählt, die Summe der jährlichen Ausgaben um $100\left(1 - \frac{1{\cdot}081}{1{\cdot}215}\right) =$ $= 12{\cdot}3$ vH im Vergleich zu den unter der Bedingung gleicher Speisepunktsspannung geringst möglichen Ausgaben.

Es seien noch 4 Fälle vergleichsweise betrachtet.

3. Liegt das Kraftwerk im Mittelpunkt eines quadratischen Netzgrundrisses, so ist der Hebelarm des Trägheitsmomentes

$$l = 0{\cdot}408\,a,$$

wo a die Länge einer Quadratseite ist.

4. Liegt die elektrische Zentrale in der Mitte einer Quadratseite, so ist

Digitized by Google

$$l = 0{\cdot}645\,a.$$

5. Wenn die elektrische Station im Mittelpunkte A eines rechteckigen Netzgrundrisses angelegt ist (Abb. 3), so ist der Hebelarm des Trägheitsmomentes

$$l = 0{\cdot}289\sqrt{a^2 + b^2}$$

(a und b Seiten des Rechteckes); für $b = 2\,a$ ist $l = 0{\cdot}3225\,b$.

6. Liegt das Kraftwerk im Punkte B (Abb. 3), so ergibt sich

$$l = \sqrt{\frac{4\,a^2 + b^2}{12}}$$

und speziell für $b = 2\,a$

$$l = 0{\cdot}408\,b.$$

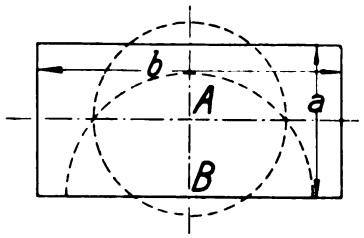


Abb. 3.

Die Vermehrung der Summe der jährlichen Ausgaben K' für die günstigste Entfernung l im Vergleich zur absolut geringsten beträgt für die vier zuletzt besprochenen Fälle (3, 4, 5, 6):

3. $$\frac{K'}{K'_m} = 0{\cdot}2177\,\frac{a}{l} + 1{\cdot}307\,\frac{l}{a};$$

mit $l = 0{\cdot}408\,a$ wird $\frac{K'}{K'_m} = 1{\cdot}066$, das heißt die Summe der Ausgaben K' übertrifft die absolut niedrigsten um 6·6 vH.

4. $$\frac{K'}{K'_m} = 0{\cdot}351\,\frac{a}{l} + 0{\cdot}842\,\frac{l}{a};$$

mit $l = 0{\cdot}645\,a$ wird $\frac{K'}{K'_m} = 1{\cdot}09$ (Zunahme 9 vH).

5. $$\frac{K'}{K'_m} = 0{\cdot}351\,\frac{a}{l} + 0\,842\,\frac{l}{a};$$

mit $l = 0{\cdot}645\,a$ ergibt sich $\frac{K'}{K'_m} = 1{\cdot}09$ (Zunahme 9 vH).

6. $$\frac{K'}{K'_m} = 0{\cdot}2177\,\frac{b}{l} + 1{\cdot}307\,\frac{l}{b};$$

mit $l = 0{\cdot}408\,b$ eingesetzt, erhält man $\frac{K'}{K'_m} = 1{\cdot}066$ (Zunahme 6·6 vH).

Der Abstand des am weitesten entfernten Speisepunktes vom Kraftwerk wird sein:

für Fall 3: $L = 0{\cdot}707\,a$; für Fall 5: $L = 1{\cdot}118\,a$;
„ „ 4: $L = 1{\cdot}118\,a$; „ „ 6: $L = 0{\cdot}707\,b$.

Wenn wir den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall für diese Entfernung wählen, so verringert sich der vom Querschnitt abhängige Teil des Kapitals, welches für die Speiseleitungsanlage aufgewendet ist,

für Fall 3 um $100\left(1 - \frac{0{\cdot}408\,a}{0{\cdot}707\,a}\right) = 42{\cdot}3$ vH,

für Fall 4 um $100\left(1 - \frac{0{\cdot}645\,a}{1{\cdot}118\,a}\right) = 42{\cdot}3$ vH,

und für den fünften und sechsten Fall ebenfalls um 42·3 vH. Die Vermehrung der Summe der jährlichen Ausgaben beträgt für Fall 3

$$\frac{K'}{K'_m} = \frac{0{\cdot}2177}{0{\cdot}707} + 1{\cdot}307\,.\,0{\cdot}707 = 1{\cdot}232,$$

das heißt die Summe der jährlichen Ausgaben steigt um 23·2 vH gegen die absolut minimalsten oder um $100\left(1 - \frac{1{\cdot}232}{1{\cdot}066}\right) = 15{\cdot}7$ vH im Vergleich zu den geringsten Ausgaben unter der Bedingung gleicher Spannung der Speisepunkte. Für Fall 4 ist

$$\frac{K'}{K'_m} = \frac{0{\cdot}351}{1{\cdot}118} + 0{\cdot}842\,.\,1{\cdot}118 = 1{\cdot}256,$$

das heißt K' erhöht sich um 25·6 vH gegen die absolut minimalsten oder um $100\left(1 - \frac{1{\cdot}256}{1{\cdot}09}\right) = 15{\cdot}1$ vH im Vergleich zu den geringsten Ausgaben unter der Bedingung gleicher Spannung der Speisepunkte. Für den fünften Fall erhalten wir dasselbe Verhältnis wie für den vierten, für den sechsten dasselbe Verhältnis wie für den dritten Fall.

7. Nehmen wir an, daß der Grundriß des Netzes eine Ellipse mit den Halbachsen a, b bildet und das Kraftwerk sich im Mittelpunkte A befindet; der Hebelarm des Trägheitsmomentes ist dann:

$$l = \sqrt{\frac{\pi\,a^3\,b\left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right)}{4\,\pi\,a\,b}} = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + b^2};$$

speziell für $b = 2\,a$ ist $l = 1{\cdot}118\,a$.

8. Wenn die elektrische Zentrale sich im Schnittpunkt der Ellipse mit ihrer kleinen Achse befindet, so wird

$$l = \frac{1}{2}\sqrt{5\,a^2 + b^2},$$

für $b = 2\,a$ wird $l = 1{\cdot}5\,a$.

Damit, folglich, die Summe der jährlichen Ausgaben für Anlage und Betrieb der Speiseleitungen eines städtischen Netzes die geringste Höhe erreicht, ist es erforderlich, den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall für eine Leitung von einer ziemlich bestimmten Länge, welche aus der Formel (6) hervorgeht, zu wählen. Da aber einerseits die Formel (6) unter Voraussetzungen, die sich praktisch nicht verwirklichen lassen, abgeleitet ist, andererseits wieder die Ausgaben in der Nähe des Minimums mit einer Vergrößerung von l sehr langsam steigen, so kann man, ohne weitläufige Berechnungen anzustellen, den Grundriß des Netzes durch einen der hier betrachteten Grundrisse ersetzen und daraus die entsprechende Größe l entnehmen. Sehr empfehlenswert ist es, zwecks Herabsetzung des für die Anlage der Leitungen aufgewendeten Kapitales, für l gleich einen etwas größeren als den der Minimumsbedingung entsprechenden Wert zu wählen. Eine solche Erhöhung des Spannungsabfalles in den Speiseleitungen im Vergleich zum günstigsten Abfall ist auch vom Standpunkt einer voraussichtlichen Erweiterung des Netzes infolge des Wachstums der Städte sehr rationell; obgleich solch ein erhöhter Spannungsabfall in der ersten Zeit mit etwas höheren Ausgaben für Anlage und Betrieb der Speiseleitungen im Vergleich zu den minimalsten verbunden ist, so wird doch nach einem gewissen Zeitraum dieser gewählte Spannungsabfall sich als günstigster erweisen.

Alles hier Abgeleitete hat volle Bedeutung hauptsächlich für Netze mit einer Spannung, wo die Anzahl der Speiseleitungen groß ist. Für Netze mit zwei Spannungen wird die Bedeutung des Angeführten herabgesetzt: 1. dadurch, daß in ihnen die Anzahl der Speiseleitungen verhältnismäßig gering ist und 2. daß man in den meisten Fällen die Speiseleitungen nicht nach dem wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall, sondern nach den Erwärmungsbedingungen der Leitungen berechnen muß. Da infolgedessen der Spannungsabfall in den Speiseleitungen viel geringer ist als der wirtschaftlich günstigste, so verläuft, wie aus Abb. 1 ersichtlich, der Betrieb der Speiseleitungen vom wirtschaftlichen Standpunkt aus unter sehr ungünstigen Bedingungen.

Digitized by Google

Der internationale Physikerkongreß zu Ehren von Alexander Volta (Como 1927).

Von Doz. Dr. K. **Konstantinowsky**, Vorstand des physik. Laboratoriums der Kabelfabrik A. G., Bratislava.

Zu dem vom 11. September bis zum 17. September 1927 in Como versammelten Physikertage hatten sich die größten Physiker aller Länder eingefunden. Insbesondere waren von den heute lebenden Nobelpreisträgern nahezu alle versammelt, um den annähernd 50 Vorträgen und den anschließenden Diskussionen beizuwohnen, in welchen der im Flusse befindliche Stand der Forschung niedergelegt werden sollte. Zu der von allen Seiten mit Spannung erwarteten Diskussion zwischen den hervorragendsten Vertretern der Quantenmechanik über die Leistungen und Aussichten der modernsten Richtungen der Quantenstatistik kam es jedoch nicht. Wem dies nicht schon aus dem Verfolg der Fachliteratur klar geworden war, dem sagte es die Wucht des persönlichen Eindruckes in Como, daß die Führung der modernen Physik namentlich bei zwei Ländern liegt, nämlich bei England und vor allem bei Deutschland, welchen beiden Ländern als gleichwertiger Partner, wenn nicht von heute, so doch sicher von morgen, Amerika zur Seite tritt. Dieser Kongreß war überdies die erste wissenschaftliche Versammlung, deren Verhandlungen auf dem Radiowege verbreitet wurden. Zu diesem Zwecke hatte die International Standard Electric Corporation einen 10 kW-Schiffsender in der gleichzeitigen Volta-Ausstellung in der Villa Olmo aufgestellt, dessen Besprechungsmikrophone sich im Verhandlungssaale befanden[1]).

In folgenden kann von den in vier Sprachen gehaltenen Vorträgen nur von denjenigen ein kurzer Inhaltsauszug gegeben werden, für welche auch außerhalb der Physik und insbesonders in der Elektrotechnik Interesse vorausgesetzt werden kann. Doch soll die Kürze des Inhaltsauszuges dort, wo dem Referenten leichter zugängliche Spezialliteratur bekannt ist, durch Angabe von Zitaten gemildert werden.

M. Janet (Frankreich) verwies darauf, daß die Bestrebung der Erfinder und Elektrotechniker, eine Gleichstrommaschine ohne Kollektur zu konstruieren, ebenso alt ist, wie die Entdeckung des Kollektors durch Pacinotti, bzw. seine Anwendung durch Gramme. Alle Maschinen, welche dieses Problem lösen, sind unipolare und beruhen auf der Anwendung des Faradayschen Prinzipes der elektromagnetischen Induktion bei Rotationsbewegungen; wenn man jedoch die Hintereinanderschaltung von stromerzeugenden Elementen oder Maschinen nach diesem Prinzipe vermeiden will, also vermeiden soll, daß der Kollektor doch wieder, wenn auch in der Form von mehreren Schleifkontakten, auftaucht, dann kann eine solche Maschine zwar verhältnismäßig starke Ströme abgeben, aber nur niedrige Spannungen. Janet hält nun die vielfachen Bestrebungen, eine kollektorlose Maschine dieser Type für höhere Spannungen zu konstruieren für ein unlösbares Problem und zeigt die Fehler auf, welche bei derartigen Vorschlägen immer wieder auftauchen.

A. Cotton (Frankreich) ist im Begriffe, einen Elektromagneten zu bauen, mit dessen Hilfe es gelingen wird, weitaus stärkere räumlich ausgedehnte, permanente Felder zu erhalten, als dies bisher der Fall war. Vorläufige Messungen haben gezeigt, daß die Polstücke des Magneten kurz sein müssen, daß der Einfluß des Joches insbesonders bei stärkeren Feldern sehr klein ist und daß die grobe Annäherung des geschlossenen magnetischen Kreises für die Theorie des Apparates nicht ausreicht, sondern daß vielmehr das von den Spulen im Zentrum des Apparates erzielte Feld selbst berechnet werden muß, wenn man die beste Spulenform erreichen will. Dieser Riesenmagnet, an dessen Bau Cotton schon seit mehreren Jahren arbeitet und der ein Gewicht von etwa 100 Tonnen haben wird und bei etwa 100 kW ein räumlich ausgedehntes, permanentes Feld von etwa 100 000 Gauss geben wird, wird wahrscheinlich erst in diesem Jahr fertig werden. Er wird im Laboratorium Bellevue aufgestellt werden, und wird den Forschern der verschiedenen Länder zur Verfügung stehen[2]).

J. Frenkel (Rußland) gibt die neuesten Ansichten über den Mechanismus der elektrischen Stromleitung in Metallen und somit die Ansätze, welche sich für die theoretische Berechnung der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle aufstellen lassen. Nach dem einen sind die Elektronen enge an die Metallatome gebunden, und wandern von einem Atom zum anderen auf Quantenkreisen. Bei der Mittelwertbestimmung tritt ähnlich wie bei der Mittelung der Wirkung der Molekularstöße bei der Brown'schen Bewegung eine Leitungskomponente auf, welche bei höheren Temperaturen mit den gefundenen Leitfähigkeiten gut übereinstimmt[3]). Ein anderer Weg ergibt sich vom Gesichtspunkt der neuen Wellenmechanik. Die Ergebnisse des letzteren geben gute, allerdings bloß qualitative Übereinstimmung mit dem Experiment, namentlich auch in Bezug auf den Einfluß von Verunreinigungen.

E. Grüneisen[4]) (Deutschland) beschäftigt sich mit dem alten und noch lange nicht restlos aufgeklärten Problem des Wiedemann-Franz'schen Gesetzes. Dies geht zum Teil darauf zurück, daß der eine der beiden durch das Wiedemann-Franz'sche Gesetz verglichenen Widerstände, nämlich der thermische Widerstand, aus zwei Teilen zusammengesetzt ist, von welchen nur der eine Teil, der sogenannte metallische Widerstand, bei reinen Metallen dem elektrischen Widerstand proportional ist, während der andere Teil, der sogenannte nichtmetallische, konstant und daher vom elektrischen Widerstand unabhängig ist, und daß diese beiden Anteile verschiedene Temperaturabhängigkeiten zeigen. Der metallische Widerstandsanteil wächst, namentlich bei niedrigeren Temperaturen, wie die Atomwärme, während der nicht metallische Anteil wie die durch die absolute Temperatur geteilte Atomwärme wächst. Der metallische Anteil spielt bei höheren Temperaturen eine bescheidene Rolle, während er bei tiefer Temperatur einen Hauptanteil hat. Das Wiedemann-Franz'sche Gesetz ist also bei reinen Metallen um so schlechter erfüllt, um je niedrigere Temperaturen es sich handelt. Dies sowie das Verhalten nicht vollkommen reiner Metalle wird durch Messungen der elektrischen und thermischen Widerstände bei Temperaturen bis zu -252^{0} C aufgeklärt[5]).

Durch Anwendung der neuen durch E. Fermi entwickelten statistischen Methode kommt A. Sommerfeld[6]) (Deutschland) auf rein theoretischem Wege zu einem Verhältnis von elektrischer zu thermischer Leitfähigkeit, welches die Beobachtungen weit vollkommener

[1]) Auch diese Sonderleistung erscheint bereits in den Schatten gestellt durch die Nachricht von einer gemeinsamen Tagung des A. I. E. E. und der British I. of E. E., welche gleichzeitig und gemeinsam in New York und London stattfand, und bei welcher die Verbindung zwischen den beiden Versammlungsorten auf dem Radiowege hergestellt wurde.

[2]) Nichtpermanente Felder von weit höherer Feldstärke: T. F. Wall, Journal of I. E. E. 64, 745, 1926. — T. F. Wall, The Electrical Review, Bd. 95, Nr. 2457, 1924. (Referat in E. u. M. 1925, H. 22, S. 430.) — Kapitza, Rev. Gén. 23, 9 D 1928. — Rutherford, Nature, 120, 809, 1927. — Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 158; 1928, Heft 21, S. 478.

[3]) Frenkel, Z. f. Physik, 29, 141, 1924.

[4]) Grüneisen, Z. f. Phys. 26, 235, 250, 1924; 29, 141, 1925; 37, 278, 1926; 44, 615, 1927.

[5]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 208.

[6]) Sommerfeld, Naturwissenschaften 15, 825, 1927; Z. f. Phys. 47, 1, 1928.

Digitized by Google

wiedergibt als die älteren Theorien von Drude und Lorentz, die sich auf der klassischen (Boltzmannschen) Statistik aufbauen. Alle drei Theorien ergeben die Proportionalität dieses Verhältnisses mit der absoluten Temperatur. Während aber die Theorie von Drude als Koeffizienten den Wert $6{\cdot}3 \cdot 10^{10}$ ergibt, der mit dem Mittel aus Beobachtungen von zwölf Metallen zu $7{\cdot}11 \cdot 10^{10}$ nicht schlecht übereinstimmt, gibt die genauere Rechnung nach Lorentz den weniger gut stimmenden Wert von $4{\cdot}2 \cdot 10^{10}$; hingegen errechnet Sommerfeld den ausgezeichnet stimmenden Faktor $7{\cdot}1 \cdot 10^{10}$. Für den Volta-Effekt fand er auf diesem Wege, daß er der 2/3ten Potenz der Zahl der freien Elektronen proportional ist, und daß sich für denselben die richtige Größenordnung ergibt, wenn man annimmt, daß diese Zahl der freien Elektronen etwa der Zahl der Metallatome gleichkommt, ein Ergebnis, das die bisherige Lorentz'sche Theorie nicht liefern konnte. Ebenso läßt sich Thomson- und Peltier-Effekt nach der neuen Theorie zumindest der Größenordnung nach gut berechnen, während die klassische Statistik auf viel zu große Werte führte.

E. H. Hall (U. S. A.) und E. Perucca[7]) (Italien) beschäftigten sich mit der Theorie des Volta-Effektes. Während der erstere auf Grund der Theorie der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle zur Ansicht kommt, die zuerst von Maxwell geäußerte Ansicht, daß die wahre Potentialdifferenz zwischen zwei miteinander in Kontakt befindlichen Metallen durch den Peltiereffekt der Kontaktstelle gegeben sei, könne nicht richtig sein, daß vielmehr ein Vorgang, der dem ursprünglich von Volta angenommenen ähnlich ist, mehr Wahrscheinlichkeit für sich hätte, will der letztere den Volta-Effekt aufgefaßt wissen als eine Erscheinung, deren Ursache gleichartig ist mit den reibungselektrischen (triboelektrischen) Erscheinungen und in gewissen Oberflächeneigenschaften der sich berührenden Metalle zu suchen ist.

Boucherot (Frankreich) findet, daß das kalte Wasser des Meeresgrundes verschiedene Ausnützungsmöglichkeiten bietet, von welchen er neben der Kühlung menschlicher Wohnstätten und der Erzeugung von weichem Wasser für Haushaltungs- und Kanalisierungszwecke, insbesonders die Erzeugung von mechanischer Energie hervorhebt und den von ihm und Claude zur Lösung dieses Problems gegebenen Vorschlag mit älteren Vorschlägen von Campbell, Dornig und Boggia vergleicht[8]).

K. W. Wagner (Deutschland) gibt eine Übersicht über die Kettenleiter und die große Wichtigkeit, welche diese Gebilde namentlich in der Nachrichtentechnik erlangt haben, und verweist darauf, daß wir es hier mit einem der seltenen Fälle zu tun haben, in welchem die Theorie die führende Rolle übernommen hat und der Praxis neue Wege und Möglichkeiten wies. Neben den Kettenleitern erster Art, bei welchen jedes Glied der Kette aus einer in Serie mit der Leitung geschalteten Impedanz und je einer vor und hinter diesem Widerstande die Leitung querenden Konduktanz besteht, und dem Kettenleiter zweiter Art, bei welchem das einzelne Glied aus einer quer zur Leitung geschalteten Konduktanz besteht, welche von je einer vor und hinter derselben in den Zug der Leitung geschalteten Impedanz eingeschlossen wird, haben noch die sogenannten Kettenleiter dritter Art Bedeutung gewonnen, bei welchen jedes Glied nach Art der Wheatstone'schen Brücke aus vier Impedanzen zusammengesetzt ist, und wobei der Anfang des Kettengliedes durch zwei einander gegenüberliegende Brückenpunkte und das Ende durch die beiden anderen gebildet wird. Die Kettenleiter dritter Art lassen sich auch durch solche erster oder zweiter Art ersetzen. In Erweiterung seines auf der Naturforscherversammlung in Jena 1921 gehaltenen Vortrages[9]) brachte Wagner namentlich interessante Anwendungen aus der Telegraphie und Telephonie, zum Beispiel bei der Kurvenreinigung oder Unterdrückung von höheren Schwingungen bei Sendern, beim Nachbilden von Kabeln in der Duplextelegraphie, bei Zweidrahtverstärkerschaltungen, bei Unterdrückung der Wirkung von Störströmen in der Telegraphie, bei der Unterdrückung von niedrigen Frequenzen auf der Empfangsseite in der Telegraphie, bei der Unter- und Überlagerungstelephonie und -Telegraphie, bei der Untersuchung der Sprachlaute, bei der Untersuchung der Verzerrung in der Telephonie und betont, daß das elektrische Filter heute in der Meßtechnik der Nachrichtentechnik ebenso notwendig und bekannt sei wie die Wheatstone-Brücke[10]).

Alcobe (Spanien) gibt einen interessanten Beitrag zur Geschichte der elektrischen Telegraphie, indem er darauf hinweist, daß der spanische Arzt Francisco Salva, der sich noch vor der Entdeckung des galvanischen Elementes durch Volta mit Fernübertragung beschäftigte, ursprünglich mit einem Apparat arbeitete, den man eigentlich einen elektrostatischen nennen müßte, und daß Salva nach Bekanntwerden der Voltaschen Entdeckung dazu überging, diese Entdeckung für seine Zwecke nutzbar zu machen, ja daß Salva sogar der festen Uberzeugung war, daß die bis dahin bekannte Reibungselektrizität mit den Entdeckungen von Volta nichts zu tun hätte.

Versuche zur Übertragung der menschlichen Sprache mit Hilfe der sichtbaren Strahlung als Träger sind bekannt[11]). Hingegen versuchte Q. Maiorana (Italien) die unsichtbaren ultravioletten Strahlen für dieses Problem nutzbar zu machen, indem er den Strom einer Quecksilberbogenlampe durch mehrfach verstärkten Sprechstrom moduliert und die ausgestrahlten Ultravioletstrahlen auf eine photoelektrische Zelle wirken läßt. Eine Demonstration, bei welcher der mit Filtern ausgerüstete Sender in der Ausstellung in der Villa Olmo und der Empfänger in Como selbst (Hotel Plinius) in einer Entfernung von etwa 2 km aufgestellt war, zeigte die prinzipielle Möglichkeit der Ausführung. Bei anderen Versuchen hat Maiorana Reichweiten bis zu 2 km erreicht, wobei auf der Empfangsseite bis zum Lautsprecherempfang verstärkt werden konnte.

A. Smekal (Österreich) verweist darauf, daß alle uns zugänglichen realen Kristalle nicht jenes einheitliche und homogene Kristallgitter aufweisen, welches die Kristallographen seit langem voraussetzen, sondern daß dieselben aus sehr kleinen Bausteinen zusammengesetzt sind, von welchen jeder zwar die regelmäßige Gitterstruktur aufweist, die jedoch in irgendwelcher unregelmäßiger Form und unter Freilassung von Spalten zum Kristall zusammengefügt sind. Für die meisten optischen Erscheinungen und für das Verhalten des Kristalles am Röntgenstrahl ist nun nur die Gitterstruktur seiner Bausteine maßgebend, während man bereits früher gefunden hat, daß gerade die technisch wichtigeren Eigenschaften, zum Beispiel die mechanische Festigkeit und die Härte offenbar allein durch die zwischen den einzelnen Kristallen befindlichen Spalten bestimmt werden[12]). Smekal fügt noch hinzu, daß auch die Durchschlagsfestigkeit, die elektrische und thermische Leitfähigkeit, das photoelektrische Verhalten, die Dielektrizitätskonstante durch das Spaltengefüge bestimmt werden[13]). Man kann diese

[7]) Perucca, C. R. 173, 551, 1921.

[8]) Dornig, Revue Gén. 13, 121 D; Boucherot-Claude, Rev. Gén. 20, 866, 899, 1926; 21, 41, 161, 943, 1927; 23, 338, 1928; C. R. 183, 929, 1926; 185, 987, 1927.

[9]) Wagner, Z. f. techn. Physik, 297, 1921; Arch. f. El. 3, 315, 1915; E. N. T. 5, 1, 1928.

[10]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 10; 1922, S. 437; 1927, S. 327; 1928, S. 139, 202.

[11]) H. Thirring, Z. f. techn. Physik 2, 118, 1922. Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 30.

[12]) K. Wolf, Z. f. techn. Phys. 1921, Heft 8; 1922, Heft 5; A. A. Griffith-Joffé, Z. f. Phys. 1925, Heft 5; Horovitz-Pines, Z. f. Phys. 1928, Heft 11/12; F. Zwicky, Phys. Z. 24, 131; Griffith, Trans. Royal Soc. London, 221, 163, 1920.

[13]) W. Rogowski, Arch. f. El. 18, 123, 1927; W. Braunbeck, Z. f. Phys. 38, 549, 1926; 44, 684, 1927; A. Smekal, Z. f. techn. Phys. 559, 1926; Z. f. Phys. 36, 288, 1926; Arch. f. El. 18, 525, 1927. — Vgl. E. u. M. 1926, S. 599; 1927, S. 9, 983.

Digitized by Google

Spalten durch Färben sichtbar machen und kann zeigen, daß die verschiedenen Wege zur größenordnungsmäßen Berechnung übereinstimmend zum Ergebnis führen, daß die kleinsten Kriställchen, zwischen welchen die Spalten frei bleiben, im Durchschnitt etwa 10 000 Atome enthalten.

R. C. Tolman (V. St. A.) hat verschiedene Versuche ausgeführt, um minimale elektrische Effekte zahlenmäßig festzuhalten, welche mit der Bewegung der Materie verknüpft sind. So fand er, daß beim plötzlichen Bremsen einer rotierenden Spule zufolge der Trägheit der Elektronen Kräfte frei werden, welche auf eine Masse der Elektronen schließen läßt, die um 15 vH größer ist als die der freien Elektronen. Ein ähnliches Ergebnis, nämlich eine um 19 vH größere Masse, fand er durch Untersuchung an einem schwingenden Kupferzylinder. Interessant sind ferner die Untersuchungen, welche an dem „elektrischen Elemente" ausgeführt wurden, das durch rasche Rotation zwischen den außen liegenden und dem zentral gelegenen Teil eines Elektrolyten erhalten wird.

F. Ehrenhaft (Österreich) bespricht die Ergebnisse der Physik des Millionstel Zentimeters, welche in dieser Zeitschrift bereits Gegenstand einer ausführlichen Besprechung waren[14]) und verweist insbesondere auf das von ihm bereits seit vielen Jahren gefundene Ergebnis, daß es elektrische Ladungen in der Natur gibt, welche kleiner sind, als die von der Theorie als kleinste angenommene Elektronenladung, wobei er dieses Ergebnis durch neue Versuche erhärtet.

J. Langmuir (V. St. A.) findet, daß die Elektronen in einem ionisierten Gase zwischen den Platten eines Kondensators Geschwindigkeiten aufweisen, welche der kinetischen Energie nach einem Gase von 10 000, ja sogar bis 60 000° Temperatur entsprechen würden. Sendet man einen Strahl von Elektronen von sowohl der Richtung als der Größe nach gleicher Geschwindigkeit in ein ionisiertes Gas, dann wird ein Teil von ihnen beim Durchqueren höhere Geschwindigkeit bekommen haben, ein anderer niedrigere, im Ganzen aber werden sich die Geschwindigkeiten so einstellen, als ob der Elektronenstrahl sich erwärmt hätte Eine Erklärung für diese Erscheinung steht noch aus[15]).

M. Planck (Deutschland) verweist auf eine Schwierigkeit in der Theorie der Diffusionspotentiale verdünnter Lösungen. Die Ionen einer Lösung verschieben sich unter dem Druck der osmotischen Krafte einerseits und der elektrischen Feldkraft andererseits. Wenn also die anfänglichen Konzentrationen und Felder in einer Lösung eines und desselben Lösungsmittels gegeben sind, dann kann man den zeitlichen Verlauf der Konzentrations- und Potentialänderungen berechnen. Im Falle es sich um zwei homogene zunächst feldfreie Elektrolyten handelt, welche im Anfangszustande längs einer Kontaktfläche aneinanderstoßen, ist die Konzentrationsänderung in jedem der beiden Elektrolyten Null, an der Grenzlinie unendlich. Nimmt man jedoch etwa eine endlich dicke Grenzschichte mit stetigem Übergang der Konzentration vom einen Elektrolyten in den anderen an, dann hängt das Ergebnis von der speziellen Annahme über die Übergangsschichte ab.

P. Weiss (Frankreich) verweist darauf, daß man die ferromagnetischen und paramagnetischen Eigenschaften der Atome auf die Eigenschaften der Atommomente zurückführt, welche ganze Vielfache der magnetischen Elementareinheiten, der Magnetonen[16]), sind. Die beiden auf ganz verschiedenen Ausgangspunkten ruhenden Bestimmungen für das Magneton, nämlich die eine zum Beispiel aus der magnetischen Sättigung ferromagnetischer Körper bei tiefen Temperaturen und die andere aus der Konstanten des sogenannten 1. Curieschen Gesetzes (Suszeptibilität paramagnetischer Körper der absoluten Temperatur verkehrt proportional; Langevinsche Theorie) führen bei den jüngsten, mit hoher Präzision ausgeführten Versuchen zur gleichen Zahl. Hingegen stimmt dieses Magneton mit dem rechnungsmäßigen Bohrschen aus der Theorie der Atommodelle nicht überein, was Weiss darauf zurückführt, daß sich das letztere auf das isolierte Atom bezieht, während bei der Bestimmung des ersteren jedes Atom von anderen umgeben ist. W. Gerlach (Deutschland) findet, daß dieser Unterschied, der nach den letzten Messungen von Stern, Gerlach[17]) und Roth sich bei einwertigen Elementen und Alkalien wie 1 : 3 verhält, darauf zurückzuführen ist, daß man nach der Theorie von Langevin annimmt, daß die rotierenden Atome in einem magnetischen Felde eine ganz bestimmte Orientierung haben, nämlich zum Teil diejenige, bei der die Achse, in die Richtung des Feldes zeigt, zum Teil die um 180° dagegen verdrehte, jedenfalls aber keine andere. Nach der kinetischen Theorie ist jedoch ein solcher Zustand nicht denkbar, die magnetische Achse nimmt im Einklange mit der neuen Quantenmechanik (Pauli, Sommerfeld) keine starre Lage innerhalb des Atomes ein[18]). Suszeptibilitätsmessungen an diamagnetischen Gasen hingegen zeigen keine Richtungsquantelung in solchen. B. Cabrera[19]) (Spanien) nimmt auf Grund der Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften der Elemente der Palladium- und der Platingruppe von der Temperatur (1. Curie sches Gesetz) einen vermittelnden Standpunkt ein, indem er das Curie-Weiss'sche Gesetz nur als erste Näherung ansieht, die um so weniger zutreffend ist, je länger der normale Zustand der Anordnung der äußeren Elektronenschalen durch den Zusammenstoß von Atomen gestört ist. Diese Störung bedingt Änderungen der magnetischen Eigenschaften der Atome, die bei Gasen keine Rolle spielen, weil dort die Zeitdauer des Stoßes klein ist gegenüber der Zeitdauer zwischen zwei Stößen, hingegen bei den untersuchten Elementegruppen von ausschlaggebender Bedeutung sind. D. M. Bose[20]) (Indien) gibt eine andere Quantentheorie des Magnetismus, welche nicht nur das Curie-Weisssche Gesetz, sondern auch eine Erklärung der Versuche von Stern-Gerlach an Nickel und Eisen und eine Erläuterung der magneto-mechanischen Effekte gibt.

O. Stern (Deutschland) gibt eine Beschreibung der für dieses Gebiet bahnbrechend gewordenen experimentellen Anordnung der von ihm und Gerlach geschaffenen Molekularstrahlen-Methode, bei welcher ein in ein extrêmes Vakuum von 10^{-6} mm Quecksilber austretender Molekulardampfstrahl untersucht wird[21]). Während man früher die Schwärzung, welche dieser Strahl beim Auftreffen auf eine feste Wand hinterließ, als Marke für seine Ablenkung im elektrischen oder magnetischen Felde verwendete, läßt man den Strahl jetzt in eine Kammer eintreten, wo er kleine Druckänderungen von etwa 10^{-6} mm Quecksilber hervorruft, die mit einem Piranischen Manometer (10^{-8} mm Quecksilber Empfindlichkeit) gemessen werden. Auf diese Weise wurde zum Beispiel gefunden, daß ein solcher Wasserstoffmolekularstrahl von einer hochglanzpolierten Fläche normal reflektiert wird. Man hofft weiters mit solchen Versuchen gewisse Folgerungen, welche sich nach de Broglie aus der Wellennatur der bewegten Materie ergeben sollen, überprüfen zu können.

Interessante Angaben über die Einzelheiten, welche man heute vom Zustande der Sterne kennt, und über die vollkommen abnormen Zustände, die auf einem solchen Sterne nach den heutigen Ansichten herrschen müssen, gab A. S. Eddington (England). Da die Gasmasse, aus welcher ein solcher Stern besteht, eine Temperatur von der Größenordnung von etwa 10 Mill. Grad aufweist[22]), ist dieselbe

[14]) G. Beck, E. u. M. 1927, Heft 45, S. 347.
[15]) J. Langmuir, Z. f. Phys. 46, 271, 1927.
[16]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 98.
[17]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 1000; 1927, S. 418.
[18]) Gerlach-Stern, Z. f. Phys. 9, 349, 352, 1922.
[19]) Cabrera, Journ. de phys. et Radium 6, 24. 273, 1925.
[20]) Bose, Z. f. Phys. 43, 864, 1927.
[21]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 418.
[22]) Eddington, Z. f. Phys. 7, 351, 1921. Siehe auch Emde, Naturw. 1927, Nr. 38.

Digitized by Google

in höchstem Maße ionisiert; die Leitfähigkeit eines solchen Gases müßte daher beispielsweise von der gleichen Größenordnung sein, als wie die des Kupfers bei normaler Temperatur. Das Gas besteht daher nahezu bloß aus positiven Ionen und negativen Elektronen. Während die ersteren zufolge der Schwere in das Zentrum des Sternes gravitieren, sollte man für die letzteren annehmen, daß sie nach außen abgeschleudert würden. Dieser Effekt wird jedoch durch den Anziehungseffekt der Ionen und durch das sich alsbald neu bildende elektrostatische Feld kompensiert. Die Wanderung der Ionen bzw. der Elektronen ist daher so gut ausbalanziert, daß die schweren Ionen, für welche bei den größeren Sternen eine Komponente übrig bleibt, welche nach außen zieht, während sie bei den kleineren nach innen gezogen werden, bloß durch einen Diffusionskoeffizienten von der Größenordnung von Trillionen von Jahren transportiert werden. Die im Zentrum der Sonne auf diese Weise aufgespeicherte Ladung ist nicht besonders groß, nämlich die eines Kondensators von 3 kV bei 1 μF, also zum Beispiel die in einem Kabelnetz von wenigen km Ausdehnung steckende. An der Oberfläche der Sonne herrscht ein Potential von bloß etwa 4·5 kV.

Wie V. Hess[23]) bereits entdeckte, gibt es in der Atmosphäre eine durchdringende Röntgenstrahlung über deren Ursprung man bis heute keine sicheren Anhaltspunkte hat[24]). Diese Strahlung, welche in Europa nach ihrem Entdecker auch Hess'sche Strahlung genannt wird, untersuchen neben anderen Autoren auch R. A. Millikan[25]) (V. St. A.) und Dr. Cameron, wobei sie fanden, daß die Wellenlänge dieser Strahlen sich über zwei Oktaven erstreckt und dabei Strahlen von solcher Härte enthält, wie sie bisher niemals gefunden wurden[26]). Es wurde weiters keine ausgezeichnete Richtung für diese Strahlung gefunden und Millikan nimmt an, daß sich ihre Ursache vielleicht in Spiralnebeln befindet.

Die obere Grenze der Schwingungen, welche vom menschlichen Ohre wahrgenommen werden können, liegt nach den fundamentalen Untersuchungen von Wegel und H. Fletcher[27]) bekanntlich bei etwa 20 000 Hertz. Über die außerhalb dieser Grenze liegenden, nicht mehr hörbaren „Ultratöne" wußte man bis vor kurzem so gut wie gar nichts. A. B. Wood[28]) (V. St. A.) hat nun derartige Schwingungen hergestellt, indem er zuerst einen elektrischen Schwingungskreis mit 300 000 Hertz Eigenfrequenz erregt, und die so erzielte Energie von zirka 2000 W auf 60 kV Hochspannung transformiert. Diese elektrischen Schwingungen werden in mechanische umgewandelt, indem man einen piezoelektrischen Körper durch sie anregt. Dieser Schwingungszahl entspricht in der Luft eine akustische Wellenlänge von der Größenordnung eines Millimeters und von Bruchteilen eines solchen in Wasser, Öl, oder in festen Körpern. An Hand von Lichtbildern demonstrierte Wood die eigentümlichen Erscheinungen, welche bei solchen Schwingungen auftreten. Schon das Verhalten des Transformators bei dieser Schwingungszahl ist merkwürdig: durch die Reflexion der Schwingungen an der Oberfläche des Öls, in welchem der Transformator steht, und den dadurch hervorgerufenen Strahlungsdruck bildet sich an der Oberfläche ein etwa 10 cm hoher Buckel, aus welchem Tröpfchen bis zu 30 cm hoch geschleudert werden. Fische und Frösche werden getötet, wenn man das Wasser, in welchem sie sich befinden, zu Ultraschwingungen anregt. Der erwähnten kleinen Wellenlänge entsprechend werden die roten Blutkörperchen und mikroskopisch kleine Lebewesen in Stücke gerissen, während ein Stückchen Eis, welches bei gleichzeitiger Kühlung durch ein umgebendes Eisbad bloß 30 Sekunden unter der Einwirkung der Ultratöne stand, so starke innere Zersplitterungen erfahren hat, daß es unter dem Drucke der Hand zerfällt. Leitet man die Schwingungen durch einen 2 m langen Glasstab von 0·1 mm Radius, so wird am anderen Ende so viel Schwingungsenergie in Wärme umgesetzt, daß Holz verkohlt oder eine Glasplatte durchbohrt werden kann, Benzol geht unter Einwirkung der Schwingungen in Dampf auf. Ein Gemenge von zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten wie Öl und Wasser und Quecksilber und Wasser, verwandelt sich binnen kurzer Zeit in eine kolloidale Lösung, wenn die Schwingungen an die Oberfläche der Flüssigkeiten geführt werden. Es gelingt, die akustischen Energien dadurch zu konzentrieren, daß man sie zunächst auf einen festen Körper von verhältnismäßig großer Ausdehnung übertragen läßt, der im weiteren Verlaufe Verjüngungen oder Einschnürungen zeigt. Die an diesen Einschnürungen konzentrierte Schwingungsenergie zertrümmert Glas, bringt Holz zum Zerbrechen und Verkohlen, usw.

L. Brillouin (Frankreich) legt sich die Frage vor, ob die elektrischen Felder, welche in der Atmosphäre angetroffen werden, genug stark sind, um auf die allgemeine Bewegung oder auch nur auf die lokalen Bewegungen in der Atmosphäre von Einfluß zu sein, und kommt zu dem Ergebnis, daß dies nur in ganz besonderen Ausnahmsfällen und da nur in untergeordnetem Maße der Fall sein kann. Unter den Detailergebnissen ist es bemerkenswert, daß er findet, daß die gleichförmige Verteilung zwischen zwei horizontalen Ebenen, etwa zwischen der Meeresoberfläche und einer horizontal darüber lagernden Wolke nicht stabil ist, und daß dies vielleicht die Ursache für gewisse Seehosen ist.

W. L. Bragg (England) weist auf die großen Erfolge hin, welche der Laue'sche Gedanke, der als Ausgangspunkt für die Aufhellung von Körperstrukturen durch Röntgenstrahlen angesehen werden muß, in der Entwicklung bis heute aufzuweisen hat[29]). Man hat mit den verschiedenen seither entwickelten röntgengenographischen Methoden nicht nur die Struktur der Kristalle bis zu sehr komplizierten Formen klarlegen können, sondern ist bis zur Struktur der Atome selbst vorgedrungen. Man konnte die Struktur verschiedener organischer Verbindungen, welche die Chemiker schon lange vermuteten, mit einer nichts zu wünschen übrig lassenden Genauigkeit bestätigen und es steht zu erwarten, daß man auch die Struktur der Legierungen restlos aufklären wird, was für die Technik von ungeheuerer Bedeutung wäre.

Das Studium der von einander stark verschiedenen Zahlen über die Zerstreuung der Alphastrahlen durch die Materie führt E. Rutherford (England) darauf zurück, daß der Atomkern eines Atoms von hohem Atomgewicht aus einem zentralen positiven Teil, gebildet aus Heliumkernen und Elektronen, bestehen muß, auf welchen eine Schichte von etwa $1{\cdot}5 \cdot 10^{-12}$ cm folgen würde, in welcher positiv geladene Partikel kreisen, während in der darauf folgenden Schichte bis zu etwa $6 \cdot 10^{-12}$ cm Radius ungeladene Partikel den positiv geladenen Kern umkreisen[30]).

Über die ursprüngliche Anordnung, welche F. W. Aston (England) zur Untersuchung der Atomgewichte der verschiedenen Atomsorten eines und desselben chemischen Elementes angegeben hat, wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet[31]). Damals untersuchte Aston etwa die Hälfte der Elemente und kam zu dem Ergebnis, daß die meisten der Elemente Atomsorten (Isotopen) besitzen, welche sich in der Masse ein wenig von einander unterscheiden. Das Gewicht eines Atoms jeder dieser Atomsorten ist nun sehr genau ein Vielfaches einer und derselben Zahl, so daß man sich die Atome aus den glei-

[23]) Hess, Phys. Z., 13, 1084, 1912; de Broglie, C. R. 154, 1654, 1912; Kohlhörster, Naturw. 7, 412, 1919.

[24]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 818.

[25]) Z. B. R. A. Millikan, Science, 62, 445, 1925; Phys. Rev. 27, 851, 1926; 31, 163, 1928.

[26]) Millikan, Nature, Januar 1928.

[27]) Fletcher, Phys. Rev. 19, 492, 1922; Vgl. a. E. u. M. 1923, S. 427; 1928, H. 17, S. 378.

[28]) Wood, Phil. Mag. 7, 417, 1927; C. R. 23, 626, 1928.

[29]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 247, 267; 1926, S. 401; 1927, S. 9, 58.

[30]) Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 208; 1923, S. 755; 1927, S. 379, 1020.

[31]) E. u. M. 1922, S. 207; vgl. a. 1923, S. 756; 1927, S. 378.

Digitized by Google

chen Bausteinen, nämlich aus den schweren Protonen und aus den daneben vernachläßigbar leichten Elektronen aufgebaut denken kann (Proutsche Hypothese oder Gesetz der ganzen Zahlen). Mit einem noch etwa fünfmal so empfindlichen Massenspektrographen ist Aston im Stande gewesen, die Massen der Atome mit einer Genauigkeit von 1/10 000 miteinander zu vergleichen, und hat dabei kleine Abweichungen von der Ganzzahligkeit und insbesonders die Abweichung des Atomgewichtes von Wasserstoff von dieser Regel vollkommen präzis festhalten können. Die ersteren Abweichungen, welche darauf zurückgehen, daß sich bei den Atomen, deren Kern aus mehreren Teilen zusammengesetzt ist, ein Packungseffekt geltend macht, sind bei den Atomgewichten von der Ordnungszahl 20 aufwärts vollkommen regelmäßig. Gelegentlich dieser Untersuchung wurden zwei neue Isotopen von Schwefel und vielleicht auch von Neon gefunden und die Struktur von Blei und Quecksilber aufgeklärt.

M. v. Laue (Deutschland) gibt einen neuen Weg, wie der Einfluß der Temperatur auf die Interferenzbilder von Röntgenstrahlen berechnet werden kann. Während man nämlich bisher nach F. Debye diesen Einfluß dadurch berücksichtigte, daß man sich die Atomgitter innerhalb des Kristalles verschoben dachte, wird nunmehr direkt vorausgesetzt, daß die Atome wirkliche Schwingungen um ihre Ruhelage ausführen. Sind die Schwingungen eines Atoms von dem anderen unabhängig, dann ergeben sich maximale Interferenzen, die von den Eigenfrequenzen des Gitters abhängen und daher ein ein kontinuierliches und diffuses Spektrum ergeben, welches den besonders hervortretenden Interferenzen nach den Grundfrequenzen überlagert ist.

Lazareff (Rußland) zeigt, daß das Ergebnis von mehr als 1000 Versuchen die heute übliche Annahme durchaus bestätigt, daß das auf die Retina auffallende Licht den Sehpurpur zerlegt und dadurch eine Ionenbildung erzeugt, welche die Sehnerven reizt.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Betriebsergebnisse einer englischen Kohlenstaubfeuerung. Von G. H. Lake, Nach 15monatiger Betriebsdauer wurden an einem im Elektrizitätswerk Derby eingebauten Kessel von 820 m² Heiz-, 250 m² Überhitzer- und 520 m² Vorwärmerfläche mit Lopulco-Kohlenstaubfeuerung Heizversuche angestellt, die folgendes Ergebnis hatten: Bei einem Versuche von 100 h 33' Dauer wurden rund 1·8 Mill. kg Wasser verdampft und rund 290 000 kg Kohle von 5500 WE Heizwert verfeuert. Erzeugt wurde Dampf von 22 at und 385° C. Der Wirkungsgrad des Kessels war 83·58 vH. Ein Achtstundenversuch ergab einen Wirkungsgrad von 88·45 vH, der Hauptversuch von 24 h Dauer, wobei 570 000 kg Wasser verdampft wurden, einen Wirkungsgrad von 84·33 vH. Dabei wurden 103 850 kWh von der Turbine von 8000 bis 10 000 kW Leistung erzeugt, entsprechend einer Wärmeausnützung von 18·68 vH. Je kWh, an den Sammelschienen gemessen, wurden 4870 WE benötigt. An Erhaltungskosten für die Kohlenstaubfeuerung, die dazugehörigen Teile der Kesseleinmauerung und die Hilfsmaschinen, wie Mühlen usw., wurden innerhalb des eingangs angegebenen Zeitraumes 835 Pf. 6 sh 9 d ausgegeben. Da während dieser Zeit insgesamt 25 000 t Kohle verbraucht wurden, entfallen auf 1 t nur 8·02 d Erhaltungskosten. J.

(The El. Rev., Bd. 101, Nr. 2614, 1927.)

Die Dampfkraftwerke der Southern California Edison Company in Long Beach. Raymond Wilcox schildert die Entwicklung dieser Werke. 1911 wurde der erste Teil dieser Anlage mit einer Leistung von 47 000 kW errichtet. Die Kessel dieses Teiles mit einer Heizfläche von je 850 m² haben Ölfeuerung. 1924 wurde die Leistung durch die Aufstellung von drei weiteren Turboaggregaten auf 70 000 kW erhöht. Heute stehen diese Einheiten in Reserve und die ganze Anlage kann in Störungsfällen in 70 Minuten an das Netz geschaltet werden.

Der zweite Teil des Werkes wurde im Dezember 1924 mit zwei Turboeinheiten zu je 35 000 kW nach zehnmonatlicher Bauzeit in Betrieb genommen. 1926 kam eine dritte Einheit mit 50 000 kW dazu. Wie sich im Dauerbetrieb gezeigt hat, ist dieser zweite Teil stark überlastbar und kann dauernd 145 000 kW liefern. Die Turbinen sind dreistufig angezapft und arbeiten mit Dampf von 26 atü und 195° C. Das Speisewasser wird in Vorwärmern mit Abdämpfen von Hilfsmaschinen bis auf 160° beim Ekonomisereintritt aufgewärmt. Die Kessel haben wassergekühlte Seitenwände und arbeiten mit vorgewärmter Luft von 145°.

Im neuesten dritten Teil der Anlage wird eine Turbogruppe mit 94 000 kW aufgestellt, die mit Dampf von 28 atü und 386° betrieben werden wird. Der Hochdruckteil sitzt mit dem doppelendigen Niederdruckteil auf einer gemeinsamen Welle. Direkt damit ist der 4000 kW Hausgenerator gekuppelt. Die ganze Länge des Maschinensatzes ist 31 m. Der Abdampf wird in vier vertikalen Kondensatoren, die mit dem Niederdruckgehäuse starr verbunden sind, niedergeschlagen. Um eine Unterkühlung des Kondensats zu vermeiden, wird es gleich nach dem Verlassen des Kondensators mit einem Teil des Abdampfes wieder aufgewärmt. Der Maschinenhausboden ist nur 5 m über der Kellersohle; die Wasserkammern der Kondensatoren reichen weit in den Maschinenraum in dem auch die Strahlpumpen, mit ihren Luftkühlern und die Vorwärmer aufgestellt sind. Die Richtung des durch den Kondensator fließenden Kühlwassers kann umgekehrt werden, um den Schlamm aus der Wasserkammer wegwaschen zu können. Die Turbine ist in vier Stufen angezapft. Das Kondensat wird mit 1830 l direkt in die Kessel gespeist. Die Kessel sind mit einer Heizfläche von 3100 m² geplant, haben wassergekühlte Brennkammern und große Luftvorwärmer, in denen die Verbrennungsluft auf 245° vorgewärmt werden soll. Jeder Kessel liefert 200 000 kg Dampf von 28 atü und 390°. Der Brennraum ist so gebaut, daß in Zukunft auf Staubfeuerung übergegangen werden kann. Die 20 Brenner sind für Gas und für Ölfeuerung geeignet. Die Hauptdampfleitung zur Turbine hat 450 mm l. W., das Einlaßventil 650 mm. Der Dampfverteiler ist aus einem Stück geschmiedet. Die Anlage wird auch reichlichst mit Meßinstrumenten ausgestattet werden. Bei der Konstruktion der Gebäude wurde auch die Erdbebengefahr berücksichtigt. Stip.

(Power, Bd. 67, Nr. 4, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die dritten Harmonischen bei Dreiphasen-Kerntransformatoren. H. G. Nolen hat Versuche an einem 75 kVA-Dreiphasen-Transformator (Schaltung primär: Stern; sekundär: Dreieck, Stern oder offen) angestellt, um bei verschiedenen Induktionen die sekundären Ausgleichsströme bei Dreieckschaltung und die dritten Harmonischen und die zusätzlichen Verluste bei sekundärer Sternschaltung zu bestimmen und dabei den Einfluß von Ölkasten und benachbarten Eisenteilen auf diese Größen festzustellen, was durch die jeweilige Vornahme von drei getrennten Versuchsreihen (eine mit normal eingebautem Transformator, die zweite ohne Kasten, die dritte ohne Kasten und ohne eiserne Konstruktionsteile außerhalb des Kernes) erreicht wurde. Der Einfluß der Eisenkonstruktion wurde für einen besonders ungünstigen Fall untersucht, indem die vier Winkeleisen, an denen der Transformator am Deckel aufgehängt war, bis zum unteren Joch verlängert und durch vier Bolzen zusammengepreßt wurden, so daß ein guter magnetischer Schluß außerhalb der Kerne bestand.

Zunächst ergaben Leerlaufsverlustmessungen bei

Digitized by Google

sekundärer Dreieckschaltung für alle drei Versuchsreihen die gleichen Werte, woraus der Schluß gezogen wird, daß bei sekundärer Sternschaltung alle zusätzlichen Verluste von den dritten Oberwellen des Kraftflusses herrühren. Es wurde sodann bei verschiedenen sinusförmigen Primärspannungen, und dementsprechend verschiedenen Maximalinduktionen der Grundfrequenz, die Spannung im offenen sekundären Dreieck, welche gleich der dreifachen Sternpunktspannung bei Sternschaltung ist, gemessen und damit direkt das Verhältnis der dritten Oberwelle zur Grundwelle der Phasenspannung in Abhängigkeit von der Kerninduktion bestimmt: Bei geringen Anfangswerten der dritten Oberwelle ergab sich über der Sättigungsgrenze des Kernes ein starkes Ansteigen derselben, was der Autor als Bestätigung seiner theoretischen Ausführungen über das Luftfeld des Transformators ansieht. Eisenteile und Kastenwand vergrößern ein wenig die dritte Oberspannung, bei einer maximalen Kerninduktion von 15000 Gauß insgesamt etwa um 38 vH. Eine ähnliche Abhängigkeit von der Induktion zeigten die Verluste, wobei vor allem bemerkenswert ist, daß die zusätzlichen Verluste erst bei hoher Kernsättigung stark anwachsen, dagegen bei Induktionen, die dem Entwurf eines normalen Transformators entsprechen, ganz unbedeutend sind.

Da es oft nicht möglich ist, eine der Wicklungen zur Messung der dritten Oberspannung in Dreieck zu schalten, entwickelt der Autor eine Methode, diese Spannung aus andern, leichter anzustellenden Messungen zu berechnen. Betrachtet man nämlich den Ausgleichstrom dritter Frequenz im sekundären Dreieck i_s als ein Maß für die Größe der Luftfelder dritter Oberwelle in Sternschaltung, so gilt das Gleiche auch für den (dem Ausgleichsstrom entsprechenden) Rest des Magnetisierungsstromes i_m, der an der in Stern geschalteten Primärseite gemessen wird und dessen Abhängigkeit von i_s für eine bestimmte Blechqualität ein für allemal festgestellt werden kann; zu jeder Maximalinduktion des Kernes gehört also ein bestimmtes i_m. Speist man nun die drei Primärphasen mit einem gleichphasigen Magnetisierungsstrom von der Größe i_m — der Autor nennt diese Methode Luftfeldmessung —, so wird sich das gesuchte Luftfeld ausbilden und die am offenen sekundären Stern gemessene Spannung die gesuchte dritte Oberspannung unmittelbar ergeben. Die Berechtigung dieser Methode, welche vom Autor auch zur Berechnung der zusätzlichen Verluste herangezogen wird, wird durch die Übereinstimmung der Resultate mit den nach der üblichen Methode im offenen sekundären Dreieck gemessenen Oberspannungen erbracht.

Zum Schluß bespricht der Autor die von den seinen abweichenden Meßresultate M. Vidmars[1]), der sehr hohe zusätzliche Verluste fand, und deutet sie dahin, daß der von Vidmar untersuchte Transformator bei kleiner Größe eine hohe Kerninduktion hatte. Die Verluste in der Kastenwand, welch letztere Vidmar rechnerisch als kurzgeschlossene Windung behandelt, werden vom Autor als örtliche Wirbelstrom- und Hysteresisverluste aufgefaßt. Nach Versuchen, bei denen kurzgeschlossene Windungen an verschiedenen Stellen in das Luftfeld eingebracht wurden, scheint dieses zum größten Teil direkt von der Unterseite des oberen zur Oberseite des unteren Joches zu verlaufen. Frd.

(Bulletin des SEV, Jg. 18, Nr. 12, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Die Inbetriebnahme von Gleichstromnetzen nach Störungen. Wenn größere Gleichstromnetze durch eine Störung spannungslos geworden sind und nach deren Behebung wieder in Betrieb genommen werden sollen, so zeigen sich häufig bedeutende Schwierigkeiten. Die Stromaufnahme solcher Netze ist im Augenblick des Einschaltens eine sehr bedeutende, da die angeschlossenen Verbraucher beim Ausbleiben der Spannung ihre Glühlampen, Motoren usw. natürlich nicht abschalten, sondern eher noch mehr einschalten. Der Stromstoß stellt für den ersten aufs Netz zu schaltenden Generator oder Umformer wegen dessen starrer Spannungscharakeristik eine momentane Überlastung dar, welche die Schalter zum Ansprechen bringt. Wo nun das Netz so vermascht ist, daß schon durch das Einschalten des ersten Speisepunktes das ganze Netz unter Spannung kommt oder doch sein größter Teil, da ist es meist gar nicht möglich, auf gewöhnliche Weise den Betrieb wieder aufzunehmen. Als Abhilfe gegen diesen Übelstand werden verschiedene Mittel vorgeschlagen. Verhältnismäßig am einfachsten ist die sogenannte Generalschaltung, bei welcher zunächst sämtliche Umformer auf die Sammelschiene in Betrieb genommen und dann, zusammen mit einer etwa vorhandenen Batterie, mittels eines Generalschalters aufs Netz geschaltet werden. Das Verfahren hat sich nach Mitteilungen von Swoboda[1]) seit Jahren gut bewährt.

Eine Gruppe von weiteren Vorschlägen beruht auf dem Prinzip, das Netz in dem Augenblick, wo es spannungslos wird, in ebensoviel Teile zu trennen, als Speisepunkte vorhanden sind, und diese Teile dann einzeln in Betrieb zu nehmen, um sie erst nachher wieder zu kuppeln. Das Öffnen der Kuppelschalter erfolgt bei allen Vorschlägen automatisch, das Schließen kann automatisch oder mittels Fernbetätigung vom Unterwerk aus erfolgen. Einen Schalter, der automatisch schließt, wenn auf beiden Seiten Spannung vorhanden ist, beschreibt O. Burger[2]). Dieser von Kramer entwickelte Schalter[3]) erhält außer der Betätigung in Abhängigkeit von den Spannungen eine Überstromauslösung, welche schadhafte Netzteile möglichst eingrenzen soll.

Eine Ausführungsart mit fernbetätigter Wiedereinschaltung beschreibt L. Reinach[4]). Die Elemente der Schaltung sind einem für Fernbetätigungszwecke verschiedenster Art entwickelten System entnommen. Es werden die in Gleichstromnetzen oft vorhandenen Prüfdrähte verwendet, die zur Messung der Speisepunktspannung dienen. Ohne sie diesem Zwecke zu entziehen, kann über die gleiche Ader sowohl die Fernbetätigung des Kuppelschalters als auch die Rückmeldung seiner Stellung erfolgen. Die Prüfader ist für gewöhnlich so geschaltet, daß sie im Unterwerk die Speisepunktspannung an einem Voltmeter abzulesen gestattet; wird sie auf „Fernbetätigung" umgeschaltet, so zeigt sie unmittelbar an einer Signallampe die augenblickliche Stellung des Kuppelschalters an, und zwar bedeutet ruhiges Licht „ein", Flackern bedeutet „aus". Durch Betätigung eines Druckknopfes wird die Lampe ausgeschaltet und der im Kuppelschalter eingebaute Mechanismus, aus einigen Schützen und Relais bestehend, erhält über die Prüfader einen Stromimpuls. Die Einrichtung ist nun so getroffen, daß dieser Impuls den Schalter schließt, wenn er offen war und umgekehrt. Die automatische Auslösung des Schalters erfolgt sowohl bei Nullspannung als auch bei Überstrom. Eine Reihe zusätzlicher Einrichtungen schützt die Apparate gegen die Folgen etwaiger Defekte in der Prüfader. Über praktische Betriebserfahrungen wird an dieser Stelle nicht berichtet.

Einen von allen vorstehenden Verfahren abweichenden Weg schlägt K. Harteneck vor[5]). Der beim Einschalten einer Maschine auftretende Stromstoß vermindert sich natürlich mit der Spannung, die aufs Netz geschaltet wird. Es liegt daher nahe, nicht mit voller Spannung einzuschalten, sondern allmählich hochzufahren. Dies könnte wohl durch vorgeschaltete Widerstände geschehen, doch wäre dieser Weg umständlich, platzraubend und teuer. Rüstet man dagegen die Umformer mit Fremderregung aus, um auch bei niedrigen Spannungen stabilen Lauf zu ermöglichen, so kann man die

[1]) E. u. M. 1923, S. 333 ff.

[1]) Fachberichte der VDE-Tagung Wiesbaden 1926, S. 47.

[2]) Fachberichte der VDE-Tagung Wiesbaden 1926, S. 49, und Siemens-Zeitschrift 1928, Nr. 1.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 50.

[4]) ETZ 1927, Heft 2.

[5]) Fachberichte der VDE-Tagung Kiel, 1927, S. 55; vgl. a. E. u. M. 1928, S. 5.

Digitized by Google

Spannung langsam hochregeln. Durch einen automatischen Überstromregler geschützt, ist es möglich, die Generatoren einzeln in Betrieb zu nehmen und die Netzspannung langsam auf den normalen Wert hochzufahren. Hierauf wird wieder auf Eigenerregung übergegangen. Diese Lösung wird meistens geringere Kosten verursachen als der Einbau von Kuppelschaltern mit Automatik. A. Fr.

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Ein einfaches Überwachungssystem für unbesetzte Unterstationen beschreibt Dr. Ing. Manfred Schleicher. Zweck dieser Einrichtung ist, örtliche Störungen in ausgedehnten Stromverteilungsnetzen, die sich in den angeschlossenen Fabriksunternehmungen, in der Straßenbeleuchtung, aber auch bei anderen Stromabnehmern, namentlich bei längerer Dauer, sehr unangenehm bemerkbar machen können, rasch der berufenen Stelle im Elektrizitätswerk selbsttätig anzuzeigen. Man sieht Stromkreise vor, die über eine Stromquelle und den in Serie geschalteten Hilfskontakten der einzelnen zu überwachenden Sicherungen oder Schalter zu einem Fallklappenkästchen führen. Brennt eine Sicherung durch oder bewegt sich einer der angeschlossenen Schalter infolge eines unvorhergesehenen Vorkommnisses, so wird durch die damit verbundene Stromunterbrechung des Überwachungsstromkreises die Klappe des angeschlossenen Fallklappenkästchens fallen. Im Werk wird ein Zeitschreiber aufgestellt, dessen Uhrwerk eine Anzahl von Papierstreifen in Bewegung setzt, deren jeder für einen der zu überwachenden Kreise bestimmt ist. Die Schreibfedern dieses Zeitschreibers sind an den Ankern kleiner Magnete befestigt und werden von den zugehörigen Fallklappen aus in Ortsstromkreisen fallweise einzeln in Tätigkeit versetzt. Auf diese Weise läßt sich nicht nur Ort und zeitlicher Beginn einer Störung, sondern auch der Zeitpunkt ihrer Behebung festlegen und man hat damit auch die Möglichkeit einer wirksamen Überwachung des mit den Störungsbehebungen betrauten Personals in der Hand. Das System ist mehrfacher Erweiterungen und Abänderungen fähig, um besondere Aufgaben zu erfüllen. Man kann beispielsweise durch Einschaltung eines von Relais beeinflußten Blinkrelais mit Öffnungskontakt in den Anzeigekreis zweierlei Zeichen der Schreibfedern, rythmisches Zucken und Dauerablenkung, hervorrufen und damit wichtige Störungen von weniger wichtigen unterscheiden. Um die Gewähr sicheren Arbeitens im Bedarfsfalle zu haben, müssen die Apparate sorgfältig gebaut und insbesondere muß dabei berücksichtigt sein, ob am Aufstellungsort der Apparate Feuchtigkeit oder Erschütterungen auftreten. Das System und die zugehörigen Apparate werden von der Siemens & Halske A.-G. ausgeführt. Ste.

(Siemens-Zeitschrift Jg. 8, H. 1, 1928.)

Über Betriebserfahrungen mit Einankerumformern, Kaskadenumformern und Gleichrichtern im Anschlusse an Fernkraftübertragungsanlagen berichtet H. Kyser (Weimar) an Hand der Erfahrungen und Versuche des Thüringenwerkes. Die Untersuchung erstreckt sich insbesondere auf 1. das Verhalten bei Spannungsänderungen[1]), 2. schnelle Wiedereinschaltmöglichkeit, 3. Kurvenform von Strom und Spannung. Bei Punkt 1 unterscheidet der Autor: *a*) Spannungsschwankungen, das sind Änderungen um max 60 vH des Nennwertes während höchstens 3 sek, *b*) Spannungsabsenkungen, das sind Schwankungen von längerer Dauer als 3 sek, *c*) Zusammenbrechen der Spannung, wenn die Spannung um mehr als 60 vH absinkt.

Der Einankerumformer ist von den drei oben genannten die empfindlichste Maschine. Neuerdings ist es gelungen, ihn sowohl gegen Störungen nach Punkt 1 *a* und 1 *b* fester zu machen als auch besonders durch automatische Zuschaltung den Punkt 2 zu erfüllen. Als Schutz empfiehlt der Autor, gleichgültig ob Parallelarbeit mit einem unabhängigen Gleichstromnetz stattfindet oder nicht, bloß Höchststromschalter auf der Drehstrom- und Gleichstromseite sowie ein Spannungsrückgangsrelais mit Zeitverzögerung. Gegen Rückstrom, der wegen der in großen Netzen häufigen kurzzeitigen Spannungsschwankungen leicht vorkommen kann, schützt man den Umformer durch eine Hilfsverbundwicklung. Die früher üblichen Rückstromschalter bewirken bloß unerwünschte Abschaltungen; wenn sie verwendet werden, sollen sie eine reichliche Zeitverzögerung erhalten. Gegen verzerrte Kurvenform ist die Kommutierung des Umformers wegen der von den höheren Harmonischen herrührenden Zusatzströme sehr empfindlich. Abhilfe schaffen Glättungsdrosseln, erhöhte Streuspannung des vorgeschalteten Umspanners, der vorteilhaft oberspannungsseitig in Dreieck geschaltet wird und eventuell eine dritte Wicklung bekommen kann. Auch in den Schleifringkreis geschaltete Resonanzkreise aus Glättungsdrosseln und Kondensatoren gaben gute Resultate. Erwähnt sei, daß verzerrte Kurvenform auch bei sinusförmiger Generatorkurve am Ende von längeren Leitungen besonders bei Spannungen über 30 kV auftreten kann.

Der Kaskadenumformer ist in allen drei Punkten wesentlich unempfindlicher als der Einankerumformer. Wenn kein eigener Umspanner erforderlich ist, kann er auch wirtschaftlich trotz des etwas niedrigeren Wirkungsgrades noch konkurrieren. Bei elf Störungen nach Punkt 1 *a* und 1 *b*, wo die Einankerumformer an anderen Stellen des Thüringenwerk-Netzes umfielen, arbeiteten die Kaskadenumformer in neun Fällen weiter und nur bei zwei Fällen löste der Rückstromschalter aus. An und für sich ist der Spannungsanstieg zwischen Leerlauf und Vollast bei den letzteren Umformern größer, daher die Rückstromempfindlichkeit kleiner. Auch hinsichtlich Punkt 2 sind die Verhältnisse besser (Kyser berichtet, daß mit geschultem Personal ein 2000 kW-Umformer in einer Minute anlaufen und volle Netzleistung übernehmen konnte). Die große Reaktanz des Asynchronmotors läßt den Kaskadenumformer bezüglich Punkt 3 günstiger arbeiten; außerdem ist die Stromwendung leichter, weil die Gleichstrommaschine mit kleinerer Periodenzahl läuft als die des Drehstroms. Rundfeuer ist auch wegen des größeren Bürstenabstandes seltener.

Der Gleichrichter endlich ist die unempfindlichste der drei Maschinen. Gegen Punkt 3 ist er vollkommen unempfindlich; gegen Punkt 1 *a* und 1 *b* ebenfalls. Es sinkt lediglich infolge der kleineren Spannung die Leistung. Ein Auslösen von irgendwelchen Schaltern ist daher überflüssig. Nur bei vollkommenem Zusammenbrechen der Spannung, Punkt 1 *c*, ist für neue Zündung zu sorgen. Dies kann durch automatische Kippvorrichtungen bei Glasgleichrichtern und besondere Einrichtungen bei Eisengleichrichtern geschehen.

Da heute wohl allgemein bereits die Betriebssicherheit als erste Bedingung gestellt wird und dann erst die Wirtschaftlichkeit entscheidet, ergibt sich bei Berücksichtigung aller Betriebsverhältnisse, daß der Einankerumformer die günstigen Eigenschaften des Kaskadenumformers und insbesondere des Gleichrichters nicht erreicht. f. f.

(Elektrizitätswirtschaft Jg. 26, H. 447, 1927.)

Installationstechnik.

Steckvorrichtung und Steckdose. Die Bergmann-Elektrizitäts-Werke-A.-G., Berlin, erzeugt eine Steckvorrichtung (Abb. 1), bei der die Schutzspirale *i* und das Zugentlastungsorgan *g* des Leitungsanschlusses miteinander verbunden sind; die Verbindung wird durch zwei ösenförmige Teile *h* hergestellt, welche zwischen die beiden Hälften der zweiteiligen Zugentlastungsschelle *g* gepreßt sind und durch deren Öse die letzten Windungen der Schutzspirale *i* durchgezogen sind. Bemerkenswert an dieser Ausführung ist auch die Erdung: Die beiden Hälften a_1 und a_2 des längsgeteilten Steckerkörpers, werden durch eine Schraubverbindung *b*, *c* zusammengehalten, deren einer Teil *b* mit dem Nulleiteranschluß *d* verbunden ist, während der andere Teil *c* beim Zusammenschrauben die über den Stecker-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 623.

Digitized by Google

körper geschobene Metallhülse *f* durch Vermittlung der Feder *e* erdet.

Dieselbe Firma hat eine Steckdose mit konzentrischen Kontaktteilen (Abb. 2) entwickelt, bei welcher sich zwischen dem Kontaktstift *a* und der konzentrischen Kontakthülse *b* eine Isolierhülse *c* befindet, die mit Befestigungsnocken *d* in Ausnehmungen von *b* hineinragt; dadurch wird die Isolierhülse *c* senkrecht zu ihrer Achse verschiebbar und ihre Lage ist nur in axialer Richtung festgelegt. Fr—r.

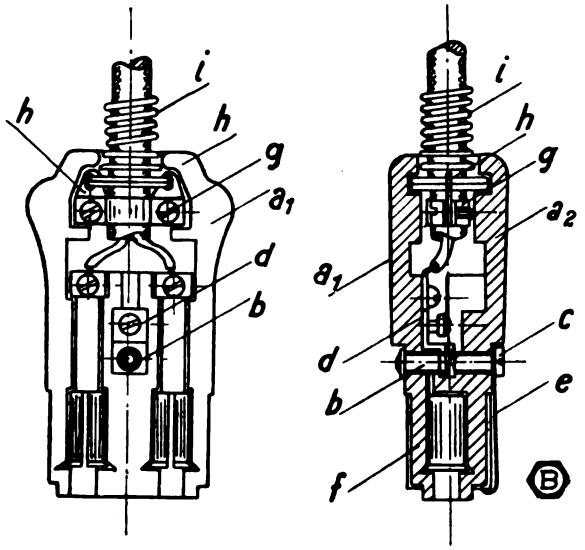


Abb. 1.

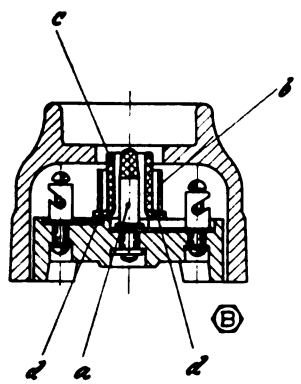


Abb. 2.

(Bergmann-Mitteilungen, 5. Jg., Nr. 6, 1927.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Automatische Anlasser und Regler in der Industrie behandelt eine zusammenfassende Darstellung im „Asea-Journal", Bd. 4, Nr. 10/11. Das wichtigste Organ ist das Schütz. Die Konstruktionen der Werke nähern sich immer mehr, nur bei Gleichstromschützen sind zwei Typen zu unterscheiden. Die eine läßt den Magneten unmittelbar auf die Schalterachse wirken, wodurch die Ausführung einfach und billig wird, die andere schaltet zwischen Magnet und Schalter ein Hebelsystem ein, wodurch der Raumbedarf in der Breite geringer wird. Die Schütze werden fast durchaus mit Wälzkontakten und Blasspulen ausgestattet, trotzdem ist die Lichtbogenentwicklung bedeutend. Die Magnetspulen werden bis 500 V bei Gleichstrom und 600 V Wechselstrom ausgeführt. Bei Gleichstrom werden zur Vermeidung zu großer Spulen Vorschaltwiderstände verwendet. Oszillographische Messungen ergaben als Einschaltzeit für Gleichstrom $^1/_{10}$ sek, für Wechselstrom $^5/_{100}$ sek, als Ausschaltzeit $^4/_{100}$ bzw. $^7/_{100}$ sek. Das Schließen des Schützes verursacht einen hörbaren Schlag, welcher auf die Kraft des Magneten zurückzuführen ist und welchem die Konstruktion gewachsen sein muß. Das Geräusch dieses Schlages, ferner das Summen des Wechselstromschützes läßt sich dort, wo diese akustischen Wirkungen störend sind, durch Einsenken in einen Ölkasten dämpfen. Für gewisse Teile, welche dem allmählichen Verschleiß unterworfen sind, sollen Reserven vorhanden sein. Als solche kommen wohl nur die biegsamen Kupferverbinder, die Kontakte und die Isolierschilde zu beiden Seiten der Öffnungsstelle in Betracht. Die Wahl der Schützentype richtet sich nicht nur nach der Stromstärke, sondern auch nach der Schalthäufigkeit, welche in manchem Falle, wie bei Hüttenbetrieben, 500 in der Stunde betragen kann. Aber auch die Stromart ist wichtig, denn eine bestimmte Type kann bei Wechselstrom etwa den doppelten Strom unterbrechen als bei Gleichstrom. Die „Asea" baut (wie auch die meisten deutschen Firmen) nicht nur Niederspannungsschütze, sondern auch solche für Hochspannung, deren Konstruktion den normalen Ölschaltern nahekommt, jedoch der wesentlich vergrößerten Beanspruchung angepaßt sind.

Automatische Anlasser müssen dem Motor das größtmögliche Drehmoment erteilen, um ihn tunlichst rasch über die verlustreiche Anlaßperiode auf volle Drehzahl zu bringen, besonders wenn häufiges Anlassen erforderlich ist. Beim Abstellen muß die Anfangslage möglichst rasch erreicht werden, um den Motor zu erneutem Anlassen bereitzustellen. Bei Handanlassern wird die Stufenzahl groß gewählt, um durch eine erzwungene längere Anlaßzeit den Motor vor Schaden zu bewahren. Der Selbstanlasser macht diese Vorsicht überflüssig, so daß man mit wenig Stufen auskommt. Das Arbeiten des Selbstanlassers kann abhängig gemacht werden: 1. Von der in der Anlaßperiode veränderlichen Klemmenspannung des Ankers, 2. von dem bei gegebenem Widerstand mit der Drehzahl fallendem Strom, 3. das Anlassen findet in einer vorausbestimmten Zeit, unabhängig von Strom und Spannung, statt. 4. In besonderen Fällen findet eine Kombination dieser drei Möglichkeiten Anwendung. — In allen Fällen ist die Wahl von der Eigenart der angetriebenen Maschine abhängig. Die erste Methode ist die einfachste. Es sind meist nur drei Schütze vorhanden, von denen das erste durch einen Druckknopf zum Schließen veranlaßt wird, worauf der Motor mit vorgeschaltetem vollen Widerstand anläuft. Steigt die Spannung des Gleichstromankers auf 50 vH der Netzspannung, so schließt das zweite Schütz einen Teil des Widerstandes kurz, steigt die Spannung auf etwa 80 vH, so schließt das dritte Schütz, welches den restlichen Widerstand kurzschließt, so daß der Anker unmittelbar am Netz liegt. Die Methode ist ungenau, weil die Temperatur der Schützenspulen und die Netzspannung eine Rolle spielen. Die zweite Methode benützt gleichfalls mehrere Schütze, welche elektrisch durch Kontakte so verriegelt sind, daß jedes Schütz erst dann erregt wird, wenn das vorhergehende geschlossen hat. Mit Ausnahme des ersten Schützes, welches durch einen Druckknopf erregt wird, wirkt auf jedes Schütz außer der Spannungsspule eine vom Ankerstrom durchflossene Spule, welche das Einschalten durch magnetische Gegenwirkung so lange nicht freigibt, als nicht der Strom genügend gesunken ist. Die dritte Methode, bei welcher die Anlaßzeit festliegt, ist nur dann brauchbar, wenn der Motor stets unter den gleichen Bedingungen anläuft. Die Aufgabe wird zum Beispiel von der „Asea" so gelöst, daß ein Flachbahnanlasser von einem Sperrad bewegt wird, dessen Klinkenarm von einem Magnet gezogen wird. Ist das Sperrad um einen Zahn gedreht, so öffnet die Klinke den Strom des Magneten, so daß der Klinkenarm durch Federkraft in die Ruhelage zurückkehrt, worauf das Spiel von neuem beginnt. In beiden Endlagen des Anlassers ist die Weiterbewegung durch Endschalter im Stromkreis des Magneten verhindert. Ho.

(Asea-Journal, Bd. 4, Nr. 10/11, 1927.)

Digitized by Google

Unfälle.

Elektrische Unfälle in der Schweiz. Das schweizerische Starkstrominspektorat veröffentlicht eine statistische Übersicht der elektrischen Unfälle der letzten zwei Jahre. Sämtliche Unfälle (außerhalb des Bahnbetriebes) sind in Tabelle 1 enthalten:

Tabelle 1.

Jahr	Niederspannung		Hochspannung		Total		Summe
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	
1926	38	15	15	9	53	24	77
1925	32	10	16	8	48	16	66

Die Zahl der Todesfälle ist in den letzten Jahren trotz der Ausbreitung der Netze gefallen. In 1917 bis 1920 betrug das Jahresmittel 34, in 1921 bis 1926 nur 23. Die Verminderung bezieht sich fast ausschließlich auf die Fälle bei Hochspannung. Die Unfälle dritter Personen haben sich in den letzten Jahren gegenüber jenen der Berufselektriker merklich vermehrt, was einerseits auf den gebesserten Ausbau der Anlagen und auf verbesserte Schulung des Personals, andererseits darauf zurückzuführen ist, daß durch die Ausbreitung der Elektrizität im Gewerbe und Haushalt die Zahl der Menschen, welche mit den Anlagen zu tun haben, wächst. Die Art der Anlagen, bei welchen sich die Unfälle zutrugen, gehen aus Tabelle 2 hervor:

Die Zahl der Unfälle unter den Fabriks- und Bauarbeitern hat sich gegenüber dem Vorjahr erheblich vermehrt. Die Ursachen der Unfälle sind zumeist gleicher Art wie in anderen Ländern, nämlich ungenügende Verwarnung und Beaufsichtigung fachunkundiger Arbeiter in elektrischen Anlagen, ferner Unachtsamkeit der Monteure und Wärter in Bezug auf die spannungsführenden Teile. Beachtenswert ist ein Fall, in welchem bei einer Feuerwehrübung eine eisenbewehrte Schiebeleiter mit der Hochspannungsleitung in Berührung kam, eine Unachtsamkeit, welche vier Männern das Leben kostete, während ein Fünfter noch ins Leben zurückgerufen werden konnte. In einem anderen Falle wurde ein Monteur, welcher an einer geerdeten Leitung arbeitete, beim Lösen der Erdung durch einen von einer Parallelleitung induzierten Strom schwer verletzt. Ein Unfall erfolgte durch ein Ankerseil, welches ein Panzerrohr, die Zuleitung zu einer Straßenlampe, berührte. Dieses Rohr stand durch einen Isolationsfehler unter Spannung. Endlich sind 1926 vier Unglücksfälle durch mangelhafte Erdung transportabler Motoren entstanden, darunter zwei tödliche. Zwei Fälle hatten die immer wiederkehrende Ursache, daß ein armiertes Kabel verwendet wird, dessen nicht geerdete Bewehrung Schluß mit einem Leiter erhält. Auch bei Hausinstallationen kamen zahlreiche Unfälle vor, von denen drei tödlich waren. Einer von diesen betraf einen Fleischergehilfen, welcher im Keller eine provisorische Lichtleitung ändern wollte und die blanken Enden berührte, der andere Fall betrifft gleichfalls einen Fleischergehilfen, welcher den Hebel eines ungeerdeten Schaltkastens betätigte, dessen Gehäuse durch einen außerhalb des Kastens bestehenden Erdschluß unter Spannung war. Endlich verbrannte ein Kind durch ein Heizkissen, welches auf die höchste Stromstärke geschaltet war.

Tabelle 2.

	1925							1926						
	Spannung				Total		Summe	Spannung				Total		Summe
	unter 250 V		über 250 V					unter 250 V		über 250 V				
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot		verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	
Zentralen u. große Unterwerke	3	—	5	4	8	4	12	1	—	12	2	13	2	15
Leitungen	5	1	6	5	11	6	17	4	3	7	9	11	12	23
Transformatorstationen	—	—	8	2	8	2	10	1	—	4	3	5	3	8
Versuchsräume	—	—	3	—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—
Industrielle u. gewerbliche Betriebe	2	—	8	—	10	—	10	6	1	7	2	13	3	16
Transportable Motoren	—	—	—	1	—	1	1	1	—	1	2	2	2	4
Handlampen	2	2	—	—	2	2	4	3	1	—	1	3	2	5
Übrige Hausinstallationen	4	2	2	1	6	3	9	5	—	1	—	6	—	6
Total	16 | 5 = 21		32 | 13 = 45		48 | 18 = 66		66	21 | 5 = 26		32 | 19 = 51		53 | 24 = 77		77

In der Tabelle 2 sind die Unfälle bei 220/380 V in die erste Kolonne gesetzt, wenn der Verunglückte zwischen Nullpunkt und Phase, in die zweite Kolonne, wenn er zwischen zwei Phasen geschaltet war. Auffallend ist die verhältnismäßig geringe Zahl der Todesfälle in Zentralen gegenüber den nicht tödlichen Fällen, während erstere in früheren Jahren überwogen. Die Berufsart der Verunglückten zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3.

Berufsarten	1925			1926		
	verletzt	tot	total	verletzt	tot	total
Ingenieure u. Techniker	1	2	3	1	1	2
Maschinisten u. Wärter	10	—	10	13	4	17
Monteure u. Hilfsmonteure in elektrischen Betrieben u. Installationsgeschäften	14	3	17	14	4	18
Andere Arbeiter elektrischer Unternehmungen	6	2	8	1	—	1
Fabriksarbeiter	6	1	7	12	6	18
Bauarbeiter	4	1	5	7	6	13
Landwirte u. Gärtner	2	1	3	—	3	3
Feuerwehrleute	1	4	5	—	—	—
Dienstboten u. Arbeiter	1	3	4	1	—	1
Kinder	—	1	1	2	—	2
Sonst. dritte Personen	3	—	3	2	—	2

Ho.

(Bulletin, Schw. Elektr. Verein, Jahrg. 18, Nr. 12.)

Energiewirtschaft.

Die Energiewirtschaft der Gemeinden, insbesondere die Elektrizitätswirtschaft. Dieses Thema behandelt Min.-Rat. Dozent Ing. K. Naehr in einem Vortrag vor der Hauptversammlung des Deutschösterreichischen Städtebundes (Österr. Städtetag) im Februar d. J. Nachstehend eine kurze Wiedergabe seiner Ausführungen[1]).

Die Grundfrage, welche Rolle einer Gemeinde in der als Endziel der österreichischen Elektrizitätswirtschaft angestrebten Plan- und Verbundwirtschaft zukommt, ist, abgesehen von jenen Fällen, wo die bestehenden Einrichtungen zur Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie für die Gemeinde und für ein mehr oder minder ausgedehntes angrenzendes Gebiet ausreichen, meist folgende: Soll ein eigenes neues Gemeindewerk (Wasserkraft- oder Wärmekraftwerk) errichtet werden, wenn für die Bedarfsdeckung noch gar nicht vorgesorgt ist, bzw. soll ein Zusatzwerk errichtet werden, wenn die bestehenden Einrichtungen für die Bedarfs-

[1]) Vgl. Österr. Gemeindezeitung, Jahrg. 1928.

Digitized by Google

deckung nicht ausreichen oder soll bei Verzicht auf die Selbstständigkeit der Gemeinde in ihrer Elektrizitätswirtschaft bis zu einem gewissen Grade die Energie bei Errichtung gemeindeeigener Leitungs- und Verteilungsanlagen aus fremden Werken bezogen werden?

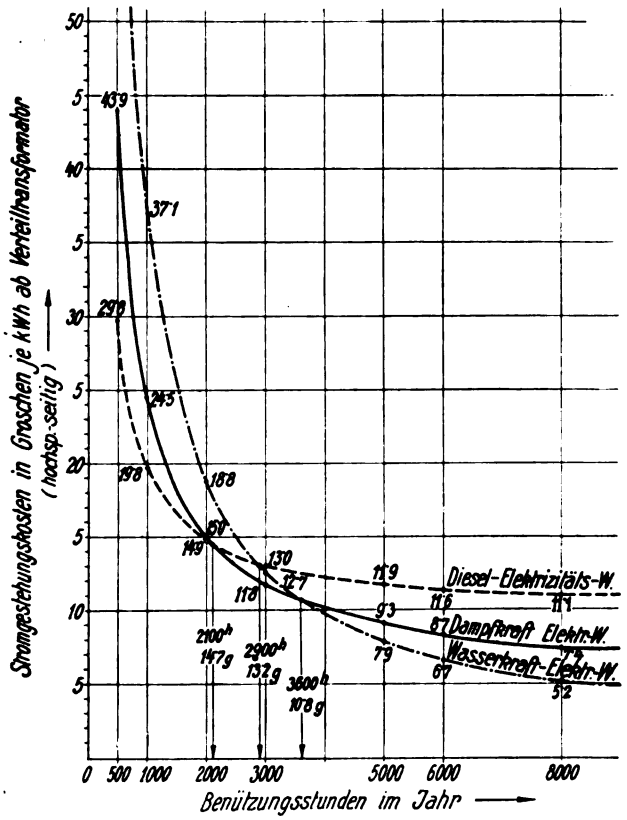
Die Gemeinden als Keimzellen der anzustrebenden Verbundwirtschaft werden bei ihren Entschließungen immer zu beachten haben, daß nicht bloß ihre individualwirtschaftlichen Forderungen, sondern auch die der gesamten Volkswirtschaft von Bedeutung sind. Eine sehr häufige fehlerhafte Vorstellung ist dabei die über den zu erwartenden Gewinn des Elektrizitätsunternehmens, bzw. die Meinung, ein solcher Betrieb könne sowohl ein gewinnbringendes Geschäft darstellen, als auch gleichzeitig den Gemeindeinsassen unberechtigt billigen Strom liefern. Daß dies unmöglich ist, zeigt am einfachsten eine Betriebskostenrechnung.

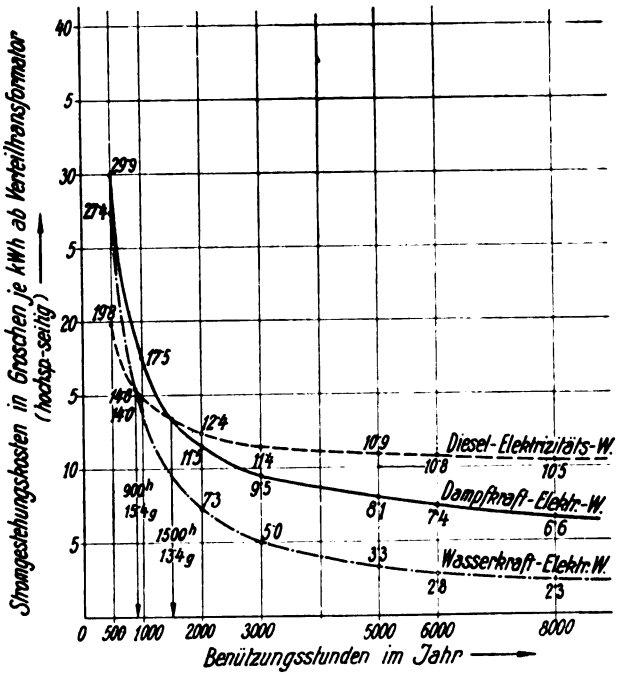
Bei diesen Rechnungen wird häufig die Amortisation (Tilgung des Schuldkapitals) mit den Abschreibungen verwechselt, und damit ein ganz falsches Bild über die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens gewonnen. An Stelle der Abschreibungen sollen zweckmäßig sogenannte Erneuerungsrücklagen treten. Es wird dadurch unter Umständen vermieden, daß die immer mehr in Widerspruch zum Gebrauchswerte der Anlagen stehende Minderbewertung zur Ausschüttung eines zu großen Gewinnes oder zur Zurückhaltung bei den Erneuerungsrücklagen führt. Bei richtiger Anwendung der Erfahrungen mit dieser Bilanzierungsart kann man in Jahren besonderen Betriebserfolges größere Erneuerungsrücklagen buchen, als der natürlichen Abnutzung entsprechen würde, und damit für Jahre schlechteren Betriebserfolges die Möglichkeit eines Gewinnes schaffen; auch kann dadurch die Kontinuität der Strompreise in hohem Maße gewährleistet werden, denn die Erneuerungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der vollen Betriebsfähigkeit des Werkes müssen dann nicht mit Hilfe einer Investitionsanleihe mit ihren die Strompreise belastenden Gelddienstkosten gedeckt werden. Bei der Frage der Errichtung eines eigenen Werkes ist neben den Anlagekosten die Betriebsdauer (Benützungsstunden im Jahr) maßgebend. Die Abbildungen 3 und 4 geben ein anschauliches Bild dieser Abhängigkeit.

Mit sinkender jährlicher Betriebsstundenzahl scheidet bei noch nicht amortisierten Werken (Abb. 3) zuerst das Wasserkraft- und dann das Dampfkraftwerk als nicht konkurrenzfähig aus und das Dieselkraftwerk ist bei 2100 h/Jahr und weniger den beiden anderen jedenfalls überlegen. Ist dagegen kein Kapitalsdienst mehr zu leisten (Abb. 4), so ist das Wasserkraftwerk dem Dampfkraftwerk schon ab 450 h/Jahr und dem Dieselkraftwerk ab 900 h/Jahr überlegen. Da aber für die Zukunft kein Fallen der Brennstoffpreise, sondern ein Steigen derselben zu erwarten ist, wird die Überlegenheit der Wasserkraftanlagen dann noch größer sein.

Bei den Stromverteilungskosten spielt das Anlagekapital nicht die Rolle, wie bei den Stromerzeugungskosten, wenn die Reichweite nicht sehr bedeutend ist. Trotzdem sind aber die Stromverteilungskosten wegen der Stromverluste in den Transformatoren und der Leitung, namentlich durch zu geringe Ausnutzung im Verhältnis zu den Erzeugungskosten sehr groß.

Die Entscheidung über die Frage, ob Fremdstrombezug oder nicht, hängt letzten Endes von dem zu erwartenden Ausnutzungsgrade, das heißt von der jährlichen Benutzungsstundenzahl ab und sie ist nur durch sorgfältige Berechnungen zu lösen. Das gleiche gilt auch für die Bestimmung der Stromtarife. In allen diesen Fällen, besonders aber bei Stromlieferungsverträgen soll ein Fachmann befragt werden, bevor endgültige Entscheidungen getroffen werden. Bei der Finanzierung von Werken, das ist in der Regel bei der Aufnahme von Anleihen, muß zuerst ein genaues Investitionsprogramm festgelegt und die Produktivität





Vergleichende Darstellung der Stromgestehungskosten je kWh:

a) eines Wasserkraft-Elektrizitätswerkes mit 1000 kW Jahresmittelleistung, Anlagekosten 2400 S/kW, einschließlich 20 km Fernleitung.

b) eines Dampfkraft-Elektrizitätswerkes mit 1000 kW inst. Leistung, Anlagekosten 700 S/kW, einschließlich 20 km Fernleitung.

c) eines Diesel-Elektrizitätswerkes mit 1000 kW inst. Leistung, Anlagekosten 500 S/kW.

Abb. 3. Während der Kapitalstilgung (nicht amortisiert).

Abb. 4. Nach bewirkter Kapitalstilgung (amortisiert).

Digitized by Google

des Anleiheerlöses einwandfrei festgestellt werden; andererseits sollen aber die Anleihebedingungen genau überprüft werden. Bei der Organisation des Betriebes eines gemeindeeigenen Werkes sollen das Stromerzeugungs- und Verteilungsgeschäft und der Installationsbetrieb aus Kontrollgründen und wegen der Feststellung der Rentabilität streng von einander getrennt werden. Ein wichtiger Punkt der Betriebsorganisation ist auch eine einwandfreie Betriebsstatistik. Bezüglich der Elektrizitätsabgaben hob der Vortragende am Schlusse seiner Ausführungen hervor, daß wenn eine solche Abgabe unvermeidlich sei, sie nur eine Zwecksteuer sein, ihr Erlös also lediglich der Elektrizitätswirtschaft der Gemeinde zukommen sollte.

Anschließend an den Vortrag nahm die Versammlung folgende Entschließung an:

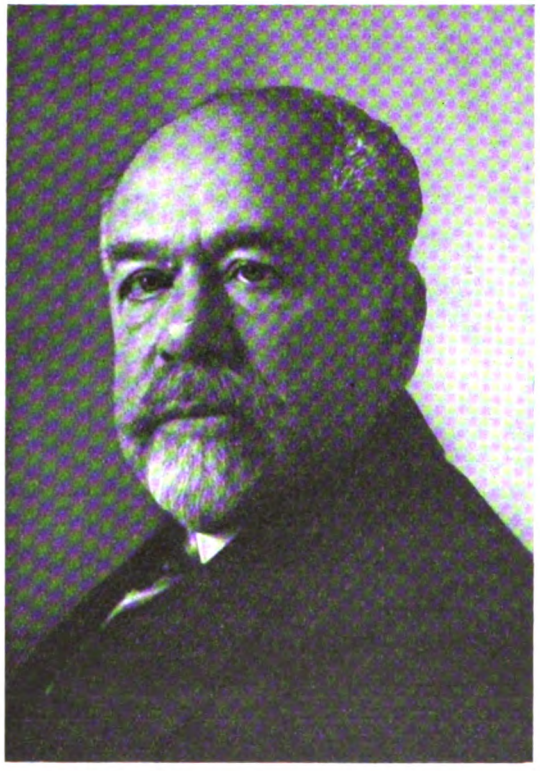
„In allen Fällen, die die Elektrizitätswirtschaft der Gemeinden berühren und finanziell und technisch von wirtschaftlich einschneidender Bedeutung sind, hat sich erfahrungsgemäß als vorteilhaft erwiesen, wenn die Gemeinde vor endgültiger Entscheidung das eigene Urteil an der Äußerung einer objektiven Stelle überprüft, die nicht so lokal eingestellt ist, wie es die verantwortlichen Faktoren der Gemeinde in der Regel sein müssen. Die Einholung einer solchen Meinungsäußerung hat auch den Zweck, ungesäumt und mit geringsten Opfern aus den Erfahrungen Nutzen zu ziehen, die anderwärts in der zu behandelnden Frage bereits gemacht worden sind. Als die Stelle, von wo dieser Nutzen zu schöpfen ist, hat sich das Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamt (W. E. W. A.) erwiesen. Die Hauptversammlung des „Städtebundes“ spricht diesem Amte den Dank aus für die stets bewiesene Hilfsbereitschaft, die wertvollen Ratschläge und die Förderung der Elektrizitätswirtschaft und erwartet weiter auch für die Zukunft die gleiche objektive Unterstützung der Gemeinden in ihrem Bestreben, die Wasserkräfte und die Elektrizität ihren Zwecken dienstbar zu machen.“ J.

Chronik.

Felix Deutsch.

Drei Tage nach Vollendung seines 70. Lebensjahres ist am 19. Mai Geheimrat Dr. Felix Deutsch, der Vorsitzende des Direktoriums der AEG, aus dem Leben geschieden.

Im Jahre 1858 in Breslau geboren, kam er mit 15 Jahren als Lehrling zu einem Unternehmen, das sich mit dem Bau und der Ausrüstung von Zuckerfabriken beschäftigte. Im Jahre 1882 trat er zu einem Berliner Bankenkonsortium über, das sich zur Auswertung eines neuen Verfahrens zur Zuckergewinnung gebildet hatte. Mit dem Bau und der Leitung einer großen Zuckerfabrik betraut, kam er mit Emil Rathenau in Berührung, der Deutsch 1883 in die Leitung der von Rathenau unter Mitwirkung des erwähnten Bankenkonsortiums gegründeten Deutschen Edison-Gesellschaft, der Vorläuferin der AEG, berief. Seit diesem Zeitpunkte hat Deutsch seine ganze Arbeitskraft diesem Unternehmen gewidmet und es ist wohl auch zum großen Teile seiner Tätigkeit zu verdanken, daß die AEG sich in so kurzer Zeit zu einem der bedeutendsten Konzerne der Elektrotechnik entwickelt hat.



Felix Deutsch hat bald nach seinem Eintritte in die Deutsche Edisongesellschaft mit dem Ausbau der Organisation der Gesellschaft begonnen. Weitblickend hat er schon damals erkannt, daß die Interessen eines Unternehmens durch Vertreter, die auch für andere Gesellschaften arbeiten, nie in vollem Maße gewahrt werden können, und hat bereits nach einem Jahre das erste Installationsbüro in München geschaffen. Damit war der Grundstock zu jenem Netz von Büros gebildet, mit welchen heute die AEG die ganze Erde umspannt. Im Zusammenhang damit steht auch die Errichtung von Sonderbüros für die verschiedenen Industrien bei der Zentrale in Berlin. Auch hier hat Deutsch das richtige Verständnis für die Bedürfnisse der Industrie gezeigt, indem die Büros der Kundschaft Vorschläge für die Modernisierung der Betriebe machten, sie lehrten, die Fortschritte der Technik zu nutzen, und ihnen Wegweiser für die bessere und ökonomischere Ausnutzung ihrer Anlagen waren. Der Erfolg hat auch hier Deutsch Recht gegeben und die großen Umsätze in der Elektroindustrie sind nicht zum Geringsten diesem Verfahren der Kundenberatung zu verdanken.

Mit der Loslösung der Deutschen Edison-Gesellschaft von Siemens & Halske und der damit verbundenen Umwandlung in die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft im Jahre 1887 war für Deutsch erst die volle Möglichkeit gegeben, die Organisation in der vorstehend geschilderten Art auszubauen, und in den folgenden Jahren begann auch die AEG an verschiedenen anderen Unternehmungen Anteil zu nehmen oder solche zu erwerben, sowie neue Unternehmungen, wie die Aluminium-Industrie A.-G. in Neuhausen, die Elektrizitätslieferungsgesellschaft und die Deutsch-Überseeische Elektrizitätsgesellschaft zu gründen. Bei diesen geschäftlichen Transaktionen wirkte Deutsch natürlich immer mit, ebenso auch, als es im Zuge der Krise in der Elektroindustrie zu Beginn dieses Jahrhunderts zur Fusion mit der Union-Elektrizitäts-Gesellschaft, einer Tochtergesellschaft von Thomson-Houston in Amerika und später mit Felten & Guilleaume-Lahmeyer in Frankfurt kam. Die Fusion mit der Union führte auch zu einer Neuorganisation der beiden Tochtergesellschaften dieses Unternehmens. In Wien wurde unter Mitwirkung der Bodenkreditanstalt und der Kreditanstalt die AEG-Union-Elektrizitätsgesellschaft neu organisiert. Felix Deutsch trat in das Präsidium des Verwaltungsrates dieses Unternehmens ein und zu den vielen persönlichen Beziehungen, die ihn mit Österreich verbanden — sein Vater stammte aus Nikolsburg in Mähren, auch seine Mutter, eine Kousine der berühmten Sängerin Pauline Lucca, war Österreicherin und einer seiner Brüder war

Digitized by Google

in der Direktion der österreichischen Bodenkreditanstalt tätig —, gesellte sich die dauernde nähere Berührung mit der österreichischen Elektroindustrie. Zur gleichen Zeit wurden auch die Tochtergesellschaft der Union in Riga und die italienische Thomson-Houstongesellschaft reorganisiert und später in Mailand auch eine eigene Fabrik errichtet. Dadurch und durch die Interessengemeinschaft mit der General Electric Co., der Nachfolgerin der Thomson-Houston in Amerika, war die Organisation der AEG in den Hauptzügen abgeschlossen.

Nach dem Tode Emil Rathenaus trat Felix Deutsch an die Spitze der Leitung der AEG, die er während der Kriegs- und Nachkriegsjahre mit sicherer Hand geführt hat. Nach dem Kriege hat er sich auch sehr um die Anknüpfung der Beziehungen mit dem Auslande bemüht und im vergangenen Jahre eine Reise nach den Vereinigten Staaten unternommen, um dort besonders mit den leitenden Männern der General Electric in persönliche Fühlung zu treten. Die seit einiger Zeit bestehende engere Interessengemeinschaft mit diesem amerikanischen Großkonzern ist wohl auch in erster Linie auf Deutsch zurückzuführen, ebenso wie er auch die Pflege der Beziehungen mit Rußland sich angedeihen ließ.

An äußeren Ehrungen hat es Deutsch nicht gefehlt. Er war Ehrendoktor der staatswissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln und der Technischen Hochschule Karlsruhe, Ehrenbürger der Charlottenburger Technik und unter anderem Mitglied des Reichswirtschaftrates sowie Präsidialmitglied des Reichsverbandes der Deutschen Industrie.

Mit Deutsch ist wieder einer jener Männer dahingegangen, welche an der Entwicklung der Starkstromtechnik seit ihren Anfängen beteiligt waren und zu dem Ansehen beigetragen haben, das die Deutsche Elektroindustrie heute auf der ganzen Erde genießt. In der Geschichte der Elektrotechnik wird auch sein Name neben jenen der Ingenieure dieser Zeit immer genannt werden.

XXXIII. Jahresversammlung des VDE in Berlin 1928. Die diesjährige Tagung des VDE findet in der Zeit vom 17. bis 19. Juni 1928 in Berlin statt und umfaßt außer den in den beiden Verbandsversammlungen in Kroll's Festsaal am Tiergarten gehaltenen Vorträgen von Wechmann, Berlin, „Die Elektrisierung der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Stadt- und Vorortbahnen", von Reichel, Berlin, „Die Gleichstromversorgung der Reichsbahn, insbesondere durch Gleichrichteranlagen" und Petersen, Berlin, „Wechselstromversorgung der Reichsbahn unter Berücksichtigung der Netzkupplung" folgende Vorträge in Fachsitzungen (Technische Hochschule):

Montag, den 18. Juni. A) Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragung. (Einführender: Rachel, Dresden.) Burger: „Stromverteilung in Großstädten durch Hochspannung- und Niederspannung-Verteilungsnetze." Bormann: „Dielektrische Verlustmessungen an Drehstromkabeln bei betriebsmäßiger Beanspruchung." Lesch: „Neuerung auf dem Gebiet des Distanzschutzes." Mangoldt: „Über die wirtschaftlichste Spannungsregulierung in Höchstspannungsanlagen." Müller: „Ein neuer Vorschlag zur Berechnung von Betonfundamenten." Scheller: „Herstellung von Höchstspannungsleitungen mit glatter Oberfläche." Schweppenhäuser: „Verhalten von Freileitungen bei Salzablagerungen unter dem Einfluß der Meeresnähe." — B) Elektrische Industrieanlagen. (Einführender: Vieweg, Berlin.) Bisschop: „Der Schlagwetterschutz kleiner elektrischer Vorortmaschinen und seine Prüfung." Kesselring: „Versuche mit Hochleistungsschaltern." Müller: „Der Chemismus des Ölschalters." Büchner: „Gußgekapselte Hochspannungsanlagen." Estorff: „Schaltgeräte für 200 kV-Anlagen." — C) Fernmeldetechnik und Elektrophysik. (Einführender: Franke, Berlin.) Hudec: „Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen." Kumlik: „Beiträge zur Beurteilung von Hartpapier." Rogowski: „Die weitere Entwicklung des Kathodenoszillographen." Flegler: „Spule und Wanderwelle." Handrek: „Durchschlagsfestigkeit und Verlustwinkel fester Hochspannungs-Isoliestoffe." — D) Maschinen und Transformatoren. (Einführender: Fleischmann, Berlin.) Kloss: „Lehrfilme." Müller: „Wechselstrom-Lokomotivmotoren." Töfflinger: „Neuerungen an elektrischen Fahrzeugmotoren." Bechmann: „Über die Abhängigkeit der zusätzlichen Ankerwicklungs-Stromwärme bei Gleichstrommaschinen von der Stromwendungsdauer." Alzner: „Drehstrommotoren mit Nebenschluß-Erregermaschinen." Monath: „Die neuen Schnellzugs-Lokomotiven 1 D_0 1 der AEG und SSW für die Deutsche Reichsbahn."

Dienstag, den 19. Juni. A) Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragung. (Einführender: Rehmer, Berlin.) Schwenkhagen: „Das Buchholzschutzsystem und seine Anwendung in der Praxis." Weissbach: „Ferngesteuerte und selbsttätige Gleichrichterunterwerke." Wellmann: „Bemerkung zu den holländischen Bedingungen für die Prüfung von Hochspannungskabeln." Geise: „Erfahrungen mit Resonanzkreisen zur Oberwellenbeseitigung in Gleichrichteranlagen." Friedländer: „Die Verzerrung der Netzspannungskurve durch die Transformatoren." Piloty: „Fortschritte in der Kompensation der Oberwellen des Erdstromes." Draeger: „Lichtbogenüberschläge hoher Leistung an Freileitungsisolatoren." — B) Elektrische Industrieanlagen. (Einführender: Marx, Braunschweig.) Müller: „Die Wirkung von Schutzfunkenstrecken bei Durchführungen." Kröll: „Fernsteuerung elektrischer Anlagen." Meiners: „Neuzeitliche automatische Schaltanlagen." Schleicher: „Die Fernmessung über hochspannungsseitig beeinflußte Schwachstromleitungen." Schleicher: „Fernsteueranlagen. — C) Fernmeldetechnik und Elektrophysik. (Einführender: Rogowski, Aachen.) Riepka: „Fortschritte auf dem Gebiet der Hochohm-Widerstände." Schoder: „Neuerungen auf dem Gebiet elektrischer Zeitschaltapparate." Schiller: „Über den Einfluß der Armierung auf die Schutzwirkung des Kabelmantels gegen Starkstromstörungen." Doebke: „Das Nebensprechen in Fernsprechkabeln." Moser: „Versuche mit Richtantennen bei kurzen Wellen." Hartmann: „Neuere Untersuchungen an Kohlenmikrophonen." — D) Maschinen und Transformatoren. (Einführender: Kloss, Berlin.) Peters: „Vorgänge beim Einschwingen von Synchronmaschinen im Parallelbetrieb." Koch: „Fortschritte in Generatorschutzsystemen." Löbl: „Kurvenform der Spannung an der offenen Phase beim zweipoligen Kurzschluß." Reimann: „Beanspruchung von Stromwandlern durch Wanderwellen." Bauch: Überlastrelais zum Schutz von Transformatoren."

Außerdem findet an beiden Tagen eine Reihe von technischen Besichtigungen statt.

Literaturberichte.

3555 **Les Moteurs à courants alternatifs.** (Die Wechselstrommotoren.) Von Louis Lagron. (Nr. 2 der Nouvelle Encyclopédie Electro-Mécanique, herausgegeben von M. E. Pacoret.) 429 Seiten mit 211 Abb. Verlag Librairie Scientifique Albert Blanchard, Paris. Preis Frcs. 25·—.

In diesem Buch ist das ganze große Gebiet der Wechselstrommotoren behandelt, wenn auch die Synchronmotoren, die überhaupt etwas zu ungünstig eingeschätzt erscheinen, nur kurz gestreift werden. Die Asynchronmotoren, und zwar vor allem die Induktionsmotoren, werden dagegen recht gründlich durchgenommen. Es werden von den Induktionsmotoren die Diagramme, die Berechnung und schließlich die Konstruktionsgrundlagen eingehend besprochen. Ebenso wird das Anlassen und die Geschwindigkeitsregelung behandelt, wobei in solchen Büchern sonst meist nur gestreifte Fragen wie Bemessung der Anlasser, von Anlaßtransformatoren usw. einer genaueren Behandlung unterzogen

Digitized by Google

werden. Nach den Induktionsmotoren, bei welchen außer dem Einphaseninduktionsmotor auch der Drehtransformator und der Kaskadenumformer behandelt wird, folgt ein kürzerer Abschnittt über Wechselstromkollektormotoren samt den kompensierten Motoren, der im allgemeinen dem Stand der französischen Praxis entsprechen dürfte. Hier hat der Autor die Überlastungsfähigkeit der Einphasenkollektormotoren wohl etwas zu schlecht angegeben. Den Abschluß des Buches bildet ein Kapitel über Phasenkompensation in Wechselstromanlagen sowie über Regelsätze. Das flüssig geschriebene Buch wird in vielen Fällen zu Rate gezogen werden können.

B. Gerstmann.

1649 **Schaltungen für elektrische Beleuchtungs- und Verteilungsanlagen, Meßinstrumente und Motoren.** Von L. Lerch. Herausgegeben von Dipl. Ing. H. Schütte. VI. Auflage, 162 Seiten, 125 × 170. Verlag Schmorl & Seefeld Nachf., Hannover. Preis geb. Mk. 3·50.

Das Buch bringt in seiner neuen Auflage[1]) aus den im Titel genannten Gebieten insgesamt 211 verschiedene Schaltungen, die durchwegs sauber gezeichnet und im allgemeinen gut gewählt sind. Jeder Schaltung ist noch eine kurze Erklärung beigefügt. — Wünschenswert wäre es bei einer Neuauflage in den entsprechenden Schaltbildern die Klemmen der Motoren und Anlasser mit den genormten Buchstaben zu bezeichnen; da sich diese an den Maschinen selbst vorfinden, könnte dann auch der Nichtfachmann an Hand des Buches die entsprechende Schaltung herstellen. Bei den Motorschaltungen sind bald Schalter und Sicherungen, bald nur die Schalter eingetragen; größere Einheitlichkeit wäre hier zu empfehlen. Auch die Erdung der Meßwandler wäre zu verzeichnen.

F. Fritz.

1529 **Die elektrischen Meßinstrumente.** Von Prof. J. Herrmann. Dritte neubearbeitete Auflage, 159 Seiten mit 167 Figuren. Sammlung Göschen Bd. 477. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1927. Preis geb. Mk. 1·50.

Das Büchlein ist eine vorzügliche Darstellung des Gebietes der elektrischen Meßinstrumente, die im engen Rahmen eines Bandes der Sammlung Göschen ein überraschend großes Material bringt. Es behandelt die Meßinstrumente mit Ausschluß der Zähler und Meßmethoden, worüber gesonderte Bände erscheinen werden. Eine besonders eingehende Behandlung erfahren die Drehspulinstrumente, die elektrodynamischen und die Induktionsinstrumente. Auch die Kreuzspulinstrumente und Synchronoskope fehlen nicht. Die vorzüglichen Abbildungen werden durch sehr klare Schaltzeichnungen und Diagramme ergänzt, wobei hinsichtlich der grundlegenden Gesetze jeweils auf die von demselben Verfasser im Rahmen der Sammlung Göschen erschienenen Bände „Elektrotechnik"[2]) verwiesen wird. Für Studierende an Hoch- und Mittelschulen aber auch für den Ingenieur der Praxis eignet sich dieses Buch vorzüglich als Hilfsmittel zum Eindringen in das Gebiet des elektrischen Meßwesens.

Conrad.

3680 **Heinrich Hertz; Erinnerungen, Briefe, Tagebücher.** Zusammengestellt von Dr. Johanna Hertz. Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1927. Geb. M. 12·—, brosch. M. 10·—.

Ein wertvolles Buch, das uns über das Leben des Entdeckers der elektrischen Wellen, Heinrich Hertz, bis in die kleinsten Einzelheiten Aufschluß gibt. Wir lesen, wie er sich, geboren am 22. Februar 1857 in Hamburg, schon in seiner von der berufenen Hand seiner Mutter beschriebenen Kindheit als lebhafter und begabter Knabe zeigte. Die tiefe Neigung zu den Naturwissenschaften veranlaßte ihn, den anfänglich eingeschlagenen Weg zum Ingenieurberuf gegen das Studium der Mathematik und Physik an den Universitäten München und Berlin zu vertauschen. In Berlin kam er in nahe Berührung mit H. v. Helmholtz und wurde dessen Assistent. Eine im Jahre 1879 gestellte Preisaufgabe der Berliner Akademie, Beziehungen zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren, experimentell nachzuweisen, deren Bearbeitung ihm Preis und Anerkennung der Fakultät eintrug, wies ihm den Weg, der ihn später zu seinen weltberühmten Erfolgen führen sollte. Die Habilitation in Kiel im Jahre 1883, der im Jahre 1885 eine Berufung an das Polytechnikum in Karlsruhe folgte, brachte die Berliner Periode zum Abschluß. In die Karlsruher Zeit fallen nun seine berühmtesten Arbeiten über die elektrischen Wellen. Am 31. Juli 1886 vermählte er sich mit Elisabeth Doll, die ihm Zeit seines Lebens eine treue, für seine Bestrebungen stets verständnisvolle Gefährtin und Mitarbeiterin war und ihm im Laufe der Jahre zwei Töchter schenkte; die am 2. Oktober 1887 geborne Johanna, offenbar die Verfasserin dieses nicht hoch genug zu schätzenden Erinnerungsbuches, und die am 14. Jänner 1891 geborene Mathilde. Seine Arbeiten trugen ihm zahlreiche Ehrungen von Seite wissenschaftlicher Körperschaften und den Ruf an die Universität in Bonn ein, dem er im Jahre 1889 folgte. Hier beendete er seine theoretischen und experimentellen Arbeiten über die elektrischen Wellen und gab sie Ende 1891 gesammelt heraus. Leider befiel ihn im Jahre 1892 ein schweres Nasen- und Ohrenleiden, dem er am 1. Jänner 1894, erlag. Noch während seiner Krankheit hatte er den 3. Band seiner gesammelten Werke „Die Prinzipien der Mechanik" herausgegeben.

Wir können Frau Dr. Hertz für das in hohem Grade fesselnde plastische Bild, das sie uns vom Wesen eines unserer erfolgreichsten Physiker entworfen hat, indem sie die Tagebücher, Erinnerungen und Briefe herausgab, nicht genug danken. Das ganze Buch ist von der tiefen Neigung ihres Vaters zur wissenschaftlichen Forschung, die sich schon in jungen Jahren durch allerlei Versuche und Bastelarbeiten geltend machte, erfüllt. In Karlsruhe, wo sich diese Neigung am ungehindertsten ausleben konnte, dürfte Hertz am glücklichsten gewesen sein. Später, in Bonn, hören wir ihn über die zahlreichen Besuche auswärtiger Physiker, sowie über die Repräsentations- und Gesellschaftspflichten, Examina und Sitzungen klagen, die ihm als unliebsame und zeitraubende Unterbrechungen seiner Forschertätigkeit erschienen. Die Schwere seines Leidens hatte er bald erkannt, fügte sich jedoch standhaft in das Unvermeidliche. Ewig schade, daß ein so hoffnungsvolles Leben so früh vergehen mußte.

R. H.

3688 **Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte.** Von E. Preuß, bearbeitet von Dr. G. Berndt, Dresden, und Dr. Ing. M. v. Schwarz, München. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage mit 198 Seiten und 204 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer 1927. Mk. 7·80, geb. Mk. 9·20.

Von diesem bestens bekannten Buche ist nunmehr die dritte Auflage erschienen, die sich durch die zahlreicheren instruktiven Abbildungen und durch die Aufnahme neuerer Forschungsergebnisse auszeichnet. Die kontinuierliche Bindung des erläuternden Textes an die sorgfältig gewählte praktische Beispiele darstellenden Abbildungen macht dieses Buch zu einem äußerst wertvollen Behelf für Ingenieure und Betriebsbeamte, die darin auch Angaben über Perlitguß, Kraftwirkungsfiguren und Nitrierhärtung finden. Besonders wertvoll sind die bei Besprechung der Gefügebilder eingeschalteten Hinweise auf mögliche Trugschlüsse. Im Anhang ist eine Ergänzung der mikroskopischen durch andere metallographische Untersuchungen aufgenommen. Es kann dem im Vorwort zur dritten Auflage von den Bearbeitern ausgesprochenen Wunsche um Zuwendung von besonders lehrreichen Stücken aus der Praxis nur beigepflichtet werden, um das schon vorhandene wertvolle Anschauungsmaterial zu ergänzen. Schließlich ist noch die besondere Ausstattung des Buches zu erwähnen.

Leitner.

3354 **Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgegeben von Prof. Dr. F. Auerbach und Prof. Dr. W. Hort. Band V. 1. Lieferung, 472 Seiten mit 231 Abb. im Text. Verlag von Johann Ambrosius

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 56.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 399; 1924, S. 174.

Digitized by Google

Barth, Leipzig 1927. Subskriptionspreis geh. Mk. 36·—, Einzelpreis Mk. 45·—.

Von dem Auerbach-Hort'schen Handbuche wurden zwei Bände in dieser Zeitschrift schon besprochen[1]). Der vorliegende Band enthält die Mechanik der tropfbaren Flüssigkeiten. Sieben von den elf Kapiteln sind von F. Auerbach selbst bearbeitet: Eigenschaften der Flüssigkeiten, Hydrostatik, Hydrodynamik, Wirbelbewegung, Ausfluß und Strahlbildung, Bewegung fester Körper in Flüssigkeiten, Wellenbewegung der Flüssigkeiten. Die Darstellung, und zwar sowohl die der physikalischen Grundlagen als auch der mathematischen Theorie und der apparativen Methoden ist eine sehr gründliche und vollständige. In dem einleitenden Kapitel ist durch ausführliche Zahlentafeln auch gekennzeichnet, in welchem Grade die der Theorie zugrunde liegenden Annahmen als zutreffend angesehen werden können. Verzichtet wird (im Gegensatz zu dem gleichzeitig erscheinenden Springerschen Handbuche) der Darstellung die modernste Form zu geben. Die übrigen Kapitel: Strömung und Turbulenz von Hans Lorenz, Meeresströmungen von V. Walfried Ekman, Ebbe und Flut von Beno Gutenberg, Reibung in Flüssigkeiten von Leo Grätz und Karl Stöckel nebst einem kurzen Anhang, betreffend die innere Reibung des Blutes, von W. R. Hess, fügen sich harmonisch in den Rahmen des Ganzen. A. Basch.

3225 **Vierter Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß Kopenhagen** (20. bis 23. Juni 1927). Vierte Hauptversammlung des Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnvereines. Ausführlicher Bericht. 407 Seiten mit vielen Abbildungen und Zahlentafeln. Herausgegeben vom Sekretariat des Vereines, Wien, IV. o. J. (1928). Preis S 50·—.

Der in gleicher Weise wie der Bericht über den dritten Kongreß[2]) sehr vornehm ausgestattete und erfreulicherweise wieder in Österreich hergestellte Band enthält nebst einer allgemeinen Schilderung des Verlaufes des Kongresses die vollständige Wiedergabe der gehaltenen Vorträge und der anschließenden Wechselreden, den Bericht über die Hauptversammlung, in der bekanntlich die Auflösung des Vereines, bezw. die Vereinigung mit der Union internationale de Tramways, de Chemins de fer **d'Interêt** local et de Transports Publics Automobiles in Brüssel beschlossen wurde, sonstige geschäftliche Mitteilungen des Vereines, ein Mitgliederverzeichnis usw. und schließlich die vom Sekretär des Vereines Dr. Ing. A. Ertel verfaßte Betriebsstatistik der elektrischen Bahnen für die Jahre 1924 bis 1926. Über die Vorträge wurde bereits in der Zeitschrift kurz berichtet[3]). Der Band gibt ein abschließendes Bild von der erfolgreichen und umfassenden Tätigkeit des erst in der Nachkriegszeit gegründeten Vereines, um den sich sein Präsident, Direktor Ing. Spängler der Wiener Städtischen Straßenbahnen, außerordentliche Verdienste erworben hat. Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

3681 Premag-Handbuch. Herausgegeben von der Preßluftwerkzeug- und Maschinenbau A.-G. „Premag". 297 Seiten mit vielen Abb. o. J. (1928). Zu beziehen durch Julius Springer, Berlin. Preis geb. Mk. 7·50.

Das im Wesentlichen auf die Erzeugnisse des Unternehmens zugeschnittene Buch enthält einige Angaben über Größenbestimmung, Einrichtung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Preßluftanlagen, Vergleichsrechnungen über die Wirtschaftlichkeit von Preßluft- und elektrischen Handbohrmaschinen, eine Übersicht über die Anwendungsgebiete der Preßluftwerkzeuge, eine Beschreibung der Bauart und der Arbeitsweise, sowie Betriebsdaten der Erzeugnisse der „Premag" (Werkzeuge und Preßluftanlagen) und in einem Anhange technische Tabellen für den Betrieb. In allen Fällen, wo Preßluftwerkzeuge verwendet werden müssen — bei schlagenden Werkzeugen wie Hämmern und dergleichen kommen sie mit Rücksicht darauf, daß die elektrischen Werkzeuge hier noch am Beginne ihrer Entwicklung stehen, wohl ausschließlich in Betracht — wird das Buch mit Nutzen zu Rate gezogen werden.

—n—.

Neue Druckschriften.

Rationalisierung in Verkehrsbetrieben. Sonderdruck aus der „Verkehrstechnischen Woche", Heft 35 bis 37, 1927. Verlag Guido Hackebeil, Berlin. Preis RM. 3·—.

Das Heft enthält sieben Aufsätze über das im Titel angegebene Gebiet, u. a. einen auch nicht bloß für den Verkehrstechniker interessanten Aufsatz über die Wahl des geeigneten Verkehrsmittels von Prof. Dr. Blum.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Der elektrotechnische Außenhandel der Niederlande. Nach einer in „The Electrical Review" vom 13. April veröffentlichten Zusammenstellung wurden im Jahre 1927 (1926) eingeführt: Maschinen im Werte von 7·2 Mill. Gulden (7·7), Apparate für drahtlose Übertragung für 4·8 Mill. (3·4), Telephon- und Telegraphenapparate für 5·6 Mill. (4·3), andere elektrische Apparate und Geräte für 7·2 Mill. (6·5), Kabel und Drähte für 9·9 Mill. (8), Dampfmaschinen und -Turbinen für 2·8 Mill. (2·8) und Dampfkessel für 5·8 Mill. (5·8). Die Haupteinfuhrländer sind Deutschland, die Schweiz und England, geringere Mengen wurden noch aus Belgien, Frankreich, Schweden und den Vereinigten Staaten eingeführt. An Ausfuhrartikeln sind in erster Linie Glühlampen mit 19·5 Mill. (17·8) anzuführen, ferner Erzeugnisse für die drahtlose Übertragung mit 9·2 Mill. (3·3), Maschinen mit 5·3 Mill. (2·7), Kabel und Drähte mit 3·4 Mill. (3·3), Dampfmaschinen und Turbinen mit 2 Mill. (1·9) und Dampfkessel mit 1·6 Mill. (2·3). Hauptausfuhrländer sind die ostindischen Kolonien, Glühlampen gingen außerdem in größeren Mengen nach Belgien, England, Frankreich, Italien, Spanien, Argentinien und Brasilien, andere Erzeugnisse wurden in geringeren Mengen nach Deutschland, England, Belgien und nach Übersee ausgeführt. Aus den gleichzeitig veröffentlichten Zahlen über die elektrotechnische Einfuhr nach Java und Madura im Jahre 1926 geht hervor, daß neben Holland, das abgesehen von den Regierungsaufträgen, die natürlich fast ausschließlich an das Mutterland gehen, auch sonst den bedeutendsten Anteil hat, Deutschland, und mit geringeren Mengen auch die V. St. A., England und Japan die Einfuhr bestreiten.

Der elektrotechnische Außenhandel Frankreichs im Jahre 1927. Nach der in „Revue Gén. de l'Eléctr." vom 14. April d. J. auszugsweise veröffentlichten amtlichen Zollstatistik sind im vergangenen Jahre rund 7470 t elektrotechnische Erzeugnisse im Werte von etwa 226 Mill. Fr. eingeführt worden (gegen 5872 t und 244 Mill. m Jahre 1926 sowie 7843 t und 196 Mill. im Jahre 1925), dagegen wurden 27473 t im Werte von 375 Mill. ausgeführt (gegen 25 911 t und 706 Mill., bzw. 20 628 t und 404 Mill.). Die wichtigsten Einfuhrartikel waren Maschinen und Apparate, sowie deren Bestand- und Zubehörteile, Metallfadenlampen, Kohlen, isolierte Drähte und Kabel, Akkumulatoren und deren Teile, schließlich Porzellan. Bei der Ausfuhr, die in allen genannten Erzeugnissen die Einfuhr sowohl der Menge als auch dem Werte nach übersteigt, kommen noch Trockenbatterien und Glaswaren hinzu. Vergleiche mit dem Vorjahre hinsichtlich der einzelnen Erzeugnisse können nur bezüglich der Mengen gezogen werden, bezüglich des Wertes geben sie mit Rücksicht auf die verschiedene Bewertung der französischen Währung kein richtiges Bild. Es ist daher nur erwähnenswert, daß gegen 1926 die Einfuhr der Menge nach eigentlich nur an Kabeln und Drähten stärker gestiegen ist, die Ausfuhr dagegen bei allen genannten Erzeugnissen, ausgenommen Batterien, Porzellan und Glaswaren. Über die wichtigsten Ein- und Ausfuhrländer werden (im Gegensatze zu den entsprechenden englischen Veröffentlichungen) keine Angaben gemacht. Recht bedeutend ist auch der französische

[1]) E. u. M. 1927, S. 698, 771.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 154.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1062.

Digitized by Google

Außenhandel mit elektrometallurgischen und elektrochemischen Erzeugnissen. Es wurden im Jahre 1927 66 192 t (gegen 83 553 t im Jahre 1926 und 47 874 t im Jahre 1925) im Werte von 103 Mill. Fr. (143, bzw. 62 Mill.) eingeführt und 43 417 t (27 348, bzw. 20 611) im Werte von 146 Mill. Fr. (62, bzw. 59 Mill.) ausgeführt. Die Einfuhr umfaßte hauptsächlich Ferromangan, Kalziumnitrat, Kalksalpeter und Kalkstickstoff, ferner Kalziumkarbid, Ferrosilizium und andere Eisenlegierungen, sowie verhältnismäßig geringe Mengen Aluminium. Bei der Ausfuhr stehen unter den genannten Erzeugnissen Kalziumkarbid und Aluminium an erster Stelle. Gegen 1926 ist der Menge nach die Einfuhr an Ferromangan und Kalziumkarbid bedeutend gestiegen, dagegen an Kalziumnitrat und Kalkstickstoff gesunken. Die Steigerung der Ausfuhr betrifft besonders die beiden erwähnten wichtigsten Ausfuhrartikel.

Hartmann & Braun Aktiengesellschaft, Frankfurt am Main. (Aus dem Bericht über das Geschäftsjahr 1927.) Im Berichtsjahre erreichte der Umsatz in Meßinstrumenten die größte Höhe seit Bestehen der Firma. Das ist nicht nur auf die allenthalben rege Nachfrage nach Präzisionsinstrumenten, sondern auch auf das Auftauchen neuer Probleme zurückzuführen, die im Zusammenhang mit den Rationalisierungsbestrebungen in allen industriellen Betrieben stehen. Es mußten deshalb zahlreiche Neuschöpfungen in sehr kurzer Zeit entwickelt und in Betrieb genommen werden. In den großen Anlagen der Energieerzeugung tritt nunmehr die Notwendigkeit zutage, die einzelnen Vorgänge des Betriebes von einer übersichtlichen Stelle aus zu überwachen. Spezialapparate hiefür wurden im letzten Jahre an die modernsten Großkraftanlagen geliefert. Mit Hilfe von neugeschaffenen Lichtzeigerinstrumenten war es auch möglich, Meß- oder Überwachungsapparate zu bauen mit Skalen von über Mannesgröße, deren Angaben sich von den weitesten in der Praxis vorkommenden Entfernungen ablesen lassen. Derartige Überwachungsaggregate oder Kommandoapparate sind unter anderem auch in den Kesselanlagen des Großkraftwerkes Klingenberg zur Aufstellung gelangt. — Der Reingewinn des Berichtsjahres (326 018·76 Mk.) ist gegenüber den Vorjahren ziffernmäßig gestiegen, wenn auch nicht in dem Maße, wie es die Betriebstätigkeit eigentlich hätte erwarten lassen. In das neue Geschäftsjahr trat das Unternehmen mit einem recht ansehnlichen Auftragsbestand ein und die volle Beschäftigung des Werkes scheint auf längere Zeit hin gesichert, sofern nicht durch die zu erwartenden Steigerungen der Unkosten die Absatzmöglichkeit im In- und Auslande stark gehemmt werden sollte. Die Dividende beträgt 8 vH auf die Vorzugsaktien und 10 vH auf die Stammaktien.

Felten & Guilleaume, Fabrik elektrischer Kabel, Stahl- und Kupferwerke Actiengesellschaft, Wien. (Aus dem Bericht für das Geschäftsjahr 1927.) Die Beschäftigung aller Werke war ausreichend: mit Beginn des Jahres stieg der Eingang an Bestellungen, hielt sich dann auf gleichmäßiger Höhe und erfuhr erst im letzten Quartal eine Abschwächung. Die Menge der Erzeugung ist größer geworden, auch im Versand werden die Ergebnisse des Vorjahres übertroffen. Der Verdienst konnte jedoch mit der gesteigerten Produktion nicht Schritt halten, da die erzielbaren Preise, namentlich im Export, wenig auskömmlich sind und die Lasten für soziale Zwecke stiegen, auch die wiederholt erhobenen Forderungen nach Herabsetzung der Steuerleistungen haben noch immer keinen Erfolg gehabt. Das Unternehmen hat sich gemeinsam mit der Böhmisch-Mährische elektrotechnische Werke Fr. Křižik A. G. in Prag und mit dem Budapester Schwesterhause, sowie mit der A. G. „Sila i Swiatlo" in Warschau an der Kabel Polski A. G. in Bydgoszcz (Bromberg), Polen, durch Erwerbung von Aktien beteiligt; auf die technische und organisatorische Ausgestaltung dieses Werkes, welches nach seinem Ausbau zu guten Hoffnungen berechtigt, wurde maßgebender Einfluß genommen. Das Wiener Werk war durch den Ausbau des Fernkabelnetzes in Österreich noch mehr in Anspruch genommen als im Vorjahre, aber auch im übrigen in zufriedenstellender Weise beschäftigt. Es wurde ein namhafter Anteil der Fernkabelstrecke Linz-Schweizer Grenze geliefert. Die Erzeugung von Drahtseilen ist größer als die des Vorjahres und in der Errichtung zahlreicher Personen-Schwebebahnen und in der Ausfuhrtätigkeit begründet. Auch in den steirischen Werken ist eine Vermehrung der Erzeugung und des Verkaufes zu verzeichnen. Aus dem Reingewinn von S 1 718 368·12 wird 11 vH Dividende verteilt. Im Rechnungsabschlusse finden sich folgende Bewertungen: Grundstücke 2·5 Mill. S, Gebäude 3·4 Mill. S, Maschinen und Anlagen 1·8 Mill. S, Wasserkraft 1·5 Mill. S, Vorräte 6·1 Mill. S, Werkzeuge, Geleise, Patente, Mobiliar, Modelle und Trommeln sind auf je 1 S abgeschrieben.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	29. V. 1928	31. V. 1928	1. VI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139¼	139¼	139¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	94—99	93—98	93—98

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 1. Juni 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	10	0	69	0	0
Wire bars	69	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	63	17	6	63	18	9
Standard 3 Monate .	63	17	6	63	18	9
Zinn:						
Engl. Ingots	226	10	0	227	10	0
Standard Kassa . .	226	12	6	226	15	0
Standard 3 Monate .	226	2	6	226	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	17	6	25	13	9
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea .	26	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 105 home; Pf. 110 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 30. Mai 1928.)

(Grundpreis in S per 100 kg.)

Halbharte und harte Kupferdrähte	330
Weiche Kupferdrähte	332
Kupferstangen	332

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 17. Juni 1928 | Heft 25

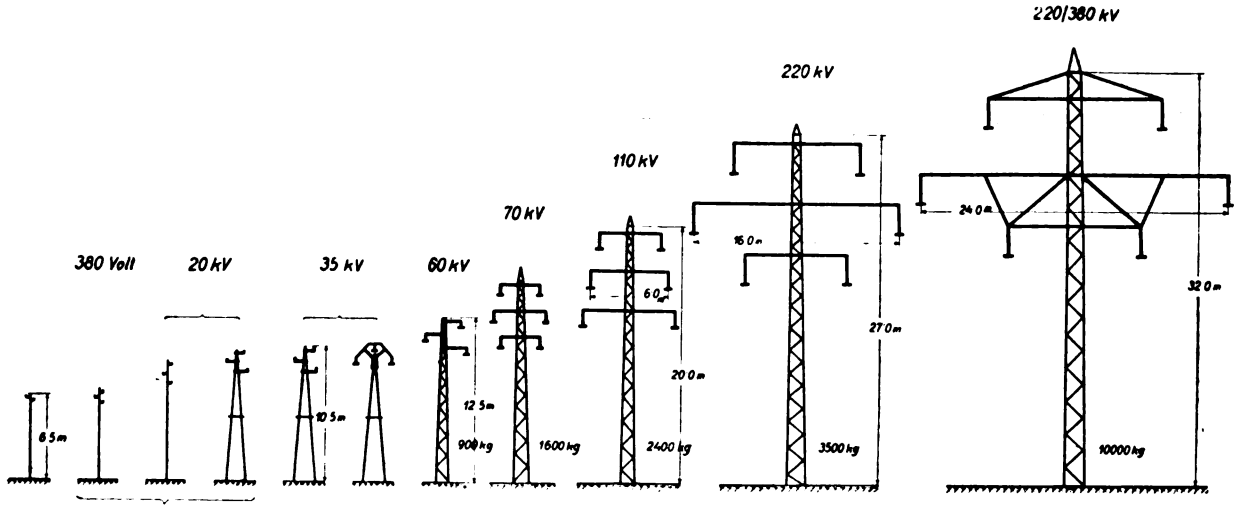
Energieübertragung auf große Entfernungen[1].

Von Dr. Ing. Gustav **Markt**, Wien.

Übersicht: Bei Energieübertragungen mit sehr hohen Spannungen auf weite Entfernungen treten infolge der Ladeerscheinungen und des Einflusses der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen Erscheinungen auf, die bei den Übertragungen mit bisher üblichen Spannungen und Längen sich nicht bemerkbar machten. Der Schwerpunkt des Energiespieles, der bei Kraftübertragungen mäßiger Spannungen an der Stromerzeugungsstätte liegt, verschiebt sich mit einem Mal auf die Stromfortleitung und deren Einrichtungen für die Energiesteuerung und die Spannungsregelung, die nunmehr einen wesentlichen Teil der Anlage bilden. Die Erscheinungen sind rückwirkend und werden unter Umständen bestimmend für die Auslegung der Stromerzeuger und Umspanner.

Es werden an Hand von Beispielen graphisch-rechnerische Methoden entwickelt, die zur Untersuchung solcher Höchstspannungsübertragungen dienen und für die Größenbestimmung von Blindleistungsmaschinen benützt werden können.

Erfassung und Verwertung der auf der Erde vorhandenen Energievorräte schreiten dauernd fort und werden immer intensiver betrieben. Ihre natürliche Verteilung ist nicht gleichmäßig und deckt sich nicht mit der örtlichen Verteilung des Bedarfes. Auch mit der Erschöpfung einzelner an bestimmte Örtlichkeiten gebundener Energiequellen (zum Beispiel Kohle) muß gerechnet werden. Diese Lage der Verhältnisse löste naturgemäß das Bestreben aus, die für die Energieübertragung unerläßlichen Fernleitungen dem gesteigerten Energieumsatz anzupassen und sie für Transport auf weite Entfernungen brauchbar zu machen. Abb. 1 veranschaulicht die Entwicklung der Dreh-



Mastentfernung	80	120	120	120	120	150	200	300		300	m
Querschnitt	Cu 3×16	Cu 3×35	Cu 3×35	Cu 3×35	Cu 3×35	Cu 6×50+50 Fe	Cu 6×95+50 Fe	St Al 6×310+50 Fe	Hohlseil	Cu 6×42 mm ϕ +70 St.Br.	mm^2
Ohm. Widerstand je Leiter	1·1	0·5	0·5	0·5	0·5	0·35	0·19	0·058		0·045	Ohm/km
Induktivität je Leiter	1·25	1·26	1·27	1·31	1·37	1·31	1·33	1·27		1·28	10^{-3} H/km
Betriebskapazität	0·0096	0·0096	0·0095	0·0091	0·0088	0·0092	0·0092	0·0092		0·0095	10^{-6} F/km
Erdkapazität je Leiter	0·0047	0·0052	0·0052	0·0053	0·0050	0·0040	0·0043	0·0045		0·0046	10^{-6} F/km
Ladeblindleistung[1] annähernd	1·2	1·2	3·7	3·5	10	28·4	70·0[2]	280[2]		860[2]	KVA/km
Erdschlußstrom[1]	0·05	0·05	0·10	0·10	0·16	0·30	0·52	1·08		1·90	Amp/km

[1]) Bei 50 Hertz. — Für Doppelleitungen gelten die Werte für metallische Kupplung beider Leitungssysteme.
[2]) Die gesamte am Anfang langer Leitungen erforderliche Ladeleistung ist unter Rücksichtnahme auf die Spannungsverteilung längs der Leitung zu ermitteln.

Abb. 1. Entwicklung der Drehstromfernleitungen.

[1]) **Vortrag, gehalten im Öst. Ing.- u. Arch.-Verein am 6. März 1928.**

Digitized by Google

strom-Fernleitungen im Laufe der letzten 30 Jahre. Wir können feststellen, daß heute Übertragungen bis zu 380 kV ausführbar und technisch durchgebildet sind.

Die Übertragungsfähigkeit von Drehstrom-Doppelleitungen bei 220 kV und 380 kV kann für verschiedene Leitungslängen der Abb. 2 entnommen werden. Für Leitungen über 100 kV hat sich der Name „Höchstspannungübertragungen" eingebürgert.

Zwei Erscheinungen sind es vor allem, welche lange Höchstspannungsleitungen kennzeichnen und Beachtung finden müssen, während sie bei Übertragungen niederer Spannungen sich kaum bemerkbar machen: Die in der Leitungskapazität und der hohen Betriebsspannung begründeten außerordentlich hohen Ladeblindleistungen, welche solche Leitungen verlangen, und die durch die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen, das heißt der elektrischen Zustandänderungen, bei großen Leitungslängen bedingte räumlich und zeitlich veränderliche Strom- und Spannungsverteilung längs der Leitung.

Im Nachfolgenden sollen diese Erscheinungen, und zwar nur so weit einer Betrachtung unterzogen werden, als sie sich auf die stationären — genauer quasistationären — Betriebszustände der Wechselstromtechnik normaler Frequenz beziehen,

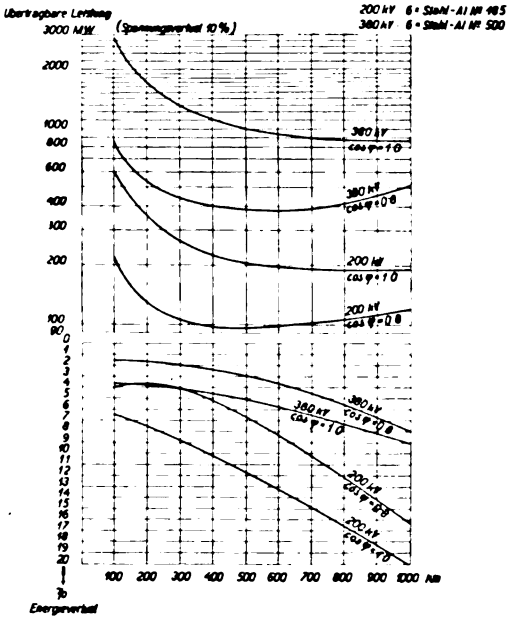
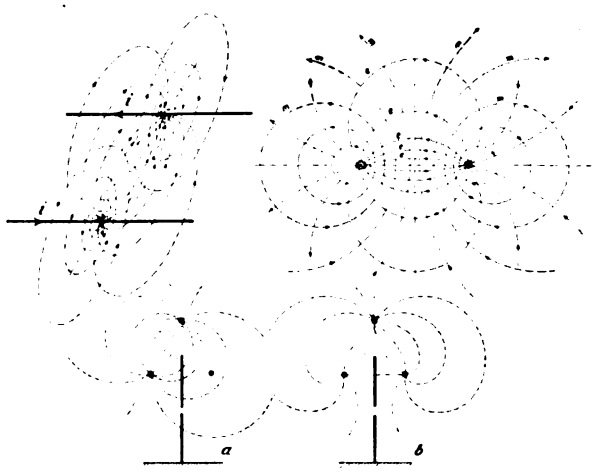


Abb. 2. Übertragungsfähigkeit von Drehstromdoppelleitungen für 200 kV und 380 kV.

dagegen sollen alle mehr oder weniger hochfrequenten Ausgleichsvorgänge, wie sie durch atmosphärische Einflüsse, Schaltvorgänge und dergleichen eingeleitet werden, unbeachtet bleiben.

I. Das elektromagnetische Feld der der Leitung. Strom- und Spannungsgleichungen.

Die Übertragung elektrischer Energie längs Freileitungen oder Kabel baut sich auf der Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen auf. Jede Freileitung stellt einen Kondensator mit Luft als Dielektrikum dar. Wird sie an Spannung gelegt, so treten die Kraftlinien des elektrischen Feldes radial von der Leiteroberfläche nach außen und spannen sich zum anderen Leiter und zur Erde (Abb. 3). Führt die Leitung Strom, so um-



e = Linien des elektrischen Feldes
m = Linien des magnetischen Feldes.
Oben Einphasenstrom, unten Drehstrom.

Abb. 3. Elektromagnetisches Feld einer Freileitung.

schlingen außerdem die Kraftlinien des magnetischen Feldes die Leiter kreisförmig. Schaltet man eine Leitung an eine Wechselstromquelle, so zieht dieses „elektromagnetische Feld" in die Leitung ein und pflanzt sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit, das sind 300 000 km/sec, längs der Leiterachse wellenförmig fort, wobei elektrische und magnetische Kraftlinien in jedem Punkt im gleichen Puls wie die am Leitungsanfang eingeprägte Spannung bezw. der Leitungsstrom auf und ab schwingen und in ein und derselben Ebene senkrecht zur Leiterachse verlaufen. Wir haben es also mit ebenen Wellen zu tun.

Der Vektor des Energieflusses ist der Größe nach proportional dem Produkt aus magnetischen und elektrischen Kraftlinien und dem Sinus des Winkels beider, der Richtung nach senkrecht zu ihnen, also gleichgerichtet wie die Fortpflanzung der ebenen Wellen. Das elektromagnetische Feld ist der eigentliche Energieträger; in ihm bzw. seinen Zustandsänderungen haben wir die Ursache aller auf der Leitung auftretenden elektrischen Erscheinungen zu suchen.

Jede Leitung ist gekennzeichnet durch folgende Größen: R = Ohmscher Widerstand je Längeneinheit, L = Induktivität je Längeneinheit, E = Betriebsspannung je Längeneinheit (bei Drehstrom die Phasenspannung), A = Ableitung je Längeneinheit, C = wirksame Kapazität je Längeneinheit, J = Leitungsstrom.

Es ist dann:

$\frac{1}{2} E^2 . C$ = Energie des elektrischen Feldes,

$\frac{1}{2} J^2 . L$ = „ „ magnetischen „

Digitized by Google

$E^2 . A$ = Energieverlust durch Ableitung,
$J^2 . R$ = „ „ Stromwärme im Leitungswiderstand.

Für praktische Rechnungen wird die Ableitung A wegen ihres geringen Betrages bei störungsfreier Leitung vernachlässigt. Die Größen R, L und E sind längs der ganzen Leitung gleichmäßig verteilt und konstant angenommen (homogene Leitung). Sie sind in den späteren für praktische Rechnungen zu benützenden Gleichungen je km Leitungslänge zu verstehen und für einfache Leiteranordnungen in Tafel I angeführt.

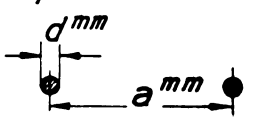
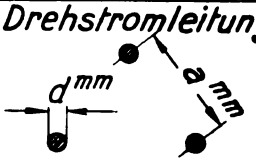
$$\frac{\delta i_x}{\delta x} dx = C . dx . \frac{\delta e_x}{\delta t} + A . dx . e_x$$

oder

$$\frac{\delta i_x}{\delta x} = A . e_x + C \frac{\delta e_x}{\delta t} \quad . . . . (2).$$

Die partiellen Differentialgleichungen (1) und (2) bringen die räumliche Verteilung und den zeitlichen Verlauf der Spannung und des Stromes längs der Leitung zum Ausdruck. Sie besagen, daß jede zeitliche Änderung der Spannung zwischen den Leitern eine räumliche Änderung des Stromes

Tafel I.

	R Ohm/km	L Henry/km	C Farad/km
Einphasenleitung 	Widerstand der Hin- und Rückleitung/km $\frac{2000}{k . q}$ $\begin{cases} K = \text{Leitfähigkeit m/Ohm . mm}^2 \\ q = \text{Querschnitt mm}^2 \end{cases}$	Induktivität der Hin- und Rückleitung/km $2 . 10^{-4} \left(4{\cdot}6 \log \frac{2a}{d} + \frac{1}{2} \right)$	Betriebskapazität je km Leitung $\frac{0{\cdot}0121 . 10^{-6}}{\log \left(\frac{2a}{d} \cdot \frac{2h}{\sqrt{(2h)^2 + a^2}} \right)}$ [1]
Drehstromleitung 	Widerstand je Phase $\frac{1000}{k . q}$ $\begin{cases} K = \text{Leitfähigkeit m/Ohm . mm}^2 \\ q = \text{Querschnitt mm}^2 \end{cases}$	Gesamtinduktivität je Phase/km $10^{-4} . \left(4{\cdot}6 \log \frac{2a}{d} + \frac{1}{2} \right)$ [2]	Betriebskapazität je Phase und km $\frac{0{\cdot}0241 . 10^{-6}}{\log \left(\frac{2a}{d} \cdot \frac{2h}{\sqrt{(2h)^2 + a^2}} \right)}$ [1] [2]

[1]) h = mittlerer Bodenabstand der Leiter in mm.
[2]) Die Gleichungen gelten mit hinreichender Genauigkeit auch für Drehstromdoppelleitungen mit je einem Leitungssystem pro Mastseite und vollkommener symmetrischer Verdrillung beider Systeme, wenn für a das geometrische Mittel der Leiterabstände einer Mastseite gesetzt wird.

In der Entfernung x einer vom Strom i durchflossenenen Leiterschleife (Abb. 4) herrsche die Spannung e_x, in dem um dx entfernten Punkt die Spannung: $e_x + \frac{\delta e_x}{\delta x} dx$.

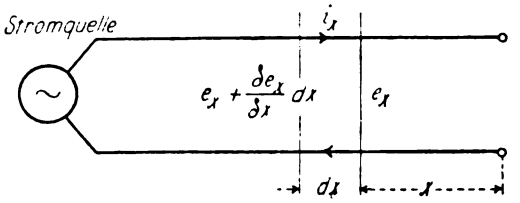


Abb. 4.

Der Spannungsunterschied an den Enden des Elementes $\frac{\delta e_x}{\delta x} dx$ hat den Ohmschen Abfall $R . dx . i_x$ und die Gegen-EMK der Selbstinduktion $L\, dx \frac{\delta i_x}{\delta t}$ zu überwinden:

$$\frac{\delta e_x}{\delta x} dx = R . dx . i_x + L\, dx \frac{\delta i_x}{\delta t}$$

oder

$$\frac{\delta e_x}{\delta x} = R . i_x + L \frac{\delta i_x}{\delta t} \quad . . . . (1).$$

Die Differenz zwischen dem ins Element eintretenden und dem aus demselben austretenden Strom $\frac{\delta i_x}{\delta x} dx$ ist der Ladestrom und der Ableitungsstrom des Elementes:

längs der Leitung und daß jede zeitliche Änderung des Stromes in den Leitern eine räumliche Änderung der Spannung längs derselben zur Folge hat.

Die Differentialquotienten können durch Einführung der symbolischen Schreibweise eliminiert und außerdem die Gleichungen als für die Effektivwerte geltend angenommen werden. Setzt man hiernach:

$$\frac{\delta i_x}{\delta t} = j . \omega . \mathfrak{I}_x \text{ und } \frac{\delta e_x}{\delta t} = j . \omega . \mathfrak{E}_x,$$

so erhält man die Gleichung (1) und (2) in der Form:

$$\frac{d \mathfrak{E}_x}{dx} = (R + j . \omega . L) . \mathfrak{I}_x \quad . . . . (1)',$$

$$\frac{d \mathfrak{I}_x}{dx} = (A + j . \omega . C) . \mathfrak{E}_x \quad . . . (2)'.$$

Die Gleichungen (1)' und (2)' sind von derselben Form, Strom und Spannungsverteilung längs der Leitung daher gleichmäßig.

Bezüglich der weiteren Umformung dieser Gleichungen kann auf die einschlägige Literatur[2]) verwiesen werden. Sie ist der Vollständigkeit halber der Entwicklung Fraenckels folgend auszugsweise wiedergegeben:

Nach nochmaliger Differentiation der Gleichungen (1)' und (2)' stellt der Ansatz:

$$\mathfrak{E}_x = \mathfrak{A} . \varepsilon^{\nu x} \quad . . . . . (3),$$

[2]) Breisig, Theoretische Telegraphie. — Breitfeld, Berechnung von Wechselstromfernleitungen. — Fraenckel, Theorie der Wechselströme. — Rössler, Fernleitung von Wechselströmen.

Digitized by Google

worin ε = Basis des natürlichen log-Systems, $\mathfrak{A}$ einen Spannungsvektor darstellt, der ebenso wie der Exponent v im allgemeinen komplex ist, eine Lösung dar.

Man erhält nach Einsetzen der Gleichung (3) in (1)' und (2)':

$$v = \sqrt{(R + j \cdot \omega \cdot L)(A + j \cdot \omega \cdot C)} = a + j b.$$

v kennzeichnet die Art der Fortpflanzung der Wellen und heißt daher „Fortpflanzungskonstante". a und b lassen sich aus diesem Ansatz leicht bestimmen. Es ergibt sich:

$$a = \sqrt{\frac{1}{2}\left[RA - \omega^2 \cdot L \cdot C + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]},$$

$$b = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\omega^2 \cdot L \cdot C - R \cdot A + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]}.$$

Nach Umformung der Gleichungen (1)' und (2)' mit Benützung der vorstehenden Werte erhält man:

$$\mathfrak{E}_x = \mathfrak{A}_2 \cdot \varepsilon^{ax}(\cos b x + j \cdot \sin b x) + \\ + \mathfrak{A}_1 \cdot \varepsilon^{-ax} \cdot (\cos b x - j \sin b x) \quad \ldots (4),$$

$$\mathfrak{J}_x = \sqrt{\frac{A + j\omega C}{R + j\omega \cdot L}}\left[\mathfrak{A}_2 \cdot \varepsilon^{ax}(\cos b x + j \sin b x) - \right. \\ \left. - \mathfrak{A}_1 \cdot \varepsilon^{-ax}(\cos b x - j \sin b x)\right] \ldots\ldots (5).$$

Sieht man zunächst von den Faktoren $\varepsilon^{\pm ax}$ ab, dann stellt sich also die Spannung für einen bestimmten Augenblick t = konst. als Summe, der Strom als Differenz zweier räumlich sinusförmig verteilter Wellen dar, die mit konstanter Geschwindigkeit, die eine gegen das Leitungsende (Hauptwelle), die andere gegen den Leitungsanfang (reflektierte Welle) zuwandern. An einem bestimmten Punkte x = konst. pulsieren Spannung und Strom sinusförmig mit der Zeit.

Schreitet der Winkel bx um 2π fort, so haben wir eine ganze Wellenlänge λ zurückgelegt

$$b\lambda = 2\pi, \text{ daraus } \lambda = \frac{2\pi}{b}.$$

Man nennt daher b das „Winkelmaß".

Bei f Perioden in der Sekunde wird die Wellenlänge λ in der Sekunde f-mal zurückgelegt. Es ist daher die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v der Wellen:

$$v = f \cdot \lambda = f \cdot \frac{2\pi}{b}.$$

Die Faktoren ε^{+ax} zeigen an, daß die Amplituden der Wellen mit zunehmender Ausdehnung längs der Leitung immer mehr gedämpft werden und schließlich nach einer Exponentialfunktion ganz abklingen. Man heißt daher a den „räumlichen Dämpfungsfaktor".

Der Faktor $\sqrt{\frac{A + j\omega C}{R + j\omega L}}$ hat die Dimension eines Leitwertes. Er gibt mit der Spannungswelle multipliziert die Stromwelle. Sein reziproker Wert $\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{A + j\omega C}}$ ist der „Wellenwiderstand" der Leitung. Vernachlässigt man den Widerstand R und die Ableitung A, so nimmt er die bekannte Form an: $\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{L}{C}}$. Die Darstellung der Gleichungen (4) und (5) wird einfach, wenn man sich der Hyperbelfunktionen bedient und die bekannten Beziehungen benützt:

$$\cos h\, a x = \frac{1}{2}(\varepsilon^{ax} + \varepsilon^{-ax}),$$

$$\sin h\, a x = \frac{1}{2}(\varepsilon^{ax} - \varepsilon^{-ax}),$$

$$\cos h\, v x = \cos h\,(a + j b) x = \\ = \cos h\, a x \cdot \cos b x + j \sin h\, a x \cdot \sin b x,$$

$$\sin h\, v x = \sin h\,(a + j b) x = \\ = \sin h\, a x \cdot \cos b x + j \cos h\, a x \cdot \sin b x.$$

Nach Einführung dieser Beziehungen gehen die Gleichungen (4) und (5), die den Spannungs- und Stromverlauf längs der Leitung angeben, über in:

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{E}_2 \cdot \cos h\, v x + \mathfrak{J}_2 \cdot \mathfrak{Z} \cdot \sin h\, v x \quad \ldots (6),$$

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2 \cdot \cos h\, v x + \frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}} \cdot \sin h\, v x \quad \ldots (7)\ [3]).$$

II. Die verlustfreie Leitung.

Hiefür gelten: $\begin{cases} R = 0, & A = 0, \\ a = 0, & b = \omega \cdot \sqrt{L \cdot C}, \\ \mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{L}{C}}, & \varepsilon^{\pm ax} = 1. \end{cases}$

L und C ändern ihre Werte für verschiedene Leitungen nur sehr wenig, wie aus Abb. 1 hervorgeht. Für Drehstromleitungen kann als Mittelwert gesetzt werden:

$L \doteq 1{\cdot}3 \cdot 10^{-3}$ Henry/km, $C \doteq 9 \cdot 10^{-9}$ Farad/km;

hiemit ergibt sich $\mathfrak{Z} \doteq 380$ Ohm. Für Einphasenleitungen ist bei gleichen Leiterabmessungen und Leiterentfernungen L halb so groß und C doppelt so groß wie bei Drehstromleitungen, daher $\mathfrak{Z} \doteq 760$ Ohm.

Für Kabel ist L wegen der geringen Leiterentfernung kleiner und C aus diesem Grunde und wegen der höheren Dielektrizitätskonstante größer, daher $\mathfrak{Z}$ kleiner als bei Freileitungen. (Etwa $\mathfrak{Z} \doteq 40$ bis 100 Ohm.)

$\varepsilon^{ax} = 1$ heißt, daß die Amplitude räumlich konstant bleibt, die Schwingung also ungedämpft verläuft.

$$\lambda = \frac{2\pi}{b} = \frac{2\pi}{\omega\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{f\sqrt{L \cdot C}}.$$

Führt man die für Freileitungen angegebenen Mittelwerte für L und C ein, so ergibt sich für 50 periodigen Wechselstrom:

$$\lambda = \frac{1}{50 \cdot \sqrt{1{\cdot}3 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{-9}}} \doteq 6000 \text{ km}\ [4]).$$

Von besonderem Interesse sind zwei Fälle[5]):

a) $bx = \frac{\pi}{2}$, also $x = \frac{\lambda}{4}$, das heißt die Leitungslänge gleich ¼ Wellenlänge = 1500 km.

Hiefür werden:

$$\cos h\, v \frac{\lambda}{4} = 0, \text{ also } \mathfrak{E}_1 = 0,$$

[3]) Die Längenzählung x erfolgt vom Verbraucherende der Leitung aus. Die Phasen aller errechneten Größen beziehen sich auf die Phase des Spannungsvektors $\mathfrak{E}_2$ am Leitungsende. Die Gleichungen gelten zunächst für Einphasenstrom, sind aber ohne weiteres für Drehstromleitungen verwendbar, wenn unter $\mathfrak{E}$ die Phasenspannung verstanden wird und für die Größen R, L, C die in Tafel I angegebenen Werte benützt werden.

[4]) Bei einer Leitungslänge von 100 km beträgt also die Phasenverschiebung zwischen dem Spannungswert am Anfang und am Ende der Leitung:

$$\frac{100}{6000} \cdot 360^\circ = 6^\circ,$$

das heißt würden zum Beispiel in einem Unterwerk die Enden zweier von einem gemeinsamen Kraftwerk gespeisten 100 kV-Leitungen zusammengeschaltet werden, deren Leitungslängen um 100 km verschieden sind, so würde eine Ausgleichsspannung von $100\,000 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 6^\circ = 14\,200$ V in den Apparaten und Sammelschienen des Unterwerkes in Wärme umzusetzen sein.

[5]) Bunet, Extra long distance transmission of electrical energy, El. Review, Bd. 87, S. 219 uff.

Digitized by Google

$$\sin h\,\nu\,.\frac{\lambda}{4}=1,\ \text{also}\ \mathfrak{J}_1=\frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}},$$

das heißt wird einer solchen Leitung am Anfang eine Spannung aufgedrückt, so wird die Spannung am Leitungsende $\mathfrak{E}_2=\infty$. In Wirklichkeit tritt eine Dämpfung durch den Leitungswiderstand ein.

Aus $\mathfrak{J}_1=\frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}}$ folgt mit $\mathfrak{Z}=\sqrt{\frac{L}{C}}$:

$$\mathfrak{J}_1^2\,.\,L=\mathfrak{E}_2^2\,.\,C.$$

Die Energien des elektrischen und magnetischen Feldes sind einander gleich, die Felder laden sich ohne Blindleistungszufuhr von außen gegenseitig auf. Es besteht Resonanz.

b) $bx=\pi$, also $x=\frac{\lambda}{2}$, die halbe Wellenlänge, das sind 3000 km.

Hiefür werden:

$$\mathfrak{E}_1=-\mathfrak{E}_2,$$
$$\mathfrak{J}_1=0.$$

Die Spannungen am Anfang und am Ende der Leitung sind dem Wert nach gleich, in der Phase um 180° verschoben. Man kann also von einer Energieübertragung mit annähernd konstanter Spannung sprechen. Das Kraftwerk gibt bei leerlaufender Leitung keinen Strom an die Leitung ab. Trotzdem ist die Leitungsmitte stromführend.

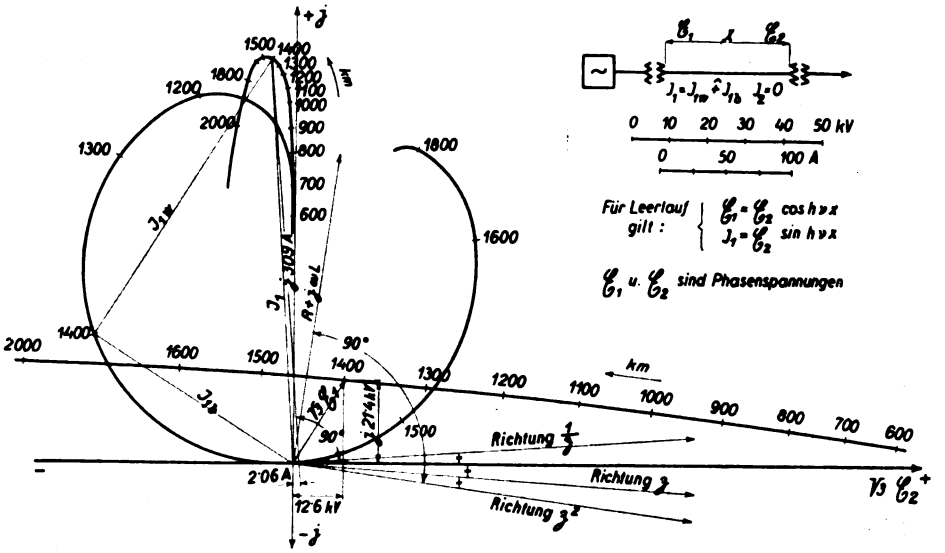


Abb. 5. Die 200 kV-Leitung im Leerlauf.

III. Die 200 kV-Leitung im Leerlauf.

Für Leerlauf, also $\mathfrak{J}_2=0$, gilt:

$$\mathfrak{E}_1=\mathfrak{E}_2\,.\cos h\,\nu x\quad\ldots\ldots(6),$$
$$\mathfrak{J}_1=\frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}}\,.\sin h\,\nu x\quad\ldots\ldots(7).$$

In Tafel II sind die Kennwerte einer 200 kV-Drehstromdoppelleitung mit 6×310 mm² Stahlaluminiumleiter und einem Erdseil 50 mm² Stahl und jene einer 380 kV-Doppelleitung 6×400 mm² Kupferhohlseil und 70 mm² Bronze-Erdseil unter Zugrundelegung der Abmessungen nach Abb. 1 zusammengestellt. In Abb. 5 sind die Strom- und Spannungsverhältnisse für die 200 kV-Leitung graphisch dargestellt. Die einzelnen Vektoren sind mit Hilfe der ihnen zugeordneten komplexen Ausdrücke auf der Gaußschen Zahlenebene dargestellt[6]). Die Spannung am Leitungsende ist hiebei mit 200 kV = konst. angenommen und als Ausgangsvektor in die positive reelle Achse

Tafel II.

	200 kV	380 kV
Baustoff	St.-Al. Nr. 150 6×310 mm² St.-Al. + 1×50 St.	Cu-Hohlseil 400 mm² + 70 Si. Br.
Seildurchmesser . . . . . mm	23	42
Ohm. Widerst. . R Ohm/km/Ltr.	0·058	0·045
Indukt. Blindwiderst. ωL „	0·399	0·402
Kapazit. „ $\frac{1}{\omega C}$ „	$0{\cdot}346\times10^6$	$0{\cdot}335\times10^6$
Räuml. Dämpf.-Faktor: $a=\sqrt{\frac{1}{2}\omega C\,[\sqrt{R^2+(\omega L)^2}-\omega L]}$	$0{\cdot}076\times10^{-3}$	$0{\cdot}0545\times10^{-3}$
Winkelmaß: $b=\sqrt{\frac{1}{2}\omega C\,[\sqrt{R^2+(\omega L)^2}+\omega L]}$	$1{\cdot}075\times10^{-3}$	$1{\cdot}097\times10^{-3}$
Wellenwiderst. $\lvert\mathfrak{Z}\rvert=\sqrt{\frac{R+j\omega L}{j\omega C}}$	$3{\cdot}74\times10^2$	$3{\cdot}68\times10^2$
$\nu=a+jb$ = Fortpflanz.-Konst.		

verlegt. Die beiden Faktoren $\cos h\,\nu x$ und $\sin h\,\nu x$ sind für jedes x mit Benützung der Beziehungen auf Seite 3 leicht zu errechnen.

Es folgt zum Beispiel für $x=1400$ km:

$$a\,x=0{\cdot}1064 \qquad b\,x=1{\cdot}51 \text{ oder } 86°24'$$
$$\cos h\,ax=1{\cdot}0057 \qquad \cos b\,x=0{\cdot}063$$
$$\sin h\,ax=0{\cdot}107 \qquad \sin b\,x=0{\cdot}998.$$

Damit ist: $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1^{1400}=200\,(1{\cdot}0057\,.\,0{\cdot}063+j\,.\,0{\cdot}107\,.\,0{\cdot}998)=12{\cdot}6+j\,.\,21{\cdot}4$ kV von der positiven reellen Achse ($\mathfrak{E}_2$) aus aufzutragen. Am Leitungsanfang ist also $\sqrt{3}\,E_1=\sqrt{\overline{12{\cdot}6}^2+\overline{21{\cdot}4}^2}=24{\cdot}8$ kV zu halten, damit am Leitungsende $\sqrt{3}\,E_2=200$ kV aufscheint. Die Phasenverschiebung beider Spannungswerte ist der Abb. 5 zu entnehmen.

In gleicher Weise wird aus Gleichung (7) der Leerlaufstrom $\mathfrak{J}_1$ am Leitungsanfang ermittelt.

Um $\mathfrak{J}_1$ darstellen zu können, muß der Vektor $\mathfrak{Z}$ bestimmt werden. Nach früherem ist, wenn die Ableitung A vernachlässigt wird:

$$\mathfrak{Z}^2=\frac{R+j\omega L}{j\omega C}=\frac{0{\cdot}058+j\,.\,0{\cdot}399}{j\,.\,0{\cdot}0289}\,.\,10^4.$$

[6]) Dr. Ing. Oberdorfer, ETZ 1927, S. 1691. Herr Dr. Oberdorfer hat sich an der Entwicklung des Verfahrens in dankenswerter Weise beteiligt.

Digitized by Google

Der Quotient zweier Vektoren ist:

$$\frac{A_1 \cdot \varepsilon^{j\alpha_1}}{A_2 \cdot \varepsilon^{j\alpha_2}} = \frac{A_1}{A_2} \cdot \varepsilon^{j(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

das heißt man hat mit dem Quotienten der Absolutwerte:

$$\frac{\sqrt{0{\cdot}058^2 + 0{\cdot}399^2}}{0{\cdot}0289} = 13{\cdot}96 \times 10^4$$

einen Vektor zu zeichnen, dessen Richtungswinkel gleich der Differenz der Richtungswinkel beider Ausgangsvektoren im Zähler und Nenner ist. Die Richtung $R + j\omega L$ ist in Abb. 5 für die 200 kV-Leitung eingetragen, jene von $j\omega C$ deckt sich mit der positiven imaginären Achse. Daraus folgt die Richtung von $\mathfrak{Z}^2$.

Es ist weiter $\mathfrak{Z} = \sqrt{\mathfrak{Z}^2} = \sqrt{|\mathfrak{Z}^2|} \cdot \varepsilon^{j\frac{\alpha}{2}}$, wenn α der Richtungswinkel von $\mathfrak{Z}^2$ ist.

$$\sqrt{13{\cdot}96 \times 10^4} = 374 = |\mathfrak{Z}|.$$

Sein Richtungswinkel ist gleich dem halben Winkel von $\mathfrak{Z}^2$. Die Richtung $1/\mathfrak{Z}$ endlich folgt aus $\mathfrak{Z}$ durch einfache Inversion[7]). Siehe Abb. 5. Der Leerlaufstrom $\mathfrak{J}_1 = \frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}} \sin h\, \nu x$ wird erhalten, indem man $\mathfrak{E}_2 \sin h\, \nu x$ entwickelt (so wie früher $\mathfrak{E}_2 \cos h\, \nu x$), durch den absoluten Wert $|\mathfrak{Z}| = 374$ dividiert und von $1/\mathfrak{Z}$ aus als positive reelle Achse aufträgt. Für $x = 1400$ km ist demnach:

$$\mathfrak{J}_1{}^{1400} = \frac{200\,000}{\sqrt{3} \cdot 374} (0{\cdot}0067 + j \cdot 1{\cdot}004) =$$
$$= 2{\cdot}06 + j \cdot 309 \text{ Amp.}$$

(Konstruktion siehe Abb. 5).

Für verschiedene Leitungslängen (zwischen 0 und 6000 km) erhält man als Ortskurven für Spannung und Strom am Leitungsanfang Ellipsen.

In Abb. 5 ist $\mathfrak{J}_1$ in die Komponenten $\mathfrak{J}_{1w} =$ = Wirkstrom und $\mathfrak{J}_{1b}$ = Blindstrom zerlegt und die Ortskurve hiefür gezeichnet. Während die Spannungen $\mathfrak{E}_2$ und $\mathfrak{E}_1$ bei kleinen Leitungslängen von einigen hundert km wenig voneinander abweichen, wird die Anfangspannung $\mathfrak{E}_1$ umso kleiner, je länger die Leitung wird. Für ungefähr 1500 km Leitungslänge, also gleich ¼-Wellenlänge wird $\mathfrak{E}_1$ ein Minimum, sie beträgt nur mehr etwa 10 vH der Endspannung $\mathfrak{E}_2$ von 200 kV und schließt mit dieser einen Phasenwinkel von ungefähr 90° ein. Hier zeigt sich das „Ferranti-Phänomen" am auffälligsten. Im gewählten Beispiel ist dies nicht genau bei 1500 km der Fall, sondern tritt wegen des Leitungswiderstandes bei 1460 km ein. Die Größenverhältnisse der Spannungs- und Stromvektoren lassen sich besser übersehen, wenn man deren Absolutwerte aus dem Polardiagramm in ein Orthogonalkoordinatensystem einträgt, wobei die Phasenlage allerdings unbeachtet bleibt (Abb. 6). Die Anfangsspannung nimmt ab bis zu einer Länge von 1460 km (¼-Wellenlänge), steigt dann wieder bis 2920 km Leitungslänge (½-Wellenlänge).

Bei 1460 km Leitungslänge ist die Endspannung dem Werte nach etwa zehnmal so groß, wie die Spannung am Leitungsanfang. Die für die Ladung der Leitung benötigte Blindleistung wäre etwa bei 750 km (⅛-Wellenlänge) am größten, sinkt bei zunehmender Länge und wird bei $x = ¼$-Wellenlänge Null (vgl. Punkt II *a*). Die Leitung nimmt jetzt keine Blindströme mehr von außen auf, sondern nur Wirkströme zur Deckung der Verluste.

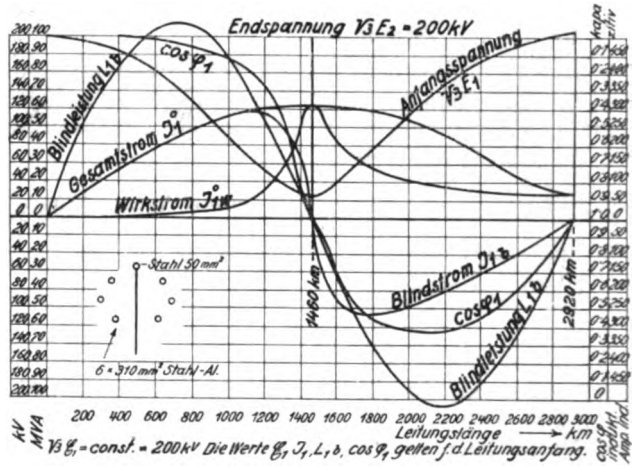


Abb. 6. Anfangsspannung, Anfangsstrom und Blindleistungsaufnahme einer leerlaufenden 200 kV-Leitung.

IV. Die 200 kV-Leitung belastet.

Es gelten die Gleichungen (6) und (7):

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{E}_2 \cos h\, \nu x + \mathfrak{J}_2 \cdot \mathfrak{Z} \cdot \sin h\, \nu x,$$
$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2 \cos h\, \nu x + \frac{\mathfrak{E}_2}{\mathfrak{Z}} \cdot \sin h\, \nu x.$$

An die im vorigen Punkt behandelten Leerlaufglieder reihen sich jetzt noch die durch den am Leitungsende abgenommenen Belastungsstrom $\mathfrak{J}_2$ bestimmten Glieder. Die Ermittlung derselben erfolgt analog wie jene der Leerlaufswerte.

Die Konstruktion ist in Abb. 7 für die als Beispiel gewählte 200 kV Leitung für $\mathfrak{J}_2 = 100$ A in Phase mit $\mathfrak{E}_2$ ($\cos\varphi_2 = 1{\cdot}0$) und $x = 900$ km durchgeführt, die Ortskurven für die Leerlaufswerte $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1{}^0$ und $\mathfrak{J}_1{}^0$ wurden aus Abb. 5 übernommen.

Es ist für $x = 900$ km:

$$a\,x = 0{\cdot}0684 \qquad b\,x = 0{\cdot}968 \text{ oder } 55°30'$$
$$\cos h\, a\,x = 1{\cdot}0024 \qquad \cos b\,x = 0{\cdot}566$$
$$\sin h\, a\,x = 0{\cdot}069 \qquad \sin b\,x = 0{\cdot}824$$
$$|\mathfrak{Z}| = 374.$$

Damit folgt wieder mit Benützung der früheren Beziehungen für $\mathfrak{J}_2 = 100$ A:

$$\sqrt{3}\mathfrak{J}_2 \cdot \mathfrak{Z} \cdot \sin h\, \nu x = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 374\,(0{\cdot}0388 + j \cdot 0{\cdot}826) =$$
$$= 2510 + j \cdot 53\,500 \text{ V},$$
$$\mathfrak{J}_2 \cdot \cos h\, \nu x = 100 \cdot (0{\cdot}567 + j \cdot 0{\cdot}0565) =$$
$$= 56{\cdot}7 + j \cdot 5{\cdot}65 \text{ A}.$$

Der erste Ausdruck ist von der Richtung $\mathfrak{Z}$, der zweite von der positiven reellen Achse aus einzutragen, wie dies in Abb. 7 geschehen ist. Sie werden für einen Stromwert ermittelt und dann gleichmäßig geteilt, weil sie dem Belastungsstrom direkt proportional sind. Die beiden Glieder sind endlich geometrisch zu den Leerlaufwerten $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1{}^0$

[7]) Arnold, Wechselstromtechnik Bd. I.; Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik.

Digitized by Google

und $\mathfrak{J}_1{}^0$ für 900 km zu addieren, um Spannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1$ und Gesamtstrom $\mathfrak{J}_1$ am Leitungsanfang zu erhalten. Ist $\mathfrak{J}_2$ nicht in Phase mit $\mathfrak{E}_2$, so sind die beiden Zusatzglieder um denselben Winkel zu verdrehen, um den sich $\mathfrak{J}_2$ gegenüber $\mathfrak{E}_2$ verdreht. In Abb. 7 sind als Beispiel für eine übertragene Leistung von 156 000 kW bei $\cos\varphi_2 = 0{\cdot}9$ auf 700 km die Werte für die Anfangsspannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1$ und den Anfangsstrom $\mathfrak{J}_1$ der Richtung und Größe nach ausgemittelt.

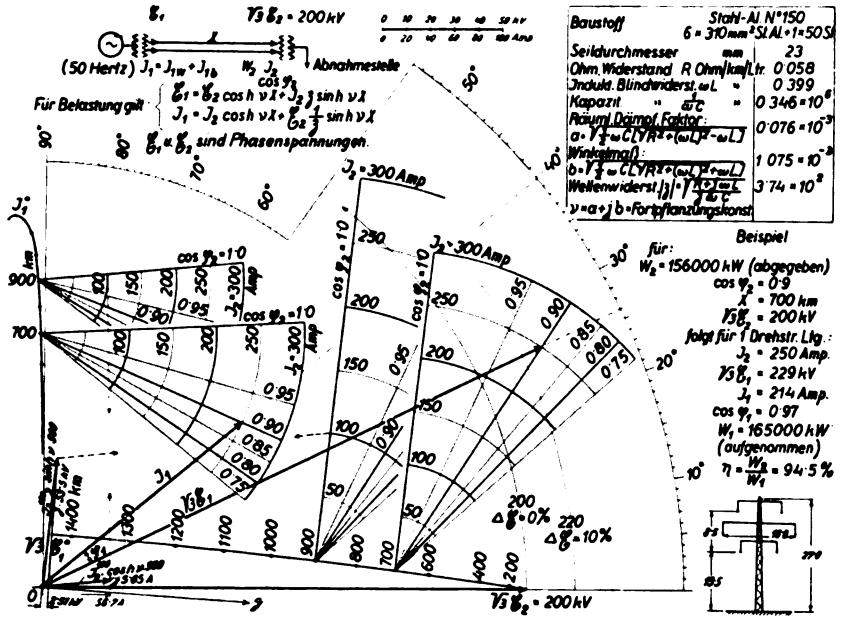


Abb. 7. Die 200 kV-Leitung belastet.

Für alle Belastungen, gekennzeichnet durch Punkte rechts des in Abb. 7 durch den Endpunkt des Spannungsvektors $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_2$ gezogenen Kreises, ist die Anfangsspannung höher, für alle Belastungspunkte links dieses Kreises tiefer als die konstant angenommene Endspannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_2 = 200$ kV. Die Abbildung zeigt auch, daß für Übertragungslängen unter 400 km das Ausmaß der Spannungsänderung verhältnismäßig ein sehr geringes ist gegenüber den Absenkungen und Erhöhungen bei Übertragungen auf weite Entfernungen bis 1000 km und darüber.

In Abb. 8 und 9 sind die Absolutwerte für Spannung und Strom am Leitungsanfang bei Leerlauf und einigen Belastungsfällen in Abhängigkeit von den Leitungslängen zusammengestellt für eine am Leitungsende konstante Spannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_2 = 200$ kV. Der Unterschied zwischen Anfangs- und Endspannung wächst bei leerlaufender oder schwach belasteter Leitung mit zunehmender Leitungslänge rasch. Die Anfangsspannung wird ein Minimum für eine Leitungslänge von rund 1500 km = $^1/_4$-Wellenlänge. Es gibt aber eine Belastungsgrenze, die vom Leistungsfaktor abhängt (zum Beispiel $\mathfrak{J}_2 = 300$ A bei $\cos\varphi_2 = 1$), oberhalb der die Anfangsspannung für jede Leitungslänge höher liegt als die Endspannung. Die Abb. 8 veranschaulicht auch die vielfache Spannungserhöhung, die man zu gewärtigen hat, wenn an einer 1500 km langen Leitung die Belastung am Ende plötzlich abfällt und dabei die Anfangsspannung nicht rasch genug abgesenkt wird. Für längere Leitungen als 1500 km steigt die Anfangsspannung im Leerlauf wieder an (Abb. 8). Bei etwa 2700 km ist die Leerlaufspannung am Anfang und Ende gleich groß und bei Leitungslängen gleich der halben Wellenlänge (3000 km) ist der Unterschied der Anfangsspannung zwischen Leerlauf und Belastung mit etwa 200 000 kW nur etwa 20 vH.

Der am Leitungsanfang aufgenommene Strom $\mathfrak{J}_1$ (Abb. 9) steigt im Leerlauf rasch mit der Leitungslänge bis zu einem Maximum bei 1500 km Leitungslänge entsprechend $^1/_4$-Wellenlänge (vgl. auch Abb. 6). Bei hoher Belastung ($\mathfrak{J}_2 = 300$ A entsprechend ungefähr 200 000 kW bei $\cos\varphi_2 = 1{\cdot}0$) bedingt die zunehmende Leitungslänge dagegen fast keine Erhöhung des Leitungsstromes mehr. Für 1500 km lange Übertragungen entsprechend der $^1/_4$-Wellenlänge ist die Differenz zwischen dem am Leitungsanfang aufgenommenen Strom nur mehr 10 vH.

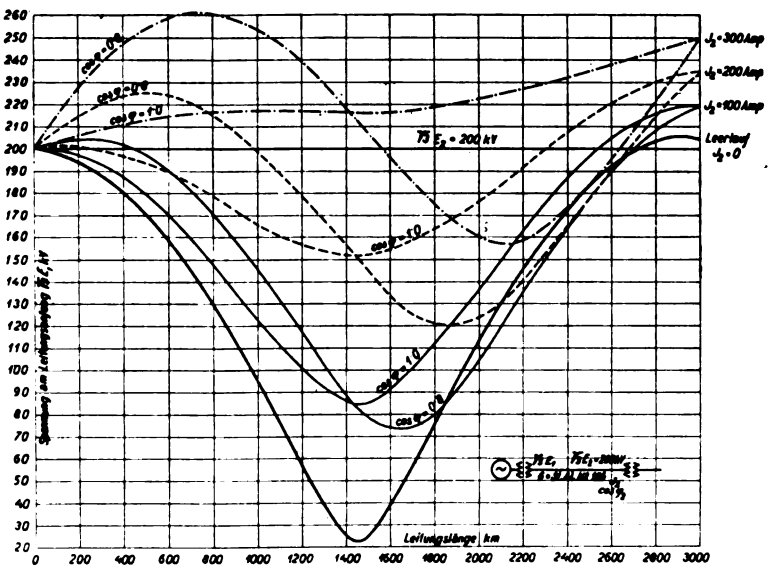


Abb. 8. Anfangsspannung einer 200 kV-Leitung bei Leerlauf und Belastung.

V. 200 kV-Leitung mit angeschlossenen Transformatoren.

Im Zuge der Leitung etwa vorhandene Auf- oder Abtransformatoren können für praktische Verhältnisse in ihrer Wirkung ersetzt werden

Digitized by Google

durch Einführung der äquivalenten Scheinwiderstände, die aus den Angaben des Leistungsschildes über den Ohmschen Spannungsabfall und die Kurzschlußspannung leicht zu errechnen sind.

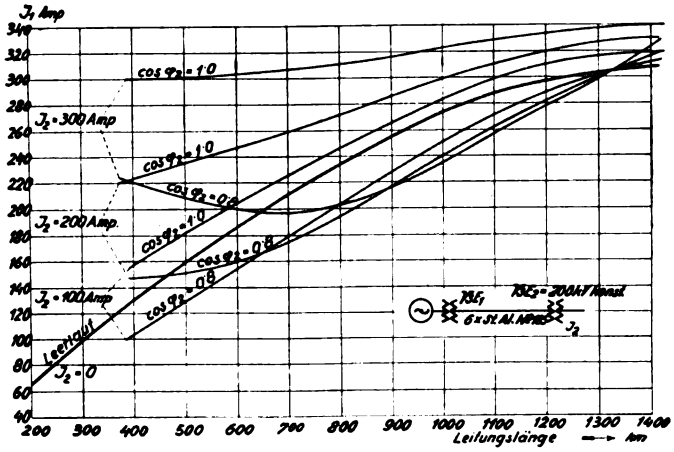


Abb. 9. Anfangsstrom einer 200 kV-Leitung bei Leerlauf und Belastung.

Bezeichnen: N . . . Nennleistung eines Drehstromtransformators in kW, E . . . Leitungsspannung verkettet in V, e_k . . . Kurzschlußspannung des Transformators in vH, e_r . . . Ohmscher Spannungsabfall des Transformators in vH, i_m . . . Magnetisierungsstrom des Transformators in A, $\Delta^L = i_m \cdot \beta \cdot \sin h \nu x \ldots$ durch den Magnetisierungsstrom verursachtes zusätzliches Spannungsglied in der Leitung, Δ^T . . . durch den Magnetisierungsstrom im leerlaufenden Transformator verursachter zusätzlicher Spannungsabfall, Δ_s^T, Δ_r^T . . . dessen induktive und Ohmsche Komponente, so ist

$$\Delta_s^T = \sqrt{3} \cdot i_m \cdot \frac{0{\cdot}01 \cdot e_k \cdot \sqrt{3} \cdot E^2}{\sqrt{3} \cdot N \cdot 1000} =$$

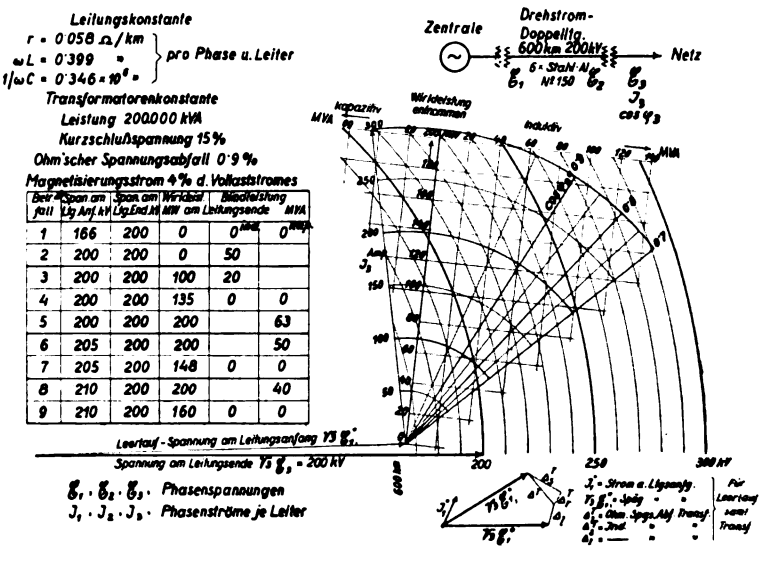
$$= \frac{i_m \cdot e_k \cdot E_2^2}{N} \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-5},$$

$$\Delta_r^T = \sqrt{3} \cdot i_m \cdot \frac{0{\cdot}01 \cdot e_r \cdot \sqrt{3} \cdot E_2^2}{\sqrt{3} \cdot N \cdot 1000} =$$

$$= \frac{i_m \cdot e_r \cdot E_2^2}{N} \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-5}.$$

Diese den Leerlauf kennzeichnenden Vektoren der Transformatorspannungen werden geometrisch zur Leitungsspannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1{}^0$ addiert und können für praktische Verhältnisse hinreichend genau auch bei Belastung als unverändert angenommen werden. Man erhält so eine Leerlaufsummenspannung, an die die Belastungsglieder in bekannter Weise anzureihen sind.

200 kV-Leitung mit angeschlossenen Transformatoren untersucht, deren äquivalente Widerstandsoperatoren aus den angegebenen Daten über Magnetisierungsstrom, Kurzschlußspannung und Spannungsabfall errechnet und wie angedeutet mit den Leitungsspannungen kombiniert wurden. Als Endspannung ist nicht mehr die Spannung am Leitungsende ($\mathfrak{E}_2$), sondern die Spannung hinter den Abtransformatoren ($\mathfrak{E}_3$) angenommen (und zwar der einfachen Rechnung wegen als Oberspannung 200 kV angegeben). Neben dem Ampère-Maßstab für den Strom $\mathfrak{J}_2$ ist der daraus abgeleitete Maßstab für Wirkleistung in Megawatt und Blindleistung in Megavoltampère eingetragen. Die Benützung des Diagrammes ist nach dem Vorgesagten ohne weiteres verständlich. Einige charakteristische Betriebsfälle unter der Annahme, daß die Verbraucherspannung $\sqrt{3}\,E_2 = 200$ kV konstant gehalten wird, sind in der Tabelle in Abb. 10 angeführt. Es beträgt zum Beispiel die Anfangsspannung $\sqrt{3}\,E_1$ bei Leerlauf 166 kV (betr. F. 1). Bei konstanter Spannung können 135.000 kW reine Wirkleistung übertragen werden (betr. F. 4). Ist die angenommene Wirklast kleiner (betr. F. 3) bzw. größer (betr. F. 5) und soll Spannungsgleichheit $\sqrt{3}\,E_1 = \sqrt{3}\,E_3 = 200$ kV herrschen, so muß am Leitungsende außerdem induktive bzw. kapazitive Blindlast vorhanden sein, die wenn sie durch die Belastung selbst nicht gegeben ist durch eigene für diesen Zweck aufgestellte Blindleistungsmaschinen aufgebracht werden muß, das sind leerlaufende über- oder untererregte Synchronmaschinen (Synchronphasenschieber) oder Asynchronmaschinen mit Läufererregung. Wählt man $E_1 > E_3$, läßt also einen Spannungsabfall zu (betr.



Betr.-Fall	Span. am Lg. Anf. kV	Span. am Lg. End. kV	Wirklast MW	Blindleistung am Leitungsende kind. MVA	Blindleistung am Leitungsende kapaz. MVA
1	166	200	0	0	0
2	200	200	0	50	
3	200	200	100	20	
4	200	200	135	0	0
5	200	200	200		63
6	205	200	200		50
7	205	200	148	0	0
8	210	200	200		40
9	210	200	160	0	0

Abb. 10. 200 kV-Fernübertragung (600 km) mit Transformatoren am Leitungsende.

An der Leitung liegende Transformatoren dämpfen insbesondere die Spannungserhöhung beim Abfall der Last durch die dabei auftretende Eisensättigung bedeutend. In Abb. 10 ist eine Fernübertragung bestehend aus einer 600 km langen

F. 6 bis 9), so können die übertragbaren Leistungen geändert und den gewünschten Verhältnissen angepaßt werden. Die in jedem Fall aufzubringenden Phasenschieberleistungen können unmittelbar aus dem entwickelten Diagramm abgelesen werden.

Digitized by Google

VI. Die 200 kV-Fernübertragung bei 1460 km und 2920 km Leitungslänge.

In Abb. 11 sind die Übertragungsverhältnisse, für die 200 kV-Leitung mit Viertelwellenlänge (1460 km) und Halbwellenlänge (2920 km) im Leerlauf und für Belastung einander gegenübergestellt. (Vergl. auch Abb. 6, 8 und 9.) Die Kennwerte der Leitung sind dieselben wie bisher. Stets ist angenommen, daß die Spannung im Konsumorte konstant 200 kV zu halten sei. Die Vergleichsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Übertragungslänge 1460 km:

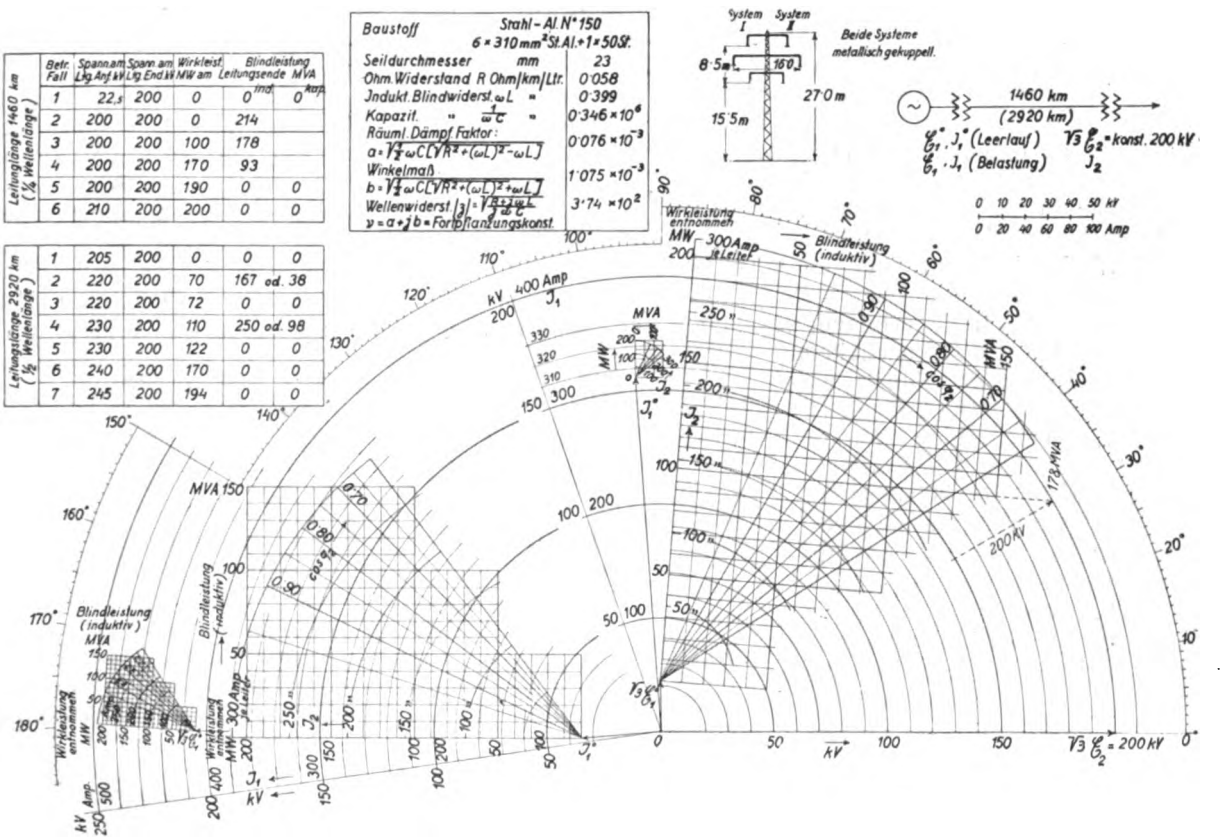
Im Leerlauf ist die Anfangsspannung $\sqrt{3}\,E_1$ nur etwa 11% (22·5 kV) der Endspannung $\sqrt{3}\,E_2$ (200 kV). Sie würde bei verlustloser Leitung mit vollkommener Resonanz des elektrischen und magnetischen Feldes auf Null zurückgehen. Die Phasenverschiebung zwischen $\mathfrak{E}_1{}^0$ und $\mathfrak{E}_2{}^0$ ist 90°.

Der Leerlaufstrom $\mathfrak{J}_1{}^0$ ist fast reiner Wirkstrom, das heißt in Phase mit $\mathfrak{E}_1{}^0$ und dem Betrage nach ein Maximum. Er ermäßigt sich sowohl mit zunehmender als auch mit abnehmender Leitungslänge. (Vergl. Abb. 6.) Bei Belastung wächst die Anfangsspannung $\sqrt{3}\,\mathfrak{E}_1$ rasch an und übersteigt schließlich die Endspannung (vergl. Abb. 8). Die Spannungsänderungen hängen außer von der Belastung auch vom Leistungsfaktor ab. Alle Zwischenpunkte der Leitung machen diese Hebungen und Senkungen der Spannung mit. Es sind also Abzweigungen im Zuge der Leitung ohne weitere Vorkehrungen nicht möglich. Der Abfall der Last oder noch mehr ein Bruch der Leitung am Ende kann zu gefährlichen Spannungserhöhungen entlang der Leitung führen, wenn nicht durch besondere Maßnahmen für ein sofortiges Absenken der Spannung im Kraftwerk gesorgt ist. Gedämpft können diese Erscheinungen werden durch die an der Leitung auftretende Korona und durch angeschlossene Transformatoren. Wollte man von vornherein mit dieser Ventilwirkung rechnen, so müßte die Isolierung der Leitung und die Liniendichte im Eisen der Transformatoren mit Rücksicht darauf gewählt werden. Abgesehen davon ist es aber auch deshalb nicht ratsam von solchen Spannungserhöhungen Gebrauch zu machen weil andere Störungen dadurch ausgelöst werden können. Der Leitungsstrom steigt mit zunehmender Belastung kaum merklich an. (Vergl. Abb. 9.) Er beträgt bei 200.000 kW übertragener Leistung nur etwa 10 vH mehr als bei leerlaufender Leitung.

Übertragungslänge 2920 km:

Verglichen mit der Übertragung auf die Viertelwellenlänge wechseln hier Strom und Spannung ihre Rollen. Die Anfangsspannung ist im Leerlauf der Größe nach fast gleich wie die Endspannung, ihrer Phase nach um 180° verschoben. Der Leerlaufstrom (vergl. Abb. 6) am Leitungsanfang ist reiner Wirkstrom und dem Betrag nach klein. Er würde bei verlustloser Leitung auf Null zurückgehen, trotzdem die Mitte der Leitung stromdurchflossen bleibt.

Mit zunehmender Belastung ändert sich die



Leitungslänge 1460 km (¼ Wellenlänge)	Betr. Fall	Spannung Lg. Anf. kV	Spannung Lg. End kV	Wirkleistung MW am	Blindleistung Leitungsende MVA ind.	MVA kap.
	1	22,5	200	0	0	0
	2	200	200	0	214	
	3	200	200	100	178	
	4	200	200	170	93	
	5	200	200	190	0	0
	6	210	200	200	0	0

Leitungslänge 2920 km (½ Wellenlänge)						
	1	205	200	0	0	0
	2	220	200	70	167	od. 38
	3	220	200	72	0	0
	4	230	200	110	250	od. 98
	5	230	200	122	0	0
	6	240	200	170	0	0
	7	245	200	194	0	0

Abb. 11. 200 kV-Fernübertragung auf 1460 und 2920 km.

Digitized by Google

Spannung nur sehr wenig. (Vergl. Abb. 8.) Der Abfall der Last am Leitungsende ist hier ungefährlich. In erhöhtem Masse werden aber solche Veränderungen von der Leitungsmitte verspürt.

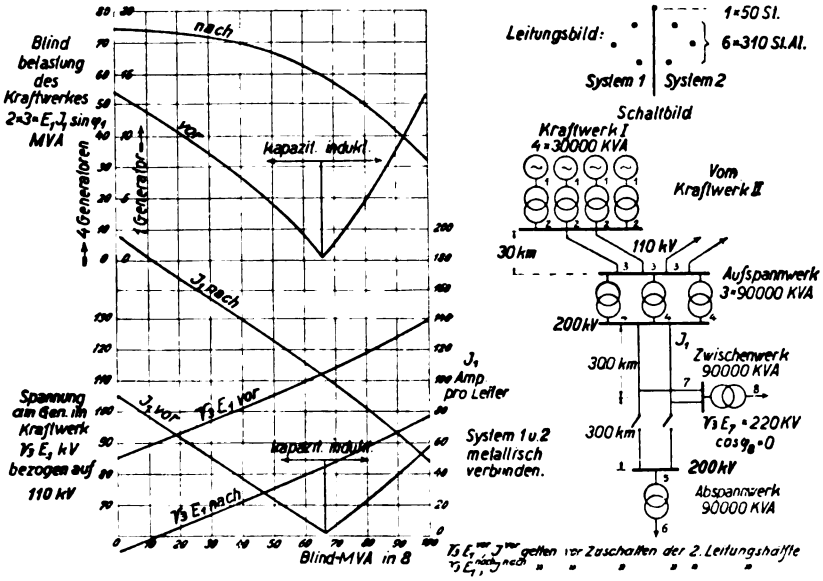


Abb. 12. Anlauf einer 200 kV-Fernübertragung (Blindleistungsmaschinen im Zwischenwerk).

Die Diagramme gestatten so wie die früheren für eine bestimmte am Leitungsende zur Verfügung zu stellende Leistung, die dort eventuell zusätzlich durch Phasenschieber aufzubringende Blindleistung zu entnehmen. Für beide Leitungen sind einige charakteristische Betriebsfälle in je einer Tabelle in Abb. 11 herausgezogen. Sollen zum Beispiel auf der 1460 km langen Leitung 100 000 kW Wirkleistung bei $\cos \varphi_2 = 1{\cdot}0$ abgegeben werden und die Übertragung mit konstanter Spannung 200 kV erfolgen, so müßten am Leitungsende 178 BkVA nacheilend durch Blindleistungsmaschinen aufgenommen werden. (Betr. F. 3.) Bei 190 000 kW übertragener Wirkleistung und konstanter Übertragungsspannung entfällt die Blindleistung. (Betr. F. 5.) Will man sie noch weiter steigern, so muß die Anfangsspannung erhöht werden. (Betr. F. 6.) Für die 2920 km lange Leitung ist die Anfangsspannung im Leerlauf nur um 5 kV (2½ vH) höher als die Endspannung. (Betr. F. 1.) Um auf dieser Leitung zum Beispiel 194 000 kW Wirkleistung bei $\cos \varphi_2 = 1{\cdot}0$ und 200 kV Endspannung übertragen zu können, muß die Anfangsspannung auf 245 kV ($22^1/_2$ vH höher) gehalten werden usw.

VII. Anlauf einer 600 km langen 200 kV-Leitung mit angeschlossenen Transformatoren.

Die untersuchte Kraftübertragung ist in Abb. 12 und 13 dargestellt. Die Energie wird zunächst aus den Kraftwerken I (120 000 kVA) und II mit 110 kV nach dem 30 km entfernten Aufspannwerk übertragen, dort auf 200 kV erhöht und bis zum Abspannwer (6), das sind 600 km, weitertransportiert. Für den Anlauf und die Spannungsregelung im Betriebe sind in einem Fall (Abb. 12) die Blindleistungsmaschinen mit zusammen 90 000 kVA in einem Zwischenwerk in der Leitungsmitte, im anderen Fall (Abb. 13) im Abspannwerk am Leitungsende gedacht. Spannung und Strom längs der Leitung sowie die Blindleistungen im Kraftwerk und in den Umspannwerken sind nach der im Vorstehenden angegebenen Methode errechnet und dabei die Transformatoren mit ihren äquivalenten Widerstandswerten in die Leitungsrechnung einbezogen. Es sind nur die Ergebnisse der Rechnung dargestellt. Es werde verlangt, daß das Anlaufen der Leitung mit den Generatoren des Kraftwerkes I erfolgen soll. Die 600 km lange Doppelleitung 200 kVA nimmt im Leerlauf etwa 105 000 BkVA auf. (Abb. 6.) Dieser Betrag übersteigt die kapazitive Leistungsfähigkeit der Generatoren des Kraftwerkes I. Tafel III gibt die kapazitive Belastungsfähigkeit normaler nach den REM gebauter und zum Vergleich hiezu jene der für das Kraftwerk I mit Rücksicht auf das Aufladen der Leitung besonders ausgelegten Drehstromerzeuger für 30 000 kVA mit Wasserturbinenantrieb ($n = 500$) an.

Demnach sind im Kraftwerk I bei voller Spannung (100 vH) etwa 78 000 BkVA, bei um 20 vH reduzierter Spannung nur 48 000 BkVA aufbringbar.

Betriebsfall.	Spannung am Leitungsende 6 ⅓ E₆ kV	Belastung am Leitungsende 6 Wirk 2=3E₆J₆ cosφ₆ kW	Belastung am Leitungsende 6 Blind ind. 2=3E₆J₆ sinφ₆ kVA	cosφ₆ ind.	Spannung am Generator ⅓ E₁ %	⅓ E₁ kV	Belastung am Generator Wirk 2=3E₁J₁ cosφ₁ kW	Belastung am Generator Blind kap. 2=3E₁J₁ sinφ₁ kVA	cosφ₁ kap.
1	220	0	0	0	47	52	12800	65000	0·18
2	220	0	50000	0	69	76	7000	71300	0·09
3	220	0	70000	0	73	85	6200	69000	0·09
4	220	0	100000	0	90	99	5400	61000	0·09
5	200	0	100000	0	86	94·5	4700	51000	0·09
6	220	80000	60000	0·8	86·5	95	84500	51800	0·85
7	220	60000	80000	0·6	89	98·5	63500	56300	0·75

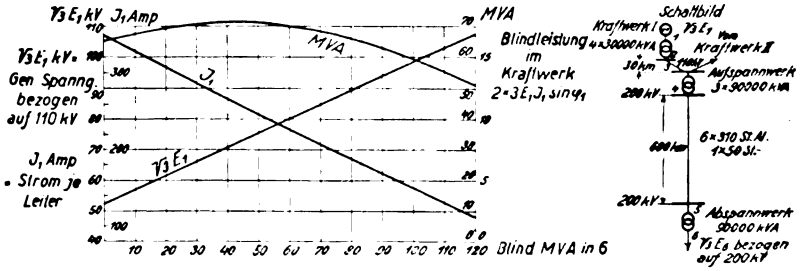


Abb. 13. Anlauf einer 200 kV-Fernübertragung (Blindleistungsmaschinen am Leitungsende).

Eine weitere Erhöhung dieser Ziffern würde zu unwirtschaftlichen Maschinen führen. Der eventuelle Restbedarf an Blindleistung wird daher

Digitized by Google

besser im Netz durch Blindleistungsmaschinen aufgebracht, wenn nicht durch anderweitige Kompensation der Einfluß der Leitungskapazität aufgehoben wurde. Im vorliegendem Falle sind 90 000 kV verfügbare BkVA angenommen, und zwar

Tafel III.

	Abgebbare kapazitive BkVA in vH der Nennleistung (30 000 kVA)		
Bei einer Generatorspannung in vH der Nennspannung	100	80	60
Generatoren nach REM	55	30	0
Generatoren besonders ausgelegt für Kraftwerk I	65	40	10

a) 90 000 BkVA im Zwischenwerk in Leitungsmitte (Abb. 12, Pkt. 7) Die Leitung wird in zwei gleiche Hälften zu je 300 km unterteilt und angenommen, daß die Spannungserhöhung am Ende der ersten Leitungshälfte (7) 10 vH der normalen Betriebsspannung (200 kV), also den Wert 220 kV nicht übersteigen soll. Dies bedingt eine Spannungsabsenkung im Kraftwerk beim Aufladen von 110 kV auf 85 kV, das ist 77 vH der normalen Betriebsspannung, wobei die Leitungshälfte 53 000 BkVA aufnimmt, die von den Generatoren noch knapp aufgebracht werden. Nach dem Zuschalten der ersten Leitungshälfte werden die Blindleistungsmaschinen im Zwischenwerk angelegt und bis auf etwa 75 000 BkVA kapazitiv hochgefahren, wobei die Blindleistung der Generatoren des Kraftwerkes zurückgeht und die Spannung auf den normalen Wert gehoben werden kann. (Siehe Abb. 12.) Nun wird die zweite Leitungshälfte zugeschaltet, nachdem vorher die Spannung im Kraftwerk wieder auf 77 vH abgesenkt wurde. Das Kraftwerk I erhält im ersten Stoß wieder etwa 53 000 BkVA, die bei weiterer Steigerung der Blindlastaufnahme der Phasenschieber im Zwischenwerk sich wieder ermäßigen, so daß auf normalen Betrieb übergegangen werden kann.

b) 90 000 BkVA im Abspannwerk am Leitungsende (Abb. 13, Pkt. 6). Es soll wieder eine Spannungssteigerung um 10 vH auf 220 kV am Leitungsende nicht überschritten werden. Die Tabelle zeigt, daß bei zunehmender Blindleistung am Leitungsende die Blindbelastung der Generatoren des Kraftwerkes zurückgeht, während ihre Spannung fast proportional steigt. Bei einer Phasenschieberleistung von 100 000 BkVA am Leitungsende sind von den Generatoren 61 000 BkVA bei 90 vH der normalen Spannung aufzubringen (Betr. F. 4), was ohne weiteres möglich ist. Durch Absenken der Spannung (Betr. F. 5) könnte man zwar die kapazitive Leistungsabgabe der Generatoren vermindern, würde aber wegen der tieferen Spannung keine Erleichterung dadurch erzielen. Praktisch wird demnach die Aufstellung von Blindleistungsmaschinen mit insgesamt 90 000 BkVA am Leitungsende den Anforderungen dieses Falles entsprechen. Um die Leitung aufzuladen, wird mit angeschlossenen Phasenschiebern vom Kraftwerk aus hochgefahren und mit steigender Spannung deren Blindlastaufnahme erhöht. Die Stromerzeuger des Kraftwerkes werden dadurch nach und nach entlastet und es kann zu normalem Betrieb übergegangen werden.

VII. Baustoffe für Höchstspannungsleitungen.

Die Tragwerke weisen außer ihrer Größe und ihren gewaltigen Abmessungen nichts neues auf. Die wirtschaftliche Spannweite für derartige Leitungen liegt bei 300 m. Dabei ergeben sich Durchhänge je nach dem Leitungsmaterial von 6 bis 9 m und damit Masthöhen für Doppeldrehstromleitungen von 25 bis 35 m. Es kommen ausschließlich eiserne Tragwerke in Betracht. Die Einzelgewichte für Tragmaste schwanken zwischen 3·5 und 10 t, für Abspann- und Winkelmaste 15 bis 30 t. (Tafel VI.) Als erwähnenswerte Sonderausführung seien die 119 und 126 m hohen Maste für die Rheinkreuzung der 220 kV-Leitung des R. W. E. bei Koblenz genannt, mit Einzelgewichten von 183 bzw. 240 t. Das Kreuzungsfeld hat eine Spannweite von 522 m und einen größten Durchhang von 57 m. Verlegt sind sechs Kupferhohlseile von je 400 mm² Querschnitt bei 42 mm Außendurchmesser (Abb. 14)[8]).

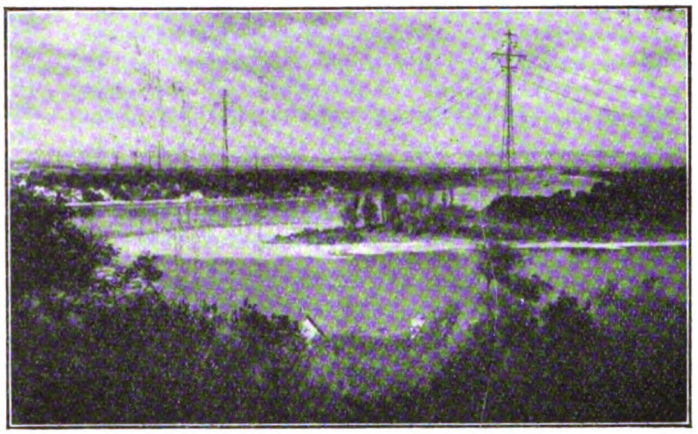


Abb. 14. 220/380 kV-Leitung der Rhein.-Westfäl. Elektr.-Werke. Rheinkreuzung bei Koblenz.

Die Außendurchmesser der Leiter müssen so gewählt werden, daß das Glimmen (Korona) vermieden wird, dürfen also einen von der Betriebsspannung abhängigen unteren Grenzwert nicht unterschreiten. Die Glimmgrenze ist bekanntlich außer von der Spannung, von der Seehöhe, der Temperatur und anderen die Leiteroberfläche betreffenden Faktoren abhängig. (Abb. 15.)

Der Durchmesser der Leiter wird zweckmäßig nach der kritischen Anfangsspannung E_a bestimmt[9]). Bei Regen kann E_a bis zu 20% sinken.

Nach den Vorschlägen des V. D. E. werden für die verschiedenen Spannungen zweckmäßig die

[8]) Dr. ing. Werner, E. T. Z. 1927, Heft 21.

[9]) Als Faustregel kann gelten: Leiterdurchmesser in mm = 1/9 der Übertragungsspannung in kV.

Digitized by Google

in Tafel IV angegebenen Leiterentfernungen und Leiterdurchmesser gewählt.

Tafel IV.

Betriebsspannung kV	Leiterabstand in m	Seildurchmesser mm für Leitungen bis auf 500 m Seehöhe
110	3·00	12
220	4·60	25
330	6·30	35
440	8·00	50

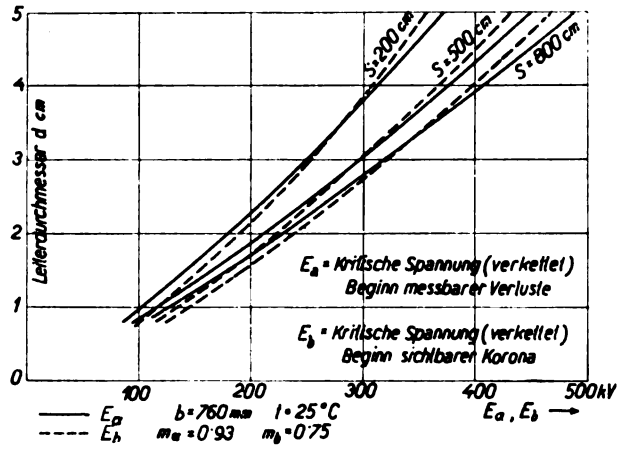


Abb. 15. Kritische Grenzspannungen für Höchstspannungsleitungen.

Nach Peek ist:

$$E_a = 18{\cdot}25 \cdot m_a \cdot d \cdot \delta \cdot \ln\left(\frac{2S}{d}\right) \text{ kV},$$

$$E_b = 18{\cdot}25 \cdot m_b \cdot d \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0{\cdot}425}{\sqrt{d \cdot \delta}}\right) \ln\left(\frac{2S}{d}\right) \text{ kV},$$

d = Leiterdurchmesser in cm,
S = Leiterabstand „ „ ,
b = Barometerstand in mm Hg,
t = Temperatur in °C,

$$\delta = \frac{3{\cdot}92 \cdot b}{273 + t},$$

m_a = 1 für polierte Drähte,
= 0·98—0·93 für rauhe Drähte und Seile aus Flachdraht,
= 0·87—0·83 für siebendrähtige Rundseile,
m_b = 1 für polierte Drähte,
= 0·72 für rauhe Drähte bei stellenweise glimmender Leitung

Als Leiterbaustoffe kommen in Betracht: Stahlaluminium, Kupfer und Aldrey.

Bei den vom V. D. E. genormten Stahlaluminiumseilen sind zwei Lagen Al-Drähte im Gegenschlag über eine Stahlseele aus verzinkten Einzeldrähten verseilt. Hohe Festigkeit bei relativ niederen Beschaffungskosten sind der Grund, warum man bisher dem Stahlaluminium für große Fernkraftübertragungen hoher Spannung vielfach, besonders in Amerika, den Vorzug gegeben hat. Dazu kommt, daß der Stahlaluminiumleiter wegen der erforderlichen Leitfähigkeit einen verhältnismäßig großen, über der Glimmgrenze liegenden Außendurchmesser hat (Abb. 15), während der gleichwertige Kupferleiter in dieser Hinsicht meist zu geringe Außendurchmesser hat, das heißt, unnötig hohe Kupferquerschnitte gewählt werden mußten, solange Hohlseile nicht bekannt waren.

Immerhin liegen in der Inhomogenität des Stahlaluminiums Nachteile, die zur Vorsicht mahnen (Unsicherheit im mechanischen Zusammenwirken der Stahlseele mit den Aluminiummantel. Verschiedene Wärmedehnung beider Metalle, daher Bewegungen gegeneinander und ungleichmäßige Lastverteilung, komplizierte Leitungsverbinder). Die Bestrebungen zur Entwicklung eines „Einheitmetalls" führte die deutsche Technik zur Ausbildung der „Hohlseile", die für große Fernkraftübertragungen Bedeutung erlangen dürften. Kupferhohlseile von 400 mm² wurden in Europa zum ersten Male verwendet bei der von den Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken gebauten 200 kV Nord-Süd-Verbindung im Rheinland. Die Grundlage für die Entwicklung dieser Seile bildete ein deutsches Patent der S. S. W. vom Jahre 1919 auf ein Hohlseil mit einem aus Einzeldrähten von ringstückförmigem Querschnitt bestehenden Leitermantel und einem inneren Tragorgan, das der Forderung nach möglichst großem Leiterdurchmesser und glatter Oberfläche für hohe Übertragungsspannungen, weiters der Stromverdrängung an die Außenschicht des Leiters Rechnung tragen sollte. In mehrjähriger Entwicklungsarbeit brachten die großen Elektrizitätsunternehmungen verschiedene Hohlseilkonstruktionen heraus, von denen einige in Abb. 16 dargestellt sind. Als Stützorgan wird eine Schraube aus einer Metallbandfeder in T-Profil (A.E.G.)[10]) oder eine Runddrahtschraube aus Bronze (Felten & Guilleaume) oder ein dünnes, um seine Mittelachse verdrehtes und gleichzeitig in derselben gewelltes Flachband aus Kupfer (S. S. W.)[11]) benützt. Die Metallbank und metallurgische Gesellschaft in Frankfurt stellt Hohlleiter her, die aus einer einzigen Lage profilierter Drähte bestehen[12]), die wie Feder und Nut gegenseitig in Eingriff stehen und so ausgebildet sein sollen, daß eine Trennung der Bänder auch bei unverdrilltem Leiter verhindert wird. Bisnun liegen zu wenig Erfahrungen mit diesen Seilarten vor, als daß man ein abschließen-

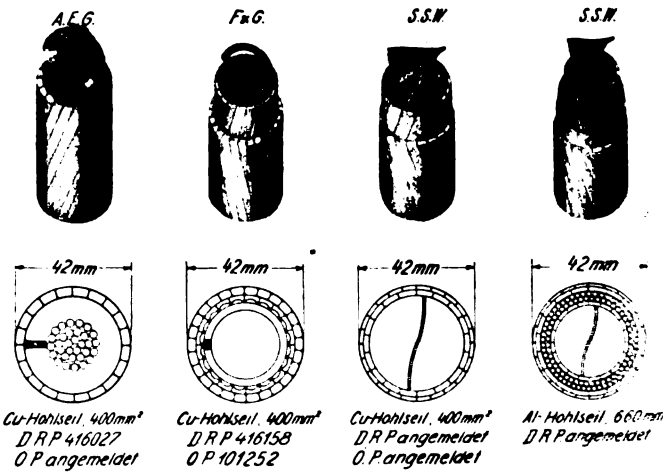


Abb. 16. Hohlseile.

des Urteil über die einzelnen Konstruktionen bilden könnte.

[10]) Malamud, A. E. G.-Mitteilungen 1927, Heft 1.
[11]) Dr. ing. Werner, Siemens-Jahrbuch 1927.
[12]) Dahl, Bulletin des S. E. V. 1927, Heft 7.

Digitized by Google

In der jüngsten Zeit ist ein dritter für Großkraftübertragungen in Betracht kommender Leiterbaustoff durchgearbeitet worden, das „Aldrey“[13]). Es ist das Ergebnis der seit Jahren angestellten Versuche, Aluminium hoher Festigkeit bei unvermindeter Leitfähigkeit durch Legierung herzustellen. Das Verfahren wurde von der Aluminium-Industrie-A. G. Neuhausen in der Schweiz entwickelt, deren Lizenznehmer für Österreich die Ö. S. S. W. sind. Die Legierung enthält: 98·7% Reinaluminium, 0·6% Silicium, 0·4% Magnesium und 0·3% Eisen. Das Verfahren selbst besteht der Hauptsache nach in einer abwechselnden Behandlung durch Glühen, Kaltrecken und Anlassen. Es gelang hiedurch die Zugfestigkeit von 18 kg/mm² des reinen Aluminiums auf 33 kg/mm² zu erhöhen, ohne daß die Leitfähigkeit wesentlich verschlechtert wurde (31 gegenüber 35 m/Ohm des reinen Aluminiums). Aldrey kann auch zu Hohlseilen verarbeitet werden.

Tafel V.

			Kupfer	St. Al. 1:4·3	Aldrey	Rein-Alumin.
1	Leitfähigkeit		57	28*)	31	34
2	Querschn. gleich. Leitfäh. o. Rücks. a. Stromverdr.	vH	100	207	184	170
3	Metergewicht für Seile entsprechend 100 mm² Cu	g	895	760	496	450
4	Seilfestigkeit	kg	4200	7700	6100	3000
5	Spezifische Festigkeit	kg/mm²	42	37**)	33	18
6	Zulässige Beanspruchung bei 2·5 facher Sicherheit	kg/mm²	16·7	14·8	12·8	7
7	Reißlänge	m	4700	10170	12250	6660
8	Größter Durchh. b. 250 m Spannw. f. d. Querschn. u. 2	m	8·5	4·2	5·5	

*) für den Al-Mantel bezogen auf Gesamtquerschnitt.
**) bezogen auf den Gesamtquerschnitt

In der Tafel V sind die Kennwerte der angeführten Leiterbaustoffe zueinander in Vergleich gestellt. Die zum Teil weit auseinandergehenden Werte beeinflussen Ausbildung und Kosten der Tragkonstruktionen, der Fundamente und damit der ganzen Leitung. Eine absolute Überlegenheit eines der Leitermaterialien ist allgemein nicht feststellbar. Für die richtige Wahl ist in jedem einzelnen Fall eine genaue Nachrechnung notwendig. Auch die einer exakten Rechnung nicht zugänglichen Faktoren, wie Lebensdauer, Altwert u. dgl. sind in jedem einzelnen Fall eventuell verschieden zu bewerten.

Tafel VI enthält die Ergebnisse einer vergleichenden Kostenberechnung für 100 km Höchstspannungsleitungen von 200 kV und 380 kV mit verschiedenen Leiterbaustoffen. Während in gewissen Grenzfällen kaum ein Unterschied in den Baukosten für verschiedene Leitungsarten festzustellen ist, tritt in anderen Fällen die wirtschaftliche Überlegenheit eines oder des anderen Materiales klar hervor.

IX. Versuche mit dem Leitungsmodell.

Zur experimentellen Nachprüfung des Spannungs- und Stromverlaufes entlang einer Leitung läßt sich vorteilhaft und für praktische Verhältnisse genügend genau ein mit Niederspannung betriebenes Leitungsmodell benützen, wobei die Leitung in eine Anzahl Elemente unterteilt wird, deren jedes Ohmschen und induktiven Widerstand und eine konzentriert gedachte Kapazität enthält (Kettenleiter). Das in Abb. 17 dargestellte Modell stellt die Nachbildung eines Stranges, der im Vorstehenden rechnerisch behandelten 200 kV-Drehstromdoppelleitung mit sechs Leitern aus Stahlaluminium Nr. 150 dar, deren Kennwerte und Leerlaufverhältnisse aus Abb. 5 zu entnehmen sind. Die

Tafel VI.

			200		380	
Betriebsspannung am Leitungsende (verkettet)		kV	200		380	
Spannweite		m	300	300	300	300
Masthöhe über Boden		m	27		32	
Größter Durchhang		m	7·10	7·10	8·80	8·80
Drehstromleiter	Baustoff		Stahl-Al. Vollseil	Aldrey Vollseil	Stahl-Al. Vollseil	Cu Hohlseil
	Außen ∅	mm	25·7	25·2	42·0	42·0
	Gesamtquerschnitt	mm²	6 × 383	6 × 375	6 × 1024	6 × 400
Erdseil aus Gußstahldrähten		Querschnitt in mm²	50	50	50	50
Übertragbare Leistung bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ und 10 vH Spg. Abf.		kW	97500	100500	514000	496000
Übertragungslänge		km	500	500	1000	1000
Durchschnittsgewicht eines Tragmastes		t zirka	3·9	3·5	8·8	10·9
„	„ Winkel- oder Absp. Mastes	t zirka	14·7	14·7	35·8	32·0
Baustoffmengen und Erstellungskosten für 100 km Leitung	Gesamtmastgewicht 293 Tragmaste 40 Absp.-Maste	t zirka	1720	1610	4025	4474
	Gesamtgewicht aller Drehstromleiter	t zirka	859·2	648·9	2278·2	2403·4
	„ der Erdungsseile	t zirka	40	40	40	40
	Betonfundamente	m³ zirka	8125	7250	19150	20400
	Gesamterstellungskosten (ohne Grunderwerb und Zwischenzinsen)	in Mill. S	9·0	9·0	19·5	19·7

Leitung ist 3000 km lang und in 14 Elemente unterteilt, so daß jedem Element 3000/14 = 214 km Leitung entsprechen. Die Widerstandssollwerte je Element wären also:

[13]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 137, 603; 1928, H. 18, S. 405.

Digitized by Google

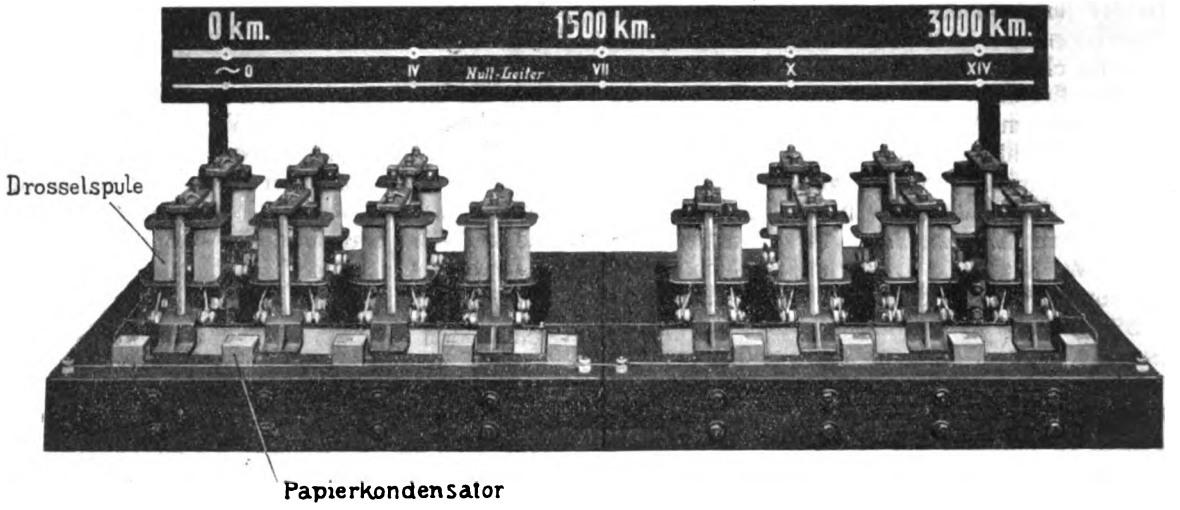


Abb. 17. Leitungsmodell.

$R = 0{\cdot}058 \times 214 = 12{\cdot}5$ Ohm,
$\omega L = 0{\cdot}399 \times 214 = 86$ Ohm,
$\frac{1}{\omega C} = \frac{0{\cdot}346}{214} . 10^6 = 0{\cdot}00162 . 10^6$ Ohm, also
$C = 1{\cdot}96 . 10^{-6}$ Farad.

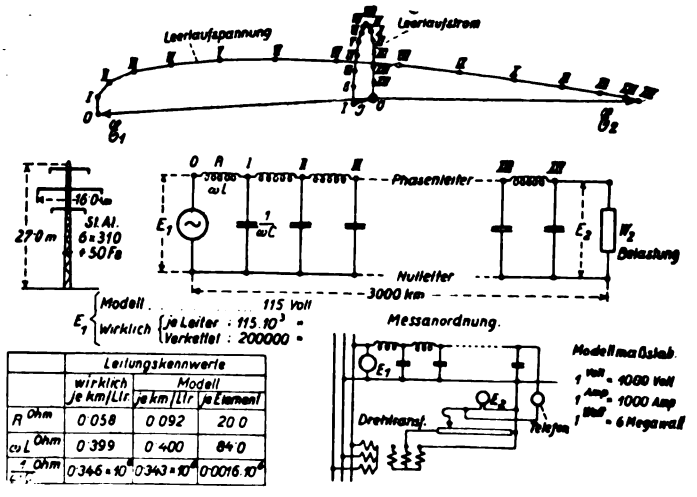
Verwendet wurden Drosseln mit
$R = 20{\cdot}0$ Ohm, $\omega L = 84{\cdot}0$ Ohm
und Papierkondensatoren mit $C = 2 . 10^{-6}$ Farad. Größere Abweichungen bestehen daher lediglich im Ohmschen Widerstand, dessen Sollwert mit Rücksicht auf den vorhandenen Raum für das Wicklungskupfer nicht erreicht wurde.

Das Modell gibt die Spannungs- und Stromverhältnisse für einen Strang (Phase gegen Nullleiter) der genannten Drehstromdoppelleitung im Verhältnis 1:1000 an. Es entsprechen also:

im Modell	in Wirklichkeit
1 Volt	1 Kilovolt (Phasenspannung)
1 Ampère	1 Kiloampère (Phasenstrom)
1 Voltampère bezw. Watt	1 Megavoltampère bezw. 1 Megawatt (Phasenleistung)
oder 6 „	„ 6 „ Gesamtleistung der Doppelleitung

Der verketteten Drehstromspannung von 200 kV entspricht demnach eine an das Modell angelegte Spannung von $\frac{200\,000}{\sqrt{3} . 1000} = 115$ V.

Die Sollwerte der an den einzelnen Elementen sich einstellenden Teilspannungen und Ströme sind in Abb. 18 ersichtlich. Die Spannungs- und Strommessung erfolgte wegen des geringen Eigenverbrauches des Modelles nach der Kompensationsmethode. An der selben Stromquelle wie das Modell liegt ein Drehtransformator, der eine gegenüber $\mathfrak{E}_1$ bis zu 180° verdrehbare, dem Absolutwerte nach gleichbleibende Spannung liefert, an welche ein Ohmscher Widerstand angelegt ist. Die an einem Schleifkontakt desselben abgegriffene Spannung wird mittels Telephon oder Nullinstrument der zu messenden Spannung an der Leitung gleichgemacht und am Spannungszeiger E_2 abgelesen. Die Phasenlage ist aus der Stellung des Drehtransformators erkennbar. Durch entsprechende Wahl des Belastungswiderstandes W_2 mit Berücksichtigung des angeführten Maßstabes können in gleicher Weise die Verhältnisse bei Leerlauf und Belastung überprüft werden. In Tafel VII sind die Meßergebnisse eines solchen Versuches dargestellt, wobei der Spannungsverlauf entlang der Leitung durch Abtasten derselben an den Anschlußpunkten der Drosseln (I bis XIV) nachgeprüft wurde. Die Versuchswerte für die Anfangsspannung $\sqrt{3}\,E_1$ in Abhängigkeit von der Leitungslänge sind in Abb. 19 graphisch aufgetragen. Zum Vergleich ist die rechnerisch ermittelte Kurve aus Abb. 8 aufgenommen. Die



Leitungskennwerte	wirklich je km/Ltr.	Modell je km	Modell Ltr	Modell je Element
R Ohm	0·058	0·092		20·0
ωL Ohm	0·399	0·400		84·0
$\frac{1}{\omega C}$ Ohm	0·346 · 10⁶	0·343 · 10⁶		0·0016 · 10⁶

Abb. 18. Meßanordnung, Spannungs- und Stromdiagramm des Leitungsmodells.

Digitized by Google

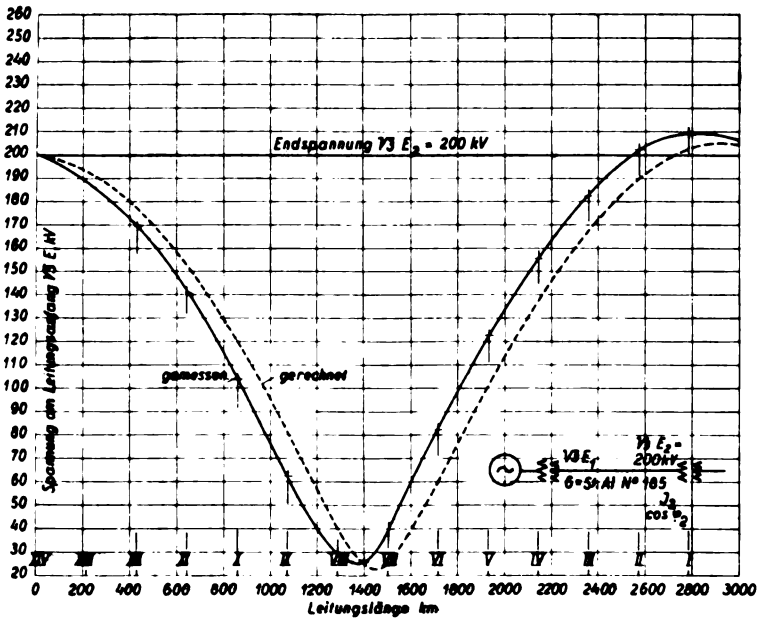


Abb. 19. Ergebnisse der Spannungskontrolle mit dem Leistungsmodell.

Tafel VII.

Leitungslänge km	Punkt	Anfangsspannung E_1[1]) kV	Phasenwinkel $\mathfrak{E}_1/\mathfrak{E}_2$[1]) in Graden
0	XIV	199·9	0°12′
214	XIII	Fehlbeobachtung	
428	XII	169·6	2°15′
642	XI	140·6	4°24′
856	X	103·5	6°
1070	IX	62·5	15°5′
1284	VIII	29·5	45°30′
1498	VII	40·0	144°6′
1712	VI	82·5	162°24′
1926	V	122·8	168°30′
2140	IV	155·9	171°18′
2354	III	183·2	174°30′
2568	II	202·8	176°30′
2782	I	209·7	178°30′
2996	0	206·0	181°

[1]) Es wurden durchschnittlich 4 Ablesungen je Punkt (I—XIV) gemacht. Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte.

Unterschiede zwischen gerechneten und gemessenen Werten erklären sich durch den zu großen ohmschen Widerstand des Modells gegenüber dem Sollwert.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der Mehrphasenasynchronmotor bei konstantem Drehmoment und variabler Spannung. J. Bethenod entwickelt für diesen Betriebsfall, der für Drehstromlokomotiven von praktischer Bedeutung ist, eine einfache graphische Darstellung. Legt man im vereinfachten Kreisdiagramm für konstante Spannung (Vernachlässigung der primären Widerstände; Kreismittelpunkt auf der zur Primärspannung senkrechten Achse) den jeweiligen Arbeitspunkt durch den Hilfswinkel β fest, den der Vektor des Rotorstroms mit dem Vektor der Primärspannung E_1 einschließt, so ist das Drehmoment des Motors proportional

$$E_1^2 \sin\beta \cos\beta \text{ und es ist } \operatorname{tg}\beta = \sigma x_2 s : R_2,$$

also proportional der Schlüpfung s, wobei σ der Blondelsche Koeffizient der Gesamtstreuung, R_2 und x_2 der Ohmsche und induktive Sekundärwiderstand ist. Wählt man daher $E_1 \sin\beta$ und $E_1 \cos\beta$ als Koordinaten eines rechtwinkeligen Koordinatensystems, so ist die Arbeitslinie des Motors bei konstantem Drehmoment eine Hyperbel; die Polarkoordinaten eines Arbeitspunktes auf dieser Hyperbel geben unmittelbar die Spannung E_1 (als Radiusvektor) und den Hilfswinkel β an, dessen Tangens in einem entsprechenden Maßstab die Schlüpfung s mißt. Nur eine Hälfte des Hyperbelastes hat realen Sinn, da β immer kleiner als 45° sein muß. Die Hyperbelschar konstanten Drehmomentes kann bei richtiger Wahl des Koordinatenmaßstabes unmittelbar in das gewöhnliche Kreisdiagramm bei konstanter Spannung eingezeichnet werden, so daß mit Hilfe desselben zu jedem Hyperbelpunkt auch die übrigen Größen wie Phasenverschiebung, Primär- und Sekundärstrom usw. leicht bestimmt werden können.

Frd.

(L'industrie électrique, 36. Jg., Nr. 845, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Fortschritte im Schnellschalterbau. H. Besold berichtet über einen Gleichstrom-Schnellschalter der Siemens-Schuckert-Werke mit neuartigem Auslösesystem. Der Schalter gehört zur Gruppe der Schnellschalter mit Haltespule[1]), das heißt das Festhalten der Kontakte geschieht durch eine von einer Gleichstromquelle gespeiste Hilfs(Spannungs-)wicklung. Die Haltespule besitzt einen Magnetkreis ohne Streuung, auf den auch eine Hauptstromspule (die Auslösespule) einwirken kann, indem sie den Haltefluß vernichtet. Da infolge der magnetischen Trägheit das Verschwinden des Halte-

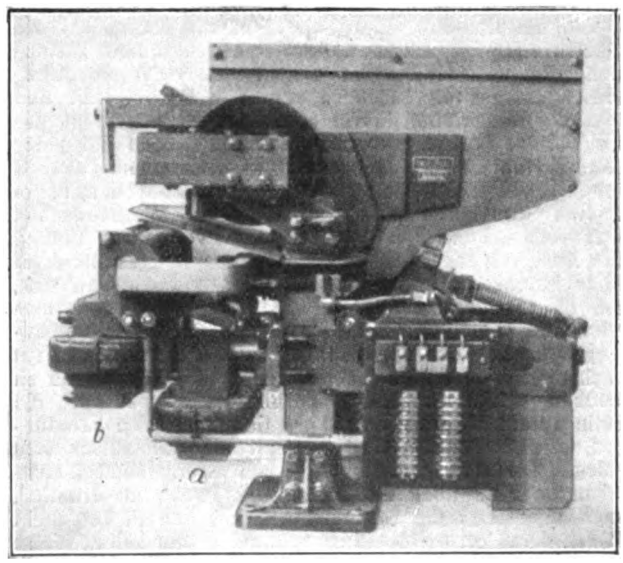


Abb. 1. *a* Haltemagnet, *b* Verbunddrossel.

flusses zu langsam eintreten würde, ist ein weiterer fester Magnetkreis mit zwei Wicklungen, die Verbunddrossel, vorhanden. Die eine ihrer Wicklungen ist mit der Haltespule, die andere mit der Auslösespule

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 622, 719.

Digitized by Google

in Reihe geschaltet. Durch diese Drossel wird durch entsprechende Schaltung erreicht, daß nicht nur durch die Induktivität ihrer Spannungsspule der Anstieg des Haltestromes bei Auslösung des Schalters gemildert wird, sondern sogar durch die Stromspule der Verbunddrossel eine Gegenspannung im Haltestromkreis induziert wird und der Haltestrom im ersten Augenblick abnimmt. (Abb. 1.)

Der Schnellschalter, der Klotzkontakte mit Doppelunterbrechung besitzt, hat nach Versuchen eine Eigenzeit (Zeit vom Beginn des Stromanstieges bis zum Anfang der Öffnung der Kontakte) von 1·4 bis $1{\cdot}7 \cdot 10^{-3}$ sec. Bei Kurzschlußversuchen mit einem 2000 kW, 500 V Einankerumformer und einem 1920 kW, 600 V Gleichstromturbo wurden Gesamtschaltzeiten von 10·8 bzw. $14{\cdot}5 \cdot 10^{-3}$ sec gemessen. Die beschriebenen Schnellschalter wurden in mehreren Unterwerken der Hoch- und Untergrundbahn, sowie der Stadtbahn in Berlin eingebaut, und zwar in der Schaltung, daß der Schnellschalter einem Prüfwiderstand, einem Amperemeter und einem gewöhnlichen Überstromselbstschalter parallel geschaltet ist. Der Schnellschalter schaltet zuerst ab, so daß daher der Überstromselbstschalter nur einen entsprechend reduzierten Strom bei Bestehen des Überstromes zu unterbrechen hat. B. G.

(ETZ, Bd. 49, Heft 5, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Über die magnetische Untersuchung von Stahlblech berichtet B. G. Churcher. In den großen Werken für den Bau von elektrischen Maschinen und Apparaten ist die laufende Übernahmsprüfung des Dynamoblechs in magnetischer Hinsicht von großer Wichtigkeit. Die vorhandenen Apparate, von denen der Epsteinapparat und der Apparat von Lloyd-Fisher[1]) besprochen werden, befriedigen nicht in jeder Hinsicht. Der Verfasser hat bei der Metropolitan-Vickers Electrical Company einen Apparat konstruiert, der bemerkenswerte Verbesserungen aufweist. Die Zahl der Einzelbleche, die beim Epstein-Apparat 250, beim Lloyd-Fisher-Apparat 32 beträgt, wurde auf 16 reduziert. Die Breite der Streifen beträgt 10 cm (gegen 3 cm bei Epstein und 5 cm bei Lloyd-Fisher). Durch die größere Breite wird der Randeffekt herabgesetzt, der darin besteht, daß durch das Stanzen eine lokale Erhöhung des Hysteresever lustes und eine Verminderung der Permeabilität bewirkt wird. Die Länge der Streifen beträgt 74 cm (gegen 50 cm bei Epstein). Während beim Epsteinapparat die Blechstreifen zu einem quadratischen Rahmen zusammengefügt werden, wählt Churcher ein Rechteck, dessen Langseiten durch je acht der Probebleche und dessen kurze Seiten durch „Endstücke" überlappt gebildet sind. Solche U-förmige Endstücke sind auf jeder Seite zu fünf Stück angeordnet, zwischen einem U-Stück liegen zwei Bleche eingeklemmt. Die Zahl der überlappten Stoßstellen ist so auf 16 in dem magnetischen Kreis beschränkt. Die Streifen sind von zwei Spulen umgeben, einer innen liegenden Spannungsspule und einer Magnetisierungsspule. Aus Messungen ergab sich, daß bis zu einer Induktion von $B = 10\,000$ eine hinreichende Gleichförmigkeit der Induktion zwischen Anfang und Mitte der Spulenlänge besteht. Um den Apparat auch für höhere Induktionen bis $B = 15\,000$ geeignet zu machen, wurde die Magnetisierungsspule in 20 parallele Teile unterteilt. Jede der 20 Sektionen hat 600 Windungen, alle Sektionen sind parallel an Sammelschienen gelegt. Dadurch gelingt es, einen weitgehend gleichförmigen Fluß über die Länge der Probe zu erhalten, auch übersteigt die Streuung an den Endstücken nicht 2 vH. Die Verlustmessung erfolgt in normaler Weise mit Wattmeter. Die notwendigen Korrektionen für abweichende Dicke der Bleche von dem normalen Wert und für Berücksichtigung des Energieverlustes in den Endstücken ergeben sich aus Kurven, die dem Apparat bei der Eichung beigegeben werden. Der Apparat gibt bis $B = 16\,000$ für Siliziumblech und $B = 18\,000$ für gewöhnlichen Dynamostahl eine Genauigkeit von 1 vH für die Verlustmessung und von 4 vH für die Messung der magnetomotorischen Kraft (Amperewindungen pro cm). C o.

(World Power, Bd. 9, Nr. 49, Jänner, 1928.)

[1]) Scientific Papers of the Bureau of Standards Nr. 109.

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Über den wirtschaftlichen Leistungsfaktor bei Phasenkompensation veröffentlicht H. S. Litchfield Berechnungen. Als günstigster Wert ergibt sich

$$\sin \varphi_{komp} = \frac{K_1 + K_2}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5},$$

wobei Q_1 die jährlichen festen Kosten für die Übertragungsleitung,

Q_2 die jährlichen Kosten der Übertragungsverluste,

Q_3 die jährlichen festen Kosten für die Umspanner,

Q_4 die jährlichen Kosten der Eisenverluste der Umspanner,

Q_5 die jährlichen Kosten der Kupferverluste der Umspanner bedeuten, und diese Werte auf 1 kVA gelieferte Scheinleistung bezogen sind, ferner

K_1 die jährlichen festen Kosten des Kompensators,

K_2 die jährlichen Kosten der Verluste im Kompensator bezeichnen, wobei diese Werte auf 1 kVA Blindleistung des Kompensators bezogen sind. Bei den festen Kosten sind die Zinsen und Amortisationskosten einzubeziehen. Da sich durch die Phasenkompensation die kVA der Zentrale ändern, so kann bei Benützung der Formel für Planung neuer Zentralen ein zweiter Rechnungsgang vorteilhaft sein, weil eventuell das Modell des Transformators etwas kleiner gewählt werden kann und sich daher die entsprechenden Werte von Q ändern. Der Verfasser gibt auch anschauliche Kosten-Kurven an, von denen eine, die die jährlichen Ersparnisse in vH für verschiedene Werte des $\sin \varphi_{komp}$ darstellt, daher keine absoluten Werte enthält, eine Vorausberechnung, natürlich auf amerikanische Verhältnisse bezogen, gestattet.

f. f.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 9, 1927.)

Elektrische Apparate.

Das „Pianocanto", ein Klavier mit elektrisch unterhaltenen Saitenschwingungen beschreibt Marcel Tournier. Das versuchsweise zuerst verwendete Prinzip der elektrischen Unterhaltung von Saitenschwingungen ist aus Abb. 2 ersichtlich. Es beruht auf der Kopplung des Gitter- und Anodenkreises einer Elektronenröhre *D* durch die schwingende magnetisierbare Saite *C*, die vom

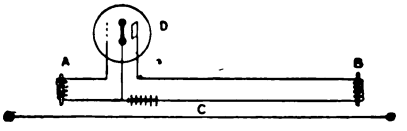


Abb. 2.

Elektromagneten *B* in Schwingungen versetzt wird und auf die Wicklung des Elektromagneten *A* induzierend wirkt. Der Verfasser sieht den Vorteil eines derartigen elektrischen Zwischengliedes in der Aufhebung der Schwingungsdämpfung, auf deren Milderung die Bestrebungen der Klaviererzeuger seit jeher gerichtet waren. Dieses Prinzip, welches die Saite selbst mit keinerlei störenden Massen, wie Kontaktstifte u. dgl. belastet, wurde im Anfange vom Verfasser zusammen mit Gabriel Gaveau erfolgreich versucht. Um genügend kräftige Wirkungen zu erzielen, muß allerdings an Stelle der Röhre *D* ein dreistufiger Niederfrequenzverstärker verwendet werden. Es wäre also für ein ganzes Klavier die praktisch unmögliche Anzahl von 242 Lampen erforderlich.

Es wurde daher zunächst eine Einrichtung versucht, bei der an Stelle der Elektromagnete *A* ein für alle Saiten gemeinsames am Resonanzboden angebrachtes Mikrophon im Gitterkreise einer Röhre verwendet wurde. Im Anodenkreise dieser Röhre lagen die Primärwicklungen von vier Transformatoren, deren Sekundär-

Digitized by Google

wicklungen an Gitter und Kathode einer weiteren Röhre angeschlossen und mit einem Kondensator überbrückt waren. Die vier Kondensatoren besaßen verschiedene Kapazität, daher auch die Gitter- und Anodenströme der zugehörigen Röhren verschiedene Phaseneinstellung. Die Saiten jeder Note wurden von einem besonderen Elektromagneten erregt und alle diese Elektromagnete wurden auf die vier Anodenkreise so verteilt, daß der Elektromagnet jeder Note die zur Erregung des Grundtones erforderlichen Phaseneinstellung besaß und die Elektromagnete eines Anodenkreises alle in Reihe geschaltet waren. Im Ruhezustande waren alle Elektromagnete kurzgeschlossen und beim Anschlagen eines Tones wurde der Kurzschluß des betreffenden Elektromagneten aufgehoben. Bei einzelnen Noten ging alles vorzüglich; jedoch beim gleichzeitigen Anschlagen mehrerer Noten geriet alles in Verwirrung, indem ein Ton das Übergewicht erhielt und die anderen verschwanden.

Es wurde dann versucht, die Saiten durch Röhrenoszillatoren, die auf gleiche Frequenz der zugehörigen Töne abgestimmt waren, zu erregen. Der Erfolg war ausgezeichnet, jedoch bildeten Preis und Raumerfordernis ein ernstes Hindernis. Auch verstimmten sich die erforderlichen hohen Induktanzen mit Eisenkern und Kapazitäten mit festem Dielektrikum zu leicht. Diese Mängel wurden dann vermieden, indem Neon-Glimmlampen in der bekannten Oszillatorschaltung verwendet wurden (Abb. 3). Eine Akkumulatorenbatterie, ein hoher Widerstand und ein Kondensator sind in Reihe geschaltet. Im Nebenschlusse zu den Kondensatorklemmen, liegt die Glimmlampe in Reihe mit einer Kopplungsspule, von der aus der Gitterkreis einer Verstärkerröhre induziert wird. Im Anodenkreise der Röhre liegen dann in Reihe geschaltet die Elektro-

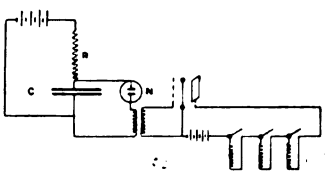


Abb. 3.

magnete von je sieben Saiten, deren Töne die höheren Oktaven des tiefsten Tones der Gruppe darstellen. Da die Kippschwingungen der Glimmlampe sehr reich an Harmonischen sind, läßt sich jede so herausgegriffene Saitengruppe mit einer einzigen Glimmlampe erregen und die Anzahl der Erregerstromkreise auf sieben vermindern. Aber so gut auch eine einzelne Gruppe mit einer eigenen Akkumulatorenbatterie funktioniert, so werden doch bei zwölf Gruppen, auf einer Batterie die Frequenzänderungen der Neonröhren mit der Spannungsabnahme der Batterie bereits sehr störend.

Die Neon- und Verstärkerröhren wurden daher schließlich durch mechanische, elektrisch erregte Vibratoren ersetzt und die schon oben erwähnte Zusammenfassung der Saiten in zwölf Gruppen mit je einem Vibrator beibehalten. Der letztere besteht aus bifilar aufgehängten Stahlstäben, deren Aufhängedrähte durch eine in der Stabmitte angreifende, einstellbare Schraubenfeder gespannt werden. An jedem Stabende befindet sich eine Kontaktfeder mit Wolframkontakt; die eine schließt den Stromkreis des Elektromagneten, der die Schwingungen unterhält, die andere den Kreis, in welchen die Saiten-Elektromagnete eingeschaltet werden. Diese sind in Parallelschaltung angeordnet und werden eingeschaltet, wenn der betreffende Ton angeschlagen wird. Die Elektromagnete sind je nach der Tonhöhe verschieden bewickelt, indem mit zunehmender Tonhöhe die Drahtstärke zu- und die Selbstinduktion abnimmt. Den Vibratorkontakten sind Kondensatoren parallel geschaltet, die zugleich die unerwünschten schärfsten Obertöne beseitigen. Diese Einrichtung, die an jedem Klavier nachträglich angebracht werden kann, erfüllte die auf sie gesetzten Erwartungen. Der Verfasser hofft, daß die geringere Eignung des Klavieres zur Gesangsbegleitung, die es bisher aus Kirche und Oper ausschloß, durch den Apparat verbessert werden dürfte. R. H.

(Bull. de la Soc. d'Encouragement 1927, Nr. 11.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Elektrisches Schweißen von Rohrleitungen. J. F. Lincoln. Die elektrische Lichtbogenschweißung ist geeignet, die Herstellung von Rohrleitungen auf eine neue Grundlage zu bringen. Der Vergleich zwischen geschweißten Rohren und solchen aus Gußeisen ergibt augenfällige Vorteile zugunsten der schmiedeisernen Konstruktion, die sich in erster Linie in der enormen Gewichtsersparnis äußern. Vergleicht man geschweißte Längsnähte mit genieteten, so ist zu berücksichtigen, daß eine einfach oder doppelt überlappt genietete Naht nur etwa 50 bis 70 vH der Festigkeit des Plattenmateriales besitzt; die Schweißnaht hat, richtig ausgeführt, volle Materialfestigkeit. Man kann daher bei gleichem Innendrucke die Wandstärke und damit das Gewicht wesentlich verkleinern, wenn die Nähte elektrisch geschweißt werden. Dabei ist zu bemerken, daß die Kosten der Schweißnaht geringer sind als die der Nieten allein. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Vergleich mit zwischen Rollen etwa wassergasgeschweißten Röhren, für welche ein Durchmesser von zirka 560 mm nach Ansicht des Verfassers als wirtschaftlich größtzulässiger Wert anzusprechen ist; bei größeren Durchmessern kam bislang nur das Nietverfahren in Betracht. Die Dichtigkeit elektrisch geschweißter Röhren ist größer, als jene der nach allen anderen Verfahren hergestellten.

Die gewaltigen technischen und wirtschaftlichen Vorteile des Elektroschweißverfahrens, insbesondere bei Anwendung der automatischen Schweißung, gehen am besten aus folgendem Ausführungsbeispiele hervor. Zur Wasserversorgung der Städte um Oakland (Bucht von San Francisco, Kalifornien) wurde eine Rohrleitung vom Mokelumneflusse ausgeführt, deren Längsnähte durchwegs elektrisch geschweißt sind. Der größte Durchmesser dieser Leitung beträgt zirka 1800 mm, die Wandstärke schwankt je nach der Verlegungsart zwischen zirka 10 und zirka 16 mm. Da die Leitung eine Gesamtlänge von zirka 145 km besitzt, wurden insgesamt zirka 78 000 t Stahl aufgewendet. Hätte man für die Längsnähte gleich starke Nietung vorgeschrieben, wären etwa 128 000 t Material notwendig gewesen, wobei sich die Kosten um etwa 3 Mill. Doll. erhöht hätten. Infolge der Neuheit der Verfahrens wurden dem Hersteller der Rohre außerordentlich scharfe Prüfbedingungen vorgeschrieben. Die Schweißnaht jedes Rohrschusses hatte bei der Abnahme einem hydraulisch erzeugten Prüfdrucke standzuhalten, der einer Zugbeanspruchung von 1610 kg/cm² in der Naht entsprach. Außerdem wurden Kaltbiegeproben mit Probestreifen angestellt, bei welchen ein Biegewinkel von 90° ohne Auftreten wesentlicher Risse gefordert wurde.

Die Schweißung der Nähte erfolgte mit Hilfe des Kohlelichtbogens in einer hiezu entworfenen automatischen Vorrichtung. Das Arbeitsstück steht still und der Lichtbogen wandert mit geregelter Geschwindigkeit über die Naht. Innerhalb und außerhalb des Rohres sorgen wasserdurchflossene Dorne mit gleicher Länge wie das Rohr für genügende Abkühlung. (Anm. d. Ber: Der Aufsatz enthält leider keine weiteren Mitteilungen über das Verfahren, sowie keinerlei Daten über die Schweißstromstärke und die Arbeitsgeschwindigkeit).

Die Rundnähte der in Rede stehenden Rohrleitung sollten ursprünglich autogen geschweißt werden, da sich hiebei aber Schwierigkeiten ergaben, wurde zur Nietung der Rundnähte gegriffen. Der Verfasser gibt der Überzeugung Ausdruck, daß in Hinkunft auch die Rundnähte elektrisch geschweißt werden dürften. Der Aufsatz enthält Vorschläge über die in diesem Falle erforderliche Formgebung der Rohrenden.

Nach Ansicht des Verfassers wird das elektrische Lichtbogenschweißverfahren bei der Herstellung von

Digitized by Google

Röhren ab zirka 150 mm Durchmesser alle anderen Verfahren verdrängen. We.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 6, 1927.)

Energiewirtschaft.

Vereinheitlichung der Stromlieferungsbedingungen der deutschen Elektrizitätswerke. B. Thierbach betont, daß sowohl die vielen Tarifarten als auch die von den einzelnen Elektrizitätswerken einseitig aufgestellten allgemeinen Stromlieferungsbedingungen einer dringenden Revision bedürfen. Wegen der allzuverschiedenen Selbstkosten in der Stromversorgung ist ein einheitlicher Strompreis im ganzen Deutschen Reiche wohl noch lange nicht zu erwarten, doch sollte man die vielerlei Tarifarten[1]) ehestens zu vereinheitlichen versuchen. Ob der in den letzten Jahren vielerorts eingeführte Gebührentarif (fixe Grundgebühr und einheitliche Arbeitsgebühr) oder aber etwa ein Dreifachtarif für Tages-, Nacht- und Spitzenstrom, welcher auch der Steigerung der Belastungsspitzen entgegenwirkt, an erster Stelle stehen wird, kann heute noch nicht entschieden werden.

Um einen ordnungsmäßigen Betrieb führen zu können, stellen die Elektrizitätswerke an ihre Abnehmer bestimmte Forderungen, für deren Durchführung sie eine Reihe von Machtmitteln besitzen.

Diese sind: 1. Hausinstallationen dürfen nur von solchen Installateuren, die vom Werke zugelassen sind, ausgeführt werden, können überwacht und bei nicht vorschriftsmäßiger Ausführung von der Stromzuführung ausgeschlossen werden.

2. Einstellung der Stromlieferung[2]) in vorhandenen Anlagen bei: unbefugter Stromentnahme, eigenmächtigen Änderungen in den Anlagen oder bei Gefährdung oder Erschwerung des Elektrizitätswerksbetriebes, unpünktlicher Bezahlung der Rechnungen, Verhinderung des Abzweigens weiterer Anlagen von einem bestehenden Hausanschluß, Zutrittsverweigerung gegenüber Beauftragten des Werkes. Verfasser empfiehlt, eine angemessene Kündigungszeit einzuhalten, was auch im Vertragswortlaut klar und deutlich auszusprechen wäre. Ein Aufsichtsrecht über Hausanlagen auch nach erfolgter Prüfung und Abnahme muß sich jedes Werk wahren. Daß das Elektrizitätswerk bei Zahlungsverzögerungen oder Verweigerungen mit Stromentziehung droht, ist mit Rücksicht auf eine geordnete Betriebsführung wohl gerechtfertigt. Der Verfasser zieht in Erwägung, ob eine allgemeine Durchführung der verzinslichen Sicherheitsstellung nicht wie in Amerika zu einem bankmäßigen Verkehr zwischen Werk und Abnehmer durchgebildet werden könnte.

3. Aufnahme der „höhere Gewalt"-Klausel in die allgemeinen Bedingungen. Die Bestimmung, daß für nicht erfolgte oder mangelhafte Stromlieferungen der Abnehmer keinen Anspruch auf Entschädigung oder Erlaß von Gebühren hat, kann nach Ansicht des Verfassers nicht aufrechterhalten werden; dem Abnehmer sei das gleiche Recht einzuräumen.

4. Der Weiterverkauf des Stromes an Dritte ist dem Abnehmer ohne Genehmigung des Werkes nicht gestattet. Es würde nach Thierbach in diesem Belang mit Rücksicht auf die heutigen Wohnungsverhältnisse genügen, den Hauptabnehmer für Stromverbrauch und Anlagen der Unterbezieher haftbar zu machen.

5. Der Stromabnehmer haftet für jede Beschädigung der den Elektrizitätswerken gehörenden Anlageteile.

6. Verbot des Energie- oder Strombezuges von anderen Kraftquellen als vom Elektrizitätswerk. Da es einem Elektrizitätswerke weniger auf die Steigerung der absoluten Höhe des jährlichen Stromabsatzes, denn auf eine Verbesserung des Ausnutzungsfaktors ankommt, laufen moderne Elektrizitätswerke mit neuzeitlichem Gebührentarif wohl kaum Gefahr, ihre Anschlußkapitalien brach liegen zu sehen, so daß diese Bedingung nicht allgemein aufrecht erhalten werden kann. Das Verlangen nach der alleinigen Energielieferung bedürfe daher stets einer besonderen Prüfung.

7. Die Elektrizitätswerke behalten sich das Recht vor, die allgemeinen Bedingungen und die Tarife abzuändern oder zu ergänzen. Diese Forderung ist wirtschaftlich selbstverständlich, soferne nicht manche Elektrizitätswerke die Vornahme solcher Änderungen jederzeit für sich beanspruchen und diese sofort nach ihrer Bekanntgabe als Vertragsbestandteil anerkannt wissen wollen, was dann einer einseitigen Ausnutzung einer Monopolstellung gleichkäme.

Schließlich weist der Verfasser darauf hin, daß für Beilegung von Meinungsverschiedenheiten ein Schiedsgericht vor Anrufung des ordentlichen Gerichtes zweckmäßig wäre. Dr. Vel.

(REA, Der elektrische Betrieb, Jahrg. 26, H. 2, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 1, 131; 1927, Das El.-Werk, S. 48.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 165.

Chronik.

Lehrkanzel für elektrische Fernmeldetechnik an der Technischen Hochschule in Wien. Vor Kurzem ist durch eine Entschließung der Bundesregierung ein langersehnter Wunsch der österreichischen Technikerschaft in Erfüllung gegangen; mit Beginn des Studienjahres 1928/29 wird an der Wiener Technischen Hochschule die Lehrkanzel für elektrische Fernmeldetechnik errichtet und mit deren Führung Ministerialrat i. R. Ing. Ernst Petritsch betraut werden. Der Errichtung der Lehrkanzel soll die Einrichtung eines Institutes für Schwachstromtechnik folgen mit entsprechenden Laboratorien und Übungssälen, auf welchen Elektroingenieure zu Spezialisten auf dem Gebiete des elektrischen Nachrichtenwesens herangebildet werden.

Prof. Petritsch hat sich, durch die Veröffentlichungen Pupins und Campbells angeregt, schon frühzeitig mit der Kabeltelephonie beschäftigt und hierüber in dieser Zeitschrift wertvolle Beiträge veröffentlicht. Aus der österreichischen Telegraphenverwaltung ausgeschieden, begab er sich 1921 in den Dienst der Niederlande, wo er sich dem Ausbaue des Kabelnetzes und der Neuorganisation des Fernsprechwesens widmete. Hierbei hat er namentlich zur Entwicklung der Seekabel beigetragen, die zur Verbindung der Niederlande mit England erforderlich waren. Bereits 1924 kam unter seiner Mitwirkung der Zusammenschluß der Kabelnetze dieser beiden Länder zustande. Dies war der erste mit den neuen technischen Hilfsmitteln durchgeführte zwischenstaatliche Anschluß und er bildete den Ausgangspunkt eines sich stets weiter ausdehnenden zwischenstaatlichen Durchgangsverkehres von England nach Deutschland, Dänemark, Schweden und den Ostseestaaten. Daß die Niederlande derzeit bereits über ein nach allen Richtungen ausgebautes Kabelnetz verfügen, das nicht nur an alle Nachbarländer angeschlossen ist und einen umfangreichen Durchgangsverkehr bewältigt, sondern auch am Telegraphenverkehr mit Amerika und Niederländisch Indien teilnimmt, ist zum großen Teil seiner Umsicht und Sachkenntnis zu danken. Bereits 1910 Delegierter der österreichischen Verwaltung auf der Konferenz der Telegraphen- und Telephoningenieure in Paris gehörte er dem Comité Consultatif International pour la Téléphonie à grande distance seit seiner Errichtung an und er hat an den Arbeiten dieses Komitees großen Anteil genommen.

Ernennung. Dr. Ing. Georg Keinath, Direktor im Wernerwerk der Siemens & Halske A.-G., Berlin, ist zum Honorarprofessor in der Fakultät für Maschinenwirtschaft an der Technischen Hochschule Charlottenburg ernannt worden. Prof. Dr. Keinath wird, beginnend mit dem Wintersemester 1928/29, Vorlesungen über ausgewählte Kapitel der elektrischen Meßtechnik und ihre praktische Anwendung halten.

10. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde vom 23. bis 26. Juni 1928 in Dortmund. Auf der Tagesordnung der diesjährigen Jahresversammlung stehen am 24. Juni (im Dortmunder Rathaus)

Digitized by Google

Vorträge über das Thema: „Gase in Metallen". (Vortragende: Prof. Dr. A. Sieverts, Jena; Dr. ing. E. H. Schulz, Dortmund; Dr. ing. W. Hessenbruch, Bochum; Dr. ing. F. Rapatz, Büderich; J. Czochralski, Frankfurt a. M.; Dr. W. Rohn, Hanau a. M..

Am 25. Juni werden kurze Vorträge (im Kasino) über die Technologie der Metalle, insbesondere von Zink, Kupferlegierungen, Nickel und Nickellegierungen, sowie eine Vortragsreihe über Aluminium und seine Legierungen abgehalten. Technische Besichtigungen beschließen am 26. Juni die Tagung.

Eine Brennstoff-, Kraft- und Wärmetagung für die Stadtwirtschaft veranstaltet die Brennkrafttechnische Gesellschaft im Verein mit dem sächsischen Dampfkessel-Überwachungsverein am 3. und 4. Juli im Planetarium auf der Ausstellung „Die Technische Stadt" in Dresden. Von den angekündigten Vorträgen sind besonders jene über Kohlenstaubfeuerung (Dipl. Ing. Gumz, S.S.W.), über Dampfkraft und Fernheizung unter dem Einfluß der Dampfdrucksteigerung (Prof. Dr. Pauer) und über Höchstdruckdampf (Direktor Hartmann der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft) zu erwähnen. Einlaßscheine zur Tagung sind kostenlos von der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, Berlin W 9, Potsdamerstraße 19, erhältlich.

Straßenbahnausstellung Essen 1928. Auf der anläßlich der Hauptversammlung des Vereines Deutscher Straßenbahnen, Kleinbahnen und Privateisenbahnen vom 21. bis 30. September d. J. veranstalteten Ausstellung sollen die Planung und Linienführung von Straßen- und Überlandbahnen, die Baustoffe, der Baubetrieb, die elektrischen Einrichtungen und die Betriebsmittel der Straßenbahnen, besondere Bahnanlagen und Einrichtungen (Spezialkleinbahnen, Zahnradbahnen, Güter- und Hafenbahnen) und schließlich die Verkehrswirtschaft nach dem heutigen Stande gezeigt werden. Nähere Auskünfte erteilt das Büro der Ausstellung, Essen, Norbertstraße 2.

Österreichischer Normenausschuß für Industrie und Gewerbe. Hauptversammlung 1928. Montag, den 18. Juni 1928, 18 Uhr im Industriehaus, kleiner Festsaal, Wien III., Schwarzenbergplatz 4. Anschließend an die Hauptversammlung: 1.) Referat von Ing. Ettel: „Der gegenwärtige Stand und das Wesen der österreichischen Normung im Vergleich zum deutschen Normwerk". 2.) Referat von Baudirektor Ing. O. Stern: „Fortschritte in der österreichischen Baunormung".

Literaturberichte.

3686 **Les Alternateurs industriels.** Von L. Barbillion und P. Bergeon. Aus der Sammlung: Bibliothèque de l'ingénieur électricien-mécanicien, herausgegeben von L. Barbillion. 278 Seiten mit 239 Textabb. und 8 Tafeln. Verlag von A. Michel, Paris 1927.

Das zur Behandlung stehende Gebiet, Theorie, Konstruktion und Berechnung der Synchronmaschinen, ist heute bereits ein derart umfangreiches, daß eine Darstellung in dem beschränkten Ausmaß einer kurz gefaßten Monographie, bestimmt für Anfänger mit einigen technischen Vorkenntnissen, nur die Grundprobleme zum einführenden Verständnis umfassen kann. Die vorliegende Arbeit kann daher auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. So läßt die Darstellung leider eine Behandlung der Streuprobleme und der Zusatzverluste gänzlich vermissen, deren Wert für die Konstruktion und die Beurteilung der Synchronmaschinen heute bereits als nahezu ausschlaggebend erkannt ist. Dagegen sind sonst im allgemeinen die grundlegendsten Erkenntnisse für die Berechnung, den Bau und für das Verständnis der Erscheinungen in leicht faßlicher Form vermittelt, wobei auch das historische Moment gestreift ist und sich in anerkennenswerter Weise Andeutungen der Theorie des Parallelbetriebes finden. So ist das Buch für den Studierenden voll wertvoller Anregungen, während der mit der Materie Vertraute kaum nennenswerte neue Bereicherungen daraus schöpfen wird; doch ist dies ja auch nicht in den Zielen der Verfasser gelegen.

Schwarz.

3684 **Festigkeitslehre für Ingenieure.** Von Dipl. Ing. H. Winkel †, Studienrat an der Beuthschule. Nach dem Tode des Verfassers bearbeitet und ergänzt von Dr. Ing. K. Lachmann. 494 Seiten mit 363 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geb. Mk. 26·—.

Das Buch verfolgt verschiedene Zwecke. Es ist ein Lehrbuch, das möglichst ausführlich und elementar die theoretischen und experimentellen Grundlagen bespricht, es ist aber auch, wie aus der großen Zahl der Abbildungen und Beispiele hervorgeht, ein verwendbares Übungsbuch. Das Buch umfaßt außer den elementaren Beanspruchungen des stabförmigen Körpers (Balken, Träger, Welle und dgl.) die Behandlung der gekröpften Wellen, die statisch unbestimmten Träger, die schwach und stark gekrümmten Stäbe, die Festigkeit von Federn, Hohlkörpern und Gefäßen, die Festigkeit ebener Platten, umlaufende Räder und Scheiben und schließlich die Wärmespannungen. Es greift auch auf die Nachbargebiete der Festigkeitslehre über, bringt gelegentlich nomographische Lösungen, behandelt ausführlich die Berechnung der Trägheitsmomente auf analytischem und graphischem Wege, bringt ausführliche Zahlentafeln für Lösung von Einzelfällen und befleißt sich durchgehends einer sehr weitgehenden Ausführlichkeit in dem ständigen Bestreben, möglichst viele mit den verwendeten Mitteln erfaßbare Einzelfälle zu besprechen. Es wendet sich weit eher an Hochschüler und Ingenieure als an technische Mittelschüler. Für ein Lehrbuch, das den Studierenden rasch auf ein Ziel hinführen soll, scheint es dem Berichterstatter wohl vielfach zu breitspurig gehalten. Doch sei die Anschaulichkeit der Darstellung, die Exaktheit der Abbildungen und die ständige Verbindung von Theorie und Praxis anerkennend hervorgehoben. Jeder Lehrer wird dem Buche eine Fülle interessanter Aufgaben entnehmen können.

A. Basch.

3682 **Fabrikorganisation für den mittleren und kleinen Betrieb.** Von W. Rahm. 106 Seiten. Reinhold Wichert, Verlagsanstalt „Soll und Haben", Berlin-Lichterfelde 1927. Preis geb. Mk. 5·—.

Da die meisten Veröffentlichungen über Fabriksorganisation die notwendigerweise sehr verwickelten Einrichtungen großer und größter Betriebe behandeln, stellt sich der Verfasser die Aufgabe, das herauszuschälen, was sich für mittlere und kleine Betriebe eignet. Als Kennzeichen der Größe eines Betriebes kann im allgemeinen die Arbeiteranzahl gelten, zum mindesten, wenn es sich um Maschinenfabriken handelt, auf die das Buch in erster Linie eingestellt ist. Das Buch wendet sich an Fachleute und ist durchaus nicht als Lehrbuch gedacht. Inhaltlich stellt es die Organisation einer mittleren Maschinenfabrik dar, die mit einem kleinen Beamtenstand doch ein geschlossenes System mit allen gegenseitigen Kontrollen zwischen Betrieb, Verkauf und Buchhaltung darstellt. Aus dem Vergleich des eigenen Betriebes mit dem geschilderten Musterbetrieb wird der Leser umsomehr Vorteil ziehen, je schlechter seine bisherige Organisation gearbeitet hat.

C. Wlach.

Neue Bücher.

3594 Evolventenverzahnung. Von Dipl. Ing. H. Friedrich. (Theoretische Untersuchungen für Maschinenbau und Bearbeitung, 1. Heft.) 77 Seiten mit 67 Abb. und 10 Tabellen. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1928. Preis Mk. 7·—.

In dem Buche werden unter der Voraussetzung der Kenntnis der Konstruktionselemente der Zahnrädergetriebe die grundlegenden Konstruktions- und Bearbeitungsbedingungen der Verzahnungen, insbesondere der Evolventenverzahnung behandelt. Bei der Bearbeitung wird besonders ausführlich die Stirnradhobelmaschine besprochen, die übrigen Herstellungsverfahren und die Herstellung der Kegel- und Schraubenräder werden nur allgemein erörtert. Das Buch kommt für den-

Digitized by Google

jenigen in Betracht, der das reichhaltige Sonderschrifttum über Zahnräder schon kennt und sich mit Verzahnungsfragen befaßt. —k.

3674 Der Einfluß der Dampftemperatur auf den Wirkungsgrad von Dampfturbinen. Von Dr. Ing. A. Zinzen. 66 Seiten mit 34 Abb. Berlin, Verlag Julius Springer, 1928. Preis Mk. 6·—.

Der Verfasser untersucht rechnerisch die verschiedenen Theorien über die Veränderlichkeit des Dampfturbinenwirkungsgrades mit der Temperatur des zugeführten Dampfes und überprüft die Ergebnisse an Hand von Versuchen an ausgeführten Turbinen. Auch der Einfluß der Zwischenüberhitzung und des Hochdruckteiles auf den Gesamtwirkungsgrad wird erörtert. Das Büchlein wird dem Dampfturbinenkonstrukteur als Ergänzung zum vorhandenen Schrifttum gute Dienste leisten. —k.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Österreichische Brown Boveri-Werke A.-G. in Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für 1927.) Das Geschäftsjahr 1927 stand unter dem Einflusse der nicht wesentlich gebesserten Wirtschaftskrise. Trotzdem ist es gelungen, den vorjährigen Umsatz zu überschreiten. Die drohende Einstellung der Elektrifizierung der Österreichischen Bundesbahnen konnte sich im Berichtsjahre noch nicht auswirken; aber auch von einer zwei- bis dreijährigen Hinausschiebung der weiteren Elektrifizierung wird nachteilige Einwirkung auf die fernere Entwicklung der Elektroindustrie befürchtet. Von den Aufträgen im Berichtsjahre werden erwähnt: Eine größere Anzahl großer Gleichrichteranlagen, Dampfturbogebläsegruppen für die Gemeinde Wien, Fahrleitungen und Zugheizungsausrüstungen für die Österreichischen Bundesbahnen, die elektrische Ausrüstung der Hafelekar-Seilbahn in Innsbruck, ferner eine größere Anzahl von Motorwagen für die Straßenbahnen in Belgrad und Sofia, sowie auch mehrere Dampfturbinenanlagen für die Industrie. Aus dem Auftrag der Österreichischen Bundesbahnen auf Lieferung von Gebirgsschnellzugslokomotiven wurden die letzten fünf Stück geliefert und in Betrieb gesetzt, desgleichen die großen Schaltanlagen für die Tiroler Wasserkraftwerke Aktiengesellschaft und die Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. Die Elektromaterialabteilung hat, wie im Vorjahre, mit Nutzen abgeschlossen. Die ungarische Brown Boveri-Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Budapest konnte ihren Umsatz im Berichtsjahre erhöhen und hat ein positives Erträgnis ergeben. Die Tschechoslowakische Brown Boveri-Werke Aktiengesellschaft in Prag hatte unter dem überaus schweren Konkurrenzkampf zu leiden, wenngleich die Fabrikation in fortwährendem Steigen begriffen ist. Die Jugoslawische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Brown Boveri in Belgrad konnte trotz des wesentlich größeren Umsatzes infolge des heftigen Wettbewerbes kein befriedigendes Resultat erzielen. Die Rumänische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Brown Boveri in Bukarest arbeitet in aufstrebender Richtung und es nimmt auch der Umfang der Geschäfte stetig zu. Die Gesellschaft hat mit der Gemeinde Bukarest einen Vertrag, betreffend den Ausbau der Jalomita-Wasserkräfte, abgeschlossen. Die Société anonyme Roumaine pour force et lumière électrique in Bukarest, welche auf Grund des Vertrages den Bau des Kraftwerkes und der Leitungsanlagen übernehmen wird, ist bereits konstituiert. Aus dem Reingewinn von S 750 518·85 (bei 4·3 Mill. S Rohgewinn) werden 12 vH Dividende auf das Aktienkapital von S 4 000 000 ausgeschüttet. In der Bilanz per 31. Dezember 1927 sind Grundstücke, Gebäude, Maschinen und Werkzeuge zusammen mit rund 19 Mill. S bewertet, Rohmaterial, Halbfabrikate und unfertige Installationen mit 5·7 Mill. S.

Steiermärkische Elektrizitäts-Gesellschaft, Graz. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1927.) Am Ende des Berichtsjahres betrug der Gesamt-Anschlußwert 20 362 kW. Die Erhöhung gegenüber dem Vorjahre um 1014 kW ist auf die Erschließung neuer Absatzgebiete zurückzuführen. Die Stromerzeugung hat gegenüber dem Vorjahre eine Vermehrung von 7 196 727 kWh auf 54 764 716 kWh erfahren, und zwar durch die bessere Beschäftigung der an die Netze angeschlossenen Industrien und vorübergehende Stromlieferungen an die Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. Die Einnahmen aus dem Stromverkaufe betrugen S. 3 677 406. Das Anlagenkonto ist um S. 128 508·46 durch den Ausbau neuer Verteilungsnetze auf S. 19 486 717·17 gestiegen. Aus dem Reingewinn von S. 314 036·93 werden 5 vH Dividende auf das Aktienkapital von S 6 000 000 zur Ausschüttung gebracht..

Dr. Paul Meyer Aktiengesellschaft, Berlin. Spezialfabrik elektrotechnischer Schaltapparate, Meßinstrumente und Schaltanlagen. (Aus dem Geschäftsbericht für 1927.) Im Berichtsjahre konnten die Umsatzziffern besonders im Inland gesteigert werden, auch war es möglich, einen erheblich höheren Auftragsbestand als im Vorjahre in das neue Geschäftsjahr hinüber zu nehmen. Mit der AEG wurde ein Abkommen getroffen, wonach die Zählererzeugung von Dr. Meyer im Austausch gegen andere Fabrikationszweige an die AEG übergeht. Der Auftragseingang in den ersten Monaten des neuen Geschäftsjahres ist befriedigend. Aus dem Reingewinn von Mk. 345 105 werden 8 vH Dividende auf das A. K. von Mk. 3·5 Mill. verteilt. Im Rechnungsabschluß sind Grundstücke, Gebäude, Fabriks- und Betriebseinrichtungen sowie Werkzeugmaschinen mit rund 1 Mill. Mk. bewertet, ferner die Warenbestände mit Mk. 2·185 Mill., Inventar und Fuhrpark, Werkzeuge und Lehren, Modelle, Patente und Beteiligungen sind auf je 1 Mk. abgeschrieben.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	4. VI. 1928	6. VI. 1928	8. VI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139¼	139½	139½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	93—98	93—98	94—100

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 8. Juni 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	64	3	9	64	5	0
Standard 3 Monate .	64	3	9	64	5	0
Zinn:						
Engl. Ingots	223	0	0	224	0	0
Standard Kassa . .	223	15	0	223	17	6
Standard 3 Monate .	223	0	0	223	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	16	3	25	12	6
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	26	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 24. Juni 1928 | Heft 26

ZUR GEMEINSCHAFTLICHEN TAGUNG

DER

VEREINIGUNG DER ELEKTRIZITÄTSWERKE, BERLIN

UND DES

VERBANDES DER ELEKTRIZITÄTSWERKE, WIEN

WIEN **26. bis 29. Juni 1928**

Die Elektrizitätsversorgung Wiens.

Von Ing. Eugen **Karel**, Direktor der städtischen Elektrizitätswerke Wien.

Die Bedeutung der Bundeshauptstadt Wien, die ein Drittel der Bevölkerung unseres nunmehr so kleinen Vaterlandes in ihren Mauern hält, mag es als begründet erscheinen lassen, eine eingehende Darstellung der Elektrizitätswerksanlagen dieser Stadt und im Anschluß daran eine solche von Einzelheiten im Ausbau der Werke an die Spitze dieses Heftes zu stellen, das sich zur Aufgabe gemacht hat, in großen Zügen ein Bild von dem gegenwärtigen Stande der Elektrizitätsversorgung Österreichs zu entwerfen.

Was jene von Wien anbelangt, so war sie in ihren Anfängen vollständig der Initiative des Unternehmertums überlassen.

Es entstanden in Wien drei Elektrizitätswerke: Die Gleichstromzentrale der Wiener Elektrizitätsgesellschaft (2×110 V) zur Versorgung des V., VI. und VII. Gemeindebezirkes im Jahre 1890, die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft mit Dampfkraftwerken im I. und II. Gemeindebezirke (4×110 V, Fünfleitersystem) im Jahre 1889 und das Ein- und Zweiphasenwechselstromwerk der Internationalen Elektrizitätsgesellschaft (2000 V/110 V, 46 Per/s) im Jahre 1889.

Dem gesteigerten Bedürfnis nach elektrischer Energie konnten diese Werke schon deshalb nicht genügen, weil ihr Aktionsbereich mit Rücksicht auf die verhältnismäßig geringe Netzspannung nicht die ganze Stadt umfassen konnte. Mit der Umwandlung der Pferdetramway auf elektrischen Betrieb war es aber nötig, Strom in alle Teile des Stadtgebietes abzugeben. Dies konnte dadurch ermöglicht werden, daß Drehstrom von 5000 V einzelnen, über das gesamte Stadtgebiet gleichmäßig verteilten Unterwerken zugeführt und in diesen in Straßenbahnstrom und nebenbei auch in Lichtstrom umgewandelt werden sollte. Die Gemeindeverwaltung entschloß sich damals, die Stromversorgung der Straßenbahn und im Zusammenhange damit auch die Kraft- und Lichtversorgung selbst in die Hand zu nehmen, und so wurde im Jahre 1900 mit dem Bau des Dampfkraftwerkes Simmering, das für eine Leistung von 24 000 PS eingerichtet wurde, begonnen. Die Zahl der Unterstationen war damals mit 5 bemessen.

Schon kurz nach Inbetriebsetzung wurde die Schaffung eines Drehstromlichtnetzes in den äußeren Bezirken der Stadt erforderlich. Hiedurch war es möglich, jene Gebiete mit Strom zu versorgen, die von den privaten Gesellschaften der großen Entfernungen wegen nicht mehr beliefert werden konnten. Diese moderne Ausstattung ermöglichte es, daß die städt. Elektrizitätswerke den nunmehr einsetzenden Konkurrenzkampf mit den

Digitized by Google

privaten Werken siegreich bestehen konnten. Und so wurden diese Werke vom Jahre 1907 angefangen bis 1924 allmählich von den Elektrizitätswerken eingelöst. Während das Dampfkraftwerk der Internationalen Elektrizitätsgesellschaft im II. Bezirk als solches bestehen blieb, jedoch allmählich völlig modernisiert wurde, wurden die übrigen Werke in Unterwerke der städt. Elektrizitätswerke umgewandelt. Durch die Übernahme der privaten Werke war das langersehnte Elektrizitätsmonopol der Gemeinde erreicht.

Nach wie vor bezogen die Wiener städt. Elektrizitätswerke die Kohle für ihre Dampfkraftwerke aus den böhmischen und schlesischen Kohlenbergbauen, und zwar zu solchen Preisen, daß der mit Dampf erzeugte Strom billiger zu stehen kam als ein aus Wasserkräften erzeugter, weshalb alle Studien, die seitens des Unternehmens wegen Ausbau von Wasserkräften gepflogen wurden, zu keinem Ergebnis führten.

Um sich vom Kohlenmarkte möglichst unabhängig zu machen, suchte die Gemeinde Wien einen Steinkohlenbergbau in Ostrau zu erwerben; ihr Bemühen scheiterte jedoch. Im Jahre 1912 wurde das Braunkohlen-Bergwerk Zillingdorf in Niederösterreich erworben, das entsprechend erweitert wurde, so daß es bereits nach beinahe zwei Jahren imstande war, das neuerbaute Dampfkraftwerk Ebenfurth mit Kohle zu versorgen. Die in diesem erzeugte Energie wird mittels einer 40 km langen 70 000 V-Leitung nach Wien geleitet.

Als nach dem Kriege die österr.-ung. Monarchie zerfiel, verlor Österreich seine inländischen Kohlenfelder und die städt. Elektrizitätswerke gingen deshalb sofort daran, ihre Bergbaue und das zugehörige Ebenfurther Kraftwerk zu vergrößern. Dieses Werk wurde auf eine Leistung von 52 000 PS gebracht. Später beschloß die Wiener Gemeindevertretung auch den Ausbau zweier Wasserkräfte — Opponitz und Gaming — und den Stromankauf aus dem Kraftwerke Partenstein der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts A. G. (OWEAG), um sich von der Auslandskohle unabhängig zu machen. Der aus diesen Kraftwerken gewonnene Strom wird mittels 100 kV-Leitungen nach Wien gebracht. Um aber für die Zwischenzeit der Nachfrage nach Strom genügen zu können, erfuhren die bestehenden Dampfkraftwerke eine ausgiebige Vergrößerung. Gleichzeitig wurde auch das Kraftwerk in der Engerthstraße unter Abänderung der Kesselanlage durch Einbau geeigneter Roste für die Verwendung von österreichischen Braunkohlen umgebaut. Der Ausbau der beiden erwähnten Wasserkraftanlagen wurde von der Wasserkraft A. G. durchgeführt. Diese Gesellschaft wurde im Jahre 1921 von der Gemeinde im Verein mit den Wiener Banken gegründet, doch wurde die Gesamtheit der Aktien bereits im Jahre 1922 von der Gemeinde Wien übernommen. Die zur Vollendung der Bauten erforderlichen Kapitalien wurden von der Gemeinde Wien vorschußweise zur Verfügung gestellt. Die Rückzahlung derselben erfolgt aus der im Jahre 1922 vom Wiener Landtage beschlossenen Abgabe auf den Verbrauch von Gas und Elektrizität (1·5 vH bzw. 4 vH des Entgeltes für Gas bzw. Elektrizität).

Das Kraftwerk Opponitz (55 000 000 kWh jährl.) wurde im Jahre 1924, das Kraftwerk Gaming (30 000 000 kWh Jahresleistung) im Jahre 1926 fertiggestellt.

Für die Fortleitung der gewonnenen Energie nach Wien war die Erbauung einer 140 km langen 100 kV-Leitung erforderlich, die durch eine 70 km lange Leitung gegen Oberösterreich hin verlängert wurde, über welche der Strom aus dem Kraftwerk Partenstein bezogen wird. Gleichzeitig mit dem Bau dieser Kraftwerke wurde auch für die Verteilung der Energie im Bereiche der Stadt an Stelle der bisherigen Spannung von 5000 V auf eine solche von 28 000 V übergegangen, neue Umspannwerke teils gebaut, teils geplant und schließlich auch eine Vermehrung der Unterwerke vorgenommen. Der nachfolgende Aufsatz wird sich mit dem Einzelnen näher befassen.

Schließlich bestehen noch einige Kleinwasserkraftanlagen im Weichbilde der Stadt, welche durch die städt. Wasserleitung betrieben werden. So kam es, daß im Jahre 1927 von den erzeugten 479 Mill. kWh, 35·5 vH aus Wasserkräften bezogen wurden. Die mit inländischer Kohle beschickten Kraftwerke erzeugten im selben Jahre 153 Mill. kWh oder 32 vH der Gesamterzeugung, während auf das bloß mit ausländischer Kohle betriebene Kraftwerk Simmering nur 155·9 Mill. kWh oder 32·5 vH der Erzeugung entfielen.

Gegenwärtig findet eine Erweiterung des Kraftwerkes Simmering durch Einstellung eines Hochdruckblockes mit vier Kesseln von 1150 m² Heizfläche und 36 at Überdruck und zwei Dampfturbinen von zusammen 50 000 PS-Leistung statt. Die bei demselben vorgesehene Kohlenstaubfeuerung gestattet die Verwendung von inländischer Kohle, so daß die städt. Elektrizitätswerke vom Bezuge ausländischer Kohle gänzlich unabhängig sein werden, wodurch das nach dem Kriege gesteckte Ziel erreicht wurde. Auch darüber wird in einem der folgenden Aufsätze eingehend gesprochen.

Die städt. Elektrizitätswerke haben nunmehr ihr Augenmerk auf eine Vereinheitlichung des Betriebes und einer möglichst großen Betriebssicherheit zugewendet.

Langsam beginnt sich die Stadt Wien von der schweren Industrie- und Wirtschaftskrise der Nachkriegszeit zu erholen, was auf Grund des stetig steigenden Stromverbrauches nachgewiesen werden kann.

Im Jahre 1928 muß bereits mit einem Zuwachs von mindestens 60 Mill. kWh gerechnet werden. Wie den erwähnten zwei Bedingungen entsprochen werden soll, geht aus dem erst erwähnten nachfolgenden Aufsatz hervor, es erübrigt nur noch zu erwähnen, daß der gesamte Umbau der Verteilungs- und Umformeranlagen innerhalb drei Jahren vollendet sein wird, so daß nach Ablauf dieser Zeit die städt. Elektrizitätswerke allen

Digitized by Google

neuzeitlichen Ansprüchen bezüglich Ausgestaltung ihrer Anlagen und bezüglich der Betriebssicherheit gerecht werden können.

Die städt. Elektrizitätswerke glauben vor allem dazu berufen zu sein, beim Übergang der Bundesbahnen auf elektrischen Betrieb sowie in der österreichischen Verbundwirtschaft eine große Rolle spielen zu können, da sie durch ihre großen Wärmekraftwerke in Verbindung mit Wasserkraftwerken den sicheren Strombezug gewährleisten können. Sie wenden auch ihr besonderes Augenmerk der Verwendung von Nachtabfallkraftstrom zu, welcher durch die Wasserkraftwerke geliefert wird. Diesbezüglich wurden auch alle Möglichkeiten bezüglich einer Pumpenspeicherung nächst Wien eingehend untersucht und ein bezügliches Bauprojekt aufgestellt.

Die von der Gemeinde Wien in der Nachkriegszeit eingeschlagene Strompreispolitik bezweckt, den Strom zum Selbstkostenpreis abzugeben. Hiedurch hat sich die Zahl der Verbraucher von 176 000 auf über 600 000 und die Stromerzeugung von 229 Mill. kWh auf jährlich rund 530 Mill. kWh erhöht. Es sind dies für Wiener Verhältnisse ganz außerordentliche Zunahmen, namentlich wenn man bedenkt, daß wir uns mitten in einer Industriekrise befinden. Der Strompreis beträgt gegenwärtig für Licht, ausschließlich Warenumsatz- und Elektrizitätssteuer 49·4 g, für Kraft 23·4 g je kWh, das ist bei Licht 49 vH und bei Kraft 54 vH des Vorkriegspreises. Der Kraftstrom unterliegt überdies weitgehenden Rabattsätzen. Der Lichtstrom für Gast- und Kaffeehäuser sowie Reklamebeleuchtung der Geschäfte u. dgl. wurde ab 20 Uhr bzw. 18 Uhr um 50 vH ermäßigt, während der Nachtstrom für Speicheranlagen um 5 bis 7 g abgegeben wird.

Die öffentliche Beleuchtung der Stadt Wien wird nach und nach ganz auf elektrischen Betrieb umgestellt, der Übergang ist schon zum großen Teile vollzogen. Im Jahre 1924 betrug die Anzahl der elektrischen Lampen der öffentlichen Beleuchtung 2050, während dieselbe Ende 1927 bereits 14 575 betrug. Der Strompreis für Zwecke der öffentlichen Beleuchtung ist ein ganz minimaler, da hiezu ja hauptsächlich billiger Nachtstrom Verwendung findet.

Die obenerwähnten Umstände erlauben es auch dem minderbemittelten Teile der Bevölkerung, sein Heim elektrisch zu beleuchten. Die städt. Elektrizitätswerke haben es übrigens durch Einführung von Wohnungs- und Steigleitungsinstallationen erreicht, daß in den letzten Jahren rund 35 000 Kleinwohnungen mit elektrischem Licht versehen wurden. Gegenwärtig sind 72 vH der Wohnungen elektrisch beleuchtet.

Um der Bevölkerung die einzelnen elektrisch betriebenen Haushaltungsapparate vorführen zu können, haben die städt. Elektrizitätswerke in ihrem Direktionsgebäude einen Ausstellungs- und Vortragsraum eingerichtet, in welchem jedermann sich über die modernsten Einrichtungen auf diesem Gebiete unterrichten kann. Trotz des kurzen Bestandes dieser Institution wurde durch sie der angestrebte Zweck, nämlich die Wachrufung des Interesses der breitesten Schichten der Bevölkerung für die Anwendung der Elektrizität auf allen Gebieten des Lebens erreicht. Auch dienen diese Einrichtungen dazu, einen innigen Kontakt zwischen der Bevölkerung und den städt. Elektrizitätswerken herzustellen und das Vertrauen der Kundschaft zu stärken, was nicht zuletzt durch die Rolle der städt. Elektrizitätswerke als uneigennütziger Berater erfolgt. Alle diese Bemühungen haben bereits einen fühlbaren raschen Anstieg des Stromverbrauches bewirkt, der für die Zukunft das Beste erhoffen läßt.

Zum Schlusse will ich noch meiner Freude Ausdruck geben, daß der Elektrotechnische Verein in Wien ein Heft seiner Zeitschrift der gemeinschaftlichen Tagung der „Vereinigung" und des „Verbandes" gewidmet und den Mitgliedern des „Verbandes" so Gelegenheit gegeben hat, in einer Folge von Aufsätzen den Stand der österreichischen Elektrizitätswirtschaft kennen zu lernen.

Erneuerung und Erweiterung der Betriebsanlagen der Wiener städtischen Elektrizitätswerke. Ihre zukünftige Stellung in der Elektrizitätswirtschaft Österreichs.

Von Direktionsrat Ing. Josef **Schlögl**, Wien.

Während des Weltkrieges konnten die Wiener städtischen Elektrizitätswerke nur die allerwichtigsten Neuanschaffungen und Instandhaltungsarbeiten in ihren Anlagen durchführen, obgleich gerade die Abnützung einzelner Teile mit Rücksicht auf die Verwendung minderwertiger Betriebsmittel von stets wechselnder Herkunft eine ungewöhnliche große war. Aber auch ein Großteil der Neuanschaffungen hatte infolge Verwendung ungeeigneter Bau- und Ersatzstoffe eine kürzere Lebensdauer wie die aus der Vorkriegszeit stammenden, weshalb mit ihrer baldigen Erneuerung gerechnet werden mußte. So wurden, um nur ein Beispiel anzuführen, für die während des Weltkrieges errichteten Mittelspannungsleitungen Holzmaste verwendet, die wohl mit fäulniswidrigen Stoffen in sparsamster Weise getränkt waren, deren Lebensdauer aber jene ungetränkter Maste nicht wesentlich übertraf. Nach dem Friedensschluß folgte die Zeit der Noteninflation, während welcher eine wesentliche Besserung für die städtischen Elektrizitätswerke nicht zu verzeichnen war. Erst nach Stabilisierung der Währung war es möglich, die Wiederherstellungsarbeiten in den einzelnen Betriebsanlagen in gesteigertem Maße aufzunehmen. Gleichzeitig aber erfolgte eine vollständige

Digitized by Google

Umstellung sowohl bezüglich der Erzeugung als auch der Verteilung der elektrischen Energie.

Durch den Ausbau der Wasserkraftwerke und durch den stark anwachsenden Stromverbrauch waren die Elektrizitätswerke gezwungen, sowohl die Verteilspannung, als auch die Art der Energieverteilung grundsätzlich zu ändern. Hatte vorher eine Verteilspannung von 5000 V genügt, so mußte nunmehr auf eine solche von 28 000 V übergegangen werden[1]), die selbstverständlich auch die Errichtung von Umspannwerken bedingte. Während vorher der in Wien abgesetzte Strom zur Gänze in Dampfkraftwerken erzeugt wurde, die innerhalb des Stadtgebietes gelegen waren, wurde ab 1917 ein Teil des Strombedarfes aus dem rund 40 km von Wien entfernt gelegenen Dampfkraftwerk Ebenfurth und, vom Jahre 1924 angefangen, ein weiterer Teil aus den mehr als 100 km entfernt liegenden Wasserkraftwerken gedeckt.

Durch den Fernstrombezug hatte selbstverständlich auch die Betriebssicherheit der städtischen Elektrizitätswerke eine Einbuße erlitten. So wurde beispielsweise während der ersten Betriebsjahre die Leitung Ebenfurth-Wien bei jedem Gewitter stark in Mitleidenschaft gezogen, da fast jeder Blitzschlag eine selbsttätige Auslösung der Leitungs-Ölschalter zur Folge hatte. Dieser Übelstand konnte erst beseitigt werden, als es durch den Einbau der damals erst auf den Markt gebrachten Erdschlußstrom-Löschvorrichtung gelang, der Sache Herr zu werden. Hiedurch wurde mit einem Schlage die Betriebssicherheit der städtischen Elektrizitätswerke wieder bedeutend erhöht. Ein anderer Übelstand, der aber mechanischer Natur ist, tritt gerade im Winter zur Zeit des größten Strombedarfes auf. Es ist dies die gefürchtete, außergewöhnlich starke Beanspruchung der Freileitungen durch Eis und Rauhreif, die zu Leitungsbrüchen oder zu Kurzschlüssen infolge Zusammenschlagens der Leitungsseile führen kann. Selbstverständlich sucht man die einmal erkannte Gefahr durch rechtzeitig getroffene Vorkehrungen zu bannen, sie aber mit völliger Sicherheit zu beseitigen, liegt wohl nicht in unserer Macht. Aus diesen Gründen muß Vorsorge getroffen werden, daß eine Störung, die in einem Kraftwerke auftritt, nicht den gesamten Betrieb lahmlegt, sondern daß im Gegenteil die übrigen Kraftwerke die entfallende Belastung selbsttätig übernehmen. Dies setzt allerdings voraus, daß keines der Kraftwerke zur Zeit der Übernahme voll belastet ist. Aus diesem Grunde hoben die Wiener städtischen Elektrizitätswerke die bestandenen Vermaschungen des Hochspannungsnetzes auf, um an deren Stelle eine getrennte Anspeisung der einzelnen Umspann- und Unterwerke nach einer bestimmten Art durchzuführen, welche später näher beschrieben werden soll.

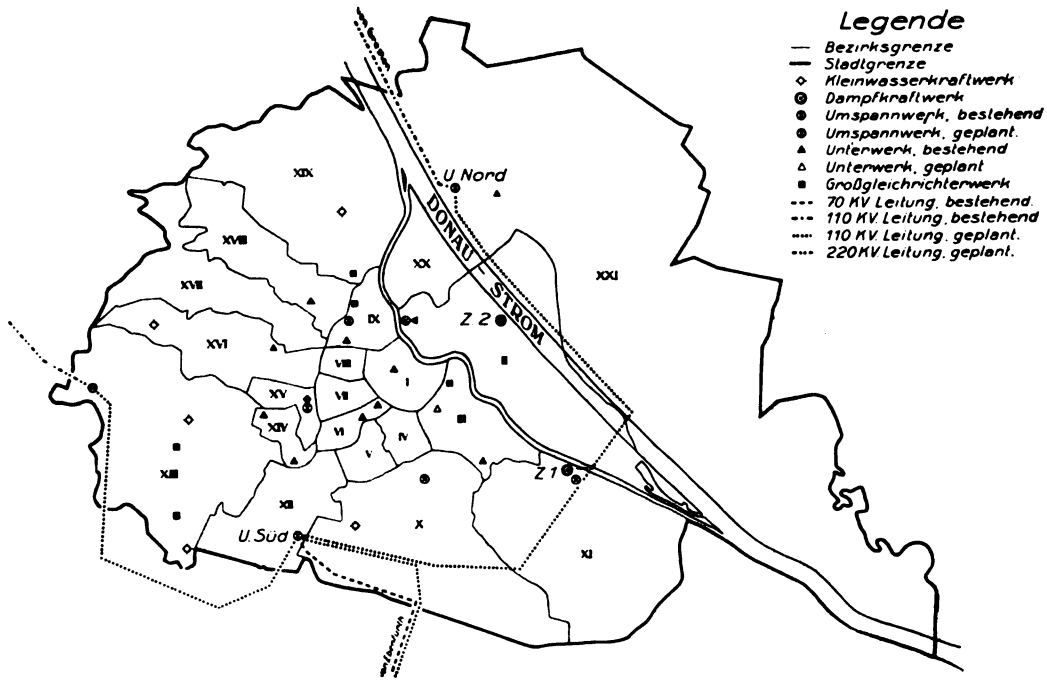


Abb. 1. Lageplan mit Kraft-, Umspann- und Unterwerken.

In Abb. 1 sind die einzelnen Wiener Kraftwerke, die bestehenden und geplanten Umspann- und Unterwerke, die Gleichrichteranlagen, sowie die bestehenden und geplanten Hochspannungsfreileitungen eingezeichnet.

Nach Beendigung des gegenwärtig in Durchführung begriffenen Ausbaues werden die Betriebsanlagen der städtischen Elektrizitätswerke umfassen:

3 Dampfkraftwerke Simmering, Engerthstraße und Ebenfurth[2]),

5 mit Hochquellwasser gespeiste Kleinwasserkraftanlagen,

6 Umspannwerke und

20 Unterwerke.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 723.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 60.

Digitized by Google

Unter den Umspannwerken nehmen Wien-Nord[3]) und -Süd infolge ihrer Lage an den Endpunkten von Überlandleitungen die Stelle von Kraftwerken ein. Ersteres dient zur Herabminderung der Spannung des von den drei Wasserkraftwerken Opponitz[4]), Gaming[5]) und Partenstein[6]) gelieferten Stromes, letzteres erfüllt denselben Zweck für die vom Dampfkraftwerk Ebenfurth gelieferte elektrische Energie. Während in diesen beiden Umspannwerken der hochgespannte Strom von 100, bzw. 70 kV zum größten Teil auf 28 kV transformiert wird, wird in den bestehenden Umspannwerken Schmelz und Michelbeuern[7]), sowie in den geplanten Umspannwerken Leopoldstadt, Favoriten und im Ausbau von Schmelz und Michelbeuern eine Herabtransformierung von 28 auf 5 kV vorgenommen, mit welcher Spannung der Strom den einzelnen Unterwerken zugeführt werden wird.

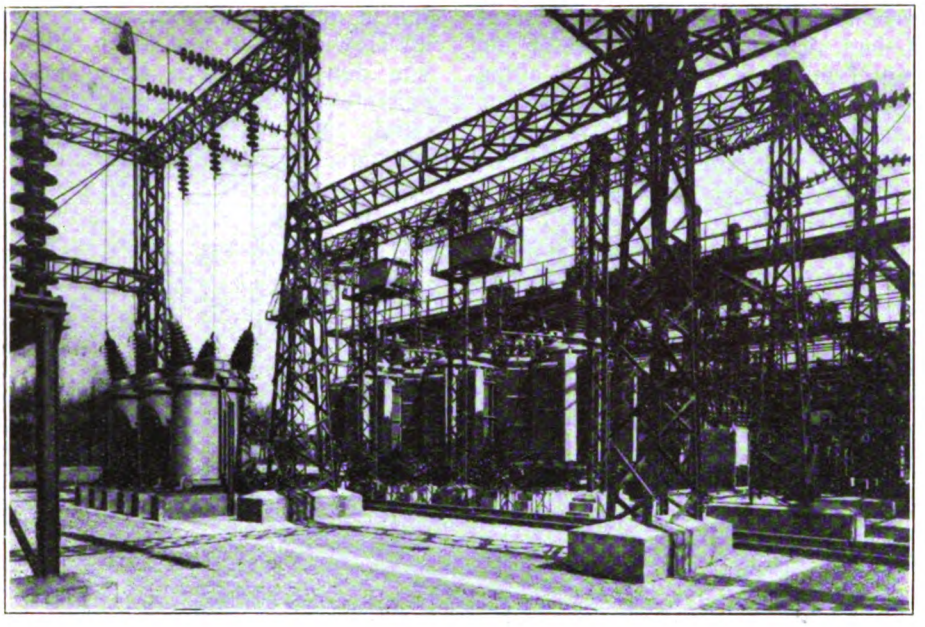


Abb. 2. Umspannwerk Wien-Nord, dritter Ausbau.

Abb. 2 zeigt den eben vollendeten dritten Ausbau des Freiluftumspannwerkes Nord, dessen elektrischer Teil von der A. E. G. Union El. Ges. ausgeführt wurde. Die bisherige Leistung von 36 000 kVA wurde durch Aufstellung einer neuen Transformatorengruppe auf 54 000 kVA gebracht. Der neue Teil unterscheidet sich grundsätzlich von dem alten durch den Wegfall des zwischen dem 100 000 und 28 000 V-Teil der Anlage befindlichen Zwischengebäudes. Dies war deshalb möglich, weil die neuen Transformatoren natürliche Luftkühlung erhielten und die Kabelendverschlüsse und sämtliche Apparate im Freien angeordnet wurden. Der Zubau wurde vor kurzem fertiggestellt und dem Betrieb übergeben.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 506.
[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 61, 502.
[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 721.
[6]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.
[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 793.

Im Kraftwerk Ebenfurth[8]) und im Umspannwerk Süd gelangte je ein Transformator

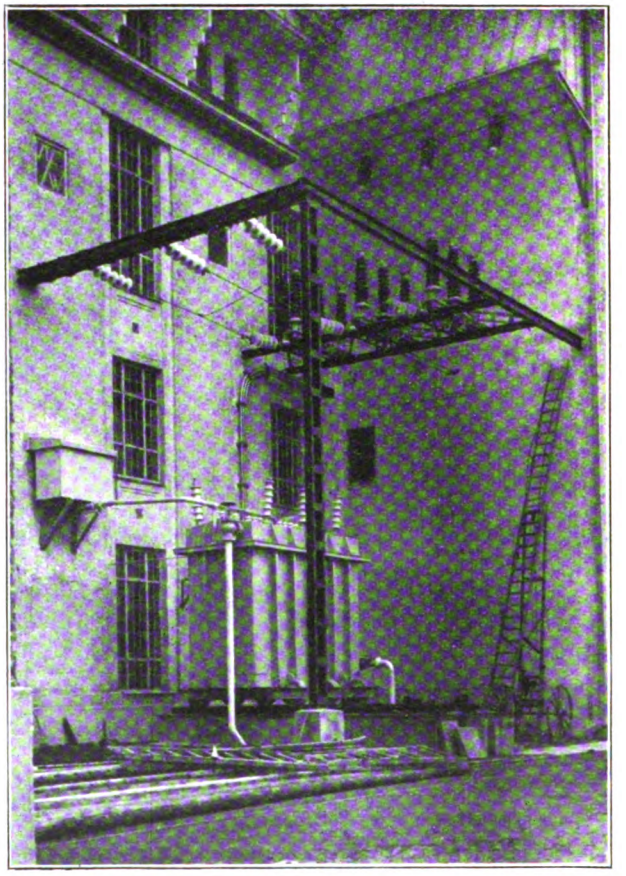


Abb. 3. Umspannwerk Wien-Süd, neuer 20 000 kVA-Transformator.

von 20 000 kVA-Leistung zur Aufstellung, mittels welchen einerseits die Maschinenspannung auf die

[8]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 38; 1925, S. 745.

Digitized by Google

Fernleitungsspannung von 70 kV, andererseits letztere auf die Verteilspannung von 28 kV gebracht wird. Da die Erweiterung der Transformatorzellen in diesem Umspannwerke Schwierigkeiten bereitete, entschloß man sich, den Transformator und den zugehörigen Trennschalter im Freien aufzustellen (Abb. 3). Diese Anlage und der Transformator wurde von den Österreichischen Siemens-Schuckertwerken geliefert, während der Transformator für das Kraftwerk Ebenfurth der A. E. G. Union El. Ges. in Bestellung gegeben wurde. Für die geplanten übrigen Umspannwerke sind die Pläne bereits fertiggestellt; es wird mit der Errichtung der Hochbauten noch im Laufe dieses Jahres begonnen werden.

Die Unterwerke, welche einen Teil des Lichtstromes und den gesamten Strom für das Straßen- und Stadtbahnnetz liefern, zerfallen in reine Umformer- und Gleichrichteranlagen, zum Teil sind aber noch beide Umwandlungseinrichtungen in ein und derselben Anlage vereinigt. Die Gleichrichter haben sich nach Überwindung der Kinderkrankheiten sehr gut bewährt, so daß die städtischen Elektrizitätswerke in Zukunft nur mehr Gleichrichter zur Aufstellung bringen werden. Während dieselben ursprünglich nur für den Stadtbahnbetrieb verwendet wurden, finden sie nunmehr immer rascher Eingang im Straßenbahn- und Lichtbetrieb. Durch den Einbau von Stufenschaltern ist es sogar gelungen, dieselben zum Laden der Akkumulatorenbatterien heranzuziehen. Die Verwendung von Gleichrichtern wird mit Rücksicht auf allfällige Rückzündungen nur dann die Betriebssicherheit einer Anlage herabsetzen, wenn sie in nicht genügender Anzahl vorhanden sind. Auch dürfen die einzelnen Apparate nur so hoch belastet werden, daß bei einer plötzlichen selbsttätigen Abschaltung eines Apparates, zum Beispiel bei Rückzündungen, die übrigen die Mehrbelastung ohne weiters übernehmen können. Der Gleichrichterbetrieb hat, abgesehen von dem besseren Wirkungsgrad, den Vorteil der Geräuschlosigkeit, was besonders bei den in der inneren Stadt gelegenen Anlagen sehr ins Gewicht fällt, und jenen, daß zum Unterschied von den Umformern keine Pendelerscheinungen auftreten und das Synchronisieren entfällt, wodurch ein sofortiges Wiedereinschalten nach Beseitigung der Betriebsstörung ermöglicht wird. Wohl das letzte mit Einankerumformern ausgestattete Unterwerk der städtischen Elektrizitätswerke ist die Unterstation Ottakring, deren elektrische Einrichtung von der A. E. G. Union El. Ges. stammt und in welcher drei Maschinen von je 2400 kW-Leistung aufgestellt wurden (Abb. 4). Diese Anlage wird nunmehr auch noch durch Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie von 5000 Ah Kapazität ergänzt.

Reine Gleichrichterunterwerke sind gegenwärtig nur für Bahnzwecke in Betrieb (Abb. 5)[9]. Als Beispiel einer kombinierten Anlage, in welcher sowohl Umformer als auch Gleichrichter aufgestellt sind, diene das Unterwerk Rudolfsheim (Abb. 6). Dort gelangten im Laufe des Jahres 1927 drei Einheiten von je 1160 kW-Leistung zur Aufstellung. Der Einbau erfolgte derart, daß die Maschinenhalle durch eine Zwischendecke unterteilt wurde, auf welcher vier Gleichrichter von je 2000 A und die Gleichstromschaltapparate zur Aufstellung gelangten, während im so geschaffenen Erdgeschoß die zugehörigen, luftgekühlten Transformatoren in gemauerten Zellen untergebracht wurden. Beim weiteren Ausbau wird nach Entfernung einzelner Umformer die Zwischendecke nach und nach verlängert und werden anstelle der Umformer die Gleichrichtersätze eingebaut werden. Durch den Einbau von 4000 A-Gleichrichtern wird sogar die Leistungsfähigkeit

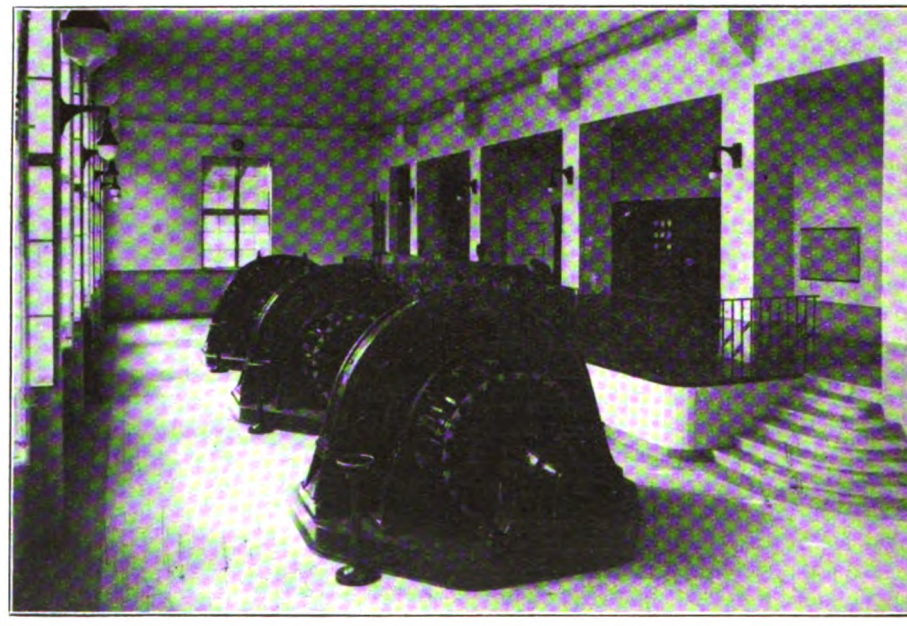


Abb. 4. Unterwerk Ottakring, Einankerumformer.

[9]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 769.

Digitized by Google

der einzelnen Unterwerke gesteigert werden können, ohne daß eine Vergrößerung des Maschinenhauses erforderlich wäre.

Weitere Beispiele für Anlagen mit kombinierter Betrieb sind die Unterwerke Sechshaus, Alsergrund und Neubau; im Laufe dieses Jahres wird derselbe noch in den Unterwerken Leopoldstadt, Landstraße und Mariahilf aufgenommen werden. Der Übergang auf den reinen Gleichrichterbetrieb wird, wie bereits erwähnt, auch eine Verminderung des Bedienungspersonales zur Folge haben, besonders wenn in einzelnen Anlagen die Vollautomatik eingeführt werden sollte.

Abb. 5. Umspannwerk Schmelz, Gleichrichteranlage.

Das erste vollautomatische Unterwerk wird gegenwärtig von den städtischen Elektrizitätswerken in Perchtoldsdorf errichtet. Es wird hochspannungsseitig an das 16 000 V-Kabel Wien-Süd—Mödling angeschlossen, während der erzeugte Gleichstrom zum Betriebe der Straßen-

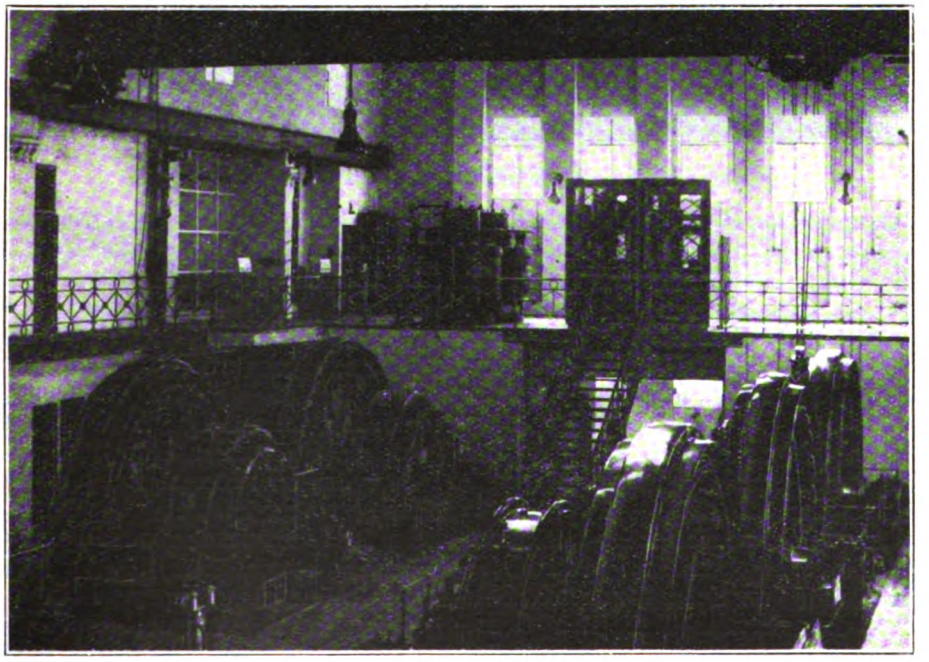


Abb. 6. Unterwerk Rudolfsheim, Umformer und Gleichrichter.

Digitized by Google

bahnstrecke Mauer—Mödling dienen wird. Die elektrische Einrichtung wird von der Österr. Brown-Boveri-Werke A. G. geliefert werden.

Als reine Gleichrichteranlage müssen noch die Unterwerke Döbling, Thury, Hauptzollamt, Unter-St. Veit, Speising und Rodaun angeführt werden, welche Stadt- und Straßenbahnzwecken dienen.

Schließlich muß noch der Umformerwagen erwähnt werden, der bisher an jenen Stellen des Stadtbahnnetzes in Betrieb genommen wurde, in welchen sich eine zeitweise starke Überlastung der Unterwerke geltend machte[10]). In einem geschlossenen Eisenbahnwagen sind ein Einankerumformer von 700 kW-Leistung, der zugehörige Transformator, sowie die Hochspannungs- und Gleichstromapparate untergebracht. Diese fahrbare Umformeranlage kann in den Bahnhöfen Hüttel-

Bei dem stets steigenden Verbrauch an elektrischer Energie genügte die Leistung der Kraftwerke nicht mehr und es mußte an eine Erweiterung derselben geschritten werden. Aus diesem Grunde wurden in den einzelnen Kraftwerken die veralteten, großen Dampfverbrauch aufweisenden Dampfturbinen abgetragen und durch solche von größerer Leistung und einem geringeren Dampfverbrauch ersetzt. Gleichzeitig damit mußten auch die Kesselanlagen den geänderten Verhältnissen angepaßt werden. So wurde im Jahre 1927 die Montage der von der Ersten Brüner Maschinenfabriks-A. G. gelieferten 15 000 kW-Turbine beendet und dieselbe vorläufig als Zweidruckturbine mit Mitteldruckdampf im Oktober 1927 in Betrieb genommen[11]). Die Montage der 20 000 kW-Turbine, die von den Brown-Boveri-Werken geliefert wurde, ist fast beendet. Gleichzeitig wurde an der

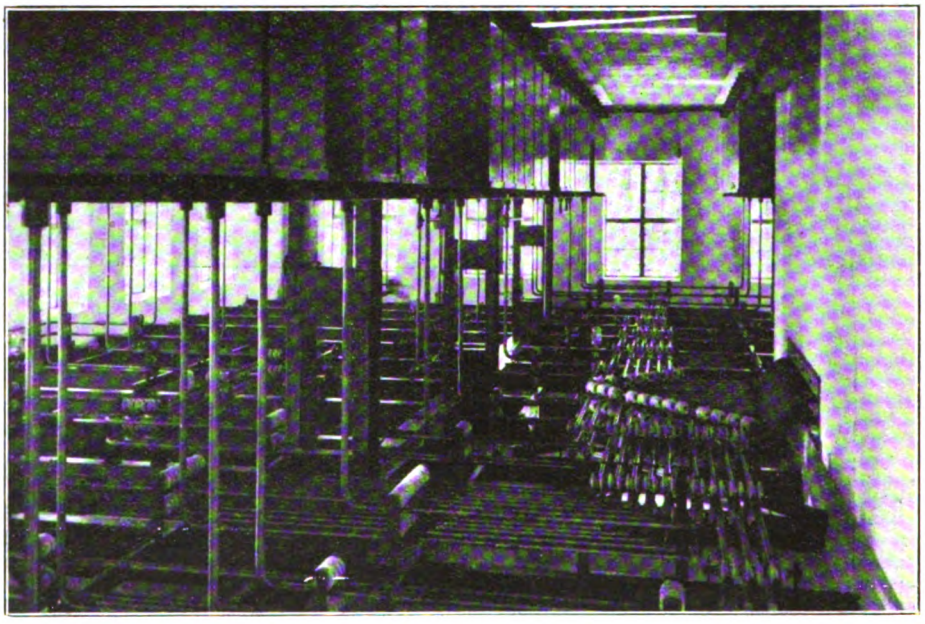


Abb. 7. Unterwerk Sechshaus, Akkumulatorenbatterie.

dorf, Meidling-Hauptstraße, Hauptzollamt, Heiligenstadt und Michelbeuern an daselbst endigende Hochspannungskabel angeschlossen und in Betrieb gesetzt werden. Da sich der von der Elin A. G. eingerichtete und von der Enzesfelder Waggonfabrik erbaute Wagen bestens bewährt hat, wurde ein zweiter Wagen derselben Type in Bestellung gegeben, welcher binnen kurzem in Betrieb genommen werden wird. Es besteht übrigens auch die Möglichkeit, durch eine geeignete Umformung des Gleichstromes von 800 auf 600 V einen der beiden Wagen zeitweise, wie beispielsweise während des Allerheiligenverkehres zum Zentralfriedhof, bei Veranstaltung von Schauflügen am Flugfelde in Aspern, dem Straßenbahnbetrieb dienstbar zu machen.

Die Leistung der Stromerzeugungsanlagen der städtischen Elektrizitätswerke betrug Ende 1927 rund 210 000 kW, jene der 862 Umformer 83 000 kW, der 42 Gleichrichter 26 000 kW und der Akkumulatorenbatterien 14 300 kW (Abb. 7).

[10]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 778.

Herstellung der vier Hochdruckkessel, welche für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet werden und den Dampf für die beiden neuen Turbinen zu liefern haben werden, nachdrücklichst gearbeitet, sodaß die gesamte Hochdruckanlage Ende dieses Jahres fertiggestellt werden dürfte.

Im Nachfolgenden soll nunmehr die teils durchgeführte, teils in Durchführung begriffene Verbindung der einzelnen Kraft-, Umspann- und Unterwerke näher erörtert werden. Aus Abb. 8 ist zu ersehen, nach welchen Grundsätzen dieselbe durchgeführt werden wird. Die beiden Kraftwerke I und II, sowie die am Ende der beiden Fernleitungen befindlichen Umspannwerke Nord und Süd sind wohl untereinander durch Kabelleitungen verbunden, doch soll von dieser Verbindungsmöglichkeit nur im äußersten Notfalle Gebrauch gemacht werden. Die Sammelschienen des Dampfkraftwerkes II sind mit Rücksicht auf dessen Größe in zwei Gruppen geteilt, welche voneinander unabhängig

[11]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 780. Vgl. ferner die nachfolgende Beschreibung.

Digitized by Google

betrieben werden, sodaß bei Störungen, die in einer Gruppe auftreten, die andere nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Die 28 kV-Sammelschienen der beiden Umspannwerke I und II wurden ebenfalls in zwei Gruppen zerlegt, von welchen jede Gruppe durch zwei bis drei Kabel mit verschiedenen Kraftwerken verbunden wird. Diese Sammelschienentrennung erstreckt sich auch auf die 5000 V-Seite. Die Sammelschienen der Unterwerke bestehen aus drei Teilen, von welchen ein jeder Teil mit der Sammelschienengruppe eines Umspannwerkes zusammenhängt. Die Parallelschaltung erfolgt erst auf der Gleichstromseite der Unterwerke. Die Kupplung der einzelnen Sammelschienengruppen ist aber im Bedarfsfalle in allen Werken möglich. Diese Art der Verbindung zwischen Kraft-, Umspann- und Unterwerken in Verbindung mit Strombegrenzungsspulen und einer Selektivschutzvorrichtung bezweckt, etwa auftretende Störungen auf ein kleines Gebiet zu begrenzen. Schließlich werden sämtliche 28 000 V-Kabel mit dem Selektivschutz der A. E. G.-Union, die von den Kraftwerken ausgehenden und bis auf weiters noch die einzelnen Unterwerke mit Strom versorgenden 5000 V-Kabel mit jenem der Dr. Paul Meyer A. G. versehen werden. Erwähnt sei noch, daß auch in die 100 000 V-Doppelfreileitung[12]) zwischen der Schaltanlage Gresten und dem Umspannwerk Nord und in die 70 000 V-Leitung Ebenfurth—Umspannwerk Süd der Selektivschutz, System A. E. G.-Union El. Ges., eingebaut wurde. Im Umspannwerk Nord gelangte zwischen den beiden, dem Schutz der beiden Freileitungen dienenden Löschtransformatoren, System Bauch, ein sogenannter Entkopplungstransformator der Elin A. G., Wien, in einem Eisenriegelwandbau zur Aufstellung, durch welchen bei nicht parallelem Betrieb der auf demselben Gestänge verlaufenden 100 000 V-Leitungen schädliche Spannungserhöhungen hintangehalten werden.

Schließlich ist aus Abb. 9 zu ersehen, in welcher Weise nachträglich der Einbau der von der Elin A. G. gelieferten einphasigen Strombegrenzungsspulen im Umskannwerk Nord durchgeführt wurde. Im alten Teil der Anlage erfolgte die Aufstellung der Spulen auf dem Dach des gemauerten Zwischengebäudes. Da die Dachfläche nicht die erforderliche Tragfähigkeit besaß, mußten die Strombegrenzungsspulen auf einem Trägerrost befestigt werden, der sich 50 cm über der Dachfläche befindet und der auf den Längsmauern des Gebäudes aufruht. In dem vor kurzem fertiggestellten dritten Ausbau des Umspannwerkes erfolgte die Aufstellung der Spulen auf dem zwischen der 110 und 28 kV-Freiluftanlage befindlichen Teil des Eisengerüstes.

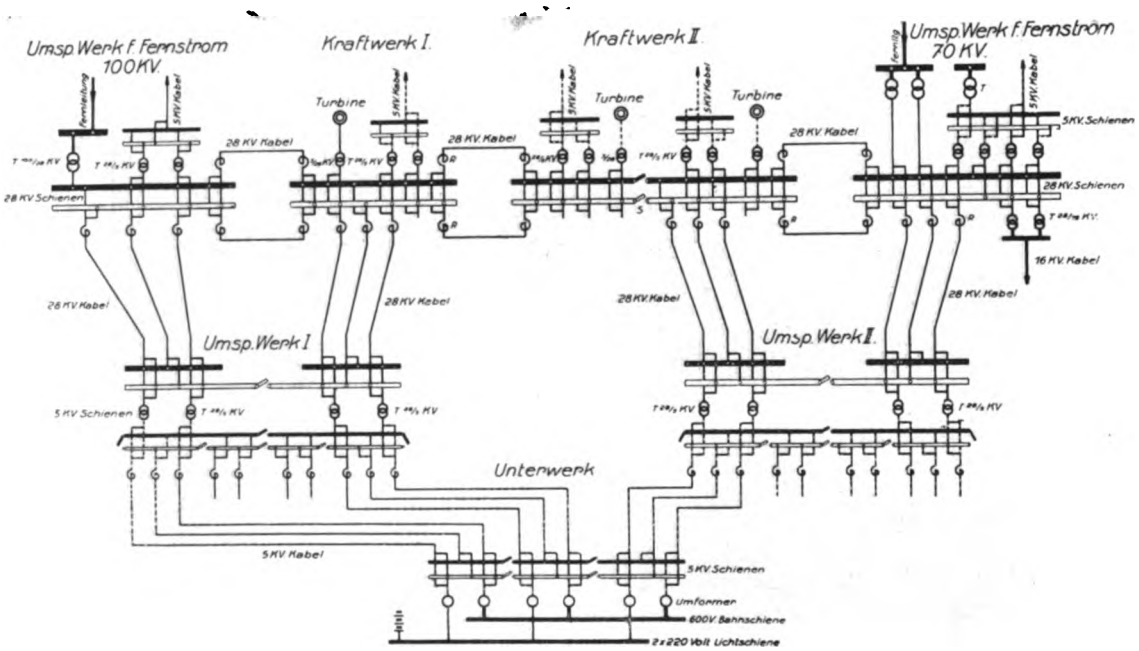


Abb. 8. Grundsätzliche Durchführung der Stromverteilung.

Schließlich erstreckt sich die Erneuerung der Anlagen der städtischen Elektrizitätswerke auch auf eine gründliche Umgestaltung der teilweise bereits veralteten Einrichtung der einzelnen Unterwerke. Vielfach waren Gleich- und Hochspannungsanlagen noch in ein und demselben Raume untergebracht, auch waren die Kurzschlußstromstärken bereits soweit gestiegen, daß die Ölschalter den gestellten Anforderungen nicht mehr genügten. Diese Übelstände wurden schon vielfach beseitigt, gesonderte Hochspannungsschalthäuser wurden erbaut, wie beispielsweise in den Unterwerken Landstraße, Leopoldstadt, Kaunitzgasse, Floridsdorf, größere Ölschalter eingebaut und wurden, wo Platz vorhanden war, die fernbetätigten Gleichstrom-Selbstschalter der Umformer unmittelbar hinter den Maschinen untergebracht (Abb. 10).

Ferner wurden die Sammelschienen entsprechend den größeren Leistungen verstärkt und die Akkumulatorenzellenschalter, welche bisher

[12]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 501.

Digitized by Google

auf den Schaltwänden angebracht waren, unmittelbar neben den Batterien zur Aufstellung gebracht und mit Fernantrieb versehen (Abb. 11) Bedeutende Beträge wurden auch für die Verstärkung, Erweiterung und Erneuerung des Kabelnetzes verwendet. Weiters wurden auch die Sicherheitseinrichtungen in der Fernstromversorgungsanlage möglichst verbessert.

Als im vergangenen Winter die 100 000 V-Freileitung, welche vom Kraftwerk Partenstein nach Gresten führt, durch einen abnormal starken Rauhreifbehang nächst St. Leonhard am Walde riß, wurden sofort die nötigen Vorkehrungen getroffen, um künftighin einem derartigen Vorkommnis, das als Katastrophe bezeichnet werden muß, möglichst vorzubeugen. Zu diesem Zwecke wird am Ende der gefährdeten Freileitungsstrecke, das ist beim Wächterhaus in Kematen, eine Kurzschlußeinrichtung eingebaut, im Kraftwerk Gaming aber ein Transformator aufgestellt werden, mittels welchem das bedrohte Leitungsstück innerhalb ganz kurzer Zeit, vom Kraftwerke Gaming aus, ausgewärmt werden kann, so daß der Eisbehang von der Leitung abfallen muß.

Große Stromerzeugungsunternehmungen, welche über mehrere Kraftwerke und viele Unterwerke verfügen, müssen den Betrieb von einer einzigen Stelle aus regeln können. Diese müssen namentlich dann, wenn auch Wasser- oder Speicherkraftwerke der Stromerzeugung dienen, schon tags vorher die Lastverteilung auf die einzelnen Kraftwerke so verteilen, daß die verschiedenen Stromquellen sich in wirtschaftlichster Form an der gesamten Stromlieferung beteiligen. Dieser leitenden Stelle, „Lastverteiler" genannt, stehen gegenwärtig in den meisten Fällen nur die Betriebstelephon- und Signalleitungen zur Befehlsübertragung zur Verfügung. Diese Einrichtungen genügen aber heute bei weitem nicht mehr; man muß Zeuge davon gewesen sein, welche gesteigerte Tätigkeit im Betriebsbüro der städtischen Elektrizitätswerke bei einer großen Störung herrscht; ununterbrochen erfolgen telephonische Aufrufe, Rückfragen, Signale ertönen, Meldungen laufen ein usw. Man begreift dann auch, daß die gegenwärtige Art der Nachrichtenübermittlung, der Befehlsgebung und der Rückmeldung in Zukunft nicht mehr genügt. Die Notwendigkeit, hier Abhilfe zu schaffen, hat man natürlich auch anderwärts erkannt; und so wurden von mehreren Großfirmen sogenannte Lastverteileranlagen entwickelt und ausgeführt, die sich zum Teil schon glänzend bewährt haben. Auch die städtischen Elektrizitätswerke studieren die Angelegenheit eingehend und dürfte noch heuer im Direktionsgebäude mit dem Bau einer Lastverteileranlage begonnen werden. Auf die einzelnen, in Erprobung stehenden Systeme[13]) näher einzugehen, würde zu weit führen. Daß natürlich eine derartige Anlage in Verbindung mit der beschriebenen Netzunterteilung, mit der Vergrößerung und Vermehrung der Kraftwerke und dem Ausbau der Unterwerke dazu beitragen muß, die Betriebssicherheit des gesamten Werkes zu heben, ist wohl ohne weiteres klar. Nachdem nun vor kurzem im Wiener Gemeinderate die Vergebung für das gesamte dreijährige Ausbauprogramm der städtischen Elektrizitätswerke erfolgt ist, werden die Betriebsanlagen nach Ablauf dieser Frist vollkommen den neuzeitlichen Forderungen entsprechen, die sowohl bezüglich der Leistung als auch bezüglich der Betriebssicherheit gestellt werden müssen.

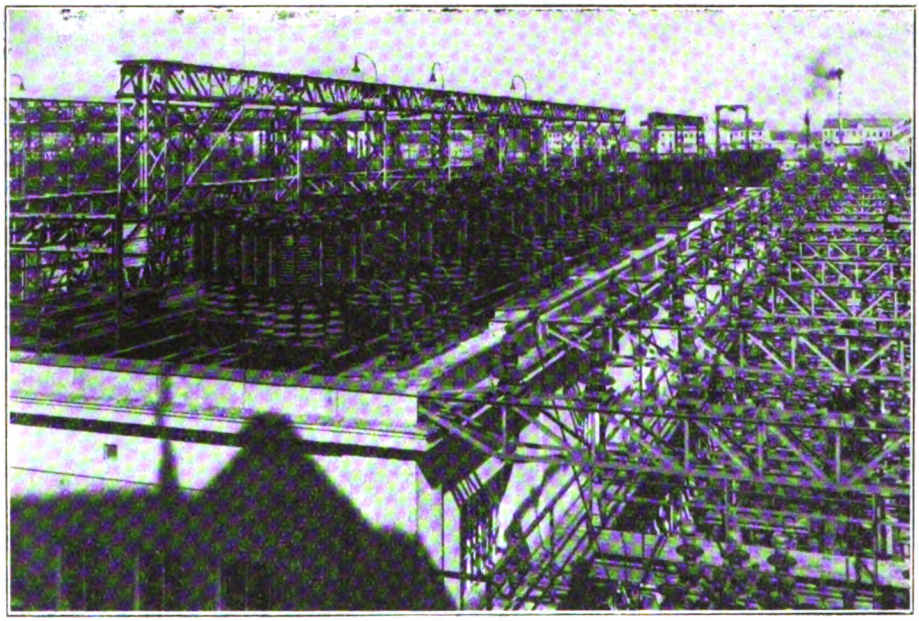


Abb. 9. Umspannwerk Wien-Nord, Strombegrenzungsspulen.

Bevor man die Frage beantwortet, welche Stellung die Wiener städtischen Elektrizitätswerke zukünftig in der Elektrizitätswirtschaft Österreichs einnehmen werden, muß man sich ein Bild darüber

[13]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 242, 247, 410.

Digitized by Google

machen, wie dem stets steigenden Stromverbrauch Rechnung getragen werden kann. Der Bedarf kann gedeckt werden durch den Ausbau der bestehenden Dampfkraftwerke, durch die Errichtung neuer Dampf- und Wasserkraftwerke, durch Errichtung von Pumpenspeicheranlagen und durch Strombezug aus fremden Werken.

Für die nächste Zeit wird dem Energiebedürfnis der städtischen Elektrizitätswerke durch den Ausbau der beiden Kraftwerke Simmering und Engerthstraße Rechnung getragen werden. Im Werke Simmering gelangen gegenwärtig zwei Dampfturbinensätze von 24 000, bzw. 30 000 PS Leistung und die zugehörigen Hochleistungskessel zur Aufstellung. Ein weiterer Austausch veralteter Dampfturbinen gegen solche moderner Bauart ist geplant. Das gleiche gilt für das Kraftwerk Engerthstraße. Ende 1927 hat die Gesamtleistung aller drei Dampfkraftwerke der städtischen Elektrizitätswerke 236 000 PS betragen. Die Frage, ob zukünftig Dampf- oder Wasserkraftwerke für Zwecke der städtischen Elektrizitätswerke gebaut werden sollen, ist eine vielfach umstrittene. Die Anhänger der Dampfkraftwerke heben die verhältnismäßig niedrigen Anlagekosten gegenüber den Wasserkraftwerken hervor, sie betonen, daß bei ersteren ein allmählicher, den Bedürfnissen entsprechender Ausbau erfolgen kann, was bekanntlich bei Wasserkraftwerken nicht der Fall ist, da zumindest der wasserbauliche Teil für den vollen Ausbau durchgeführt werden muß, und schließlich wird auf die große Betriebssicherheit örtlicher Dampfkraftanlagen gegenüber den Wasserkraftanlagen hingewiesen, die dadurch gegeben sei, daß bei ihnen die Stromlieferung direkt und nicht über eine lange Fernleitung erfolge. Von der Gegenseite wird erwidert, daß die Anlagekosten der Wasserkraftwerke wohl hohe, die Betriebskosten dagegen sehr geringe seien, daß die Betriebssicherheit langer Fernleitungen und der in ihrem Zuge zu errichtenden Umspannwerke nach den gemachten Erfahrungen eine große sei, dagegen wird anerkannt, daß die Leistungen der Wasserkraftanlagen im Laufe des Jahres stark schwanken und daß sie gerade zur Zeit des Höchstbedarfes an elektrischer Energie, das ist im Winter, die geringste Ausbeute an Strom zulassen. Es gibt allerdings einzelne Werke, die in der glücklichen Lage sind, durch Speicherung des Wassers diesem Übelstande zum Teile abzuhelfen.

Der Weg, der beim Ausbau der städtischen Elektrizitätswerke zu betreten wäre, dürfte, wie in ähnlichen Fällen, in der Mitte der beiden Anschauungen liegen. Es fragt sich nur, in welchem Verhältnis sollen die Leistungen der Dampf- und Wasserkraftwerke gehalten werden; ist dieses Verhältnis ein festes oder können bestimmte Umstände dasselbe beeinflußen. Die Wärmekraftreserve wird

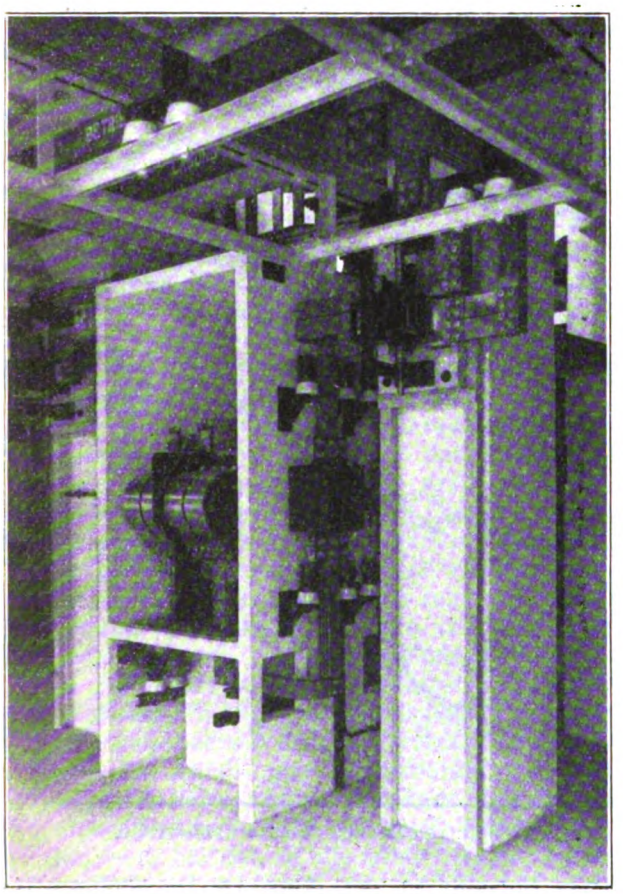


Abb. 10. Unterwerk Ottakring, fernbetätigter Gleichstrom-Maschinenschalter.

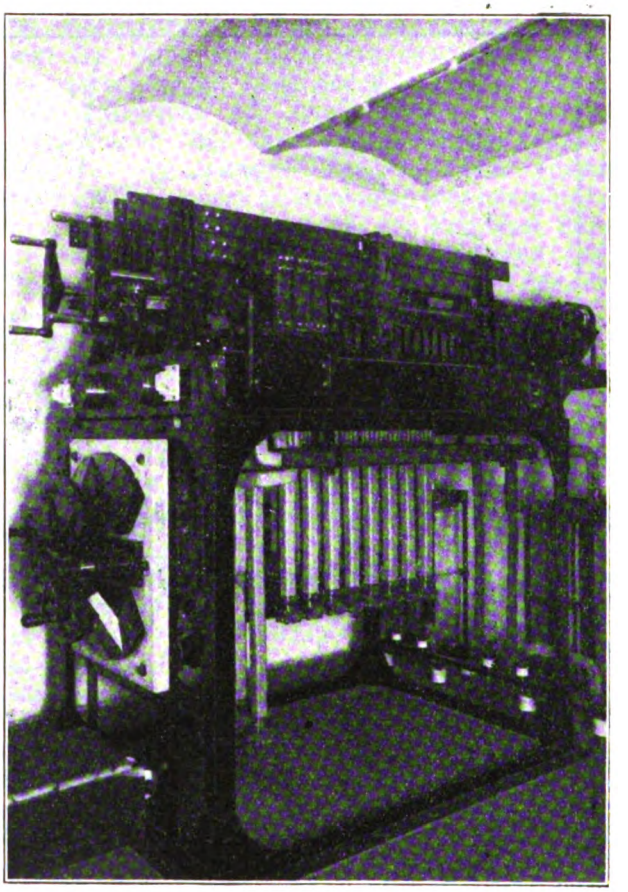


Abb. 11. Unterwerk Sechshaus, fernbetätigter Doppel-Zellenschalter.

Digitized by Google

kleiner gehalten werden können, wenn die neuzuerbauenden Wasserkräfte an Flüssen liegen, die eine günstige Wasserwirtschaft ermöglichen, die beispielsweise großen Niederschlagsgebieten angehören, in deren Verlauf Seen liegen oder andere Speichermöglichkeiten vorhanden sind, wenn die Zuführung des elektrischen Stromes auf gesonderten Leitungen erfolgt, die möglichst strahlenförmig der Stadt zustreben, da in diesem Falle nicht gut angenommen werden kann, daß Störungen auf allen Leitungen gleichzeitig auftreten werden, und schließlich dann, wenn die Kraft- und Umspannanlage sowie die Leitungen einwandfrei erbaut wurden. Hieraus ergibt sich, daß das Verhältnis der Leistungen von Wasserkraft- und Wärmekraftwürde also nur noch der Ausbau einer rund 70 km langen Fernleitung bis Wien und die Errichtung eines Umspannwerkes daselbst notwendig sein. Da aber die Leistung des Kraftwerkes zu gering ist, um eine Wirtschaftlichkeit der Übertragung zu gewährleisten, müßte noch eine zweite Gefällsstufe an der Mur zum Ausbau gelangen. Dies sind die technischen Vorbedingungen, die erfüllt werden müßten, bevor die Frage der Wirtschaftlichkeit, die ja vom Strompreis abhängig sein wird, untersucht werden kann.

Aber auch ein Anschluß an die steirischen Werke würde auf die Dauer für die Stromversorgung Wiens nicht genügen; und so lenken wir unwillkürlicherweise unseren Blick der Donau und

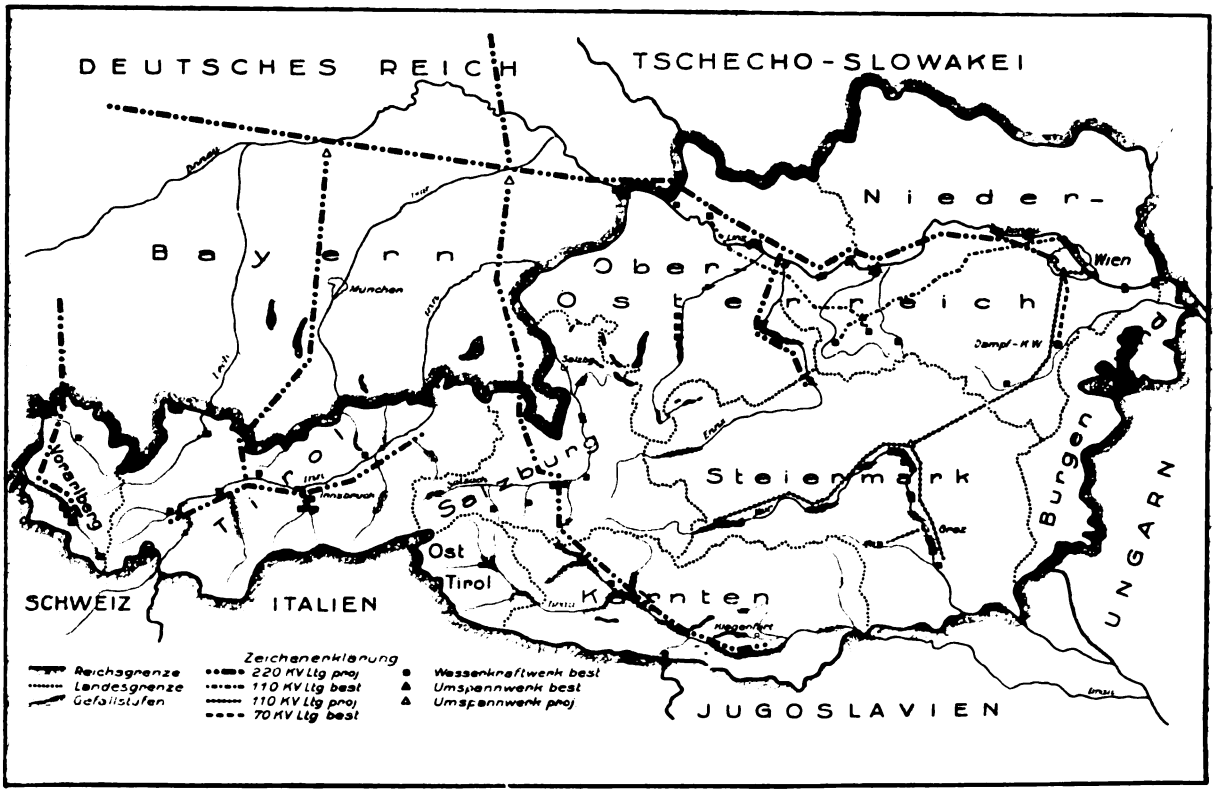


Abb. 12. Studie über den Ausbau und die Verwertung der österreichischen Wasserkraftwerke.

werken kein festes sein kann, doch wird es immer notwendig sein, gleichzeitig mit dem Ausbau von Wasserkräften einen entsprechenden Ausbau der Dampfkraftanlagen vorzunehmen. Was die Errichtung von Pumpenspeicheranlagen zur Befriedigung des gesteigerten Stromerfordernisses anbelangt, so muß festgestellt werden, daß dieselben in Verbindung mit Wasserkraftanlagen dazu dienen, um eine Aufspeicherung der Abfallenergie vorzunehmen.

Wenn wir uns nun dem Fremdstrombezug zuwenden, so fällt unser Blick vor allem auf das bereits fertiggestellte Murkraftwerk der steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A. G. bei Pernegg[14]). Von diesem führt eine 100 kV-Freileitung über den Semmering bis nach Ternitz[15]). Es ihrem Nebenflusse, der Enns, zu. Die Donauwasserkraftprojekte betreffen durchwegs Niederdruck-Anlagen, die Ennsprojekte umfassen das große Ennskraftwerk zwischen Gesäuseeingang und Groß-Reifling, das bei einem Gefälle von rund 200 m eine Ausbauleistung von 150 000 kW ergibt, und einige im Unterlaufe des Flusses gelegene Mitteldruckanlagen, die zusammen eine Ausbauleistung von rund 54 000 kW ergeben. Das große Ennskraftwerk wurde schon im Anfange dieses Jahrhunderts von den städtischen Elektrizitätswerken genau studiert und diesbezüglich ein eingehendes Projekt verfaßt, das infolge des vorgesehenen Tagesspeichers außerordentlich wertvoll war. Zum Ausbau dieser Gefällsstufe ist es damals nicht gekommen, hauptsächlich deswegen, weil das Problem der Übertragung so großer Energiemengen nach Wien damals noch nicht vollkommen gelöst war.

[14]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 783. Eine eingehende Beschreibung dieser Anlage folgt auf S. 664 d. H.

[15]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 729.

Digitized by Google

Was nun die Donauwasserkraftanlagen anbelangt, so können wir die bestehenden Projekte in zwei Gruppen einteilen, in Werke, bei denen das Betriebswasser aus dem Strom abgeleitet und in einem Kanal zu den Kraftwerken geführt wird, sowie in Werke, bei welchen das Gefälle durch einen direkten Einbau in das Flußbett gewonnen wird und bei welchen das Kraftwerk sich unmittelbar an die Staueinrichtung anschließt. Während die ersteren nur einen Teil des Flußwasser zur Kraftnutzung verwenden, nützen letztere das gesamte Wasser aus. Dies ist namentlich von Bedeutung wegen der Niederwasserperiode und der Schiffahrt. Die Errichtung von Donaukraftwerken, welche der zweiten Gruppe angehören, wird selbstverständlich nur an solchen Flußstrecken möglich sein, wo ein Aufstau des Flußwasserspiegels möglich ist, das ist in jenen Stromstrecken, die beiderseits von Höhenzügen eingesäumt sind. Solche Strecken sind die Wachau, der Strudengau, die Strecke bei Aschach und das Kachlet in Bayern[16]). Letzteres ist wie bekannt, bereits ausgebaut.

Die Wachau kommt für einen Ausbau nicht in Betracht, da sie stark besiedelt ist. Dagegen behandeln zwei Projekte den Strudengau, von denen jenes des Schweizer Ingenieurs Höhn ein Wehr bei Persenbeug, jenes der Ingenieure Mayreder & Co. ein solches bei Struden vorsieht. Ersteres scheint mit Rücksicht darauf, daß durch den gestauten Oberwasserspiegel das Schiffahrtshindernis bei Struden überflutet wird, ohne daß der Rückstau bei Hochwasser das Ufergelände gefährdet, und daß sich die Ebene nächst Persenbeug für die Errichtung eines Kraft- und Umspannwerkes sowie einer Schleusenanlage sehr gut eignet, den Vorzug zu verdienen. Dadurch, daß beide Projekte die gesamte, jeweils verfügbare Wassermenge zur Kraftgewinnung ausnützen und daß in den Seitentälern mit verhältnismäßig geringen Kosten Pumpspeicher errichtet werden können, in welchen die Abfall- und Nachtenergie zum Teil nutzbringend verwertet werden kann, braucht die Wärmekraftreserve nicht so groß bemessen zu werden, wie bei den in die erste Gruppe eingereihten Donauprojekten.

Alle diese Projekte, welche eine Ableitung des Betriebswassers durch einen freien Einlauf vorsehen, betreffen mit Ausnahme des Wallseerprojektes die Stromstrecke zwischen Krems und der Marchmündung. Mit Rücksicht auf die Schiffahrt ist die Wasserentnahme eine beschränkte; da nur ein Teil des Flußwassers ausgenützt wird, müssen die kalorischen Reserveanlagen größer und für eine längere Betriebszeit bemessen werden, die Eisstoßbildung in der Entnahmestrecke wird stark begünstigt, auch ist es noch sehr fraglich, ob eine einwandfreie Dichtung der im Anschwemmungsgebiet der Donau liegenden Oberwasserkanäle möglich sein wird. Bei allen diesen Projekten entfällt während des Winters durch etwa zwei bis drei Wochen die Stromlieferung mangels Betriebswassers. Schließlich sei erwähnt, daß bei allen Donauprojekten die Frage der Schotterabfuhr noch einer eingehenden Klärung bedarf.

Im Unterlauf des Ennsflusses sind Kraftwerke bei der Stadt Enns, Sand und Ternberg geplant, von welchen ersteres 30 000 kW, letztere je 20 000 kW leisten würden. Ungefähr ein Drittel der Leistung eines der kleineren Werke, also rund 6000 kW könnte von der bestehenden 110 kV-Leitung der städtischen Elektrizitätswerke noch aufgenommen werden, während die übrigen 12 000 kW anderweitig unterzubringen wären.

Bei Wasserkraftanlagen müssen, wie bereits erwähnt, große Kapitalien festgelegt werden, was eine Wirtschaftlichkeit nur dann ergeben kann, wenn das Werk möglichst gut ausgenützt wird. Dies wäre aber im Falle der Wiener städtischen Elektrizitätswerke nur dann möglich, wenn die Stromlieferung der bestehenden Werke eingestellt und die gesamte Belastung von einem Großwasserkraftwerk übernommen werden würde, wobei die Dampfkraftwerke für den Fall einer Störung in der Fernstromversorgung jederzeit betriebsbereit gehalten werden müßten. Aus diesem Grunde müßte auch das Betriebspersonal ständig zur Verfügung stehen. Dies ist natürlich ganz undenkbar. Dagegen können wir uns vorstellen, daß nur ein Teil der Stromerzeugung eines Großwasserkraftwerkes an Wien abgegeben wird, während der übrige Teil anderweitig Verwendung finden könnte. In diesem Falle könnte selbstverständlich die Leistung der Reservekraftanlage entsprechend kleiner gehalten werden, ohne daß dabei die Betriebssicherheit der Gesamtanlage leiden würde.

Wenn wir nun noch einen Schritt weitergehen und uns eine größere Anzahl von Wasserkraftwerken ausgebaut denken, die alle eine gemeinsame Leitung anspeisen, und an welchen auch Dampfkraftwerke angeschlossen werden, die an den Gewinnungsstätten minderwertiger Kohlen zu errichten wären, dann wird durch eine solche Einrichtung eine gewisse Gleichmäßigkeit in der Stromerzeugung erreicht werden. Diese Betrachtung führt zur Errichtung einer sogenannten Bundes-Sammelschiene. Durch Verlängerung der steirischen 110 kV-Leitung bis nach Wien und die Errichtung einer Verbindungsleitung zwischen dem Umspannwerk Süd, dem Kraftwerk Simmering und dem Umspannwerk Nord würde bereits ein Teil dieser Sammelschiene verwirklicht werden, der sich von Graz bis nach Partenstein erstrecken würde. An diese Schiene könnte, wie bereits erwähnt, auch ein an der unteren Enns zu errichtendes Kraftwerk angeschlossen werden[17]).

Unwillkürlich drängt sich nun der Gedanke auf, alle geplanten Großwasserkraftwerke Österreichs auszubauen und sie durch Hochspannungsleitungen miteinander zu verbinden. Was aber hätte mit dem erzeugten Strom zu geschehen? Ein Blick in die Schweiz zeigt uns, daß das

[16]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 717.

[17]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 13, S. 277.

Digitized by Google

an Wasserkräften reiche Land seinen Überschuß an elektrischer Energie nach Italien, Frankreich und ins Elsaß ausführt. Für Österreich käme als Ausfuhrgebiet hauptsächlich Deutschland in Betracht, das mit seiner großen Industrie auch große Strommengen aufzunehmen in der Lage sein würde. Schon bei den Friedensverhandlungen in St. Germain wurden Österreichs Wasserkräfte unter den wenigen Aktivposten genannt, die dieses Land besitzt. Wenn wir nun unsere Wasserkräfte ausbauen und die im Inlande nicht verwendbare elektrische Energie unter bestimmten Voraussetzungen an Deutschland abgeben würden, so wäre für Österreich eine ständige Einnahmequelle geschaffen. Allerdings setzt dies die Festsetzung eines geringen Ausfuhrzolles auf elektrische Energie, das Ausfuhrverbot für den Inlandsbedarf und den Heimfall nach einer bestimmten Anzahl von Jahren voraus.

In Abb. 12 sind die ausbauwürdigen Gefällsstufen der einzelnen Flußgebiete Österreichs und die Verbindung der größeren Energieerzeugungsstätten durch 200 kV-Leitungen angedeutet. Es würden insgesamt drei Leitungen aus den Alpen gegen Norden und eine Leitung längs der Donau von Osten nach Westen führen; sämtliche Leitungen könnten an die geplante süddeutsche Sammelschiene angeschlossen werden. Es würde nun überaus zweckmäßig sein, wenn die längs der Donau zu errichtende 200 kV-Leitung bis nach Wien verlängert werden würde, um einerseits der Stadt Wasserkraftenergie zuzuführen, andererseits die Dampfkraftwerke Wiens als teilweise Reserve für die Wasserkraftwerke heranziehen zu können. Schließlich könnte nächst Wien auch eine Pumpenspeicheranlage errichtet werden, für welche bereits ein Projekt besteht und durch welche die Umwandlung eines Teiles der Abfallenergie in wertvollen Tagesstrom ermöglicht werden würde. Ein derartiger Speicher könnte, wenn auch nur kurze Zeit, als Reserveanlage dienen.

Aus obigen Ausführungen haben wir ersehen, daß die städtischen Elektrizitätswerke dazu berufen erscheinen, in der Zukunft eine große Rolle in der Elektrizitätswirtschaft Österreichs zu spielen, falls der Ausbau und der Zusammenschluß sämtlicher heimischer Wasser- und Wärmekraftwerke planmäßig erfolgt. Durch den Ausbau eines Hochspannungsnetzes würde es auch möglich werden, die im Süden vorhandenen großen Wasserkräfte der Alpen und die in Mittel- und Westdeutschland gelegenen großen Kohlenbecken der Wirtschaft Deutschlands und Österreichs dienstbar zu machen.

Hochdruckdampf-Anlage im Kraftwerk Simmering der Wiener städtischen Elektrizitätswerke.

Von Direktionsrat Ing. Fritz **Siedle**, Wien.

Nach Aufhebung der in der Nachkriegszeit bestandenen behördlichen Sparmaßnahmen im Verbrauch elektrischer Energie, begann der Stromkonsum der städt. Elektrizitätswerke stark zu steigen, so daß dieselben sich gezwungen sahen, trotz des Baues der Wasserkraftwerke Opponitz und Gaming und des Bezuges fremden Wasserkraftstromes, auch ihren kalorischen Betriebsanlagen zu vergrößern.

Zu diesem Zwecke wurden teils alte verbrauchte Dampfanlagen durch solche neuester Konstruktion und höherer Leistung ausgewechselt und teils Erweiterungen vorgenommen, bei denen hauptsächlich die Verwendung von inländischen Kohlen für die Feuerung der zur Aufstellung gelangenden neuen Dampfkessel in Aussicht genommen wurde. Als deshalb im Jahre 1926 die Auswechslung von alten 10 000 PS-Dampfturbineneinheiten im Kraftwerk Simmering erforderlich war, wurde der Entschluß gefaßt, auf hochgespannten und hochüberhitzten Dampf bei gleichzeitiger Anwendung der Kohlenstaubfeuerung überzugehen[1]).

Um die Eignung der aschenreichen und feuchten inländischen Kohle für die Verheizung in der Kohlenstaubfeuerung festzustellen, wurden in fremden Anlagen entsprechende Brennversuche durchgeführt, welche ergaben, daß der Wirkungsgrad der Kohlenstaubfeuerung trotz der erforderlichen Trocknung und Vermahlung der Rohkohle gegenüber dem mit der bisherigen Rostfeuerung erreichten noch nutzbringend gesteigert werden kann. Hiebei erschien es mit Rücksicht auf die Eigenart der inländischen, sehr schlackenreichen Kohlen zweckmäßig, den Feuerraum mit luftgekühlten Schamottewänden auszubilden, von der Anwendung eines Granulierrostes abzusehen und die Wegbringung der Schlacke in tropfbar flüssigem Zustande zu bewerkstelligen.

Für den Betrieb der Kondensationsturbinen wurde Dampf von 32 atü und 400° C Temperatur mit zweistufiger Anzapfung für die Speisewasseraufbereitung gewählt, die Kessel mit Ekonomiser und Luftvorwärmer veranschlagt und für den ersten Ausbau die Aufstellung von zwei Dampfturbinen mit zusammen 40 000 kW maximaler Leistung und vier Kesseleinheiten für zusammen 200 t Stundendampf samt der Aufbereitungsanlage für den Kohlenstaub beschlossen.

Die auf dieser Grundlage durchgeführte Wirtschaftlichkeitsrechnung hat den Ausbau der vorhandenen Anlage gegenüber der Errichtung eines neuen Werkes als vorteilhafter erscheinen lassen, da bei ersterem ein wesentlicher Teil der bestehenden Anlage benützt und deshalb an Anlagekosten gespart werden konnte.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 39.

Digitized by Google

Abb. 1 zeigt den Lageplan der neuen Anlage auf der Südseite des Werkes I (Kraftwerk Simmering). Diese besteht im wesentlichen aus drei Hauptteilen, und zwar der Kohlenaufbereitungsanlage, der Kesselanlage samt Speisewasseraufbereitung mittels Anzapfdampf und der Turbinenanlage. Zur Unterbringung derselben war unter anderem notwendig, das Dach des Kesselhauses und des Kohlenbunkers um 16 bzw. 12 m zu erhöhen, während das Maschinenhaus unverändert bleiben konnte. Außerdem mußten auch die Zu- und Ableitungskanäle für das Kühlwasser verstärkt und noch sonstige bauliche Herstellungen bewerkstelligt werden. Die Durchführung dieser Arbeiten war insofern schwierig, als der Betrieb des Werkes hiedurch nicht gehindert werden durfte; dies war insbesonders für die Errichtung des neuen Kesselhausdaches geboten, weshalb dasselbe als eiserne Hallenkonstruktion ausgeführt wurde. Mit den baulichen Herstellungen wurde im Winter 1926—27 begonnen.

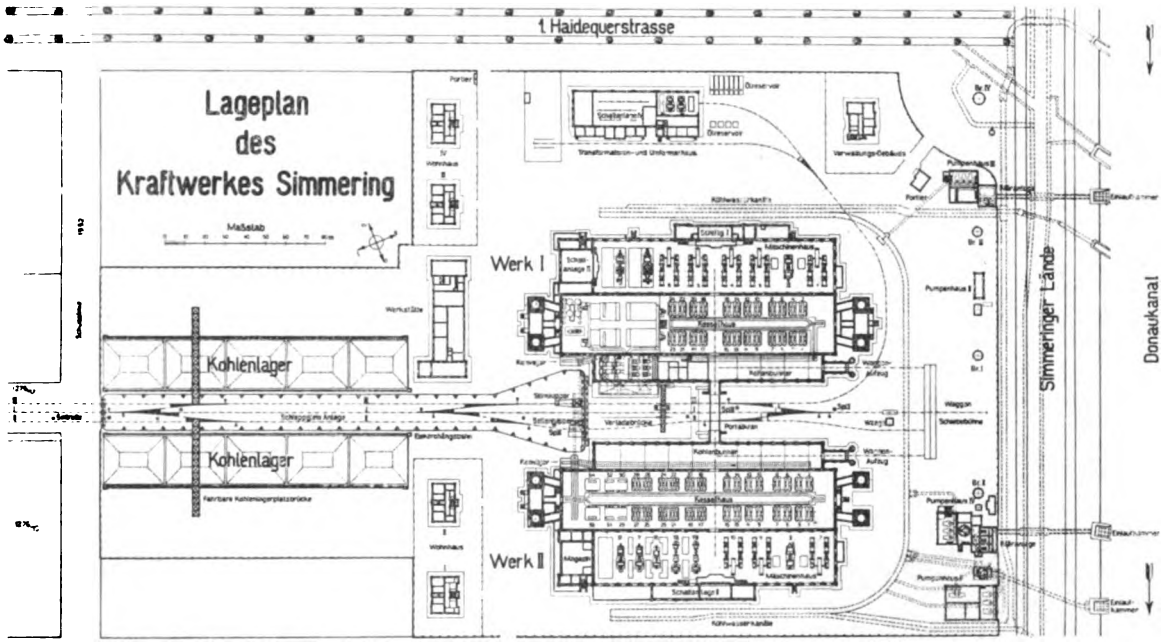


Abb. 1. Situationsplan der Hochdruckanlage.

Im Nachstehenden soll nun über die Anordnung und Ausführung der Anlage, von der Kohle ausgehend, eingehender berichtet werden.

Für die Zubringung der Rohkohle in die Aufbereitungsanlage ist eine Kohlenförderung für 36 t Stundenleistung vorgesehen (Abb. 2). Die Förderanlage umfaßt einen über drei Rangiergeleise reichenden Greiferlaufkran *a* für 1·5 m³ Greiferinhalt, den Aufgabebunker *b*, die Hammermühle *c* zur Zerkleinerung der Stückkohle, zwei Becherwerke *d* zur Beschickung des Naßkohlenbunkers von der neuen und der alten Kohlenförderungsanlage *e* aus und eine Sortiervorrichtung *f* zum Absieben des Überkornes. Vom hochgelegenen Naßkohlenbunker *g* wird die Kohle mittels Schnecken in die Aufgabevorrichtung der vier Büttner-Trommeltrockner *h* abgezogen, deren jeder 9 t Naßkohle von 12 vH auf 2 vH Feuchte mittels Rauchgasen von 260 bis 300° C, welche aus dem Kessel hinter dem Ekonomiser abgesaugt werden, zu trocknen imstande ist. Aus den Ausfallgehäusen der Trommeltrockner läuft die Trokkenkohle durch Abziehschnecken in den gemeinsamen Trockenkohlenbunker *i*, aus welchem über vollautomatischen Kohlenwaagen die Mühlen *k* gespeist werden.

Für die Brüdenentstaubung der Trockner ist eine elektrische Gasreinigungsanlage, Bauart Siemens-Schuckert-Werke, bestehend aus vier Doppelfiltern für eine 98 vH Entstaubung von zusammen 26 m³/sek. bei 100° C Temperatur beim Filtereintritt vorgesehen. In diesen Elektrofiltern mit einem Gesamtleistungsbedarf von etwa 7 kW sind flächenförmige einesteils mit Gleichstrom von etwa 55 kV geladene und anderenteils geerdete Elektroden eingebaut. Die staubhältigen Brüden werden durch das Hochspannungsfeld zwischen den beiden Elektrodenarten durchgeleitet, wobei die Staubteilchen geladen und hierauf an den geerdeten Flächen abgeschieden werden. Zur Erzeugung des hochgespannten Gleichstromes dient ein Einphasentransformator mit einem mechanischen Gleichrichter, der den erzeugten Hochspannungswechselstrom in pulsierenden Gleichstrom umwandelt. Die durch im Hochspannungsfeld und bei der mechanischen Umformung auftretende Funkenentladungen möglicher Weise hervorgerufenen Störungen des Rundfunkes werden durch Verlegung eines engmaschigen Netzes in die Mauer des Gleichrichterraumes als Abschirmung, sowie durch Kabelung der Gleichstrom-Hochspannungszuleitung zu den Filterschloten und durch Einbau von Widerständen in dem aus Transformator, Gleichrichter, Hochspannungszuführung und Elektroden gebildeten Schwingungskreis hintangehalten.

Die Vermahlung der Trockenkohle erfolgt nach

Digitized by Google

dem Einzelmühlensystem, bei welchem jeder Kessel seine eigenen ihm zugeordneten Mühlen besitzt, die aus ihrem Windsichterraum das brennfertige Kohlenstaubluftgemisch durch Rohrleitungen *l* ohne jede Zwischenbunkerung direkt in den Feuer-

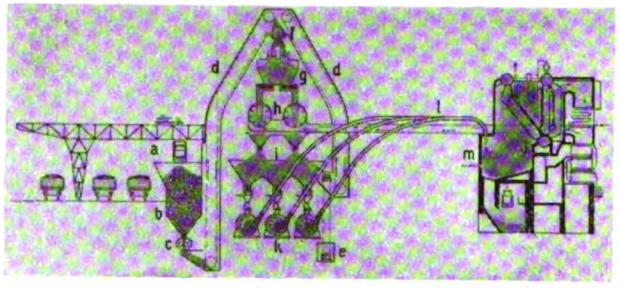


Abb. 2. Schema der Kohlenaufbereitung.

raum *m* des Kessels blasen. Im ganzen sind zwölf Stück schnellaufende Schlagkreuzdoppelmühlen der Simmeringer Maschinen- und Waggonbaufabrik aufgestellt, welche stündlich je 3 t Kohlenstaub mit einer Feinheit von 25 vH Rückstand auf dem 4900 Maschensieb liefern.

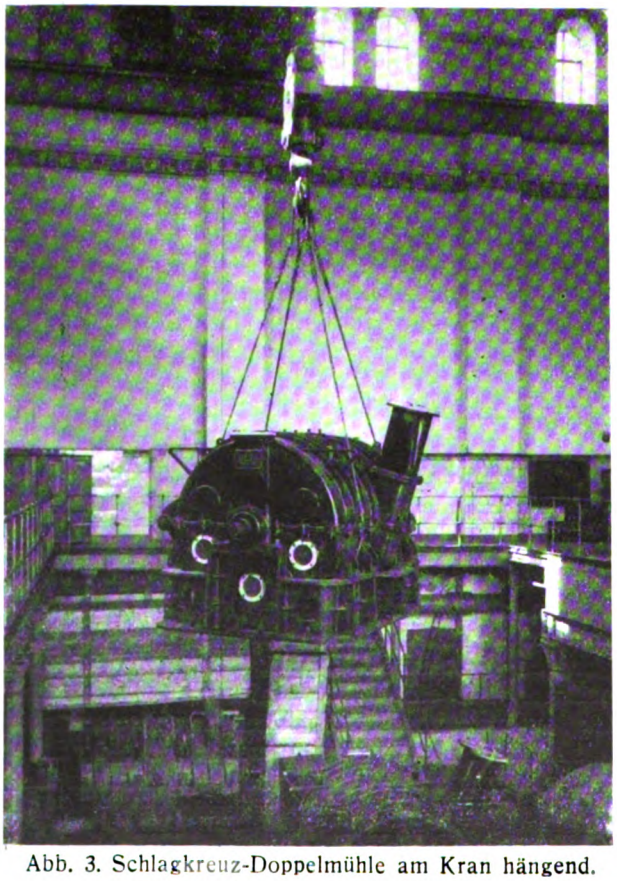


Abb. 3. Schlagkreuz-Doppelmühle am Kran hängend.

Der für die Trocknung und Vermahlung erforderliche Kraftbedarf beträgt 1200 PS entsprechend 2·3 vH der Turbinenleistung. Abb. 3 zeigt die Schlagkreuzdoppelmühle am Kran hängend.

Die zur Aufstellung gelangenden vier Steilrohrkessel für 35 atü und 420° C Dampftemperatur, welche von der Simmeringer Maschinen- und Waggonbaufabrik (Bauart Hanomag), Paukerwerk A. G. (eigene Bauart) und der Floridsdorfer Lokomotivfabrik (Bauart Steinmüller) geliefert wurden, besitzen je 1150 m² wasserberührte Heizfläche, gußeiserne Rippenrohrvorwärmer von durchschnittlich 700 m² und einen Luftvorwärmer von 1000 m² im Mittel. Sie sind imstande, 40 t Dampf normal und 50 t Dampf maximal zu leisten. Die teils Vier- teils Dreitrommelkessel sind mit Thyssenschen geschweißten und vergüteten Hochsicherheitstrommeln von 1200 bis 1400 mm äußerem Durchmesser und zirka 7·20 bis 7·80 m Länge und angekümpelten Böden ohne Rundschweißnähte ausgerüstet. Jeder Kessel hat zirka 45 m³ Wasserinhalt und zirka 20 m² Verdampfungsoberfläche. Die Tragkonstruktion derselben, deren Ständer gleichzeitig zur Mauerwerksverankerung

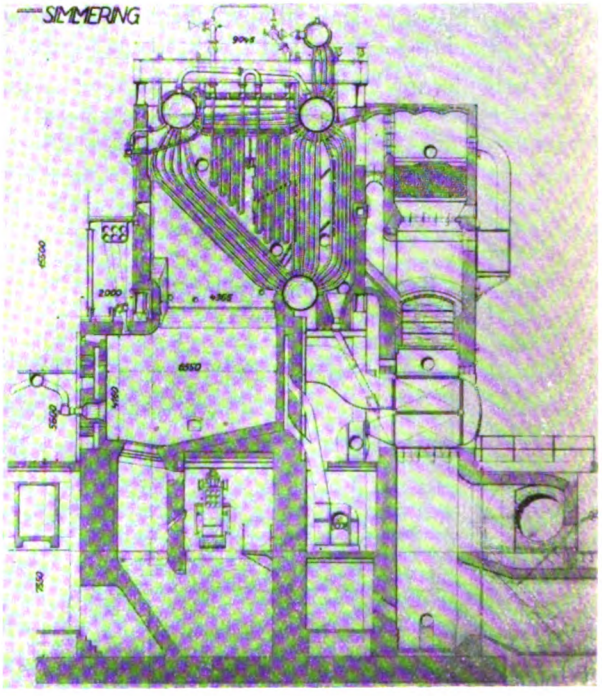


Abb. 4. Kesselquerschnitt Bauart Hanomag.

benützt werden, ist so ausgebildet, daß die Obertrommeln bei der Bauart Hanomag und Steinmüller hängend und bei der Ausführungsweise des Paukerwerkes dagegen aufliegend, in beiden Fällen jedoch elastisch abgestützt sind. Die Rohrbündel, sowie die Verbindungen der Trommeln untereinander bestehen aus nahtlosen Stahlrohren von 76 bis 83 mm äußerem Durchmesser und 4 mm Wandstärke. Zum Schutze der Wandung der vorderen Obertrommel ist bei der Bauart Hanomag ein wassergekühltes Rohrsystem angebracht, welches Wasser aus der vorderen Trommel entnimmt und den erzeugten Dampf in dieselbe zurückführt. Bei den zwei übrigen Bauarten ist der Trommelschutz in geeigneter Weise mittels Schamottesteinen und Asbest durchgeführt. Zwecks gleichmäßiger Erwärmung der Untertrommeln beim Anheizen wird aus einem Betriebskessel durch ein oder zwei Rohre Sattdampf in dieselben ein-

Digitized by Google

geblasen. Jeder Kessel ist mit einem Saugzugventilator für 70 PS Kraftbedarf ausgerüstet, der die Rauchgase in die bestehenden Schornsteine fördert. Die Betätigung der für die Feuerführung, Dampf- und Speisewasserregelung erforderlichen Apparate erfolgt von einer zentralen Wärmewarte vom Heizerstand aus.

Sämtliche Kessel besitzen luftgekühlte Feuerräume, Bauart Simmering-Königsfeld, mit einem Rauminhalt von je 202 m³. Dem in diesem Feuerraum durch Flachstrahlbrenner eingeblasenen Primärgemisch wird Sekundärluft, welche sich im Luftvorwärmer erwärmt, beigemischt, während die in dem Kühlmantel erhitzte Primärluft in die Mühlen geleitet wird.

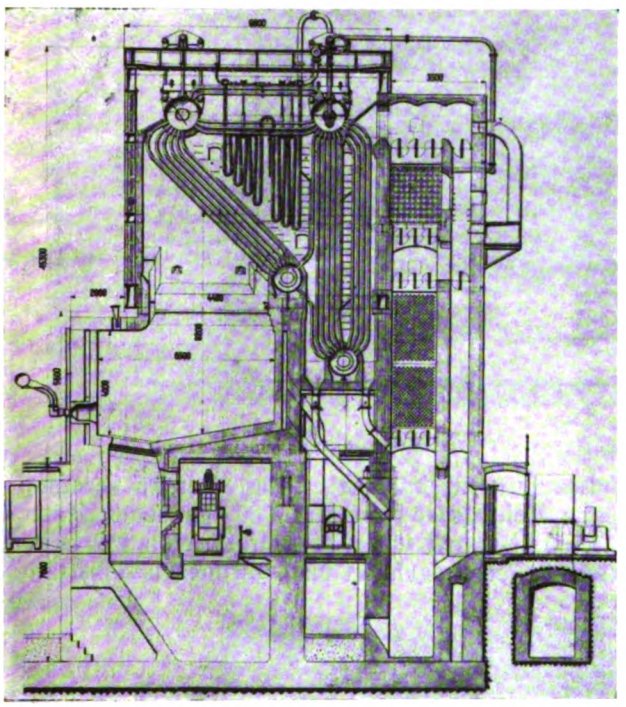


Abb. 5. Kesselquerschnitt Bauart Steinmüller.

Die spezifische Beanspruchung des Feuerraumes errechnet sich normal auf 156 000 und maximal auf 193 000 WE/m³/h bei einem Heizwert des getrockneten Kohlenstaubes von 5800 kcal.

An der Stirnwand jeder Feuerkammer ist noch eine Anheizvorrichtung, bestehend aus zwei Ölbrennern mit Dampfzerstäubung vorgesehen.

Die Schlacke tropft in flüssiger Form aus dem Feuerraum in einen Wassersumpf ab, granuliert dort und wird mittels elektrisch betriebener Greiferlaufkatzen mit 0·65 m³ Inhalt in bereitstehende Schlackenwagen gefördert.

Seitens der obigen Lieferfirma wurde ein Wirkungsgrad der Kessel samt Ekonomiser, Über- und Lufterhitzer von mindestens 80 vH bei Normalbelastung, ohne Toleranz und ohne Anzapfung von Rauchgasen für die Kohlentrocknung gewährleistet, wobei der Heizwert des zur Verheizung gelangenden getrockneten Kohlenstaubes 4500 bis 6000 kcal zu betragen hat und die Feuchte 3 vH nicht überschreiten darf. Dieser Garantie liegt weiters eine Speisewassertemperatur von 130° C am Ekonomisereintritt zugrunde.

Die Abb. 4, 5 und 6 zeigen einen Querschnitt durch die Kessel nach den drei Bauarten.

Das Speisewasser wird von der Kondensattemperatur mittels zweistufigem Anzapfdampf aus den Turbinen in drei Vorwärmern auf zirka 130° C erwärmt. Die Wärmeschaltung geht aus dem Schaltbild, Abb. 7, hervor. Die B. B. C.-Turbine besitzt zwei Anzapfstellen, und zwar bei 0·95 und 4 ata, jene der E. B.-Turbine deren drei, und zwar bei 1·4, 3·4 und 8 ata, welch letztere vorläufig nicht zur Verwendung kommt. Das Turbinenkondensat wird von der Kondensatpumpe *H* durch den Blasenabscheider, Patent Szykla, *P* in den hoch-

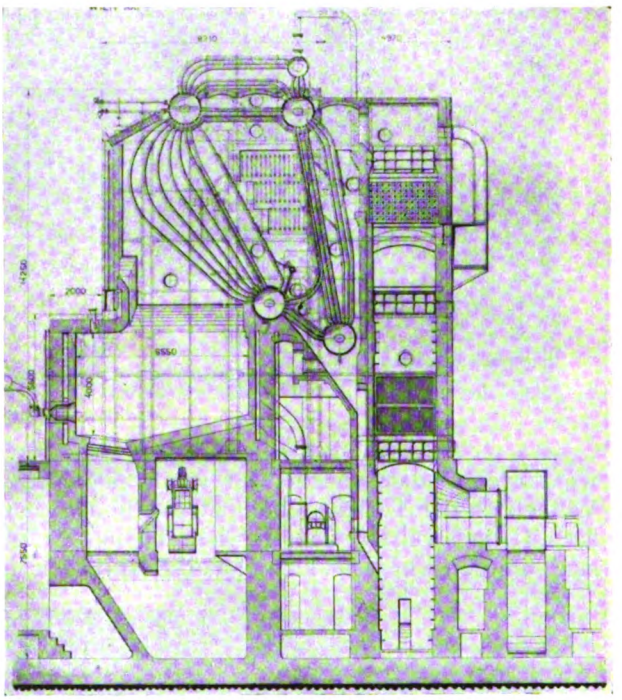


Abb. 6. Kesselquerschnitt Bauart „Paukerwerk".

stehenden Warmwasserbehälter *E* mit Szykla-Entlüftung und Schwadendampfkondensator *F* gefördert. Der Warmwasserbehälter ist durch einen Dampfpolster vor Luftaufnahme geschützt. Von diesem Hochbehälter *E* fließt das Kondensat der Mitteldruckspeisepumpe *J* zu, welche dasselbe durch die drei Vorwärmer D_1, D_2 und D_3 hindurchfördert. Aus dem letzten Vorwärmer gelangt das Speisewasser in den gleichfalls hochgestellten Heißwasserbehälter *G*, der im Dom mit Rieseltassen versehen ist. Am höchsten Punkte dieses Domes kann eine weitere Entlüftung des Speisewassers erfolgen. Von dem Heißwasserbehälter *G* fließt das Speisewasser den zirka 10 m tieferstehenden, teils mit Dampf, teils elektrisch angetriebenen vier Hochdruckspeisepumpen *K* für eine Leistung von 40, 80, 100 und 120 m³/h zu, welche es durch die Rippenrohr - Rauchgasvorwärmer in den Kessel drücken.

Die Anordnung des Heißwasserbehälters *G* wurde hauptsächlich aus dem Grunde getroffen,

Digitized by Google

damit für vorübergehende Stoßbeanspruchungen ein genügender Heißwasservorrat vorhanden ist. Beide Behälter E und G haben je 45 m³ Wasserinhalt und stellen somit zusammen einen Speise-

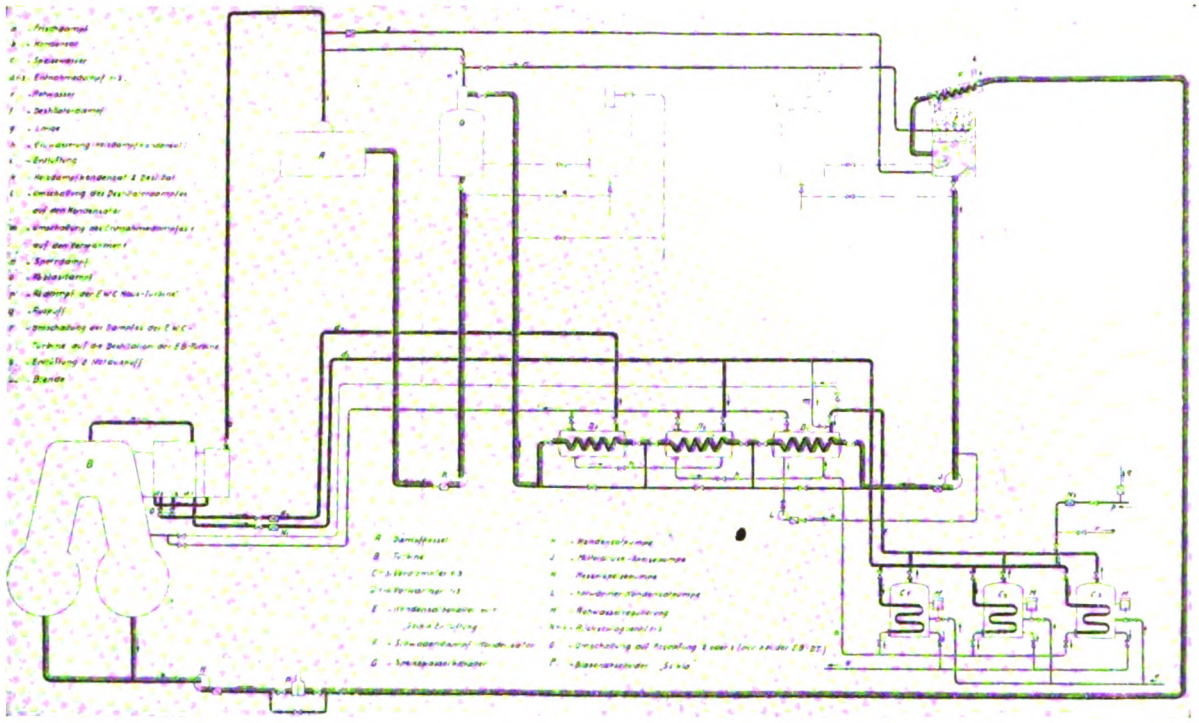


Abb. 7. Wärmeschaltbild der Speisewasser-Vorwärmeanlage.

wasservorrat dar, welcher für einen einstündigen Vollbetrieb der Turbine ausreicht. Weiters ist noch darauf hinzuweisen, daß Vorkehrungen getroffen sind, um den Überschußdampf vor Ansprechen der

bis auf zirka 100° C aufgespeichert und wiederverwendet werden kann.

Das Zusatzwasser wird gleichfalls in mit Anzapfdampf geheizten Verdampfern C_1, C_2 und C_3 mit je 30 m² Heizfläche erzeugt. Das zu verdampfende Rohwasser von zirka 20 deutschen Härtegraden wird mit einer Temperatur von 15° C den Verdampfern zugeleitet und von diesen selbsttätig,

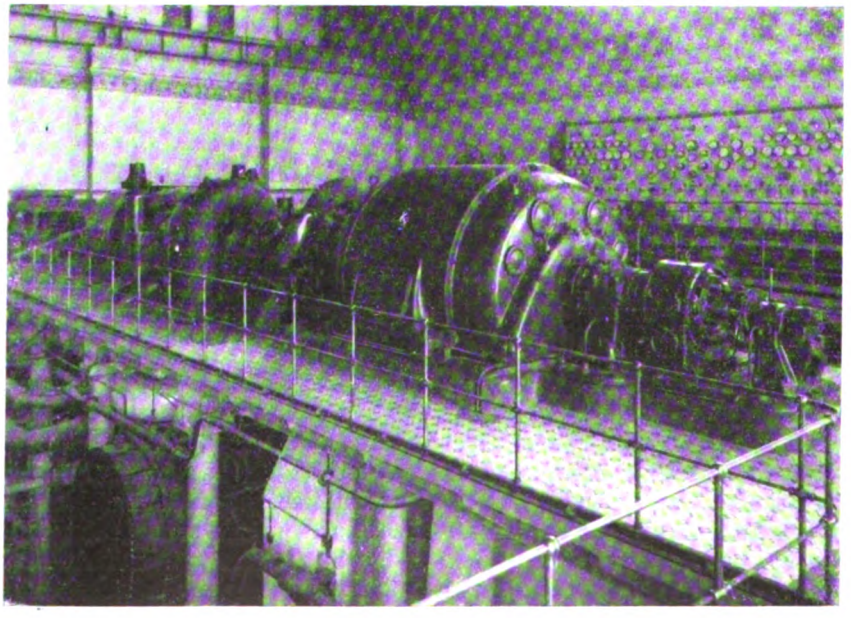


Abb. 8. Ansicht der Turbine der Ersten Brünner-Maschinenfabrik.

Sicherheitsventile in den Warmwasserbehälter E einleiten zu können, wodurch die sonst in das Freie gehende Wärme in diesem Behälter durch die Aufwärmung des Wasserinhaltes von 26° C

jedoch in Abhängigkeit des Wasserstandes in denselben angesaugt. Die Brüden der drei Verdampfer gehen gemeinsam in den ersten Vorwärmer D_1. Die drei Destillatoren vermögen eine

Digitized by Google

Zusatzwassermenge im Gewichte von normal 5 vH und bei Einleitung der Verdampferbrüden in den Turbinenkondensator 8 vH der Turbinenfrischdampfmenge zu verdampfen.

Zweidruck-Anzapfturbine der Ersten Brünner-Maschinenfabrik und eine Eindruck-Anzapfdampfturbine der A. G. Brown-Boveri & Cie., besitzen 21 500 bzw. 30 000 PS_k Normaldauerleistung.

Abb. 9. Ansicht der B. B. C.-Turbine.

In die Destillatorendampfleitung mündet außerdem der Abdampf *p* einer kleinen Escher Wyss-Hausturbine, welche die betriebswichtigen Hilfseinrichtungen der Eigenbedarfsanlage mit elektrischer Energie versorgt. Wegen der erforderlichen Anfahrmöglichkeit für diese Eigenbedarfsturbine auch bei stromlosem Kraftwerk ist ein Auspuffbetrieb *q* eingerichtet; ihr Abdampf wird für die Speisewasservorwärmung verwendet, in gleicher Weise wird auch der Abdampf der beiden obigen Dampfturbinen, welche Hochdruck-Kesselspeisepumpen antreiben, verwendet. Das Heißdampfkondensat der Vorwärmer und Verdampfer wird gesammelt und durch eine eigene Kondensatpumpe *L* in die Saugleitung der Mitteldruck-Speisepumpe *J* gefördert.

Die von jedem Kessel abgehenden Hochdruckdampfleitungen, welche aus nahtlosen Stahlrohren von 216 mm äußerem Durchmesser und 8 bis 9 mm Wandstärke bestehen, werden in zwei Stahlguß-Dampfverteilergruppen, die untereinander wieder verbunden sind, zusammengefaßt. Von jedem Dampfverteiler zweigen die Zudampfleitungen zu den geschweißten Wasserabscheidern der Betriebsturbinen, der Hausturbine und zu den Dampfspeisepumpen ab. Die Rohrflanschen sind durchwegs aufgewalzt, gebördelt und elektrisch bzw. autogen geschweißt. Als Absperrorgane sind Schieberventile, System Fischbach, mit Stirnradantrieb für Handbetätigung und auch mit Schnellschluß- und Fallgewichtbetätigung vorgesehen. Die wellenförmigen Dichtungsringe bestehen aus nicht rostendem 2 VA-Kruppstahl. Für die Wärmeisolierung wurde durchwegs Glasseide verwendet.

Die zur Aufstellung gelangten zwei Kondensationsdampfturbinen-Aggregate, und zwar eine

Beide Turbinen sind für eine 25 vH Überlast und 3000 U/min gebaut und mit selbstbelüfteten, sowie

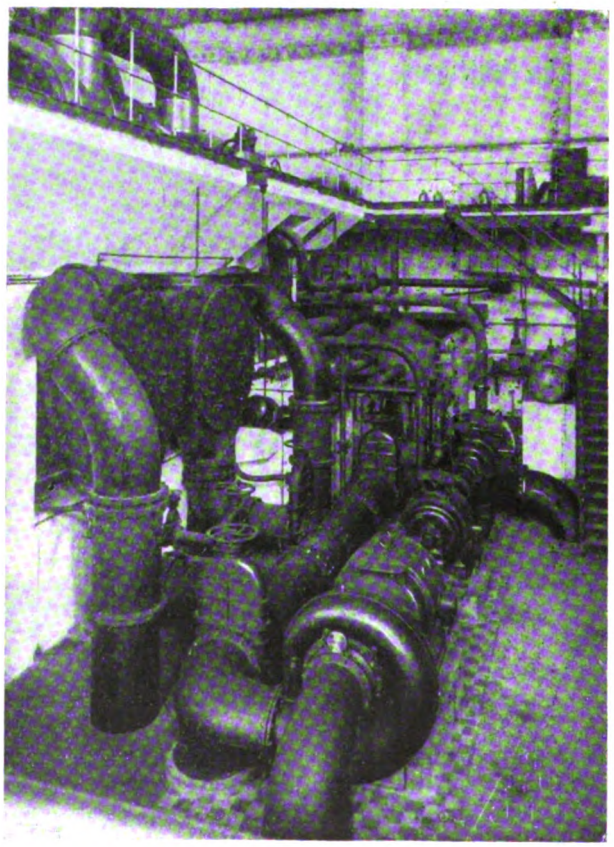


Abb. 10. Pumpengruppe der B. B. C.-Turbine.

eigenerregten 5000 V-Drehstromgeneratoren von 18 700 kVA bzw. 25 000 kVA der Österr. Siemens-

Digitized by Google

Schuckert Werke gekuppelt, deren Kühlluft in mit Frischwasser beaufschlagten, glattrohrigen Rückkühlanlagen im Kreislaufe gekühlt wird. Die Zweidrucksteuerung der E. B.-Maschine wurde deshalb vorgesehen, um diese mit Mitteldruckdampf aus den bestehenden Kesseln betreiben, und dadurch die Speicherkapazität der Mitteldruck-Kesselanlage

Die Bauart E. B. (Abb. 8) besitzt im ersten Gehäuse 22 und im zweiten Gehäuse 21 einkränzige Gleichdruckstufen; das dritte Gehäuse ist in Doppelstromausführung mit 30 Überdruckstufen auf einem trommelförmigen Läufer angeordnet. Die Turbine ist für Zweidruckbetrieb, also für die Aufnahme von zweierlei Drücken, sowohl von 33 ata

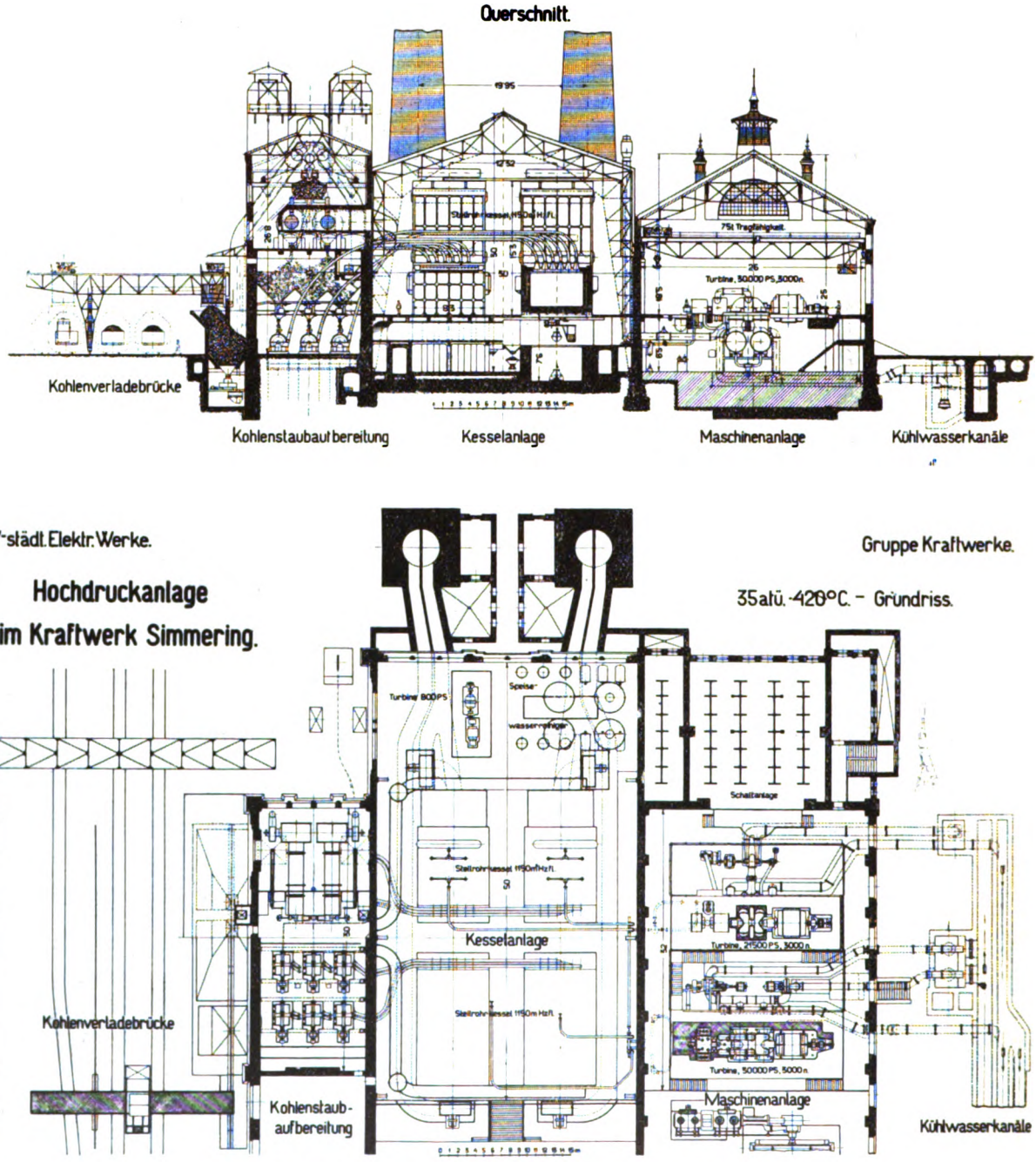


Abb. 11. Gesamtanlage, Querschnitt und Grundriß.

für Stoßbeanspruchungen in der Belastung dieser Hochdruckturbine heranziehen zu können.

Beide Turbinen besitzen zur weitestgehenden ökonomischen Ausnützung des Dampfdruckgefälles eine vielstufige Bauart in drei von einander getrennten Gehäusen mit Doppelauslaß am Niederdruckteil.

als auch 12 ata, gebaut und dementsprechend mit einer Zweidrucksteuerung ausgerüstet.

Bei der Bauart B. B. C. (Abb. 9) besteht der HD-Teil aus zwei einkränzigen Geschwindigkeitsrädern von 1000 mm und 18 Überdruckstufen von 672 mm mittleren Durchmesser. Der Dampf vom Anfangszustand 33 ata und 400° C verläßt den

Digitized by Google

HD-Teil mit zirka 9 ata. Der MD-Teil umfaßt 16 Überdruckstufen von 978 mm mittlerem Durchmesser und verarbeitet den Dampf auf zirka 0·95 ata ab. Der Dampf wird dann in dem doppelendigen ND-Zylinder, der aus je sechs Überdruckstufen von 1490 mm mittlerem Durchmesser besteht, auf 96 vH Luftleere entspannt. Die Summe u^2z dieser Bauart beträgt für die Aktionsräder zirka 50 000, für den Reaktionsteil zirka 950 000.

Durch die Unterteilung werden große Vorteile in der Bauart und auch in der Beherrschung der Wärmedehnungen erzielt und auch vornehmlich schädliche Einwirkungen infolge zu großer Temperaturunterschiede in ein und demselben Gehäuse vermieden. Die kurzen Lagerabstände lassen kleine Spiele in der Schaufelung und in den Stopfbüchsen zu, wodurch die Undichtigkeitsverluste verringert werden. Hiedurch ist es außerdem möglich, die kritische Drehzahl der Turbinen weit über die Betriebsdrehzahl zu legen und somit einen raschen Anlauf wie auch ruhigen Gang zu erreichen.

Die für den Oberflächenkondensator vorgesehene Pumpengruppe besteht bei der E. B.-Bauart aus einem gemeinsamen Satz für die Luft- und Kühlwasserpumpe, während die Kondensatpumpe einen elektrischen Einzelantrieb für 38 PS besitzt.

Dagegen ist bei der Bauart B. B. C. die Kühlwasser-, Luft- und Kondensatpumpe zu einem Satz zusammengefaßt (Abb. 10); außerdem ist eine zweite Kühlwasserpumpe mit elektrischem Einzelantrieb für zirka 160 PS vorgesehen, die nur zusätzlich, zum Beispiel bei höherer Kühlwassertemperatur, in Verwendung genommen wird. Beide Hauptpumpengruppen besitzen Dampf- und elektrischen Antrieb für einen Kraftbedarf von zirka 500 bzw. zirka 260 PS, wobei im Dauerbetrieb nur elektrisch gefahren wird und die Steuerung der im Vakuum mitlaufenden Antriebsturbine so eingestellt ist, daß die Turbine bei Tourenausfall des Motors selbsttätig die Leistung übernimmt. Außerdem ist der Dampfantrieb zum stromlosen Anfahren der Pumpengruppe erforderlich.

Der garantierte Dampfverbrauch ist bei beiden Turbinen-Bauarten ungefähr der gleiche; er beträgt bei 32 atü und 400° C Dampftemperatur und 15° C Kühlwassertemperatur, bezogen auf die Kupplungsleistung der Turbine bei reinem Kondensationsbetrieb und Vollast bei der E. B.-Bauart 2·87 kg Dampf/h/PS und bei der B. B. C.-Turbine 2·76 kg Dampf/h/PS . Hiebei darf der Kühlwasserverbrauch 4700 bzw. 6000 m³/h nicht überschreiten.

Die Anordnung der Gesamtanlage, Querschnitt und Grundriß, ist aus der Abb. 11 ersichtlich.

Das Kühlwasser wird in der gleichen Weise wie bisher aus dem Donaukanal entnommen. Es wird aber vor der Verwendung in zwei neuerrichteten Siebfilteranlagen, Bauart Bamag-Büttner, Linz, und Geiger-Vamag, Wien, mit einer Leistung von zusammen 5·7 m³/sek entsprechend gereinigt.

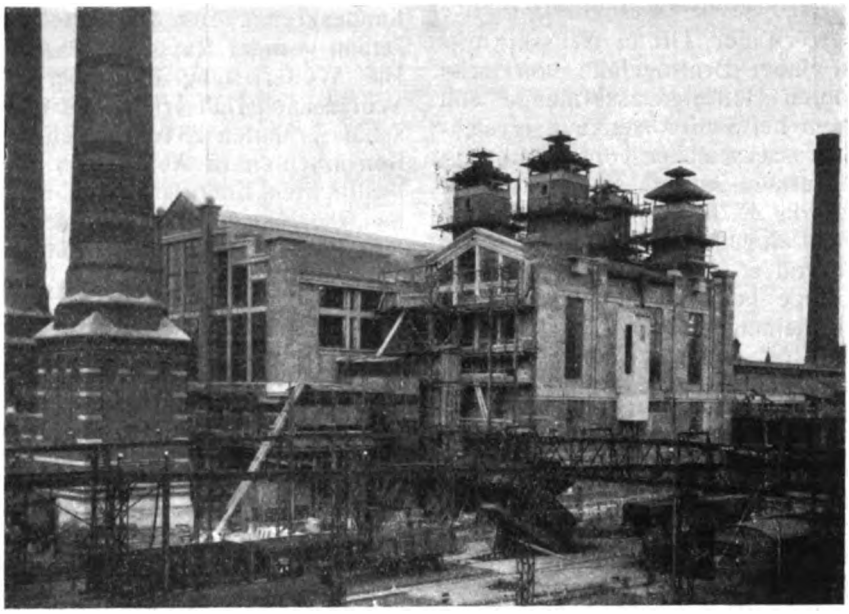


Abb. 12. Südostansicht des Werkes I, Bauzustand April 1928.

Abb. 12 zeigt das Werk I von Südost nach dem Bauzustande Mitte April l. J.

Zum Schlusse sei bemerkt, daß beide Turbinen seit Monaten bzw. Wochen mit Mitteldruckdampf 12 atü und 300° C aus der alten Anlage ohne Anstand im Betriebe stehen und deren Ökonomie auch bei diesen Dampfverhältnissen den gesamten Kohlenverbrauch des Werkes in bemerkenswerter Weise gebessert hat, so daß der Betrieb mit Hochdruckdampf aus inländischer Kohle, welcher im Sommer l. J. aufgenommen werden wird, mit Sicherheit jene ökonomischen Ergebnisse erwarten läßt, welche für die Errichtung dieser Neuanlage ausschlaggebend waren.

Digitized by Google

Die Schaltanlagen der Tiroler Wasserkraftwerke A. G.

Von Baurat h. c. Ing. Erich **Heller**, leitender Direktor der Tiroler Wasserkraftwerke-Aktiengesellschaft, Innsbruck.

Die Vollendung und Inbetriebsetzung der Anlagen für den ersten Ausbau des Achenseekraftwerkes im letzten Herbst und der Umstand, daß der Betrieb des Werkes seither praktisch ohne Störungen verlief, geben die Möglichkeit, über Einzelheiten der technischen Ausführung dieses Werkes in weiteren Fachkreisen zu berichten. Hiezu kann niemand berufener und geeigneter sein als jene Ingenieure der mit der Ausführung der einzelnen Anlageteile betrauten Lieferfirmen, die sich in besonderem Maße mit der Projektierung und Durchführung dieser Arbeiten befaßt haben. Ihren interessanten Darlegungen über die Schaltanlagen des Achenseewerkes soll zur richtigen Beurteilung des Zweckes der beschriebenen Anlagen ein zusammenfassendes Bild des Gesamtunternehmens vorangestellt werden.

Das Achenseewerk der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G., mit einem Bruttogefälle von zirka 400 m, einer größten Betriebswassermenge von 25 m^3/sec und einem bei 5 m Absenkung erreichbaren natürlichen Wasserspeicher von 36 Mill. m^3, hat im vollendeten ersten Ausbau eine installierte Maschinenleistung von 30 700 PS für Drehstrom- und 24 000 PS für Einphasenstromerzeugung, bei einer Jahresarbeit von 85 Mill. kWh. Nach Vollendung des im Gange befindlichen Vollausbaues, der auch die Einbeziehung einiger zum Achensee benachbart liegender Niederschlagsgebiete umfaßt, werden die Drehstrommaschinen eine Leistung von 92 700 PS, die Einphasenstrommaschinen eine Leistung von 32 000 PS aufweisen und eine mittlere Jahresleistung von 165 Mill. kWh abgeben können.

Der Einphasenstrom dient ausschließlich zum elektrischen Betrieb der Bundesbahnen und wird nach Transformierung auf 55 000 V in die in nächster Nähe des Achenseekraftwerkes verlaufende Übertragungsleitung der österreichischen Bundesbahnen abgegeben, in welche auch das Spullersee- und das Ruetzwerk speisen.

Mit Drehstrom werden aus dem Achensee, abgesehen vom Eigenbedarf, in erster Linie bestehende kommunale Kraftwerke in Tirol versorgt, welche zu der Produktion ihrer Eigenanlagen, insbesonders im Winter, Energiezusätze benötigen. Solcherart werden die städtischen Elektrizitätswerke in Innsbruck, Hall und Schwaz mit 25 000 V Spannung beliefert. Außerdem deckt die Gesellschaft gleichfalls mit 25 000 V den Energiebedarf der am ehemaligen Seeabflusse bestandenen, nunmehr stillgelegten kleinen Wasserkraftanlagen, ferner ihres eigenen Pumpwerkes zur Einleitung der Achenkirchner Quellen in den Achensee und vorübergehend für die im Gange befindlichen Arbeiten für den Vollausbau des Kraftwerkes. Hinsichtlich Leistung und Arbeitsmenge weitaus am bedeutungsvollsten ist die Energielieferung an die Bayernwerk A.-G., welche mit Spannungen zwischen zirka 100 000 und 125 000 V über das Walchenseewerk bei Kochel bewirkt wird.

Die Durchführung dieser Energielieferungen hat vor allem die Erbauung einer 115 000 V Doppelleitung von Jenbach nach Wilten bei Innsbruck bedingt, wo in einem Umspannwerk die für Innsbruck und Hall bestimmte Energie auf 25 000 V transformiert und ferner das Spannungsniveau der nach Bayern weiterzuleitenden Energie auf 125 000 V gehoben wird. Für diese Spannung ist die vorläufig mit einem Stromkreis und einem Reserveleiter belegte Doppelleitung von Wilten über Scharnitz nach Kochel bemessen, welche bis zur Landesgrenze von der Gesellschaft, jenseits derselben von der Bayernwerk A.-G. errichtet wurde. Die Weiterleitung der Energie vom Unterwerk Wilten nach Hall erfolgt auf einer von der Gesellschaft erbauten 25 000 V-Leitung. Schwaz und die Konsumenten in Achenkirch erhalten die für sie bestimmten Energiemengen über 25 000 V-Leitungen, die von der Transformierungs- und Schaltanlage im Krafthaus Jenbach abgehen.

Die beiden folgenden Aufsätze enthalten alle Einzelheiten, welche hinsichtlich der Schaltanlagen des Kraftwerkes in Jenbach und des Umspannwerkes in Wilten Interesse erwecken können. Zur weiteren Unterrichtung über andere Fachgebiete betreffende Belange kann der folgende Literaturnachweis dienen:

1. Dr. Ampferer: „Landschaft und Geologie des Achensees", Wasserwirtschaft, Sonderheft vom 26. Mai 1919. — „Über die geologischen Verhältnisse des Achensees und die beim Bau des Achenseekraftwerkes geschaffenen neuen Aufschlüsse", Selbstverlag der Tiroler Wasserkraftwerke A. G.

2. Dr. Ampferer und Ing. Pinter: „Über geologische und technische Erfahrungen beim Bau des Achenseekraftwerkes in Tirol", Geologische Bundesanstalt Wien, 1927.

3. Ing. Hamberger: „Die Druckluftarbeiten beim Bau des Entnahmebauwerkes des Achenseekraftwerkes", Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1927.

4. Ing. Heller: „Die maschinellen und elektrischen Anlagen des Achenseekraftwerkes", E. u. M. 1926, Heft 39, S. 690. — „Das Achenseekraftwerk", Zeitschrift d. Österr. Ing. u. Arch.-Vereines, H. 51/52, 1926.

5. Dr. Innerebner: „Innsbruck und der Achensee", Wasserwirtschaft, Sonderheft vom 26. Mai 1919.

6. Dr. Pernt: „Die Wasserkraftnutzung des Achensees", Wasserwirtschaft, Sonderheft vom 26. Mai 1919. — „Das Achenseewerk und die Energiewirtschaft Österreichs", Wasserwirtschaft 1924, H. 11, 12, 13.

7. Dr. Reiter: „Die wirtschaftliche und politische Bedeutung des Achenseekraftwerkes", Arbeit und Wirtschaft, 5. Dez. 1927. — „Inbetriebsetzung des Achenseekraftwerkes", E. u. M. 1927, S. 850.

Digitized by Google

Die Schaltanlagen des Achenseekraftwerkes.

Von Ing. Gustav **Kastner**, Wien.

Zur raschen Einführung in die nachfolgend beschriebenen Schaltanlagen sei nochmals die Gesamtdisposition des Kraftwerkes in Jenbach in Erinnerung gebracht.

Abb. 1 zeigt die gegenseitige Anordnung von Maschinenhaus und Schalthaus im rechten Winkel, die Verbindung stellt die Montagehalle und ein gedeckter Verbindungsgang her. Das Maschinenhaus ist in baulicher Hinsicht für die Aggregate des Vollausbaues vollständig fertiggestellt, derzeit befinden sich im Betrieb:

2 Drehstromsätze 50 Per/s, 500 U/min zu je 13 000 kVA bei 5500 V Nennspannung,

3 Einphasensätze $16\,^{2}/_{3}$ Per/s, 500 U/min zu je 5000 kVA bei 5500 V Nennspannung.

Zwischen den vorgenannten fünf Sätzen und der derzeit in Montage befindlichen dritten Drehstromgruppe mit 25 000 kVA Leistung sind die Fundamente für den vierten Bahngenerator ausgebaut. Schließlich ist am Südende des Maschinenhauses Raum für den vierten Drehstromsatz von 25 000 kVA vorhanden, welcher heute bereits bestellt ist und im Jahre 1929 in Betrieb kommen wird.

In gleicher Weise vollzieht sich der Ausbau der zugehörigen Freiluftanlagen. Das Eisengerüst der 115 kV Freiluftanlage ist für den Vollausbau fertiggestellt und überdies noch in Zukunft der Ausbau von zwei weiteren nach Osten abgehenden 115 kV Leitungen auf Grund der getroffenen Disposition möglich.

Wegen ausreichender Platzreserve konnte daher der Bauplatz nach Süden durch das quergestellte Induktionsreglerhaus abgeschlossen werden, welches aus später näher erläuterten Gründen erst im Frühjahr 1927 projektiert und im Sommer des gleichen Jahres fertiggestellt wurde.

Östlich vom Schalthaus liegt die 55 kV Freiluftanlage für die Transformierung und Wegleitung des Bahnstromes, welche noch für die Einrichtun-

Disposition der Gesamtanlage.

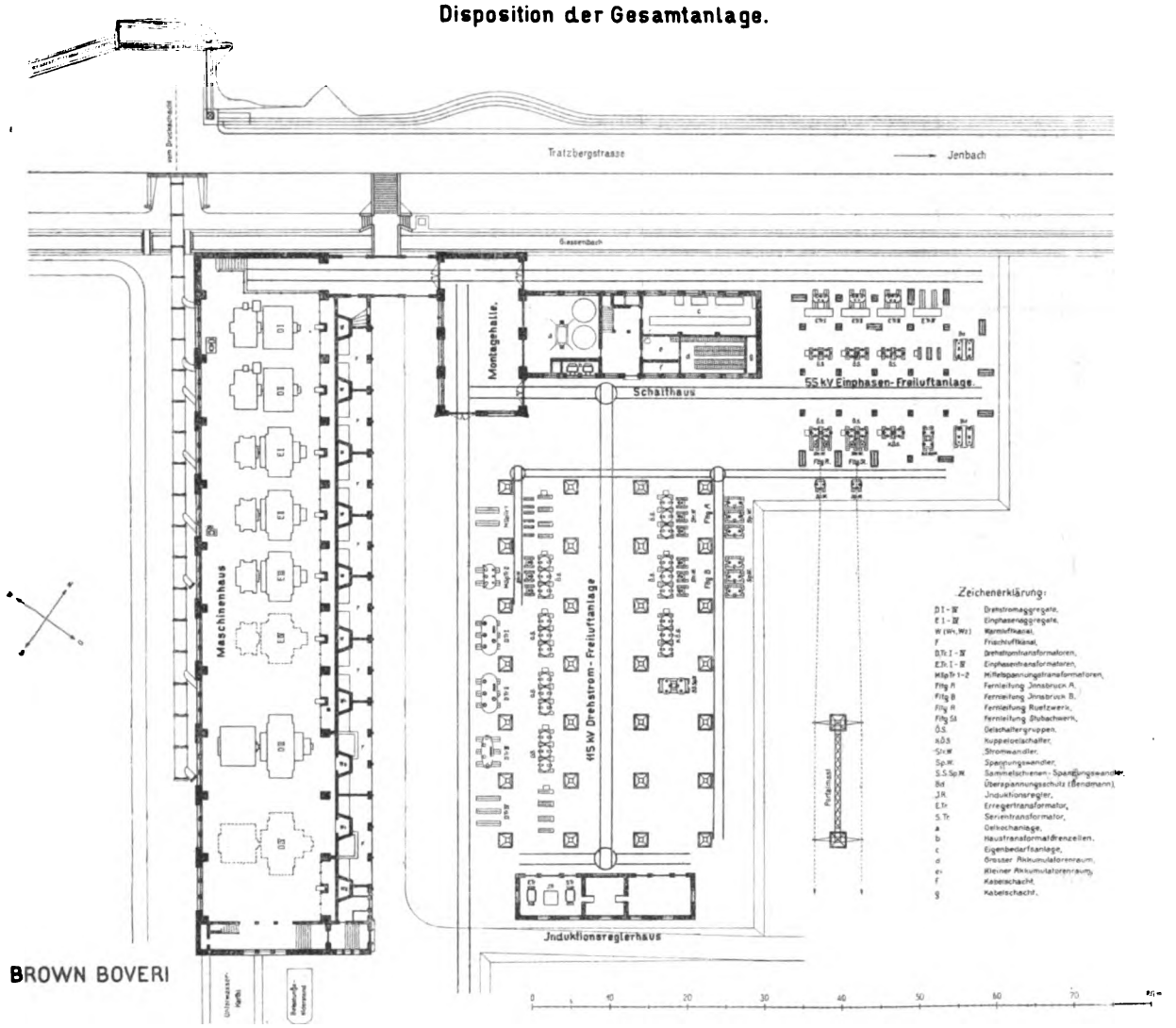


Abb. 1. Gesamtdisposition.

Digitized by Google

gen des vierten, derzeit nicht ausgebauten Aggregates erweiterungsfähig ist.

Die gewählte räumliche Disposition mußte, wie aus den Abmessungen der Baustelle ersichtlich, unter möglichster Beschränkung des Flächenausmaßes erfolgen, dies in erster Linie wegen der im Inntal vorgegebenen Boden- und Grundwasserverhältnisse. Da das ursprüngliche Terrain bei Inn-Hochwasser teilweise unter Wasser stand, mußte das Niveau der gesamten Kraftanlage ganz wesentlich, im Durchschnitt um 2 bis 3 m durch Aufschüttung gehoben werden, wozu Ausbruchsmaterial nur in beschränktem Maße zur Verfügung über Ölschalter auf die Doppelsammelschienen speisen, von welchen die Fernleitungen abgehen. Die Kupplung beider Sammelschienensysteme ist in beiden Fällen durch einen eigenen Kuppelschalter möglich. Bei der Drehstromanlage wird dieses einfache Schema noch durch die 24 kV Mittelspannungsanlage und den Eigenbedarf erweitert.

Die Schalteinrichtungen beider Anlagen weisen daher eine gewisse Analogie in der Ausführung auf, weshalb nachstehend eine gemeinsame nähere Beschreibung vorgezogen wurde und nur jeweils auf interessante Abweichungen hingewiesen werden soll.

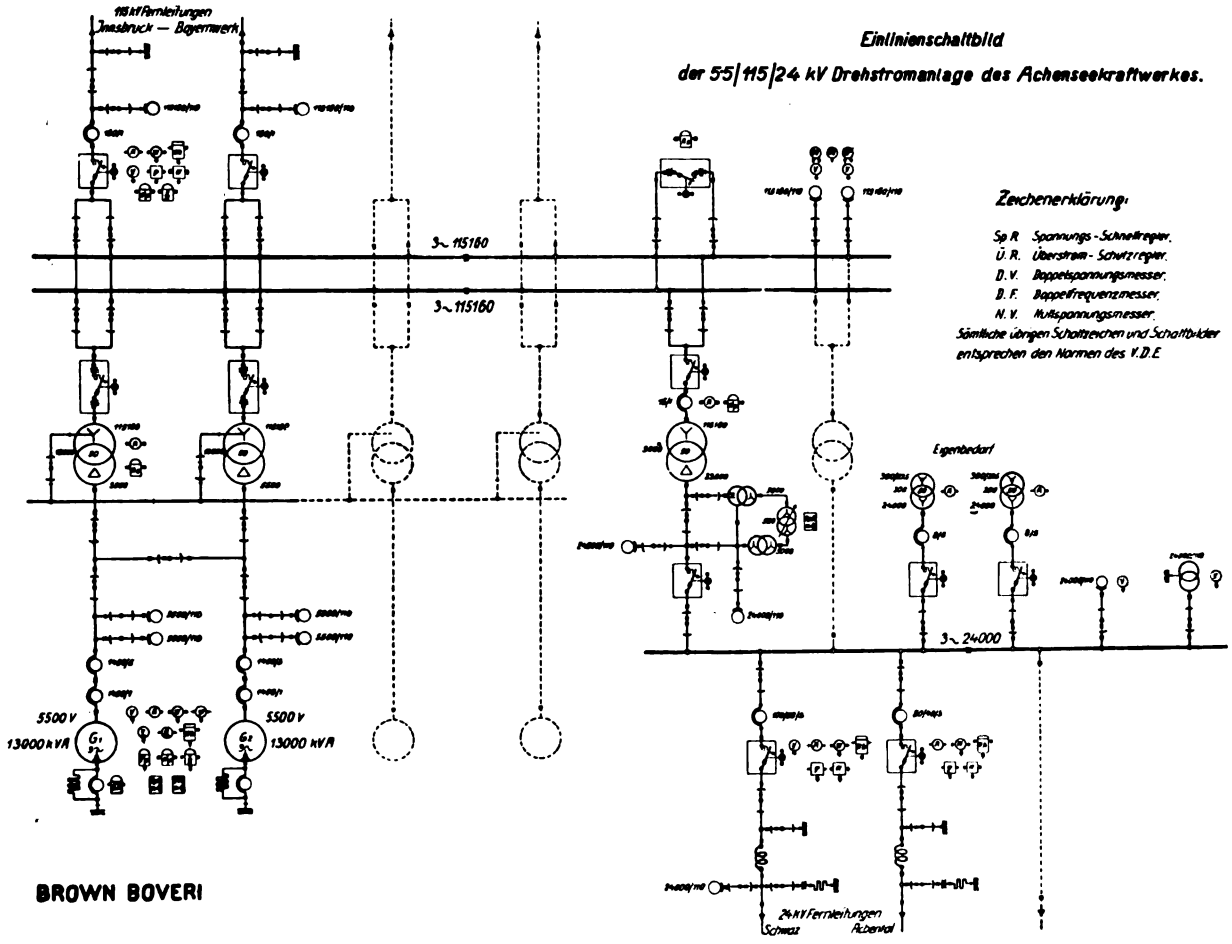


Abb. 2. Einlinienschaltbild der Drehstromanlage.

stand. Eine größere Ausbreitung in der Grundfläche hätte daher ganz wesentliche bauliche Mehrkosten durch große Erdbewegungen mit sich gebracht.

Eine gute Übersicht über die prinzipielle Schaltung der elektrischen Einrichtung geben die Einlinienschaltbilder Abb. 2 (Drehstromanlage) und Abb. 3 (Einphasenanlage). An dieser Stelle sei hervorgehoben, daß beide Anlagen elektrisch vollkommen getrennt sind, bis auf die gemeinsame Eigenbedarfsanlage mit den Hilfsstromquellen für die Betätigung und Signalisierung. Bei beiden Anlagen sind Generatoren und Transformatoren ohne Zwischenschaltung von Ölschaltern zu Gruppen vereinigt, welche erst auf der Oberspannungsseite

Die 5500 V Schalteinrichtungen im Maschinenhaus sind bis auf die höher bemessenen Kabelendverschlüsse durchwegs in Serie III ausgeführt. Die Verbindung von den Generatoren zu den zugeordneten Zellen erfolgt in blanken Kupferschienen in den Warmluftkanälen. Eine Ansicht der Zellen mit den 5500 V Einrichtungen für einen Drehstromsatz zeigt die Abb. 4, welcher nähere Einzelheiten über die Art der Ausführung deutlich zu entnehmen sind. Hinter den leicht zu öffnenden Scherengittern sind die kurzschlußsicheren Stromwandler und die Spannungswandler untergebracht, welche zur Speisung der Meß- und Relaiseinrichtungen der Generatorseite notwendig sind. Deutlich ist in Abb. 4 der dreipolige Kuppeltrennschalter ersichtlich, mit

Digitized by Google

dessen Hilfe die sogenannte Kreuzschaltung zweier benachbarter Gruppen, zum Beispiel der Betrieb mit Generator I auf Transformator II möglich wird.

von Maschinensätzen schon an sich für die Aufrechterhaltung des Betriebes genügend Sicherheit bietet.

Einlinienschaltbild

der 55/55 kV Einphasenanlage des Achenseekraftwerkes.

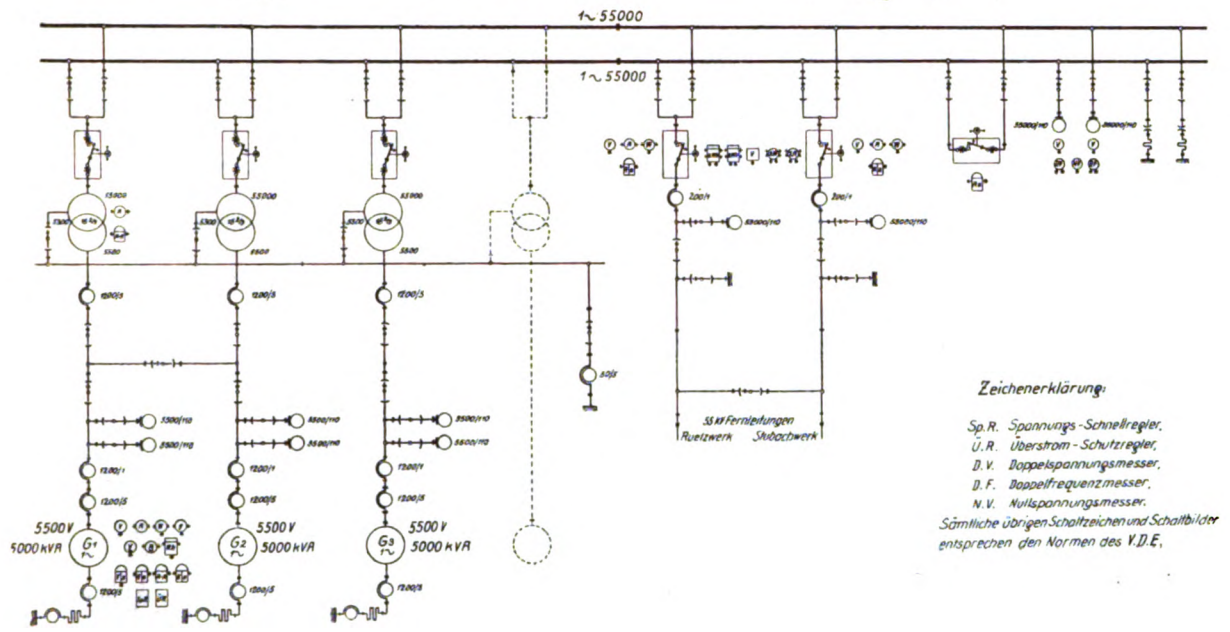


Abb. 3. Einlinienschaltbild der Einphasenanlage.

Diese Hilfsschienen- und Trennschalteranordnung hat während des Probebetriebes und auch öfters während des bisherigen Betriebes ihre Brauchbarkeit und Bedeutung gezeigt. Bei den 25 000 kVA Aggregaten des Vollausbaues wird die Kreuzschaltung nicht mehr ausgeführt, da die größere Zahl

Die Erdung der Generator-Nullpunkte ist bei beiden Anlagen in verschiedener Weise durchgeführt. Bei den Drehstrommaschinen ist der Nullpunkt schon in der Generatorgrube gebildet, die Verbindung mit Erde erfolgt über einen Spannungswandler mit Parallelwiderstand, um Resonanzer-

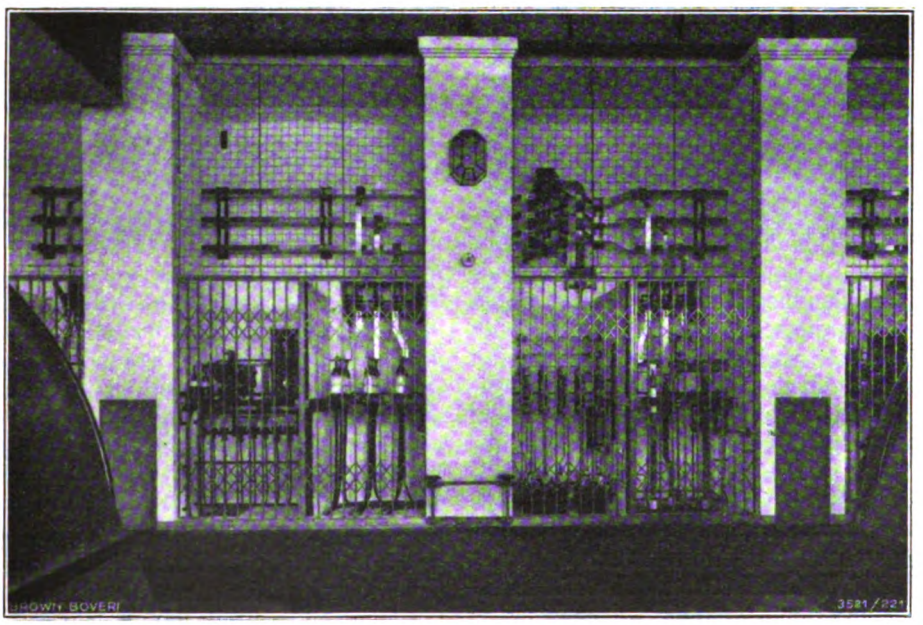


Abb. 4. 5500 Volt-Zellen im Maschinenhaus.

Digitized by Google

scheinungen zu vermeiden. Bei den Bahnaggregaten ist der Nullpunkt erst in der Zelle nach den Stromwandlern für den Differentialschutz gebildet, die Erdung geschieht hier über einen Ohmschen Widerstand und Stromwandler in Serie. In beiden Fällen dienen die Sekundärwicklungen der Wandler für die Erdschlußanzeige.

Von den Zellen gehen die Kabel zu den Transformatoren ab und werden in dem längs des Maschinenhauses laufenden begehbaren Kabelgang auf Etagen entsprechend sortiert. Als wirtschaftlichste Lösung wurden hier Einleiterkabel mit blankem Bleimantel gewählt, welche für 11 000 V Nennspannung, das ist die doppelte Generatorspannung, ausgelegt wurden. Bei den 13 000 kVA Drehstromsätzen sind pro Phase drei Parallelkabel je 310 mm², bei den Bahngeneratoren je zwei Parallelkabel des gleichen Querschnittes verlegt worden. Obwohl für die Endverschlüsse Spezialausführungen aus Messing notwendig waren und auch bei der Führung der Kabel verschiedene besondere Maßnahmen wegen richtiger Phasenlage und Anschellung (gegenseitige Kraftwirkung bei Kurzschlüssen) getroffen werden mußten, hat sich die Wirtschaftlichkeit der Einleiterkabel durch die Ersparnis an Kupferquerschnitt ergeben. Die Kabelendverschlüsse wurden besonders sicher sowohl in den Zellen als auch bei den Transformatoren entsprechend Serie V dimensioniert, um unangenehme Betriebsstörungen an diesen heiklen Stellen unbedingt zu vermeiden. Bei den 25 000 kVA Drehstromeinheiten des Vollausbaues mußten wegen des hohen Nennstromes bei 5500 V Spannung bedeutend größere Querschnitte gewählt werden. Pro Phase kommen hier drei Parallelkabel zu je 1100 mm² zur Verlegung.

Die Disposition der Freiluftanlagen war außer den eingangs erwähnten Gründen auch durch die Möglichkeit des Antransportes der schweren Transformatoren mitbestimmt. Die Drehstrom-Transformatoren für Übersetzung der Generatorspannung auf 115 000 V stehen daher unmittelbar neben dem Schleppgeleise. Abb. 5 zeigt die den Transformatoren zugeordnete Reihe der Ölschaltergruppen, welche über zwei Trennschaltersysteme die Sammelschienen speisen. Die Schalter für die abgehenden Leitungen, ferner Kuppelschalter und Sammelschienenspannungswandler liegen auf der anderen Sammelschienenseite, weshalb die Wegführung der zwei nach Innsbruck abgehenden 115 kV Stränge nur durch Überspannung der Freiluftanlage und des Maschinenhauses gelöst werden konnte. Von einer näheren Beschreibung der allgemein bekannten Ausführungsart der Freiluftölschalter mit Vielfachunterbrechung und Kugelkontakten kann an dieser Stelle abgesehen werden[1]). Sämtliche Gruppen besitzen Motorfernantriebe für Betätigung mit 220 V Gleichstrom. Die Transformator-Ölschalter und der Kuppelölschalter besitzen eingebaute Durchführungsstromwandler, deren Leistung für die vorgesehenen Schalttafelinstrumente und Relais hinreicht. Bei den abgehenden Fernleitungen sind außer Spannungswandlern auch eigene Ölstromwandler für die Zählung und Registrierung erforderlich gewesen. Die Trennschalter sind durchwegs mehrpolig, die Betätigung erfolgt durch in bequemer Bedienungshöhe angeordnete Handräder. Die Schaltbewegung wird mittels der Drehhebevorrichtung aus der einfachen Handraddrehung in eine Drehung mit darauffolgender Anpressung übergeleitet.

Die Nullpunkte sämtlicher Transformatoren sind über einpolige Trennschalter auf eine gemeinsame Nullschiene geführt, die in der Drehstromanlage jedoch frei liegt, da die Löscheinrichtung für die 115 kV Leitungen sich im Unterwerk Wilten befindet.

Das für die Drehstrom-Freiluftanlage Gesagte gilt sinngemäß auch für die Einphasenanlage, welche jedoch wegen der niedrigeren Oberspannung von 55 kV und der einphasigen Ausführung wesentlich kleinere Gerüstabmessungen besitzt. Hier ist die Nullpunktschiene der Transformatoren direkt über einen Stromwandler an Erde angeschlossen, in Anpassung an die feste Nullpunktserdung in den parallelarbeitenden Anlagen der Bundesbahn. Als Überspannungsschutz sind für jedes Sammelschienensystem zwei einpolige Bendmann-Ableiter eingebaut. Die zwei abgehenden 55 kV Bahn-Speiseleitungen werden über den sogenannten Portalmast parallel bis zum Bahndamm fortgeführt, wo sich die Speiseleitungen nach Westen (Richtung Ruetzwerk) bzw. nach Osten (Richtung Stubachwerk) teilen. Am Portalmast ist eine Kupplung beider Speiseleitungen durch Trennschalter ermöglicht, sodaß vom Ruetzwerk gegen Wörgl auch ohne elektrische Verbindung mit den 55 kV Sammelschienen des Achenseewerkes durchgespeist werden kann. Die Ausbildung dieses Mastes erfolgte in Portalform, um die Kreuzung der bruchsicher aufgehängten Bahnspeiseleitungen mit etwa später zum Ausbau gelangenden weiteren 115 kV Leitungen ohne spätere Umänderungsarbeiten durchführen zu können.

In beiden Freiluftanlagen sind durchwegs Isolatoren der Motortype[2]) eingebaut. Die Sammelschienen und Verbindungen sind starr in Kupferrohr 30/24 mm unter Verwendung konzentrischen Klemmenmaterials aus vernickelter Bronze verlegt. Die einwandfreie Erdung der Eisengerüste und Apparate ist in vorzüglicher Weise durch ein im Grundwasser liegendes weitverzweigtes System von Kupferband 40 × 3 mm gewährleistet. Sämtliche Schutz- und Betriebserdungen, auch die des Maschinen- und Schalthauses sind zu diesem gemeinsamen System geführt, wobei je nach Art der Erdung getrennte Steigleitungen vorgesehen wurden.

An die 115 kV Sammelschienen der Drehstrom-Freiluftanlage ist über Trenn- und Ölschalter ein Transformator von 3000 kVA Leistung angeschlossen, welcher zur Versorgung der Mittelspannungsanlage von 24 kV dient. In Kürze wird eine weitere gleich große Einheit zur Aufstellung kommen. Dieser Transformator speist mittels blanker Einleiter-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 400.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 17, 183, 911.

Digitized by Google

kabel 50 mm² für 30 000 V Betriebsspannung die Induktionsregleranlage bzw. die 24 kV Schaltanlage im Schalthaus.

Eine besondere Regeleinrichtung für die Mittelspannung wurde wegen des während des Baues abgeschlossenen Bayernwerk-Vertrages notwendig. Während ursprünglich mit einer Sammelschienenspannung von 115 kV mit nur geringer Erhöhung zu Zeiten starker Leistungsabgabe gerechnet wurde, mußten wegen der Parallelarbeit besondere Rücksichten auf den Spannungsfahrplan des Bayernwerknetzes genommen werden. Für Jenbach ergaben sich als Grenzen der zu erwartenden Hochvoltschienenspannung als Höchstwert 121 kV bei Abgabe der Vollast, bzw. 89 kV als kleinster Spannungswert vor dem Parallelschalten

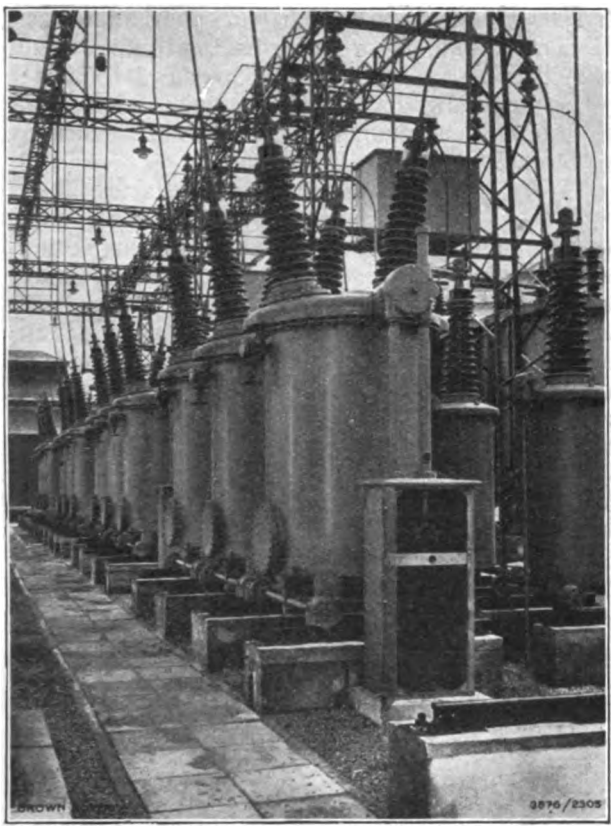


Abb. 5. Reihe von 115 kV Ölschaltergruppen (Transformatorschalter).

zur Lastübernahme. Diese Schwankungen hätten sich, durch den Spannungsabfall im Mittelspannungs-Transformator noch verstärkt, auf die 24 kV Sammelschiene übertragen, sodaß sich dortselbst ohne Regeleinrichtung Spannungsdifferenzen von zirka ± 17 vH ergeben hätten, welche für einen Parallelbetrieb mit dem E. W. Schwaz, ferner die Versorgung des Pumpwerkes, der Abnehmer im Achental und schließlich des Eigenbedarfes gänzlich unzulässig gewesen wären. Es mußte daher eine vollautomatische Induktionsregleranlage aufgestellt werden, um den Wünschen der 24 kV-Verbraucher voll Rechnung zu tragen. Die für 3000 kVA Durchgangsleistung dimensionierte Regeleinrichtung zeigt Abb. 6. In der Mitte des Bildes ist der Induktionsregler, (Eigenleistung 575 kVA), davor der Erregertransformator, rückwärts der Serientransformator zu sehen. Die Zusatzspannung wird in dem durch den Erregertransformator auf 5 kV herabgesetzten Spannungskreis erzeugt und durch den Serientransformator der 24 kV Schiene aufgedrückt. Die Regulierung geschieht in Abhängigkeit von der geregelten Spannung mit Hilfe eines Schnellreglers, durch dessen Ansprechen mittels zwischengeschalteter Einrichtungen Vor- bzw. Rücklauf des Steuermotors und dadurch die Verdrehung des Rotors im Induktionsregler bewirkt wird. Der Platz für eine zweite gleich große Einrichtung ist vollkommen symmetrisch zu der jetzt ausgebauten Anlage im Induktionsreglergebäude vorgesehen.

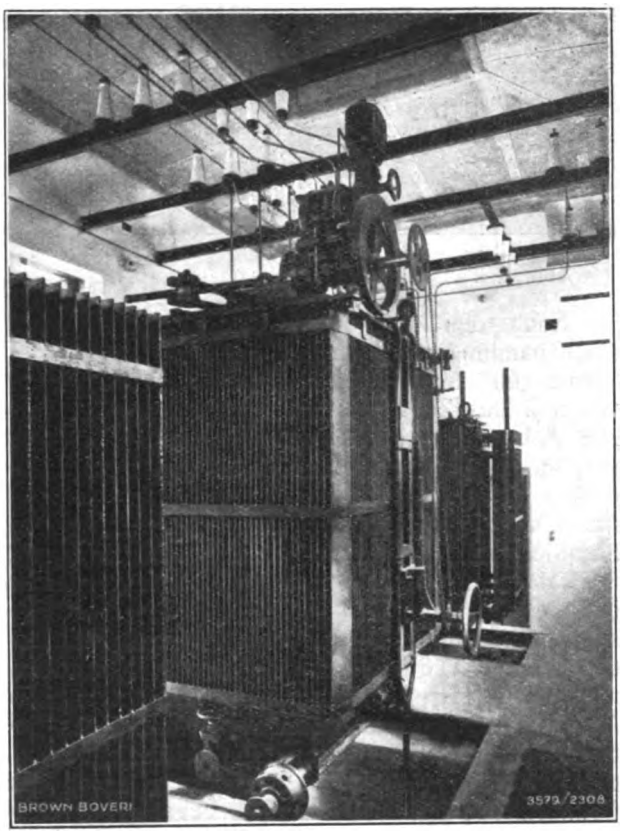


Abb. 6. Induktionsregler für 3000 kVA Durchgangsleistung.

Die 24 kV Schaltanlage selbst ist im Schalthaustrakt zwischen Stiegenhaus und der Montagehalle, oberhalb der Ölküche untergebracht. Ölschalterzellen und Bedienungsgang mit den Motorfernantrieben für die Ölschalter und Handrädern für die Trennschalterbetätigung liegen im 1. Stock, die Sammelschienen und abgehenden Fernleitungen im 2. Stock dieses Traktes. Derzeit sind zwei Fernleitungsabzweige (Schwaz bzw. Achental) ausgebaut, für einen dritten Strang ist Platz vorgesehen. Die vor und nach den Fernleitungsölschaltern liegenden dreipoligen Trennschalter sind gekuppelt, so daß durch Betätigung des gemeinsamen Antriebes die ganze Ölschalterzelle spannungslos gemacht wird. Im Dachgeschoß befindet sich für jeden

Digitized by Google

abgehenden Fernleitungsstrang ein Überspannungsschutzapparat System Bendmann. Die Wegführung der Fernleitungen erfolgt an der Straßenfront, wodurch jede Kreuzung mit den 115 bzw. 55 kV Leitungen vermieden wurde. Schließlich speist die 24 kV Sammelschiene noch die zwei Haustransformatoren von je 200 kVA, welche die Eigenbedarfsanlage mit 380 V Drehstrom versorgen.

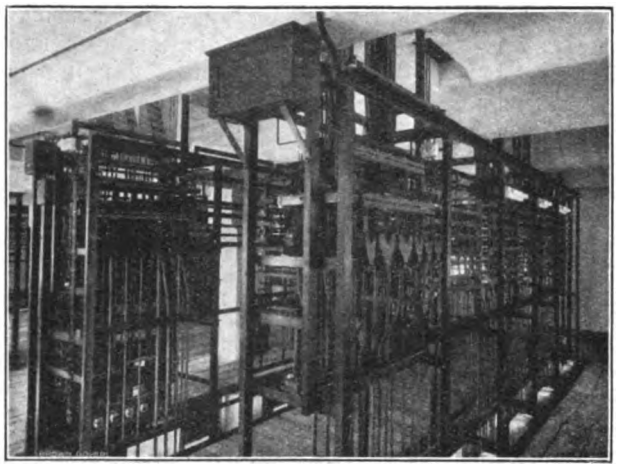


Abb. 7. Teilansicht der Gerüste im Kabelboden.

Nach den in großen Zügen beschriebenen Hochspannungsanlagen soll auf die Betätigungs-, Signal- und Meßeinrichtungen näher eingegangen werden. Das Zentrum für die Bedienung der ganzen Anlage, der Kommandoraum, befindet sich im zweiten Stock des Schalthauses im Trakt östlich des Stiegenhauses, darunter in gleichem Flächenausmaß im ersten Stock der Kabelboden. Sämtliche Meß- und Signalkabel werden als blanke Bleikabel von den verschiedenen Anlageteilen in betonierten Kabelkanälen zu den zwei Kabelschächten geführt, welche direkt in den Kabelboden münden. Die reichliche Bemessung dieses Raumes bei der Projektierung hat sich nicht nur zur Montagezeit, sondern besonders während des Betriebes als günstig erwiesen. Eine Teilansicht bringt die Abb. 7 und läßt die zwangläufig durch den Grundriß des Kommandoraumes gegebene Gerüstaustellung erkennen. Unter jedem Pult, bzw. Schalttafelfeld befindet sich im Kabelboden ein zugeordnetes Verteilgerüst. Ein imprägnierter, leicht abhebbarer hölzerner Zwischenboden ermöglicht eine gute Zugänglichkeit der Kabel auf dem Wege zwischen Kabelschacht und dem jeweiligen Gerüst. Die Meßkabelendverschlüsse mit den zugehörigen Klemmbrettern liegen in Brusthöhe, so daß eine bequeme Kontrolle der Klemmstellen ermöglicht ist. Eine einheitlich durchgeführte Bezeichnung der Kabel und der einzelnen Adern, ferner übergeschobene färbige Galalithhülsen bei den Klemmbrettern dienen zur raschen Orientierung des Betriebspersonals bei Hilfsschaltungen oder Fehleraufsuchung über Stromart, Phase etc. Die Verteilschienen für die Gleichstrom-Hilfsspannungen von 220 V und 24 V, die Hilfsschienen für Synchronisierung und für das Rückmeldeschema sind auf der Rückseite der Gerüste ebenso wie die Sicherungen bequem zugänglich. Durch Entfernung der Sicherungsstöpsel in jedem Feld des Kabelbodens können die oberhalb liegenden Pulte bzw. Schalttafeln im Kommandoraum für Kontrollen oder Reparaturen in einfachster Weise spannungslos gemacht werden. In den Gerüsten des Kabelbodens sind ferner verschiedene, im Kommandoraum schwer unterzubringende Apparaturen eingebaut, wie z. B. Nebenschlußregler und diverse Relaiseinrichtungen, welche keiner besonderen Wartung bedürfen.

Trotz der enormen Zahl der zusammenlaufenden Adern (zirka 2500 im ersten Ausbau) konnte die Montage im Kabelboden in verhältnismäßig kurzer Zeit zu Ende geführt werden.

Die Verbindung zum Kommandoraum erfolgt durch rechenartig zusammengefaßte, einheitlich für 2000 V isolierten Meß- bzw. Steuerleitungen.

Der Kommandoraum selbst hat eine totale Grundfläche von zirka 10×15 m, das ist 150 m²; die Disponierung der Schaltpulte und -tafeln kann aus Abb. 8 entnommen werden, Einzelansichten aus Abb. 9 und Abb. 10.

Trotz des verschiedenen Felderbedarfes für die Drehstrom- bzw. Einphasenanlage konnte eine innenarchitektonisch befriedigende Lösung gefunden werden, welche auch den Anforderungen des Betriebes in Bezug auf Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit bestens entspricht. Ober der Schalttafel wurde eine durchlaufende Korksteinwand bis zur Decke hochgeführt, welche den eigentlichen Befehlsraum von dem rückwärts liegenden Bedienungsgang vollkommen abtrennt. In zu beiden Seiten des Befehlsraumes liegenden, aus architektonischen Gründen niedriger gehaltenen Tonnen liegen die Eingangstüren zum rückwärtigen Bedienungsgang. Nach der einen Seite steht der Kommandoraum mit der Kanzlei in Verbindung, der andere Erker ermöglicht einen Ausblick auf die Ein-

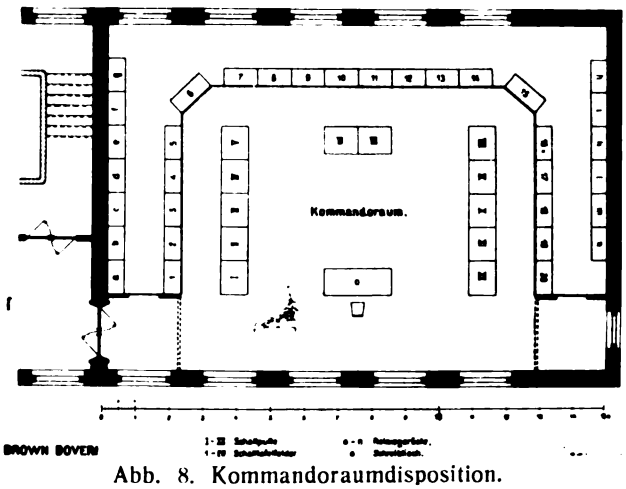


Abb. 8. Kommandoraumdisposition.

phasen-Freiluftanlage. Die äußerst günstige Belichtung erfolgt von Süd-Osten durch eine Reihe von großen Fenstern (Übersicht über die 115 kV Freiluftanlage), so daß eine Oberlichte vollkommen entfallen konnte. Auch der Bedienungsgang erhält von der Straßenseite reichliches Licht.

Pulte und Schalttafel sind in Blech ausgeführt, die Instrumente und Apparaturen versenkt einge-

Digitized by Google

baut, wobei vielfach von der herkömmlichen Ausbildung abgewichen wurde, um ein einheitliches ruhiges Gesamtbild ohne störende Lichtreflexe zu schaffen.

Das oberhalb der Schalttafel auf der Korkwand montierte Rückmeldeschema ist mit seinen Stellungszeigern und Lichtsignalen in derartigen Abmessungen gehalten, daß die Übersicht vom Schreibtisch aus in vorzüglicher Weise gewahrt bleibt.

Ein Pult mit dahinter liegendem Schalttafelfeld enthält die Instrumente und Betätigungsschalter für eine Generator-Transformatorgruppe. Da es nicht möglich war, sämtliche Relais in diesem Raum unterzubringen, wurde jedem Aggregat ein rückwärts im Bedienungsgang liegendes Feld der sogenannten Relaisgerüste zugeteilt. Besonders übersichtlich wird das Bild durch den oberhalb des Feldes liegenden Teil des Rückmeldeschemas, in welchem sich erfolgte Schaltungen oder Auslösungen sofort wiederspiegeln. Der Ort der Betätigung der Steuerschalter etc. liegt daher in unmittelbarer Nähe der Störungsanzeige, ein besonderer Vorteil für den Betrieb. Die Relaisgerüste enthalten ferner sämtliche Zähl- und Registriereinrichtungen, deren Ablesung daher beim stündlichen Rundgang durch den rückwärtigen Bedienungsgang bequem erfolgen kann.

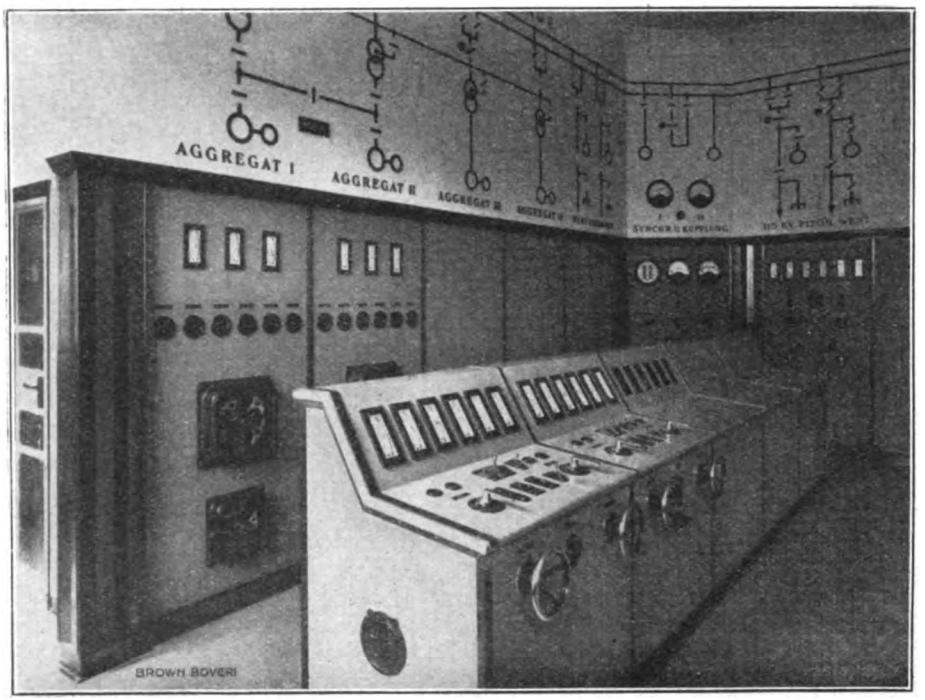


Abb. 9. Teilansicht von Pulten und Schalttafeln der Drehstromanlage.

Nachfolgende Zusammenstellung gibt ein Bild über die im Kommandoraum eingebauten Regel- und Schutzeinrichtungen bei den zwei getrennten Anlagenteilen.

In der Drehstromanlage sind vorgesehen:

bei jeder Generator-Transformatorgruppe: Statische Spannungsschnellregler mit Stabilisierung und Kompensation für die Deckung des Spannungsabfalles im Transformator, dreiphasige statische Überstromschutzregler, die in bekannter Weise mit UMZ-Relais zusammenarbeiten, ferner Maximalspannungsrelais, Rückwattrelais, Selektivrelais für den Distanzschutz und Erdschlußrelais. Überdies erfolgt die Ölschalterauslösung durch bei den Generatoren angebrachte Zentrifugalschalter bei zu hohem Ansteigen der Drehzahl.

Bei jeder 115 kV-Fernleitung: UMZ-Relais in drei Phasen, ferner Doppel-Distanzrelais[3]). Der Distanzschutz bei den Fernleitungen wurde erst kürzlich eingebaut, weshalb die Erprobung noch nicht erfolgen konnte und sich derzeit die später voraussichtlich nicht mehr benötigten UMZ-Relais noch in Betrieb befinden.

Der Schutz der 24 kV-Anlage erfolgt durch entsprechend zeitgestaffelte UMZ-Relais.

In der Einphasenanlage sind pro Generator-Transformator-Gruppe vorgesehen: Automatische astatische Spannungsregler mit Kompensation und Kompoundierung, Überstromregler, UMZ-Relais, Differentialrelais für den Generator bzw. für den Transformator, Maximalspannungsrelais und Erdschlußrelais, an die Maschine angebaut ebenfalls ein Zentrifugalschalter.

Die Auslösung der Ölschalter für die abgehenden 55 kV-Fernleitungen kann durch UMZ-Relais oder durch das Erdschlußrelais eingeleitet werden. Das Ansprechen der letztgenannten Einrichtung erfolgt bei Auftreten eines Stromes in der gemeinsamen Nullpunktserdung der Transformatoren, das heißt bei Erdschluß einer Phase der 55 kV Anlage oder der Speiseleitungen.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 801.

Digitized by Google

Für die Unterbringung der verschiedenen Hilfseinrichtungen für Betriebskontrollen sind getrennte Pulte angeordnet, welche für jeden Anlageteil nachstehende Einrichtungen enthalten:

Die Kommandogebung mit sechs Kommandos für Verständigung mit dem Maschinenwärter,

die Gefahrmeldeanlage für sofortige Alarmanzeige von Störungen, wie unzulässigen Übertemperaturen u. s. w.,

die Temperaturmeßanlage mit je zwei Gruppen von Tastenschaltern (Thermomessung bzw. Widerstandsmessung nach der Brückenschaltung).

Kommandogebung und Gefahrmeldeanlage werden durch 220 V Gleichstrom versorgt.

Die automatische, das heißt nicht gewollte Auslösung eines Ölschalters wird dem Kommandoraumwärter akustisch durch eine Hupe, optisch durch eine aufleuchtende Signallampe neben dem betreffenden Stellungszeiger im Rückmeldeschema angezeigt und ist daher örtlich genau festgelegt. Überdies zeigt eine besondere Fallklappe auf der Schalttafel die Ursache der Auslösung. Der Wärter kann sich daher sofort zum richtigen Feld bzw. Pult begeben und bringt durch Rückstellen der Fallklappe zunächst die Alarmhupe zum Schweigen. Die Signallampe beim Stellungszeiger wird erst durch Rückstellen des Kontaktgebers für den Fernantrieb in die dem tatsächlichen Schaltzustande entsprechende Stellung zum Verlöschen gebracht.

An besonderen Rückmeldungen im Kommandoraum sind noch in der Korkwand ober der Schalttafel eingebaute Lichtsignale „Achtung Kreuzschaltung", ferner „Drehstromspannung ausgeblieben", „Gleichstromspannung ausgeblieben" und „Gleichstromspannung zu niedrig" zu erwähnen. Das erste dieser Signale soll den Wärter auf die Gefahr von Fehlschaltungen aufmerksam machen, wenn auf der 5500 V Seite eine abnormale Schaltung der Trennschalter (Kreuzschaltung) notwendig wurde. Die weiteren drei Signale dienen für die Alarmierung des Kommandoraumwärters für den Fall von Störungen im Eigenbedarf.

Auf dem Kommandoraum-Schreibtisch sind außer den verschiedenen Telephoneinrichtungen noch untergebracht:

1 Druckknopf für Hupenabstellung bei Gefahrmeldung im Drehstromteil, 1 Druckknopf für Hupenabstellung bei Gefahrmeldung im Einphasenteil, 1 Druckknopf für eine Rufhupe außerhalb des Gebäudes und 1 Betätigungsschalter für das Rückmeldeschema.

Sämtliche Hilfsleitungen innerhalb der Schaltpulte, Tafeln und Relaisgerüste wurden in Messing-Falzdraht in besonders übersichtlicher Weise verlegt.

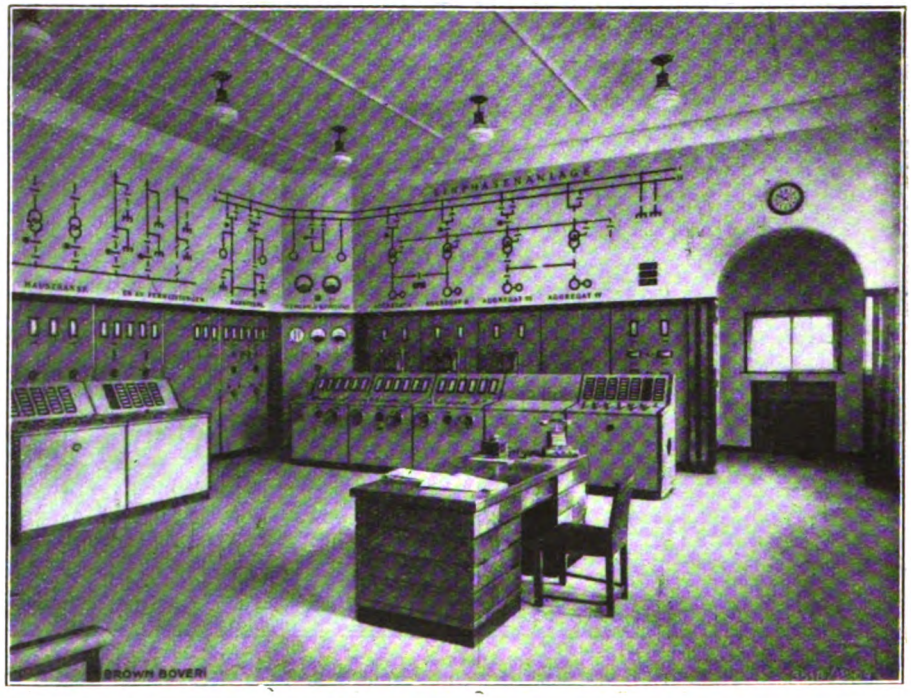


Abb. 10. Übersicht über den Einphasenteil im Kommandoraum.

Die Eigenbedarfsanlage des Werkes wurde wegen des größeren Umfanges getrennt vom Kommandoraum im Erdgeschoß des Schalthauses unterhalb des Kabelbodens untergebracht. Die nur fallweise erforderliche Bedienung dieses Anlageteiles erfolgt durch einen Hilfswärter, der ohnedies für Schaltungen und Revisionen in den Freiluftanlagen benötigt wird.

Eine Übersicht über Schalttafel und Umformeraggregate gibt Abb. 11. Der Drehstromteil der vierzehnfeldrigen Schalttafel wird von der Unterspannungsseite der beiden Haustransformatoren von je 200 kVA über einen kleinen Induktionsregler mit 380 V gespeist. Eine Änderung dieser Spannung kann vom Kommandoraum mit Druckknopfsteuerung nach Erfordernis erfolgen. Zwei Umformeraggregate, welche als Lademaschinen

Digitized by Google

verwendet werden, stellen die Verbindung mit der Gleichstromseite her. Es sind dies ein Asynchron-Umformeraggregat von 56 kVA und ein Synchron-Umformeraggregat von 35 kVA Leistung, letzteres überdies mit einem Benzinmotor gekuppelt, dessen Antriebskraft im Falle des vollkommenen Versagens der Drehstromspeisung bei entladener Akkumulatorenbatterie in erster Linie die Nachladung sicherstellt. Die Akkumulatorenbatterie selbst ist bei 230 V Nennspannung für eine Kapazität von 432 Ah bei dreistündiger Entladung ausgelegt. Der Vorraum des eigentlichen Batterieraumes enthält eine kleine 24 V Batterie und dient gleichzeitig als Säurekammer.

Bei den Beleuchtungsanlagen sind im Falle des Versagens der normalen Drehstromspeisung folgende Vorkehrungen getroffen:

In sämtlichen Schalträumen sind eigene Notbeleuchtungs-Stromkreise vorgesehen, welche ständig an Gleichstrom liegen und bei Ausbleiben der Drehstromspannung automatisch eingeschaltet werden. Eine Ausnahme hievon bildet das Maschinenhaus, in welchem aus besonderen Sicherheitsgründen die Einschaltung der Hauptbeleuchtung erst nach vorheriger Inbetriebnahme der Notbeleuchtungskreise erfolgen kann. Im Kommandoraum ist es überdies möglich, einen Teil der Hauptbeleuchtungs-Armaturen auf Gleichstrom umzuschalten, um in Störungsfällen für Instrumentenablesungen genügende Lichtstärken zu erzielen.

Für das Ausheizen des Transformator- und Schalteröles ist eine transportable Ölkocheinrichtung mit einem Dampfkessel in Verwendung, welche mit Ölumlaufpumpe, Vakuumpumpe und Filterpresse ausgerüstet ist. Zur Aufbewahrung des Schmutz- und Reinöles sind in der Ölküche, welche von der Montagehalle durch große Tore zugänglich ist, zwei für Vakuumbetrieb geeignete Ölbehälter für je 20 000 l Öl eingebaut worden. Zur leichteren Manipulation bei kleineren Ölmengen sind überdies zwei fahrbare Kessel für je 3000 l Ölhalt mit aufgebauten Pumpen für Reinöl bzw. Schmutzöl zur Verfügung. Unter Vermeidung von kostspieligen festverlegten Rohrsystemen dienen einige biegsame Metallschläuche für Herstellung der Verbindungen je nach Erfordernis.

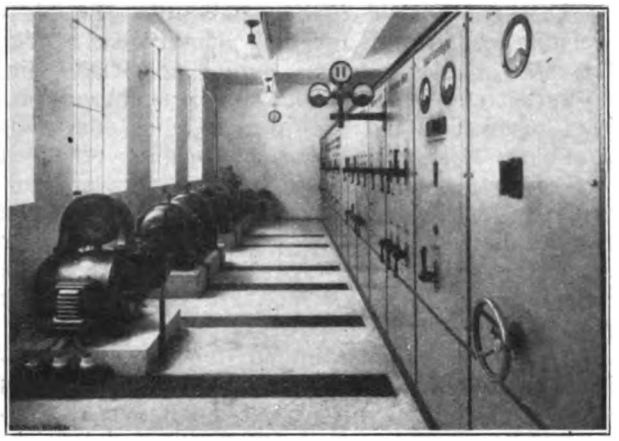


Abb. 11. Eigenbedarfsschalttafel und Ladeaggregate.

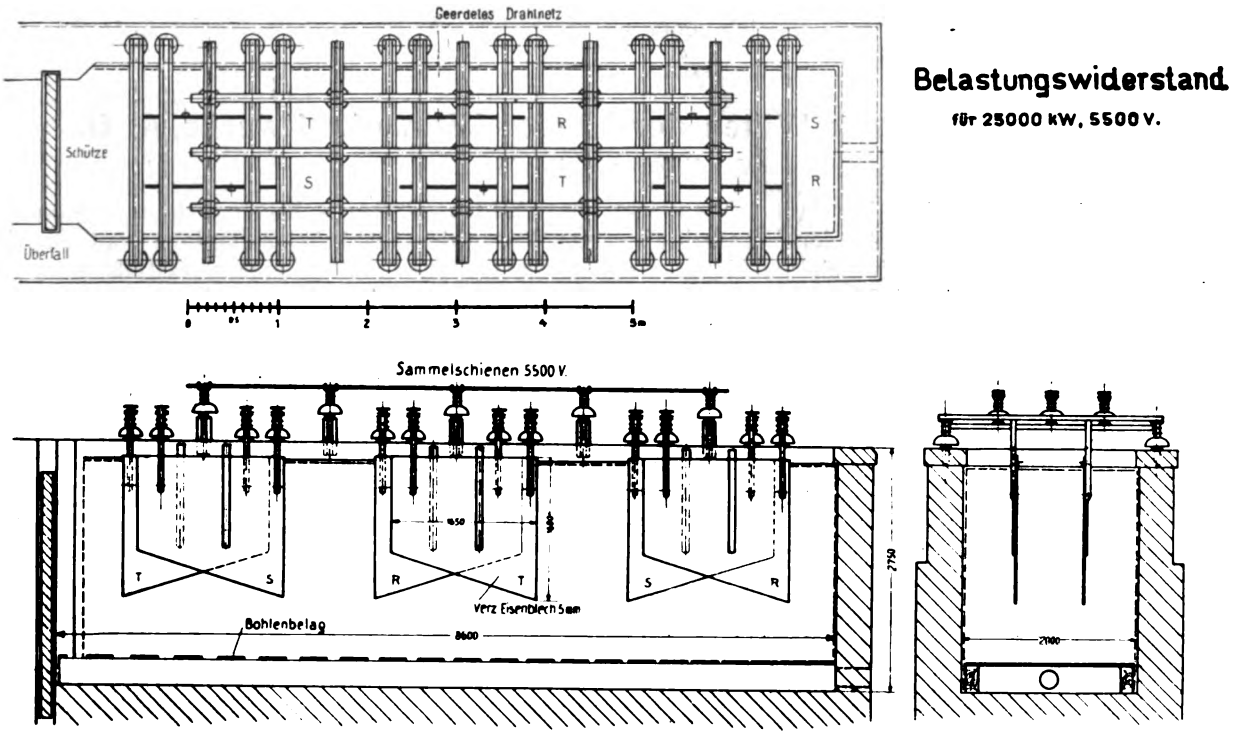


Abb. 12. Belastungswiderstand.

Sämtliche Lichtstecker werden normal von Gleichstrom gespeist.

Kommandoraum, Eigenbedarfsraum, Batterieraum und Kanzleiräume sind für elektrische Heizung eingerichtet, das Maschinenhaus für Heizung durch die Abluft der Generatoren.

Im Zusammenhang mit den Schaltanlagen soll

Digitized by Google

noch kurz der am Südende des Maschinenhauses vorgesehene Wasserwiderstand für die Belastungsproben der Generatoren beschrieben werden. Abb. 12 zeigt die Abmessungen des Bassins und der Plattenelektroden, für welche der erprobte Belastungswiderstand des Walchenseewerkes zum Vorbild genommen wurde. Die Wasserentnahme erfolgt aus dem Unterwasser, der Durchfluß wird durch eine Pumpe von 9000 l/Min. Förderleistung besorgt. Die Spiegelregulierung erfolgt bei festen Elektroden durch Heben oder Senken eines Schützes. Bei den Abnahmeversuchen des ersten Ausbaues wurde der Widersand dauernd mit 15 000 kW belastet, ohne eine übermäßige Erwärmung des Wassers zu zeigen. Es ist sicher anzunehmen, daß der Wasserwiderstand auch eine Belastung mit 25 000 kW bei Erprobung der neuen Maschinen bewältigen wird.

Die umfangreichen, im Vorstehenden beschriebenen Schaltanlagen des Jenbacher Kraftwerkes sind in kurzer Zeit projektiert und montiert worden. Die genaue Einhaltung des Inbetriebsetzungstermines für den ersten Ausbau der Anlage im September 1927 wurde durch das klaglose Zusammenarbeiten sämtlicher Mitlieferanten unter Führung des Bauherrn bei zielbewußter Programmstellung ermöglicht.

Abgesehen von der Erweiterung des Werkes durch Aufstellung weiterer Maschinensätze wird eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit durch Ausbau des Achenkirchner Pumpwerkes erfolgen, welches im Herbst dieses Jahres in Betrieb genommen werden soll. Diese Anlage, welche nördlich des Seebeckens im Achental zum Ausbau kommt, hat den Zweck, die unterhalb der Seesperre im Bette der alten Seeache entspringenden mächtigen Quellen durch eine Druckrohrleitung in ein zirka 35 m höher liegendes, künstliches Gerinne zu pumpen, durch welches auch das Wasser des Ampelsbaches, eines rechtsufrigen Zuflusses zur Seeache, dem Achensee zufließt.

Die Speisung dieser Pumpenanlage erfolgt durch die bereits früher erwähnte zirka 20 km lange 24 kV-Leitung vom Jenbacher Kraftwerk. Es kommen drei Pumpensätze zur Aufstellung, welche durch Synchron-Induktionsmotoren zu je 540 kW bei $\cos \varphi = 0{\cdot}95$ voreilend bei 5000 V Spannung angetrieben werden. Die Übersetzung von 24 auf 5 kV erfolgt in drei Transformatoren von je 700 kVA bei einfachster Ausbildung der Schalteinrichtungen, weshalb von einer näheren Beschreibung hier abgesehen werden soll. Durch Verwendung der Synchron-Induktionsmotoren zum Phasenschieben kann ein Leistungsfaktor von 1·0 an der Abgabestelle in Jenbach, das ist an der 24 kV- Seite der Mittelspannungs-Transformatoren, erzielt werden, wodurch die Übertragungsverluste dieser Fernleitung auf ein Minimum herabgesetzt und auch die Spannungsabfälle in kleinen Grenzen gehalten werden.

Die Projektierung, Lieferung und betriebsbereite Erstellung der Schaltanlagen erfolgte durch die Österr. Brown Boveri Werke A.-G. Wien.

Das Umspannwerk Wilten der Tiroler Wasserkraftwerke A. G.

Von Nikolaus **Rajk**, Wien.

Das in der Innsbrucker Vorstadt Wilten errichtete Umspannwerk der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. (Tiwag) kann derzeit als Hauptverteilungspunkt für die im Achenseekraftwerk erzeugte Energie betrachtet werden. Ursprünglich war diese Anlage nur für die Belieferung von Innsbruck und Umgebung bestimmt und ist als Transformatorenstation für 115/24·5 kV projektiert worden. Erst im Zuge der Bauarbeiten kam es zum Abschluß eines Stromlieferungs-Übereinkommens zwischen der Tiwag und dem Bayernwerk, was zur Folge hatte, daß die Station als geeignetster Ausgangspunkt für die nach Bayern weiterzuführende Fernleitung auch für diesen Zweck auszugestalten war.

Das Schaltbild der Anlage ist in Abb. 1 dargestellt. Die 115 kV-Doppelsammelschienen bilden den Hauptknotenpunkt. In diese münden die von Jenbach ankommenden Leitungen und schließen die Transformatoren zur Versorgung der 24·5 kV-Anlage und die nach dem Bayernwerk abgehende Freileitung an.

Die von Jenbach ankommenden 115 kV-Abzweige sind mit der üblichen Apparatur ausgerüstet, und zwar Trennschalter mit Erdungsmessern, sodann Ölschalter und schließlich zwei Trennschalter für den wahlweisen Anschluß an die beiden Sammelschienensysteme. Sämtliche Ölschalter der 115 kV-Schaltanlage sind Dreikesselschalter mit Löschkammern, 600 000 kVA Abschaltleistung, mit in alle sechs Durchführungen eingebauten Stromwandlern. Den aus dem Ölkessel ausgehobenen Schalter zeigt Abb. 2, die Ansicht der im Umspannwerk aufgestellten Ölschalter und Sammelschienen-Trennschalter Abb 3. Die beiden 115 kV-Sammelschienensysteme können mittels eines Kuppelschalters verbunden werden. Jedem der beiden Systeme ist eine Spannungswandlergruppe, bestehend aus je drei in Stern geschalteten Einphasenwandlern zugeordnet. Die Hochvoltnullpunkte der Spannungswandlergruppen sind zur Ableitung von statischen Ladungen direkt geerdet.

Der Abzweig nach dem Bayernwerk enthält neben den gleichen Apparaten, welche auch in den Jenbacher Abzweigen vorhanden sind, je einen Ölstromwandler pro Phase, ferner einen Drehstromtransformator in Sparschaltung für 27 000 kVA Durchgangsleistung. Der letztere dient zur Überbrückung des zwischen den Netzen der Tiwag und des Bayernwerkes bestehenden Spannungsunterschiedes und hat ein Übersetzungsverhältnis von 118/125 kV.

Die Aufstellung des Spartransformators ist

Digitized by Google

dadurch notwendig geworden, daß, wie eingangs erwähnt, der Zusammenschluß mit dem Bayernwerk bei einem bereits fortgeschrittenen Zustand der Fabrikation und der Bauarbeiten beschlossen wurde und zu diesem Zeitpunkt eine Angleichung an die Spannung des Bayernwerkes nicht mehr möglich war.

Eine zweite gleiche Einheit dient als Reserve; Die Schaltung kann aber auch so getroffen werden, daß eine Parallelarbeit beider Transformatoren stattfindet. Für den zweiten zur Verbindung mit dem Bayernwerk in Aussicht genommenen Leitungsstrang soll ein dritter gleicher Transformator zum Einbau gelangen. Abb. 4 zeigt den ausgehobenen Kern eines solchen 27 000 kVA-Spartransformators. Die Transformatoren sind gemäß den Leitsätzen des V. D. E. für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen mit einer Tertiärwicklung in Dreieckschaltung versehen und für den Anschluß einer einphasigen Erdschlußspule, System Petersen, geeignet. Der Wicklungs-Nullpunkt jedes Transformators kann über einen einpoligen Trennschalter an eine durchlaufende Schiene gelegt werden, welche zur Verbindung mit der Erdschlußspule dient. Die Spule ist für eine Aufnahme von 26 A, das ist 1872 kVA, ausgelegt und für den Ausgleich des Erdschlußstromes der Doppelleitung Jenbach-Wilten und des Teiles der Leitung nach dem Bayernwerk von Wilten bis zur Landesgrenze in Scharnitz bemessen. Der Erdschlußstrom des in Bayern liegenden Teiles der Leitung wird durch die im Bayernwerk aufgestellten Erdschlußspulen kompensiert.

Die Transformatoren zur Speisung der 24·5 kV-Anlage (Versorgung von Innsbruck und Umgebung) sind über Trennschalter und Hochleistungsölschalter an die 115 kV-Doppelsammelschienen angeschlossen. Sie wurden als Einphasentransformatoren von je 3500 kVA ausgeführt; drei Einheiten sind zu einer Drehstromgruppe in Sterndreieckschaltung zusammengeschlossen, eine vierte Einheit ist als Reserve vorgesehen. Diese kann mittels einer entlang der Transformatorengruppe verlaufenden Schiene anstelle irgendeines der drei anderen Transformatoren angeklemmt werden, ohne daß einer der Transformatoren vom Platz gerückt zu werden braucht. Die Leistung der Drehstromgruppe beträgt 10 500 kVA, das Übersetzungsverhältnis 118/29·5 kV. Die Höhe der Unterspannung ist mit Rücksicht auf die Wirkungsweise der unten beschriebenen Reglergruppe gewählt worden. Die Transformatoren sind für Selbstkühlung (Kühlungsart OS nach den RET 1923) gebaut und besitzen zur Ableitung der Verlustwärme Radiator-Kasten. Die Aufstellung einer zweiten gleichen Transformatorengruppe ist in Aussicht genommen.

In Serie mit der 10 500 kVA-Transformatorengruppe liegt der Regeltransformator, welcher

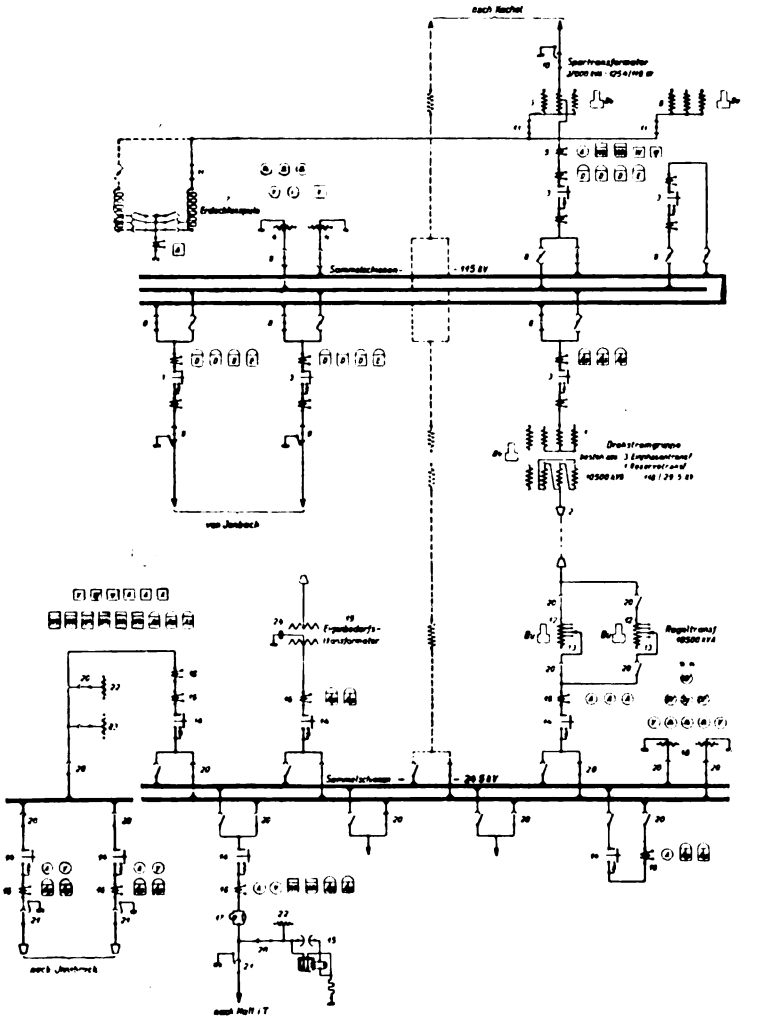


Abb. 1. Schaltbild.

1 Drehstrom-Transformatorengruppe 10 500 kVA. *2* Hochspannungskabel 30 kV. *3* Hochleistungsölschalter 115 kV. *4* Spannungswandler für 110 000/105 V. *5* Stromwandler für 115 kV, 150/5 A. *6* Drehstrom-Spartransformatoren 118/125 kV. *7* Erdschlußspule. *8* Dreipolige Drehtrennschalter 115 kV. *9* dies. mit angebauten Erdungsmessern. *10* Einpolige Drehtrennschalter mit Erdungsmessern 130 kV. *11* Einpolige Drehtrennschalter 115 kV. *12* Regeltransformator. *13* Regelschalter. *14* Hochleistungsölschalter, Serie IV. *15* Überspannungsschutzapparat, System Bendmann. *16* Stromwandler, Serie IV. *17* Schutzdrosselspulen mit Widerstandsüberbrückung. *18* Ableitungsdrosselspulen, Serie IV. *19* Transformator, 50 kVA, 25 000/220 V. *20* Trennschalter, Serie IV. *21* dies. mit Erdungsmesser. *22* Drehstromspannungswandler 25 000/110 V. *23* Einphasenspannungswandler 25 000/110 V. *24* Durchschlagssicherung. *A* Amperemeter. *V* Voltmeter. *W* Wattmeter. *φ* Phasenmesser. *Ω* Erdschlußprüfvoltmeter. *DV* Doppelvoltmeter. *NV* Nullvoltmeter. *DF* Doppelfrequenzmesser. *Sy* Synchronoskop. *Wh* Wattstundenzähler. *As* Überstromzeitrelais. *D* Doppeldistanzrelais. *E* Erdschlußrelais. *Bu* Buchholzrelais.

zum Ausgleich der Spannungsschwankungen der Oberspannungsseite und des Spannungsabfalles in den Haupttransformatoren dient. Der Regeltransformator ist als Drehstromtransformator in Sparschaltung ausgeführt und ist, in Zusammenarbeit mit dem zugehörigen Regulierschalter, zum Ausregulieren von Spannungen zwischen 20 350 und 29 500 V auf die konstant zu haltende Spannung

Digitized by Google

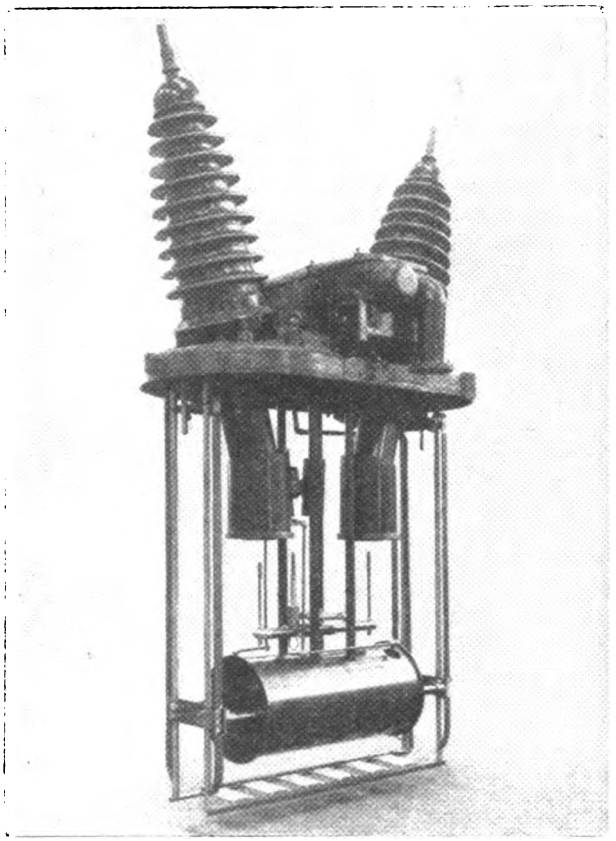


Abb. 2. Ausgehobener Kern eines Hochleistungs-Ölschalters für 115 kV, 350 A.

von 24 500 V geeignet. Der Transformator selbst hat acht Anzapfungen, deren höchste bei 29·5 kV und tiefste bei 24·5 kV liegt. Das Schalt-Prinzip des Regulierschalters (einphasig dargestellt) ist aus Abb. 5 zu ersehen. Die mit den Zahlen —7 bis 0 bis + 7 bezeichneten Kontakte sind in der dargestellten Weise mit den Anzapfungen des Transformators verbunden. Ein Kontaktschlitten, welcher durch eine Spindel entlang der Kontaktreihe bewegt werden kann, trägt eine Hauptbürste und zwei Hilfsbürsten. Im Ruhezustand des Schalters liegt die Hauptbürste an einem der Kontakte, während die Hilfsbürsten isoliert in den Kontaktzwischenräumen stehen. Wird der Reguliervorgang durch Drehung der Spindel eingeleitet, dann bewegt sich die Hauptbürste zum nächsten Kontakt, während die Hilfsbürsten in Verbindung mit einem Überschaltwiderstand für die unterbrechungsfreie Umschaltung sorgen, ohne daß ein Kurzschließen der beiden Kontakte (und hiemit der Transformatorwindungen zwischen zwei Anzapfungen) erfolgen würde. Das Zu- und Abschalten des Überschaltwiderstandes zum richtigen Zeitpunkt wird durch Hilfsschalter bewirkt, welche durch Kurvenscheiben gesteuert werden. Die Betätigung des Regulierschalters geschieht mechanisch vermittels eines Handrades oder durch elektrische Fernsteuerung. Im letzteren Falle wird der Reguliervorgang durch einen Steuerschalter eingeleitet, der den Antriebsmotor, welcher über einen Kettenradantrieb und Schneckenradübersetzung mit der Spindel gekuppelt ist, an Spannung legt. Der Steuerschalter hat zwei Einschaltstellungen. Je nachdem, welcher der beiden Stromkreise geschlossen wird, erhält der Motor eine Rechts- oder Linksdrehung und die Regulierung setzt im Sinne einer Spannungserhöhung oder Spannungsermäßigung ein. Gleichzeitig mit dem Anlauf des Motors schließt sich eine Kontaktvorrichtung, welche den Motor unter Spannung hält, bis die Hauptbürste die Mittelstellung an der nächsten Stufe erreicht hat.

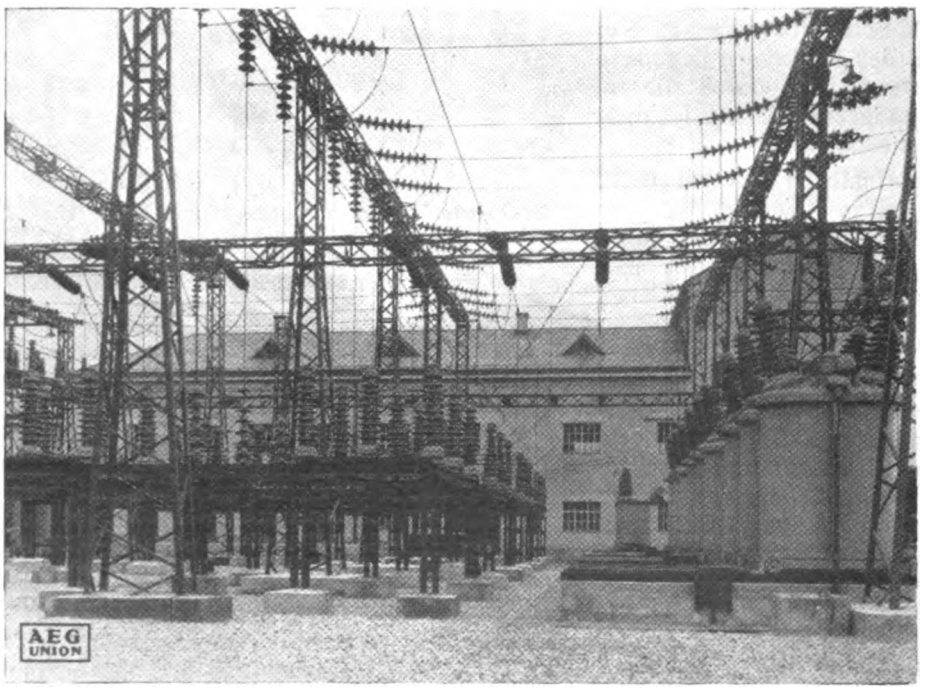


Abb. 3. Ausschnitt aus der 115 kV-Freiluftanlage.

Digitized by Google

Es genügt daher eine kurzzeitige Kontaktgabe mit dem Steuerschalter, der Umschaltvorgang vollzieht sich sodann selbsttätig. Beim Erreichen der Mittelstellung öffnet sich die Kontaktvorrichtung und der Motor kommt zum Stillstand.

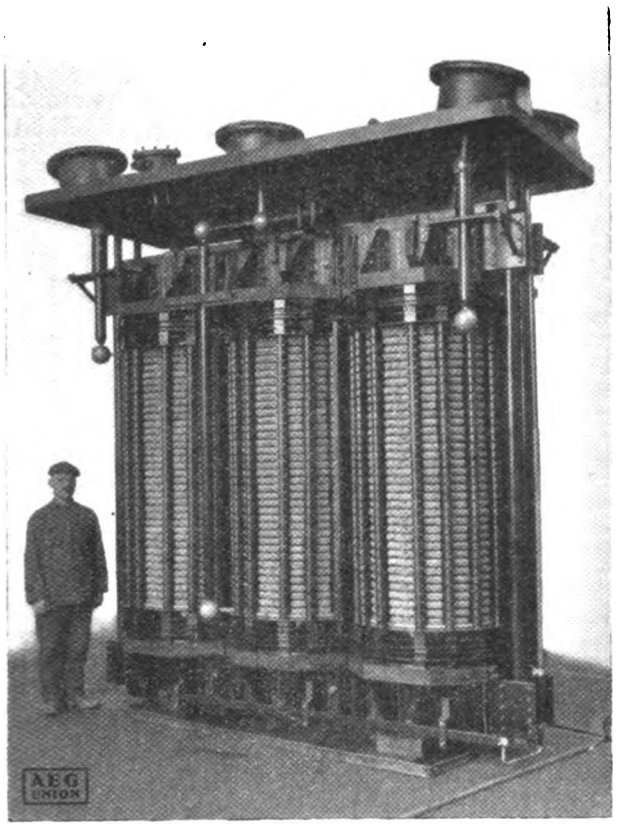


Abb. 4. Kern eines Drehstromtransformators in Sparschaltung für 118/125 kV, 27 000 kVA Durchgangsleistung.

Wenn die Spannung an den Hochvoltsammelschienen den höchsten betriebsmäßig vorkommenden Wert von 118 kV aufweist und die Haupttransformatoren im Leerlaufzustand sind, so wird der Reglergruppe, entsprechend dem Übersetzungsverhältnis der Haupttransformatoren, die Spannung von 29·5 kV zugeführt. In diesem Betriebsfalle muß die Hauptkontaktbürste am Kontakt + 7 liegen; die Leitungen an der Seite der regulierten Spannung sind dann, wie aus der Figur ersichtlich, mit dem Kontakt 0 in Verbindung, welcher fest an die tiefste Anzapfung des Reguliertransformators angeschlossen ist. Die regulierte Spannung beträgt daher, wie es erwünscht ist, 24·5 kV. Sinkt die Spannung an der unregulierten (Primär-) Seite, sei es durch Spannungssenkung an den Hochvoltsammelschienen, oder durch Belastung der Haupttransformatoren, so wird die Bürste des Regelschalters stufenweise von Anzapfung + 7 auf die niedrigeren Stufen umgeschaltet, bis bei einer Primärspannung von 24·5 kV die unregulierte Spannung dem Kontakt 0 zugeführt wird. Während dieses ganzen Vorganges bleiben die Sekundärableitungen an Klemme 0 angeschlossen. Sinkt die Primärspannung noch weiter, so vollzieht der Regelschalter eine Kommutierung, indem nunmehr die Primärseite an den Kontakt 0 angeschlossen bleibt, während die Sekundärseite stufenweise auf die höheren Anzapfungen umgeschaltet wird, bis sie bei der tiefsten primärseitig vorkommenden Spannung den Kontakt — 7 erreicht. Die unregulierte Spannung darf in diesem Falle $\frac{24\,500}{29\,500} \cdot 24\,500 = 20\,350$ V betragen. Die Reglergruppe kann daher den Spannungsbereich zwischen 29 500 und 20 350 V bestreichen, und in diesem Bereich auf die praktisch konstante Spannung von 24·5 kV regulieren.

Der Regulierschalter ist als Luftschalter ausgebildet und für Ausführung der beschriebenen Schaltungen unter Vollaststrom geeignet. Wie aus den angeführten Transformatordaten errechnet werden kann, beträgt die Schaltleistung zwischen Stufe und Stufe zirka 300 kVA. Der Antriebsmotor des Regulierschalters kann auch automatisch, durch ein Spannungsrelais, gesteuert werden. Das Relais gibt Kontakt, wenn die Spannung an der regulierten Seite von 24·5 kV abweicht, und setzt den Schalter in der oben beschriebenen Weise in Tätigkeit. Der Übergang vom automatischen zum Handantrieb oder umgekehrt erfolgt durch Umlegung eines Umschalters. Bei Kurzschluß wird das Spannungsrelais durch dreiphasig eingebaute Überstromrelais abgeschaltet, damit durch die eintretende Spannungssenkung kein Höherregulieren der Spannung und hiedurch eine Vergrößerung des Kurzschlußstromes eintritt.

Eine zweite gleich ausgeführte Reglergruppe, bestehend aus Transformator und Regelschalter, ist als Reserve aufgestellt. Die Umschaltung von

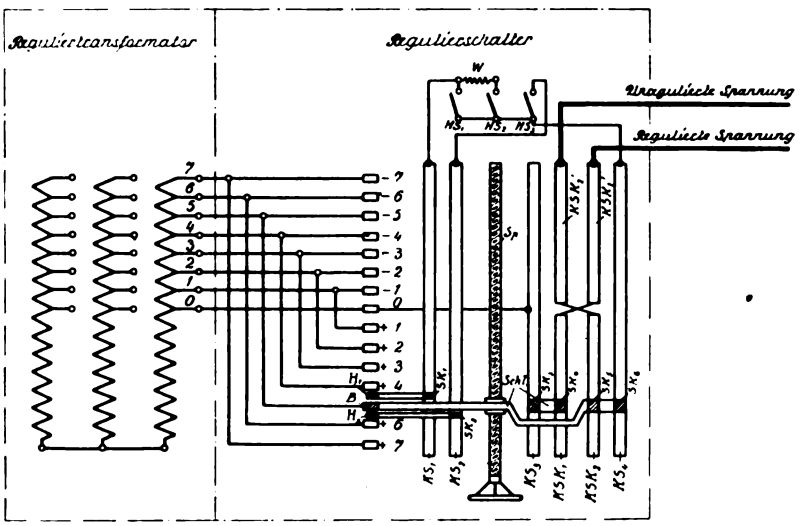


Abb. 5. Einpoliges Schaltbild der Regeleinrichtung.
B Hauptbürste. H_1, H_2 Hilfsbürsten. *Sp* Spindel. *Schl* Kontaktschlitten. SK_1 bis SK_6 Schleifkontakte. KS_1 bis KS_4 Kontaktschienen ohne Kommutierung. KSK_1, KSK_2 Kontaktschienen mit Kommutierung. *W* Überschaltwiderstand. HS_1 bis HS_3 Hilfsschalter.

Digitized by Google

der betriebsmäßigen Reglergruppe auf die Reservegruppe geschieht vermittels Trennschalter in spannungslosem Zustande.

Die Reglergruppe ist sekundärseitig über einen Hochleistungsölschalter, Ölstromwandler und Trennschalter an die 24·5 kV-Doppelsammelschienen angeschlossen. Die Ölschalter der 24·5 kV-Seite gehören, ebenso wie die oberspannungsseitigen, zur Löschkammer-Type; die drei Phasen sind jedoch in einem gemeinsamen Ölkessel zusammengefaßt. Ihre Abschaltleistung beträgt 300 000 kVA.

Die Stromabgabe an die Stadt Innsbruck erfolgt über zwei 30 kV Hochspannungs-Dreileiterkabel. Diese schließen an ein separates, nur für den Betrieb des Elektrizitätswerkes Innsbruck bestimmtes Sammelschienensystem an, welches mit den Hauptsammelschienen der 24·5 kV-Anlage durch einen eigenen, einen Ölschalter enthaltenden Abzweig verbunden ist. Der Ölschalter ist durch stromabhängige Relais geschützt und ermöglicht die rasche Trennung bei in irgend einem der beiden Netze auftretenden Störungen. Weiters enthält der Verbindungsabzweig Meß- und Zähleinrichtungen.

Für die zur Versorgung der Umgebung von

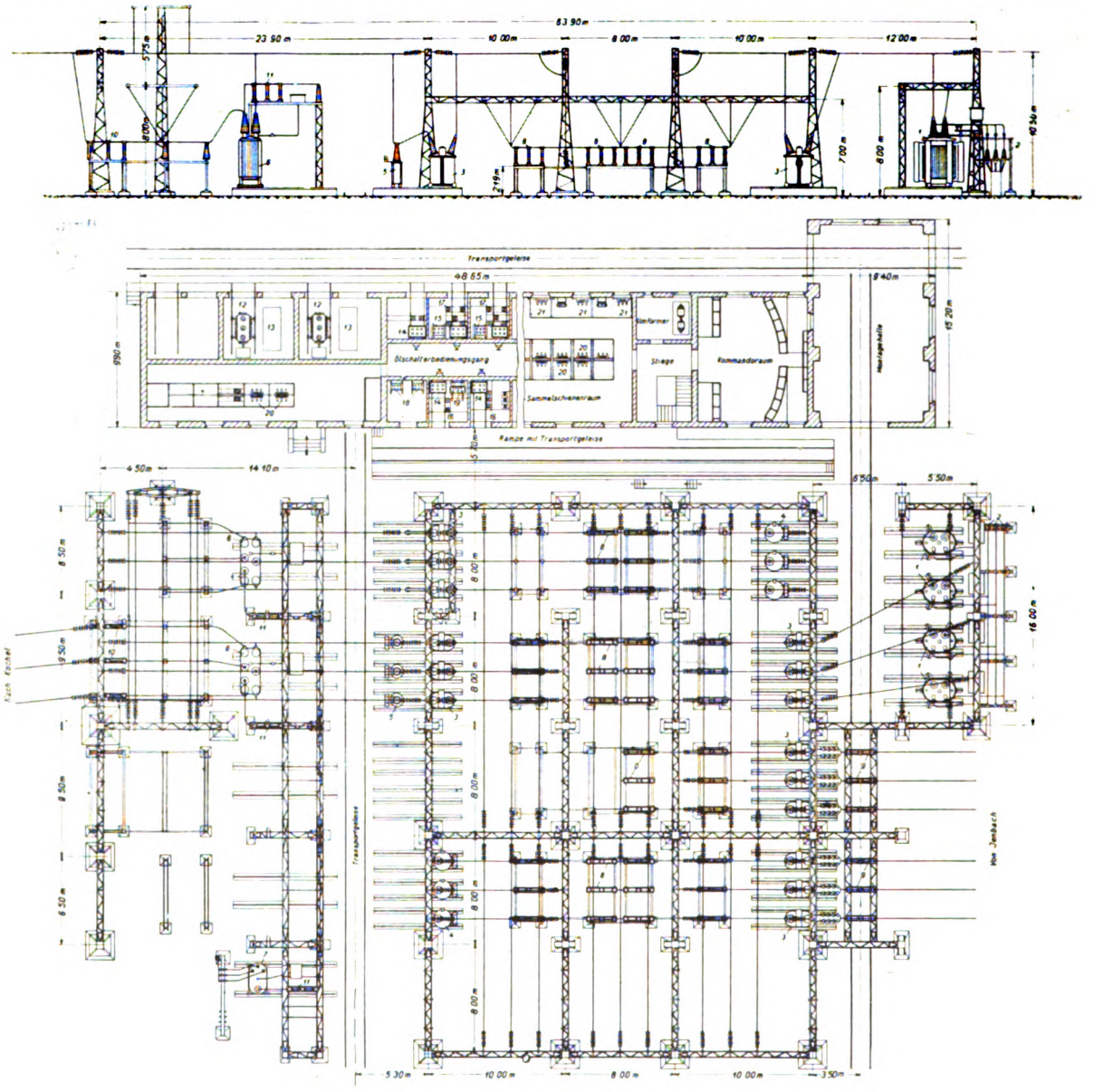


Abb. 6. Gesamtdisposition des Umspannwerkes.

1 Einphasentransformatoren, zusammengeschaltet zu einer Drehstromgruppe 10 500 kVA, 118/29·5 kV. *2* Kabelköpfe 30 kV. *3* Hochleistungsölschalter 115 kV. *4* Spannungswandler für 110 000/105 V. *5* Stromwandler für 115 kV, 150/5 A. *6* Drehstromtransformatoren in Sparschaltung, 118/125 kV. *7* Erdschlußspule. *8* Dreipolige Drehtrennschalter 115 kV. *9* dieselben mit Erdungsmessern. *10* Dreipolige Drehtrennschalter mit Erdungsmessern, 130 kV. *11* Einpolige Drehtrennschalter 115 kV. *12* Regeltransformator. *13* Regelschalter. *14* Hochleistungsölschalter, Serie IV. *15* Überspannungsschutzapparat, System Bendmann. *16* Stromwandler, Serie IV. *17* Schutzdrosselspulen mit Widerstandsüberbrückung. *18* Ableitungsdrosselspulen, Serie IV. *19* Haustransformator. *20* Trennschalter, Serie IV. *21* dieselben mit Erdungsmessern.

Digitized by Google

Innsbruck dienenden 24·5 kV-Freileitungen sind drei Felder vorgesehen, von welchen derzeit eines für den Anschluß der nach Hall in Tirol führenden Freileitung ausgebaut ist.

Die 24·5 kV-Doppelsammelschienen sind mit Erdungs-Drosselspulen für die Ableitung statischer Ladungen versehen, die auch für Meß- und Isolationsprüfzwecke dienen. Als weitere Abzweige von den Doppelsammelschienen sind jene für den beide Systeme verbindenden Kuppelschalter und den Haustransformator anzuführen.

Die Meßinstrumenten-Ausrüstung kann aus schützt ist. Zum Schutze der Transformatoren sind Buchholzrelais verwendet.

Die Anordnung bezw. die Größenabmessungen der Station sind aus Abb. 6 und 7 ersichtlich. Abb. 8 zeigt die Ansicht der fertiggestellten Anlage. Die Einrichtungen der 115 und 125 kV-Schaltanlage, sowie die 118/125 kV- und 118/29·5 kV-Transformatoren sind im Freien aufgestellt, während die 24·5 kV-Schaltanlage, die Regeleinrichtungen, der Kommandoraum, eine Montagehalle und sonstige Hilfsräumlichkeiten in einem Gebäude untergebracht sind.

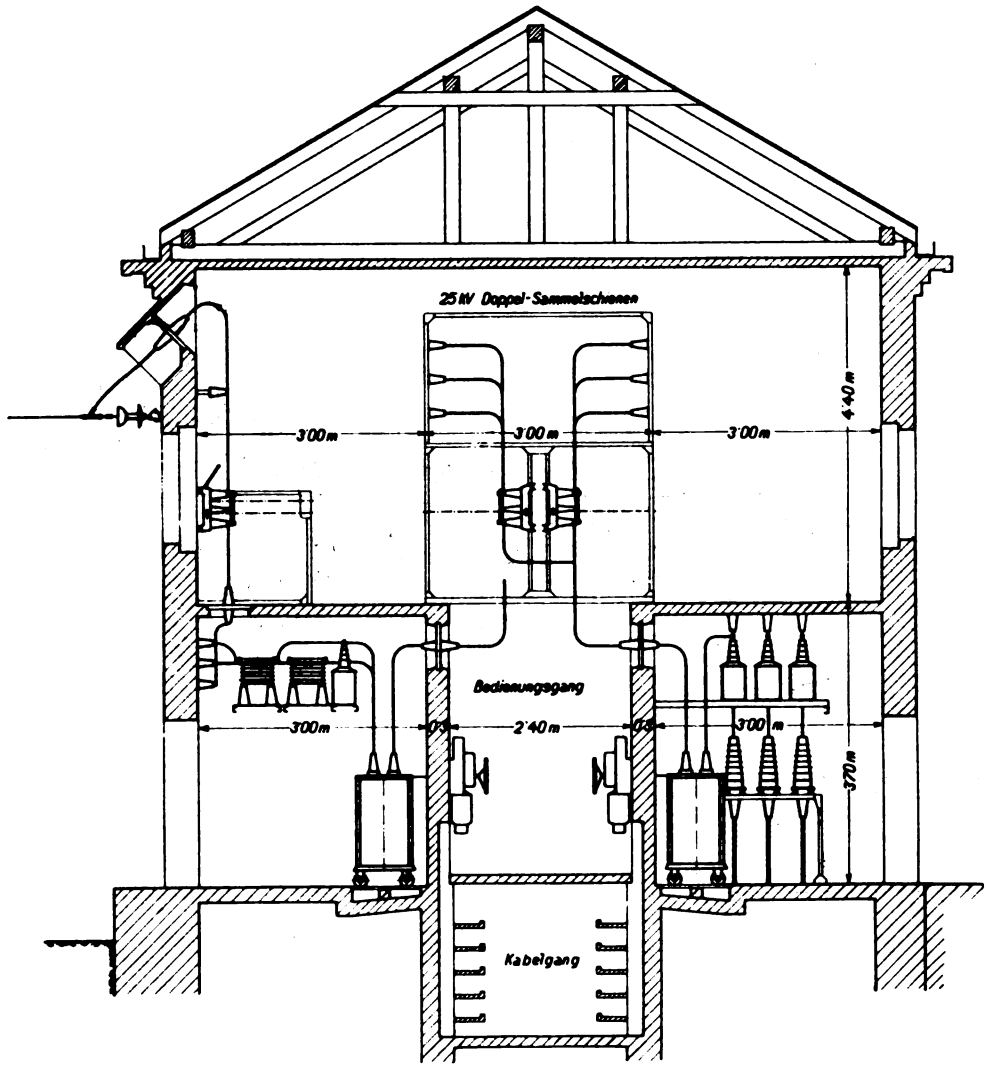


Abb. 7. Schnitt durch das 25 kV-Schalthaus.

dem in Abb. 1 dargestellten Schaltbild entnommen werden. Auf ausreichende Registrierung aller wichtigen Betriebsgrößen ist großes Gewicht gelegt. Bezüglich des Überstromschutzes der Anlage ist zu erwähnen, daß für die 118 (bezw. 125) kV-Seite entsprechend der Relaisausrüstung des gesamten 118 kV Tiwag-Netzes Doppel-Distanzrelais[1]), System AEG-Biermanns, eingebaut sind, während die 24·5 kV-Anlage durch Überstromrelais mit unabhängiger Zeitcharakteristik ge-

[1]) Vgl. E. Groß, E. u. M. 1927, S. 802.

Die Freiluftanlage ist in einstöckiger Anordnung gebaut, unter Einhaltung des Grundsatzes, sämtliche Hochspannungsapparate in einer Höhe unterzubringen, welche die freie Bewegung im gesamten Gebiete der Anlage gestattet, ohne befürchten zu müssen, in die Gefahrzone der Hochspannung zu gelangen. Eine Aufstellung auf Gerüsten oder Sockeln kommt nur für die Trennschalter in Frage, da sämtliche anderen Apparate eine eigene Bauhöhe besitzen, durch welche das vorgenannte Prinzip gewährleistet erscheint. Die

Digitized by Google

Einhaltung des angeführten Grundsatzes ergab einfache und mäßig hohe Eisengerüste, welche an keiner Stelle dem freien Überblick über elektrische Teile von Bedeutung hinderlich sind.

Eine der für den Aufbau jeder Hochspannungs-Schaltanlage wichtigsten Fragen betrifft die Anordnung der Ölschalter, nämlich ob diese ein- oder zweireihig zur Aufstellung gelangen sollen. Die Beantwortung dieser Frage ergibt sich meistens eindeutig aus der Anzahl der Abzweige, oder, was gleichbedeutend ist, der Sammelschienenfelder, sowie aus der Größe und Form der zur Verfügung stehenden Grundfläche.

rallel liegenden Sammelschienensystemen besteht; die beiden äußeren, durch eine Überbrückung zusammengeschlossenen bilden die eine, das mittlere die zweite Schienengruppe der Doppelsammelschienen. Hiedurch war es möglich, die Länge der 115 kV-Sammelschienen auf zirka 40 m zu beschränken.

Das zur Befestigung der Sammelschienen dienende Eisengerüst, die Sammelschienen-Trennschalter auf ihren niedrigen Gerüsten und die Ölschalter bilden den geschlossenen Hauptteil der Freiluftanlage. Derselbe ist parallel zur Lage der 115 kV-Sammelschienen durch zwei Transport-

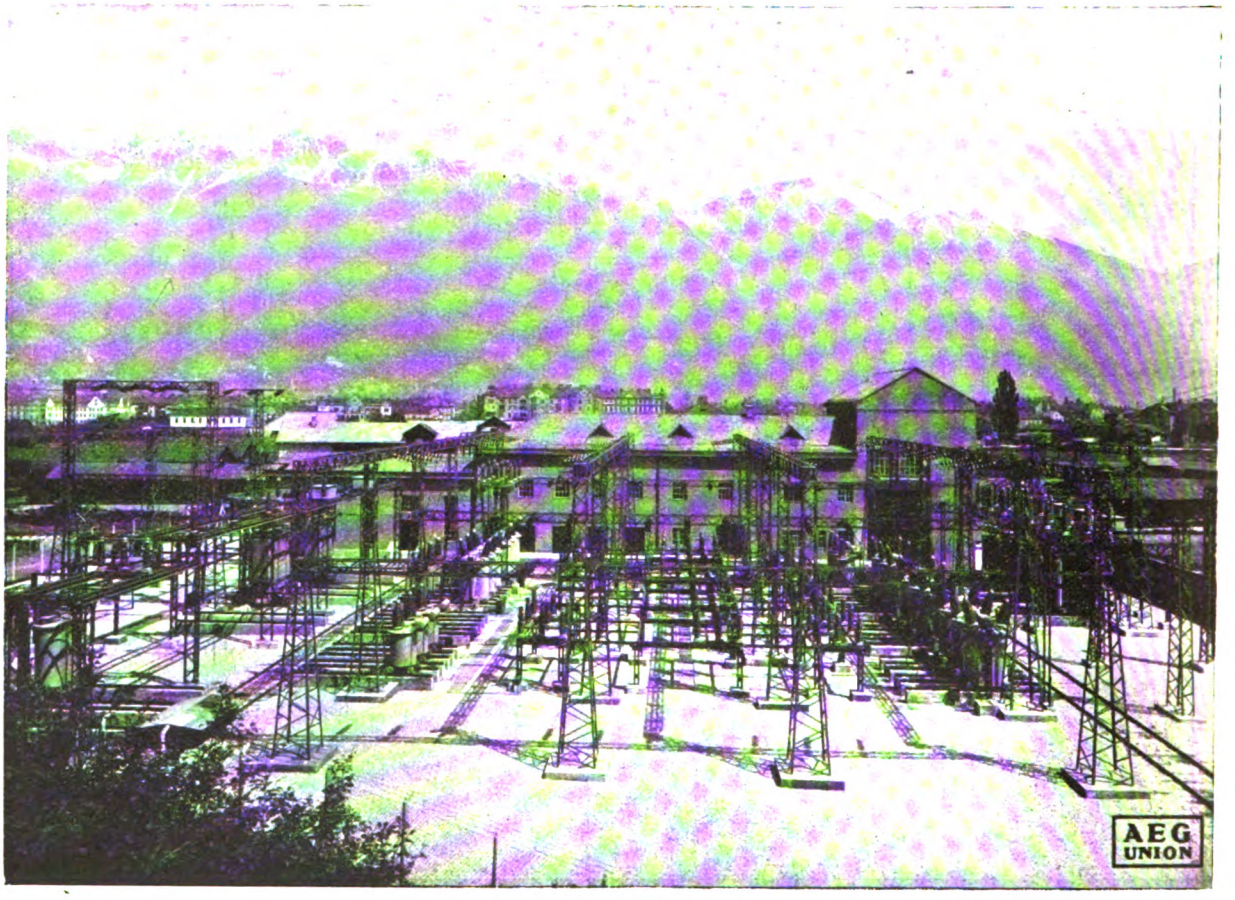


Abb. 8. Ansicht des Umspannwerkes.

Eine nähere Betrachtung des Schaltbildes zeigt, daß im Umspannwerk Wilten neun Sammelschienenfelder erforderlich sind. Ein zehntes Feld war erwünscht als Reserve für eine in Zukunft etwa noch auszubauende Freileitung. Die Breite eines Sammelschienenfeldes ist bei Freiluftanlagen der in Frage kommenden Spannung mit etwa 8 m zu wählen. Bei einreihiger Anordnung, also zehn Sammelschienenfeldern in einer Reihe, würde dies eine Sammelschienenlänge von 80 m ergeben; die Form des Grundstückes ließ eine derartige Länge nicht zu, es war somit eine zweireihige Ölschalteranordnung zu wählen. Dieser Aufstellungsart der Ölschalter mußte auch die Ausbildung der Sammelschienen angepaßt werden. Es wurde das sogenannte U-Schienen System gewählt, welches im Grunde aus drei pageleisepaare abgegrenzt. Außerhalb dieser Geleisepaare sind einerseits die Spartransformatoren und die Erdschlußspule, auf der anderen Seite die Innsbrucker Transformatorengruppe (Siehe Abb. 9) aufgestellt.

Die Ölschalter der 24·5 kV-Anlage sind ebenso wie diejenigen der Freiluftanlage zweireihig, jedoch in Zick-Zack-Aufstellung angeordnet, das heißt der Breite einer Ölschalterzelle entsprechen zwei Sammelschienen-Trennschalterfelder. Jede Ölschalterzelle bildet einen in sich abgeschlossenen Raum von 3×3 m Grundfläche; im gleichen Raum sind sämtliche Hochspannungsapparate des betreffenden Abzweiges außer den Sammelschienen - Trennschaltern untergebracht. Die Zellen öffnen sich ins Freie, der Transport der Ölschalter erfolgt außerhalb des Gebäudes.

Digitized by Google

Zwischen den beiden Reihen der Ölschalterzellen liegt der Bedienungsgang, in welchem die Fernschaltmagnete der Ölschalter und die Relais der 24·5 kV-Anlage untergebracht sind. Zwischen dem Bedienungsgang und dem darüber befindlichen Sammelschinenraum ist keine Zwischendecke eingezogen, sodaß sich vom ersteren ein freier Blick auf die Sammelschienen-Trennschalter bietet.

Die Reglergruppen sind in einer Verlängerung des Schaltgebäudes aufgestellt. Zur Unterbringung der zwei vorhandenen Gruppen und einer in Zukunft etwa noch aufzustellenden dritten Gruppe sind drei Zellen vorgesehen, während ein abgesonderter Raum die zur Umschaltung der Regler notwendigen Trennschalter, die Endverschlüsse der mit der Haupttransformatorengruppe

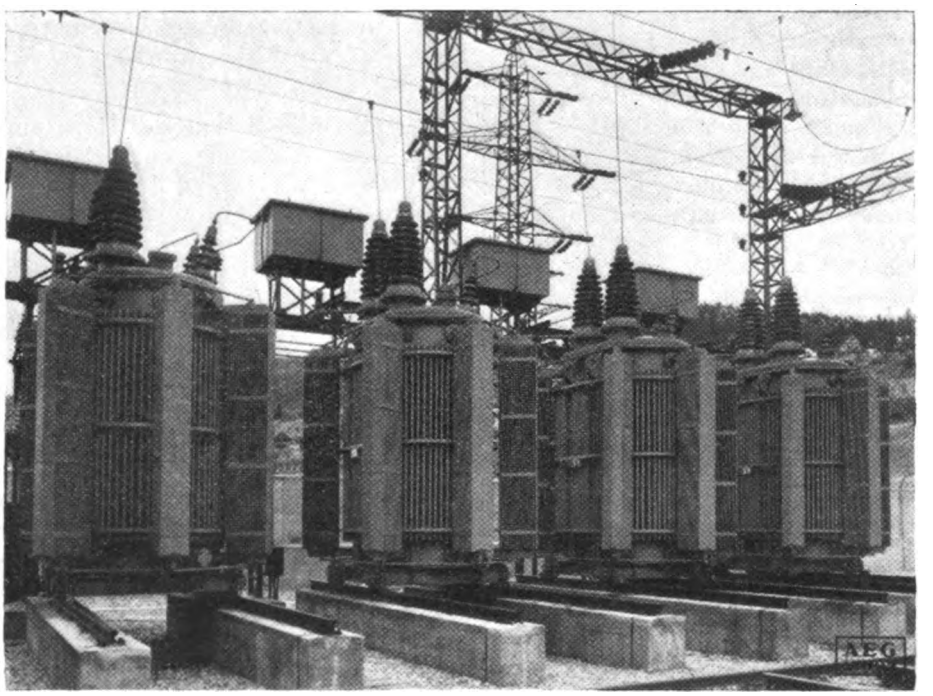


Abb. 9. Einphasentransformatoren, zusammengeschaltet zu einer Drehstromgruppe für 10 500 kVA, 118/29·5 kV. 1 Transformator als Reserve.

verbindenden Hochspannungskabel und die Einrichtungen für die automatische Regelung enthält.

Der Kommandoraum befindet sich im ersten Stock des Schaltgebäudes; er enthält vier gesondert aufgestellte Blechschalttafeln. Gegenüber der Eingangstüre steht die kreisbogenförmige Hauptschalttafel, welche aus zehn Feldern besteht und zur Aufnahme der Meßinstrumente, Bedienungs- und Signaleinrichtungen der 115- und 24·5 kV-Schaltanlagen mit Ausnahme derjenigen, welche zu den die Stadt Innsbruck versorgenden Kabelabzweigen gehören, bestimmt ist. An der Wand der Eingangstüre sind, rechts und links von derselben, zwei dreifeldrige Schalttafeln angeordnet. Die eine derselben enthält die Meßinstrumente, ferner die Registrier- und Zähleinrichtungen der Innsbrucker-Kabelzweige, während an der anderen die Einrichtungen der Eigenbedarfsschaltanlage untergebracht sind. Hinter der Hauptschalttafel ist schließlich eine Relaisschalttafel aufgestellt, welche in Form von fünf Wandkasten ausgebildet ist und die Doppel-Distanzrelais sowie Erdschlußrelais der 115 kV-Anlage enthält. Der Zugang zur Relaistafel ist durch eine in der Mitte der Hauptschalttafel angebrachte Zweiflügeltüre gesichert.

Die Zuführung der Meß-, Betätigungs- und Signaleinrichtungen der Schaltanlage zum Kommandoraum erfolgt durchwegs in eisenarmierten Bleikabeln. Als Sammelstelle derselben ist unterhalb des Kommandoraumes ein Kabelschacht ausgespart, in welchem die Kabel in die richtige, der Schalttafelanordnung angemessene räumliche Lage geordnet werden. Zum Kabelschacht werden die Kabel von der 24·5 kV-Anlage durch einen unter dem Bedienungsgang verlaufenden, begehbaren Kabelkanal, von der Freiluftanlage durch ein unter dem Erdbodenniveau liegendes Einführungsfenster geführt. Im Gebiete der Freiluftanlage sind die Kabel in 20 cm tiefen betonierten Kabelkanälen untergebracht.

Die Erdung der Freiluftanlage ist in Kupferbändern von 3 × 30 mm Querschnitt durchgeführt. Diese sind etwa 60 cm unter dem Erdboden verlegt und bilden im gesamten Gebiete der Anlage ein Netz von etwa 8 m Maschenweite. Diese Verlegungsart sichert eine durchaus gleichmäßige Potentialaufteilung in der Freiluftanlage, so daß das Auftreten von merklichen Schrittspannungen ausgeschlossen erscheint. Jeder Apparat und jeder Ständer des Eisengerüstes der Freiluftanlage ist an das Erdungsnetz angeschlossen. Zur weiteren Verstärkung der Erdung ist das

Digitized by Google

Spitzenseil der Bayernwerk-Fernleitung mit dem Eisengerüst der Freiluftanlage verbunden.

Im Anschluß an das Schaltgebäude ist eine Montagehalle angeordnet. Ein von der Eisenbahnstation Innsbruck-Westbahnhof ausgehendes Stichgeleise führt in die Montagehalle unter den Laufkran, mit welchem die Überstellung der einlangenden Transformatoren und sonstigen Apparate auf den Transportwagen der Transformatorenstation besorgt wird. Der Kran hat eine Tragkraft von 30 Tonnen und eine Hubhöhe von 10 m und ist somit für das Anheben der kompletten, mit Öl gefüllten Transformatoren, wie auch für das Herausheben der Tranformatorenkerne aus den Ölkasten geeignet.

Die Station enthält außer dem bereits genannten Stichgeleise drei Transportschienen-Systeme. Das erste führt aus der Montagehalle in die Freiluftanlage und verläuft entlang der Reihe der 3500 kVA Einphasentransformatoren sowie der Ölschalter der Abzweige dieser Transformatoren und der von Jenbach ankommenden Freileitungen. Diese Apparate können somit von ihrem Fundament direkt auf den Transportwagen geschoben und in die Montagehalle geführt werden. Ein zweites Schienenpaar verläuft parallel zum ersten zwischen den Fundamenten der 27 000 kVA-Spartransformatoren, der Erdschlußspulen, der Ölschalter der Bayernwerks-Fernleitungen und des Kupplungsschalters. Die Verbindung zwischen den beiden Schienenpaaren bildet eine Rampe, auf der ebenfalls Schienen verlegt sind, welche die Höhe der Schienen auf den Apparate- Fundamenten besitzen. Beispielsweise geschieht die Überstellung eines Spartransformators in die Montagehalle, indem er auf dem Transportwagen des zweiten Geleisepaares zur Rampe und entlang derselben auf den Transportwagen des ersten Geleisepaares geschoben wird. Auf dem letzteren wird sodann das Transportstück in die Montagehalle unter den Kran geführt.

Die Anordnung der Rampe bildet eine günstige Lösung für den Transport der abseits der Montagehalle aufgestellten Transformatoren und Apparate; es ist hiemit die Anlegung von zwei Drehscheiben vermieden worden, welche für 30 Tonnen zu bemessen gewesen wären.

Die Projektierung des Umspannwerkes Wilten sowie die Lieferung sämtlicher elektrischer Einrichtungen wurde von der A. E. G. Union Elektrizitätsgesellschaft in Wien, durchgeführt.

Das Murkraftwerk Pernegg der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A. G. in Graz.

Von Dr. Ing. Josef **Ornig**, Graz.

Übersicht: Ein ausführlicher Bericht über den Bau des Murkraftwerkes Pernegg mit charakteristischen Planskizzen ist bereits in der Zeitschrift veröffentlicht worden[1]). Nach der im Laufe dieses Jahres erfolgten vollständigen Inbetriebsetzung mag es daher am Platze sein, die elektrischen Einrichtungen des Krafthauses und insbesondere die Schaltanlagen näher zu beschreiben.

Das Kraftwerk Pernegg der Steweag nutzt bekanntlich ein Gefälle der Mur südlich von Bruck aus. Die wichtigsten Merkdaten[2]) des Werkes sind die folgenden:

Hydrologische Grundlagen

Einzugsgebiet F in km²		= 6250
Wasserführung in m³/s	Q^n_N	= 35
	Q^n_M	= 128
	Q^n_6	= 106
	Q^n_H	= 500
	$Q^n_{ma.r}$	= 1400

Trassen- und Höhenverhältnisse

Flußgefälle	2·3 vT
Stauweite rund	5 km
Oberwassergraben . . .	2·3 „
Unterwassergraben . . .	0·3 „
Stauhöhe	10·6 m
Nutzgefälle	17·1—18·2 m

Ausbau Drei Turbinen je 45 m³/sec direkt gekuppelt mit je einem 8000 kVA-Generator, Gesamtleistung rund 20 000 kW, Jahresarbeitsvermögen (samt Überschußenergie) rund 100 Mill. kWh.

[1]) E. u. M. 1927, Heft 39, S. 783 ff.

[2]) Bezeichnungen nach ÖNORM M 8601.

Wehrschützen.

Vorerst soll einiges über den Ausbau der Wehrschützen angeführt werden.

Zum Abschluß der drei Flußöffnungen von 15 m Lichtweite und 11·6 m Höhe wurden die bekannten MAN-Doppelschützen angewendet. Ihre Vorteile sind auf der Wasserseite eine glatte Stauwand, daher keine Eisenkonstruktion im Stauraume, die Schützen lagern gelenkig auf Rollenwagen, die nur auf einer Schiene laufen, daher sparsame Ausbildung der Nischenöffnungen; die obere Schütze kann hinter die kragartige Stauwand der unteren abgesenkt werden und gibt so je Feld rund 200 m³/sec, zusammen also 600 m³/sec frei, was etwa dem Jahreshochwasser entspricht. In der tiefsten Lage wird die obere Schütze mit der unteren gekuppelt und kann dann gemeinsam bis 1 m über Höchststau gezogen werden. Eine Schützenöffnung wäre allein imstande, das Katastrophenhochwasser abzuführen. Den Antrieb besorgt je ein Motor mit rund 20 kW. Die Windwerke sind auf einem Blechträger befestigt, welcher die Pfeilerköpfe verbindet und durch einen hölzernen Windwerksgang gegen Witterungseinflüsse geschützt ist. Diese Anordnung hat sich sowohl beim Bau als auch bei der Montage an Stelle der sonst üblichen Betonbalken gut bewährt.

Das Gewicht der gesamten Eisenkonstruktion des Wehres beträgt über 600 t; davon entfallen je Wehrfeld auf die eigentlichen Schützen

Digitized by Google

114 t, auf die Armierung der Baukonstruktion 10 t, auf die Windwerksbrücke 29 t und auf die Windwerke, Rollenwagen und sonstigen beweglichen Teile 55 t.

Die M A N, Werk Gustavsburg, lieferte den Entwurf und die Windwerke samt elektrischem Antrieb, die übrigen Eisenkonstruktionen wurden von der W a a g n e r - B i r o A.-G. ausgeführt; die Montage erfolgte in der Zeit vom März bis Oktober 1927, die Nischenarmierungen wurden im Wehrboden und an den Pfeilern im Trocknen erstellt, die Schützenmontage selbst erfolgte über Wasser. Abb. 1 und 2 zeigen das Äußere des Wehres von Ober- und Unterwasser, Abb. 3 gibt einen Einblick in den Windwerksgang.

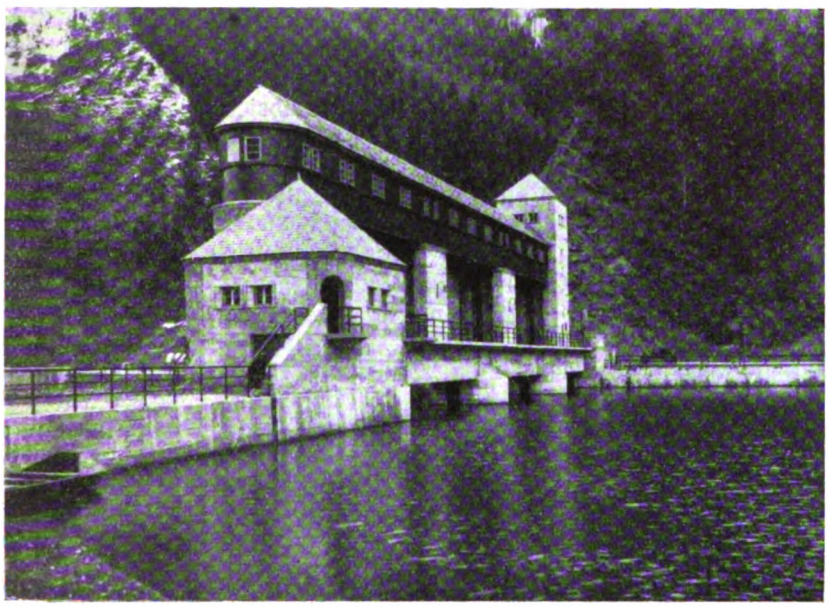


Abb. 1. Wehr Pernegg, Oberwasseransicht.

Gesamtanordnung des Kraft- und Schalthauses.

Es bestand die Aufgabe, die Erzeugung des Kraftwerkes sowohl in die Hauptübertragungsleitung Graz-Bruck-Semmering einzubinden, als auch das mittel- und obersteirische 20 kV Verteilnetz zu speisen, der südliche Teil der Leitung (Teigitsch-Graz-Frohnleiten) ist für eine Betriebsspannung von 60 kV, die Fortsetzung für eine Spannung von 100 kV gebaut, der Betrieb erfolgt vorläufig durchgehends mit 60 kV. Der Übergang von 60 auf 100 kV soll endgiltig beim Krafthaus der geplanten zweiten Murstufe oberhalb Frohnleiten erfolgen, jedoch ist auch in Pernegg die Möglichkeit dieser Transformation vorgesehen.

Das Bestreben nach einer einfachen, übersichtlichen und billigen Einteilung ergab folgende Schaltanordnung: Generator und Transformator bilden eine Einheit, im Transformator, der als Dreiwicklungstransformator ausgebildet ist, erfolgt die Umspannung auf 60/100 kV und bis zu Höhe der halben Leistung auch auf 20 kV. Die Transformatoren, die 100 kV-Ölschalter und das 100 kV-Doppelsammelschienensystem sind frei in einer H a l l e untergebracht. Die Einbindung in die an der Stirnseite der Halle vorbeiführende 100 kV Doppelfernleitung erfolgt in einem F r e i l u f t g e r ü s t. Von den Transformatoren führen Kabel zur 20 kV Anlage, welche in Zellenbauweise ausgeführt ist.

Die Querstellung der Maschinenhalle zur Wasserführung, die Bodenverhältnisse und das in der Richtung der Maschinenhalle eingeführte Schleppgeleise bestimmten die Längsanordnung der 100 kV Halle und ermöglichten die Aufreihung von Transformatoren und Ölschaltern beiderseits des Geleises. Eine Mittelgruppe verbindet beide Gebäudeteile, in ihr liegt der B e f e h l s r a u m, welcher von seiner erhöhten Lage aus einen guten Einblick in die beiderseitigen Betriebshallen gestattet. Darunter ist ein geräumiger Kabelboden, ebenerdig eine Werkstätte. Es war nicht leicht, die Höhenlage der einzelnen Gebäudeteile in Einklang zu bringen. So mußte das Lichtraumprofil längs des Schleppgeleises gewahrt bleiben, die Trennschaltergruppen in- und außerhalb der Halle, die Wanddurchführungen, die Sammelschienen in der Halle waren durch den Wunsch, an Gebäudehöhe zu sparen, in engen Grenzen gehalten, der Befehlsraum wieder sollte einerseits den mittleren Gebäudeteil auch äußerlich betonen, aber doch die Beziehung zur 100 kV-Halle und zum Maschinenhaus wahren. Die 20 kV-Anlage wurde schließlich an die Mittelgruppe angegliedert. Durch diese Anordnung wurde erreicht, daß alle Meß-, Signal- und Betätigungsleitungen, ferner auch die Bedienungswege des Wartepersonales ein Mindestmaß an Länge erreichten.

Abb. 2. Wehr Pernegg, Unterwasseransicht.

Digitized by Google

Diese Aufgabe wurde unter dem leitenden Gesichtspunkte einer inneren, klaren Gruppierung in einer Weise gelöst, die unter Verzicht auf eine äußere Aufmachung die Zweckbestimmung jedes Gebäudeteiles zum Ausdruck bringt. Die Abb. 4 gibt eine Ansicht des Krafthauses.

Maschinenhalle.

Generatoren: In Ergänzung der bereits über die Generatoren an der eingangs genannten Stelle erfolgten Veröffentlichung sei noch fol-

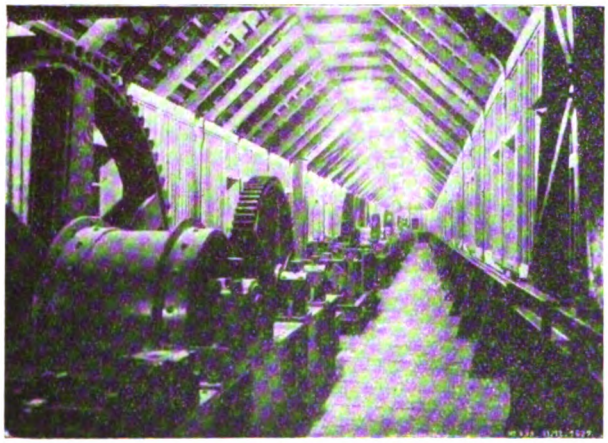


Abb. 3. Windwerksgang.

gendes angeführt: Die Generatoren haben eine Leistung von je 8000 kVA, $\cos \varphi = 0{\cdot}75$, 5250 V, 880 A, 50 Per/s, und ein Schwungmoment von 445 tm². Im feststehenden Teil ist zur Vermeidung von Eisenschlüssen und zwecks möglichster Ausnützung des Blechpaketrückens die Durchführung von Spannbolzen durch das Blechpaket vermieden; das Paket wird lediglich durch Schwalbenschwanzleisten am Umfang geführt und durch außerhalb des Bleckpaketes angebrachte Bolzen festgepreßt. Mit Rücksicht auf die großen Abmessungen war für Kompensation der ungleichen Wärmedehnungen des Blechpaketes und Gehäuses vorzusorgen. Zur Herabsetzung der zusätzlichen Verluste durch Stirnstreuung wurden die Paketdruckplatten möglichst weit zurückgesetzt, die Zähne durch Nickelstahlfinger aus unmagnetischem Material angestützt und außerdem die letzten Blechreihen stufenweise abgesetzt. Die Wicklung ist als Zwei-Stabwicklung mit Evolventenbügeln ausgeführt. Die Stäbe sind aus Emaillitze hergestellt, wobei jeder Draht der Litze nach einem besonderen Verfahren gegen den anderen durch eingebranntes Email isoliert ist.

Der rotierende Teil ist ein Doppelstahlgußrad. Die Pole sind mit vier Schrauben angeschraubt. Der Polschuh ist lamelliert. An beiden Stirnflächen des Polrades sitzen Ventilatoren. Auch der breite Mittelschlitz zwischen den Radteilen trägt Flügel für die Belüftung.

Die Maschine besitzt ein Segment-Spurlager für die Aufnahme des Gewichtes der umlaufenden Massen und für die Aufnahme des Wasserdruckes (zusammen 160 t) und außerdem zwei Halslager. Das Spurlager und das obere Halslager sind in einem Tragbügel aus Stahlguß eingebaut, welcher seinerseits seitlich durch gußeiserne Tragbügel abgestützt ist. Zur Vermeidung von Lagerströmen sind diese beiden Lager vom Körper isoliert. Das untere Halslager ruht in einem Armstern. Dieser ist mit Pratzen am Gehäuse zentriert. Die Schmierung des Spurlagers erfolgt durch eine von der Turbinenreglerwelle angetriebene Ölpumpe, welche das Öl aus einem Reservoir über einen Ölkühler und Filter dem Lager zuführt. Die Halslager haben gleichfalls je eine Pumpenschmierung. Der Ölumlauf für alle Lager wurde absichtlich getrennt, um im Falle Heißwerdens eines Lagers nicht befürchten zu müssen, daß Unreinigkeiten, verbranntes Öl oder Metallteile, auch in die anderen Lager verschleppt werden. Knapp unterhalb des unteren Halslagers ist der Schneckentrieb.

Die Erregung des Generators erfolgt durch eine Haupt- und Zusatz-Erregermaschine. Beide sind oberhalb des Spurlagers aufgebaut. Beide Maschinen haben Wendepole. Ihre Bürstenstellung ist unabhängig von der Belastung. Zwecks Verkürzung der Bauhöhe ist die Zusatz-Erregermaschine teilweise in die Haupt-Erregermaschine eingebaut. Oberhalb der Zusatzerregermaschine liegen die Schleifringe für den Generator. Die Stromzuführung zu den Magneten erfolgt durch die hohle Welle.

Der Generator sitzt in der sogenannten Känguruh-Aufstellung auf dem Fundament, wobei ein Drittel des Umfanges auf einem Fuß von 1·2 m Höhe frei aufruht, während der übrige Teil unmittelbar auf dem Fundament sitzt. Durch besondere Flügelanordnung zu beiden Seiten des rotierenden Teiles und zwischen den Radkränzen, ferner durch zweckmäßige Ausbildung der Luftzuführungskanäle und stoßfreie Luftabführung mußte dafür gesorgt werden, daß die zur Kühlung notwendige Luftmenge von 16 m³/sek sicher erreicht wurde.

Abb. 4. Ansicht des Krafthauses Pernegg. Von links nach rechts: Freiluftanlage, Schalthalle, Befehlsgruppe, Maschinenhalle.

Die Maschine ist die größte der 150-tourigen Maschinen, welche bisher in ganz gekapselter Ausführung mit Selbstbelüftung ausgeführt wurde. Die Luft wird in mäßiger Höhe über den Boden durch den vertikalen Schacht angesaugt, fließt durch einen aus Blech, unterhalb des Halslagerarmsternes gelegenen hufeisenförmigen Kanal dem Rotor zu, wird durch die drei im Rotor angeordneten Ven-

Digitized by Google

tilatoren über die Pole durch das Statorblechpaket und die Wicklung in den Gehäuserücken geblasen, fließt in diesem in der Umfangsrichtung und nach abwärts dem ringförmigen Ausblasekanal zu und von dort durch den vertikalen Schacht nach außen.

Die Bedienung der Maschine ist, nachdem alle Schmiereinrichtungen automatisch ausgeführt sind, einfach, sie beschränkt sich auf eine Überprüfung der Ölmengen, des Umlaufes des Öles und des Kühlwassers im Ölkühler und auf die Bedienung der Kollektoren der Haupt- und Zusatzerregermaschinen und der Schleifringe. Allenfalls notwendig rasche Stillsetzen der Maschine im Falle eines Unglücksfalles oder, um ein langes Auslaufen zu vermeiden, wirken Bremskolben auf den Rotor. Diese werden vom Drucköl des Reglers aus betätigt.

Das Gewicht der Maschine beträgt einschließlich aller Aufstellungsteile rund 120 t, wovon rund 40 t auf den feststehenden Teil und rund 50 t auf den rotierenden Teil entfallen. Der Tragbügel, welcher das Gesamtgewicht der rotierenden Massen und den Wasserdruck aufzunehmen hat, wiegt rund 12·5 t. Abb. 5 gibt einen Einblick in die Maschinenhalle in der Richtung des Befehlsraumes.

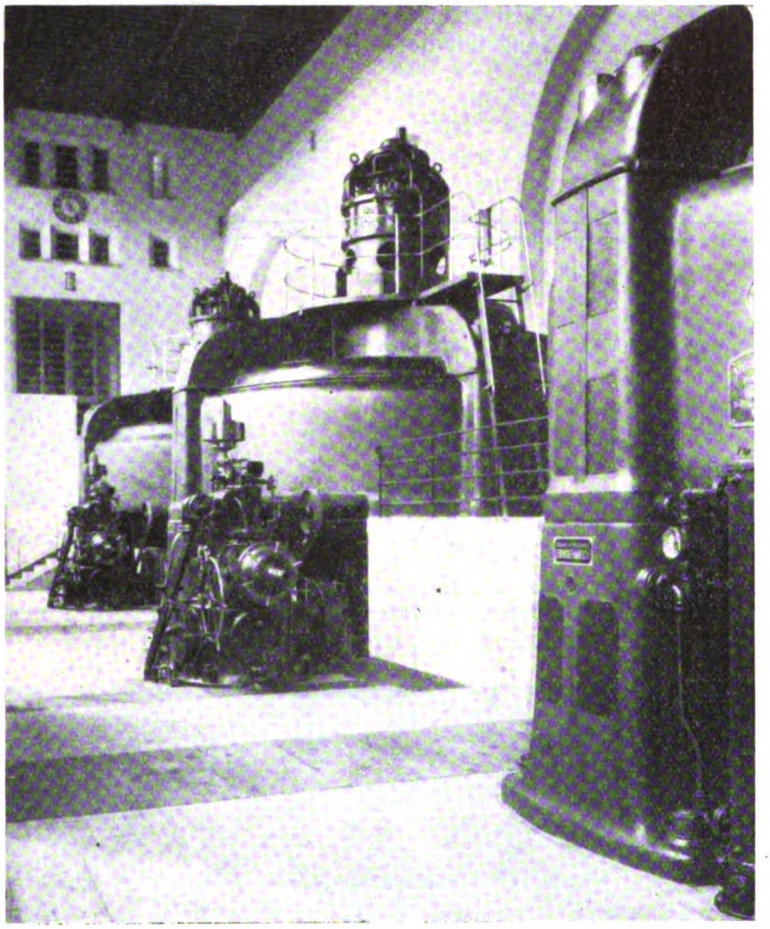


Abb. 5. Maschinenhalle.

werdende Reparaturen sind leicht durchzuführen. Nach Lösen weniger Schrauben kann der feststehende Teil der Erregermaschine nach oben abgehoben werden; deren Anker können nach Lösen der Flanschschrauben der Erregerwelle entfernt werden. Die Spurlagerteile sind auch bei aufgebauter Erregermaschine nach Entfernung des zweiteiligen Deckels zugänglich. Einfache Wicklungreparaturen sind gleichfalls leicht durchzuführen. Die Wicklung ist ohne Demontage der Tragbügel nach Entfernung der Verschalung zwischen den Bügeln leicht zugänglich. Pole können nach Lösung von vier Schrauben entfernt werden. Wicklungsstäbe, welche ausgewechselt werden müssen, können nach Entfernung der Holzkeile aus den offenen Nuten in den Pollücken ausgebaut werden. Für das

Schaltanlage.

Die von den Österreichischen Brown-Boveri-Werken A.-G. in Wien gelieferte Schaltanlage wurde im Sommer und Herbst 1927 fertig montiert (Abb. 6.)

Jeder Generator ist ohne Ölschalter nur über einen Trenn- und Erdungsmesser direkt mit dem zugehörigen Dreiwicklungstransformator durch eine Blankkupferleitung verbunden; Generatorsammelschienen sind nicht vorgesehen. Auf die Möglichkeit, die Generatoren wechselweise auf die Transformatoren zu schalten sowie auf eine Trennung der Gruppe Generator-Transformator während des Betriebes wurde also verzichtet, zumal ein Maschinensatz als Reserve anzusehen ist

Digitized by Google

und eine weitere Reserve in den übrigen Kraftwerken der steirischen Sammelschiene liegt. An Stelle von ursprünglich geplanten 5 kV Einleiterkabeln wählte man mit Rücksicht auf die Möglichkeit hoher Kurzschlußströme Blankkupferschienen 70/10, welche Lösung bei geringerem Kostenaufwand eine größere Betriebssicherheit bietet. Im Krafthaus ergab sich unterwasserseitig genügend Raum für den begehbaren Schienengang, der bis unter die Transformatoren fortgesetzt wurde. Abb. 7 gibt einen Blick in diesen Schienengang.

100 kV Halle: Der Entwurf zog auch eine Freiluftanordnung des gesamten 100 kV-Teiles in Erwägung; man entschloß sich jedoch, diese nur auf die unmittelbare Verbindung mit der sie die äußere Erscheinung nicht beherrschen, sondern die elektrischen Apparaturen und Leitungsführungen hervortreten lassen. Schon die Lichtbildaufnahme (Abb. 8), die ja nur einen annähernden Begriff von der Wirkung des Innenraumes gibt, läßt dies gegenüber älteren Hallenbauten (zum Beispiel in Würzburg) erkennen. Die Trennschalter wurden nicht, wie sonst in Deutschland üblich, zu einer Gruppe in der Mitte zusammengefaßt, sondern ähnlich den Anordnungen in den oberitalienischen Hallen an den äußeren Umfassungswänden längs eines umlaufenden, bequem zugänglichen Bedienungsganges befestigt. Die Leitungsführung zwischen Transformator und Ölschalter sowie zwischen den beiden Trennschaltergruppen muß bei

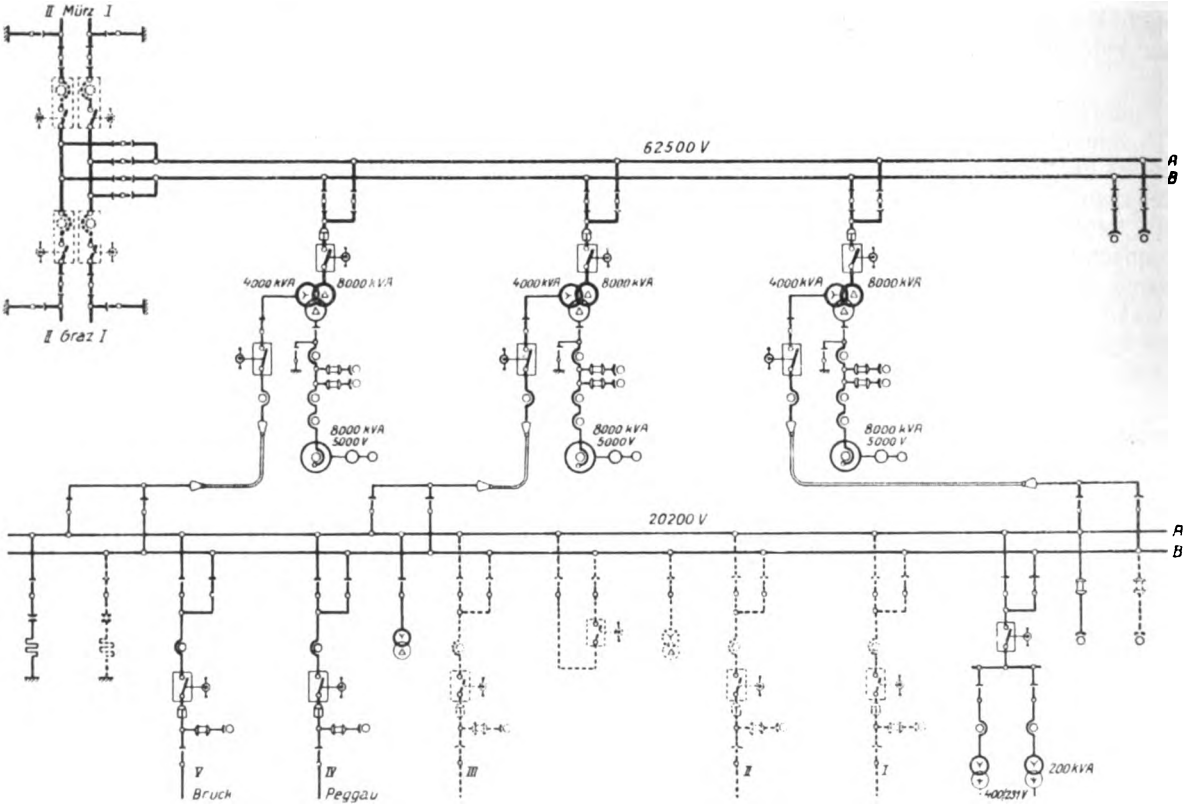


Abb. 6. Schaltbild der Schaltanlage.

Fernleitung zu beschränken. Die Halle bietet Schutz bei ungünstiger Witterung, sichert eine leichte Betriebsüberwachung und Bedienung und ermöglicht eine gute, übersichtliche, zugängliche Anordnung aller Apparate. Zudem waren durch Angliederung dieses Bauteiles an den ganzen Kraftwerkskomplex die Mehrkosten weniger fühlbar als bei einer Unterstation. Bei der Ausführung ging man noch um einen Schritt weiter als bei dem Unterwerk der STEWEAG in Mürzzuschlag[2]) und stellte nicht nur die Ölschalter, sondern auch die Transformatoren frei in die Halle. Die sonst geübte Unterbringung der Höchstspannungsapparate in Zellen erschien zu unübersichtlich, aber auch unsicher im Betrieb, da die dadurch bedingten Durchführungen äußerst empfindliche Störungspunkte darstellen.

Der Entwurf war auch bemüht, die eisernen Tragwerke möglichst vollwandig zu lösen, damit dieser Anordnung durch Isolatoren in der Mitte gestützt werden. Die Isolatoren der Sammelschienen hängen an den Bindern des eisernen Dachstuhles, eine ebene Untersicht ist durch eingelegte Wellblechtafeln erreicht.

Die Apparate sind auf das notwendigste beschränkt; außer den erforderlichen Ölschaltern und Drehtrennschaltern ist nur je ein einphasiger Spannungswandler an das Ende der beiden Sammelschienen zum Zwecke der Parallelschaltung und Spannungsmessung angeschlossen. Eigene Stromwandler sind vermieden; die auf den Ölschaltern aufgebauten Hauptstromzeitrelais werden für die Auslösung der Schalter verwendet.

Transformatoren: Die drei Drehstrom-Öltransformatoren haben drei Wicklungen für 5, 100 und 20 kV, Übersetzungsverhältnis bei Leerlauf 5000/108 250/20 200 ± 5 vH; die Schaltung ist Dreieck-Stern-Stern. Abb. 9 zeigt einen von der

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 730.

Digitized by Google

„Elin" Gesellschaft für elektrische Industrie, Wien-Weiz, gelieferten Transformator[3]). Die Theorie dieses Transformators behandelt ein Aufsatz auf Seite 692 dieses Heftes.

Abb. 7. 5 kV-Schienengang.

Freiluftanlage: Die 100 kV-Doppelleitung wurde, wie schon erwähnt, der Einfachheit halber nicht mit beiderseitigen Ölschaltergewähren. Zunächst ist auch an dieser Stelle die Umspannung der Fernleitung von 60 auf 100 kV möglich; desgleichen die Einreihung von Leitungsölschaltern, sofern dies entwickeltere Betriebsverhältnisse verlangen sollten.

Der Entwurf des Schaltgerüstes erstrebte eine möglichst zusammenfassende Tragkonstruktion mit klarer statischer Aufgabe. Die einfache rechteckige Gliederung läßt die Bestimmung der einzelnen Bauglieder unschwer erkennen. Ober dem Einfahrtstor macht eine breite Nische die Verbindungs-Trennschalter und die Durchführungen zugänglich.

20 kV-Anlage: Die dritte Wicklung der Haupttransformatoren ergibt die Umspannung bis zur halben Höchstleistung des Transformators (je 4000 kVA auf 20 kV). Von jedem Transformator führt ein Kabel zur 20 kV Anlage, die als zweistöckiges Zellensystem auf der Oberwasserseite des mittleren Gebäudetraktes angeordnet ist. Es sind zwei kuppelbare Schienen mit fünf Freileitungsausführungen vorgesehen, davon sind zunächst nur zwei ausgeführt. An die 20 kV-Schiene schließt auch der Eigenbedarf an.

Die 20 kV-Ölschalter der Transformatorabzweige wurden unmittelbar neben die Haupttransformatoren in der 100kV-Halle in nicht gekapselte, nur von außen zugängliche Zellen gestellt.

Befehlsraum und Kabelboden: Auf die zentrale Anordnung des Befehlsraumes (Abb. 10) zwischen der Maschinen-, 100 kV-Halle und 20 kV-Anlage wurde bereits hingewiesen. Einer übersichtlichen inneren Einteilung wurde die Öffnung der Schalttafeln gegen die Unterwasserseite geopfert. Diese Schalttafeln umschließen hufeisenförmig die Haupt- und die beiden Seitenwände; die Decke erhält vom turmartigen Aufbau Decken-

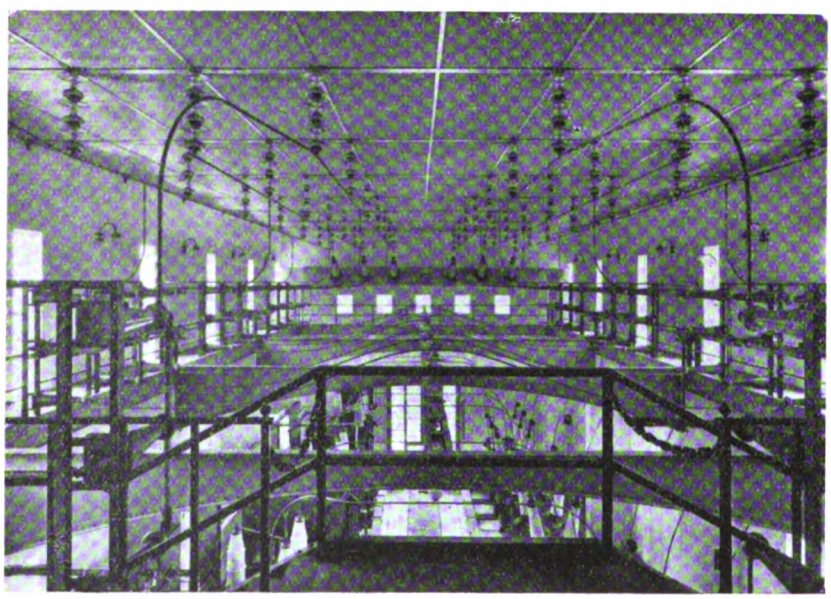


Abb. 8. 100 kV Schalthalle. Obergeschoß mit Sammelschienen.

paaren in die Kraftwerkssammelschiene eingebunden, sondern deren Einbindung erfolgt nur über Trennschalter, die weitgehende Schaltmöglichkeiten

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 791.

licht, die oberwasserseitige Wand außerdem über den Schalttafeln hohes nördliches Seitenlicht.

Die Instrumente für die Stromerzeuger sind auf drei Schaltpulten sowie auf drei Feldern der zuge-

Digitized by Google

hörigen Haupttafel, die Instrumente der Freileitungen auf den seitlichen Feldern angebracht. Dort

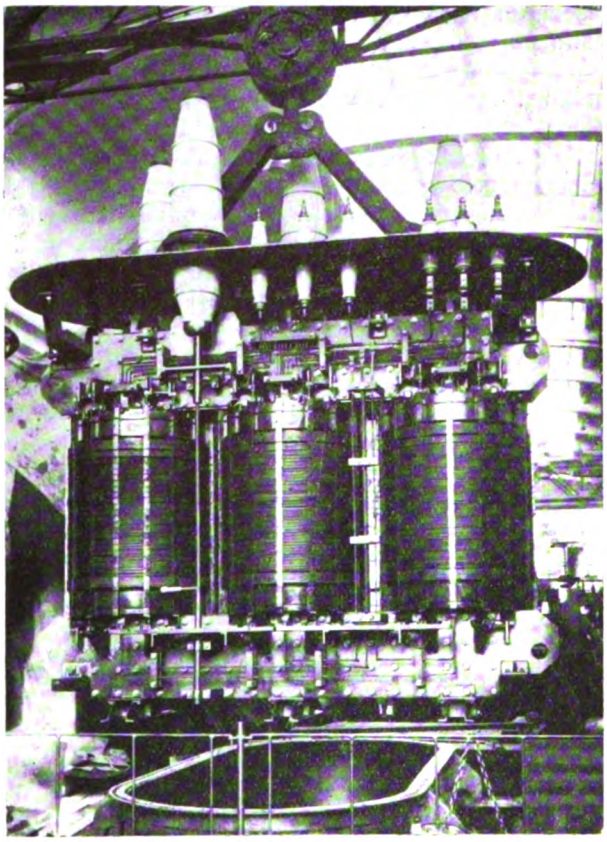


Abb. 9. Dreiwicklungstransformator 5/100/20 kV.

befinden sich auch die Instrumente für die Synchronisierung, Gefahrmeldung und den Eigenbedarf. Auf

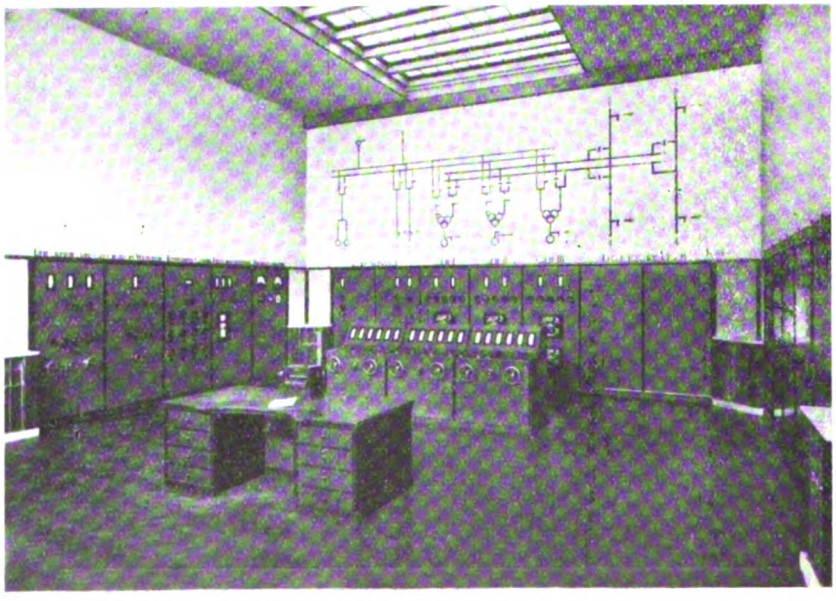


Abb. 10. Befehlsraum.

der Rückwand sind die Relais, Zähler und Anzeiger für den Wasserstand untergebracht. Am oberen Teil der Haupttafel zeigt ein lebendes Schaltbild in einer dem Achenseewerk ähnlichen Ausführung[4]) eine Übersicht über das gesamte Leitungsbild der Anlage und läßt durch bewegliche Symbole für Trenn- und Ölschalter den jeweiligen Schaltzustand erkennen.

Unter dem Befehlsraum liegt der Kabelboden, in welchen sämtliche Meß-, Signal- und Betätigungsleitungen einmünden. Hier finden auch Hilfsapparate, Relais, Widerstände usw., die im Befehlsraum nicht Platz finden, weiter die Umformer für die Batterie und das lebende Schaltbild Aufstellung.

Grundsätzlich wurde jede Niederspannungsklemme (Meßwandler, Steuereinrichtung, Abhängigkeitskontakt usw. einschließlich aller Erdungsklemmen) durch je einen Verbindungsdraht in den Kabelboden geleitet und erst hier die erforderliche Schaltung durchgeführt. Diese Anordnung ermöglicht eine rasche und verläßliche Überprüfung der gesamten ausgedehnten Niederspannungsleitungen in einem gut zugänglichen Raume.

Niederspannungsschaltanlage.

Synchronisierung. Es bestand die Aufgabe, die 5 kV-Seite mit jeder der beiden Oberspannungen (100 bzw. 20 kV) und, wenn der Generator außer Betrieb ist, auch die Oberspannungsseiten untereinander parallel zu schalten. Die Erfüllung dieser Forderung war erschwert, weil Ölschalter nur auf der 100 und 20 kV-, nicht aber auch auf der 5 kV-Seite vorgesehen sind und weil die Betriebsspannung vorläufig 60 kV ist, später jedoch 100 kV betragen soll. Die unter- und mittelspannungsseitigen Wandler mußten so gewählt werden, daß eine richtige Synchronisierungsschaltung hergestellt werden konnte. Die Lösung ergab außer den Einphasenwandlern 110 000/110 V einen Drehstromwandler 20 kV normaler Schaltung, einen

[4]) Vgl. Seite 652 d. H.

Digitized by Google

Drehstromwandler 5 kV, Schaltung B 2, und zwei Hilfswandler mit einem Übersetzungsverhältnis von 63·5/110 V.

Meßeinrichtungen: Jeder Generator erhielt ein Voltmeter, Amperemeter, einen Leistungs- und Leistungsfaktormesser sowie einen Zähler; außerdem kann jeder Generator auf ein gemeinsames schreibendes Voltmeter und Registriersummenwattmeter geschaltet werden. Die Gesamtleistungsabgabe der Generatoren wird durch ein schreibendes Summenwattmeter angezeigt. Die Transformatoren haben nur Strommesser auf beiden Oberspannungsseiten.

Steuereinrichtung: Jeder Generator hat einen handbetätigten Nebenschlußregler und einen automatischen Spannungsregler. Verlangt wurde die Konstanthaltung der Spannung auf der 100 kV-Seite. Hiezu ist die Erfassung des Spannungsabfalles im Transformator 5 und 100 kV-seitig zu berücksichtigen, was wegen des gleichzeitigen Energieflusses nach der 20 kV-Seite schwierig war. Die Lösung ergab einen Hilfsstromwandler mit einer 5 kV-, einer 20 kV-, und einer Wicklung, welche auf die Kompensationseinrichtung des Schnellreglers arbeitet. Der in dieser dritten Wicklung induzierte Strom steht in einem konstanten Verhältnisse zur Belastung der 100 kV-Seite des Transformators und bewirkt die Kompoundierung.

Schutzeinrichtungen: Jeder Generator hat einen Differential- und Überstromschutz; es wurden Differentialrelais mit hintereinander geschalteten Stromwandlern (im Generatornullpunkt und vor dem Transformator) verwendet. Die Relais sprechen beim Eintreten eines Differenzstromes von einstellbarer Größe an und bewirken die sofortige Abschaltung und vollkommene Aberregung des Generators. Als Überstromschutz sind Überstromrelais mit unabhängiger Strom- und Zeiteinstellung aller drei Phasen, weiters für jeden Generator ein dreiphasiger Überstromregler vorgesehen.

Die Schutzeinrichtungen für den Dreiwicklungstransformators bestehen nur in einem Überstromschutz und haben die Aufgabe, allfällige Fehler örtlich zu beschränken und keine Unterbrechung der übrigen Lieferzweige zu bewirken. Die Lösung wurde erschwert, da die Energielieferung nach zwei Richtungen stattfindet und da auf der 100 kV-Seite keine eigenen Stromwandler vorgesehen sind. Auf der 100 kV-Seite sind die notwendigen Überstromrelais als direkt wirkende Hauptstromrelais auf die Ölschalter aufgebaut, auf der 20 kV-Seite hingegen sind zwei Gruppen Überstromzeitrelais gesteuert durch Rückwattrelais vorhanden.

Die abgehenden 20 kV-Leitungen erhalten Hauptstromrelais, aufgebaut auf die Ölschalter.

Meldeeinrichtungen: Sie bestehen aus dem schon erwähnten lebenden Schaltbild, aus Anzeigern von unbeabsichtigten Schaltvorgängen und Gefahren (Öltemperatur der Transformatoren, gestörter Umlauf des Öles oder des Kühlwassers u. a.).

Nebenbetriebe: Weitgehende Vorsorgen erforderte auch die elektrische Versorgung der zahlreichen Nebenbetriebe, von denen erwähnt seien: Wasserversorgung (Pumpen), Ölwirtschaft, hydraulische Absperrorgane wie Einlaßschützen, Sandablaßschieber, Senk- und Grundablaßschütze des Leerlaufes, Rechenreinigung, Rechenheizung, Beleuchtung.

Inbetriebsetzung.

Die Inbetriebsetzung konnte dank des raschen Fortschrittes der Bauarbeiten, knapp zwei Jahre nach Baubeginn, anfangs Dezember 1927 provisorisch mit einem Maschinensatze erfolgen. Im Jänner 1928 folgte der zweite Stromerzeuger und im Mai 1928 konnte nach kurzfristiger Außerbetriebsetzung der Anlage, welche zu einer Überprüfung des gesamten baulichen, unter Wasser befindlichen Teiles benützt wurde, der volle Betrieb des Kraftwerkes aufgenommen werden.

Das Verhalten der Synchronmaschine bei veränderlicher Spannung, Frequenz und Belastung.

Von Dr. A. **Mandl**, AEG-Berlin[1]).

Inhaltsangabe: Anlauf und Netzladung: das asynchrone Parallelschalten von Speicherwerken, der Anlauf von Phasenschiebern, Netzladung, perzentuelle synchrone Reaktanz. — Plötzliche Spannungs- und allmähliche Frequenzänderungen; wie lange darf ein Spannungsrückgang dauern, der im stationären Zustand ein Außertrittfallen herbeiführen würde? Verhalten des Phasenschiebers bei plötzlichem Netzspannungsrückgang; Schutz des Phasenschiebers gegen Außertrittfallen. — Plötzlicher Laststoß, Verlauf der Generatorspannung bei verschiedenen Regulierarten, Einfluß der Zeitkonstante der Erregermaschine und des Erregerspannung-Höchstwertes; Spannungserhöhung bei plötzlicher Entlastung. — Kurzschluß der Synchronmaschine; kurzschlußsichere Ausbildung der Statorspulenköpfe, Ausbildung und Beurteilung der Wirksamkeit des Dämpferkäfigs, Überspannung an der offenen Phase bei einphasigem Kurzschluß. — Schutzeinrichtung gegen Erdschluß und Schnellentregung.

Wir wollen uns mit Betriebszuständen der Synchronmaschine befassen, während welcher eine Änderung der normalen Spannung, Frequenz oder Belastung eintritt. Diese Änderung kann beabsichtigt sein: das Zuschalten einer Maschine, das Aufladen des Netzes; sie kann unerwünscht sein: Spannungs- und Frequenzänderungen im Netz, Be- und Entlastungsstöße, Kurzschlüsse, Erdschlüsse. Wir werden uns überlegen, wie die Synchronmaschine auf diese Vorgänge reagiert

[1]) Unter teilweiser Benutzung eines am 8. Februar d. J. im Elektrotechnischen Verein in Wien gehaltenen Vortrages.

Digitized by Google

und in welcher Weise sie für störungsfreien Betrieb geeignet gemacht werden kann. Wir verstehen darunter einen Betrieb, bei welchem die Spannung des Netzes und der Synchronlauf paralleler arbeitender Maschinen aufrechterhalten bleibt.

Wir beginnen mit dem Anlauf bzw. Zuschalten der Maschine. In welcher Weise dies bei Maschinen von Hand aus oder automatisch geschieht, ist bekannt. Bei Spitzen- und Speicherkraftwerken, die tagtäglich anlaufen müssen, kann es wichtig sein, das An's-Netzschalten ohne übermäßigen Leistungsstoß in einer nach Sekunden zählenden Zeit durchzuführen. Nach Vorschlag von Prof. Petersen wird auf das Synchronisieren verzichtet. Die Generatoren werden bis in die Nähe der synchronen Drehzahl hochgefahren und über eine Drosselspule schwach erregt ans Netz geschaltet. Hierauf wird die Erregung auf die Leerlauferregung verstärkt und die Drosselspule stoßfrei kurzgeschlossen. Der Generator muß schwach erregt ans Netz geschaltet werden, weil die unerregte Maschine trotz der vorgeschalteten Drossel noch ein Kippmoment als Reaktionsmaschine besitzt, das groß genug ist, um den fast synchron laufenden Generator in Tritt zu ziehen. Das kann jedoch in verkehrter Weise geschehen, so daß die nachfolgende Erregung den Rotor erst wieder aus dem Synchronismus herausreißen muß, was Anlaß zu Strompulsationen gibt. Das Einschalten über die Drossel kommt einem Kurzschluß mit stark vergrößerter Statorstreuung gleich. Die Drosselspule wird so bemessen, daß das Wechselstromglied des plötzlichen Kurzschlußstromes einen Leistungsstoß von etwa 60 vH ergibt. Nach dem Einschalten der Gleichstrom-Leerlaufspannung fällt der vom Netz bezogene Strom fast bis auf Null. In gleichem Maße verringert sich die an der Drosselspule verbrauchte Spannung, die demnach stoßfrei kurzgeschlossen werden kann. Da der ganze Anlaufvorgang in kaum einer Minute beendet sein muß, so ist es nicht möglich, die Schaltoperationen von Hand auszuführen. Die Automatisierung wird soweit getrieben, daß die Operationen automatisch, einander kontrollierend aufeinander folgen. Von den elektrischen Hilfsmitteln verdient Erwähnung das Frequenzdifferenzrelais, das den Turbinenregler im Anlauf so beeinflußt, daß sich die Tourenzahl mit abnehmender Beschleunigung der synchronen annähert. Außerdem gibt das Frequenzdifferenzrelais den Generator-Ölschalter erst frei, wenn die Tourendifferenz entsprechend klein geworden ist. Dieser wichtige Zeitpunkt wird in Serie damit noch ein zweites Mal überwacht von einem Frequenzänderungsrelais, das den Schalter frei gibt, wenn die Frequenzänderung je Sekunde einen gewünschten kleinen Wert erreicht hat. Die ans Netz geschaltete Maschine fällt sofort in Tritt. Die Dämpferwicklung des Generators kann so stark bemessen werden, daß dieses Intrittfallen aperiodisch, also ohne Strompulsationen zu erwarten ist. Das Kurzschließen der Drosselspule wird von einem Relais überwacht und erfolgt, sobald ihre Spannung unter eine bestimmte Grenze gesunken ist. Damit ist der Anlaufvorgang beendet. Es muß von Hand aus Last übernommen und der Schnellregler angestellt werden.

Der Anlauf synchroner Phasenschieber kann mit Anwurfmotor in gleicher Weise erfolgen. Als Anwurfmotor kommt zum Beispiel ein gleichpoliger Asynchronmotor in Frage, mit dem bis dicht an den Synchronismus heran hochgefahren wird, worauf in der bereits geschilderten Weise über die Drosselspule an das Netz geschaltet wird, die nach Einstellung der Leerlauferregung wieder stoßfrei kurzgeschlossen werden kann. In den allermeisten Fällen wird der einfachere asynchrone

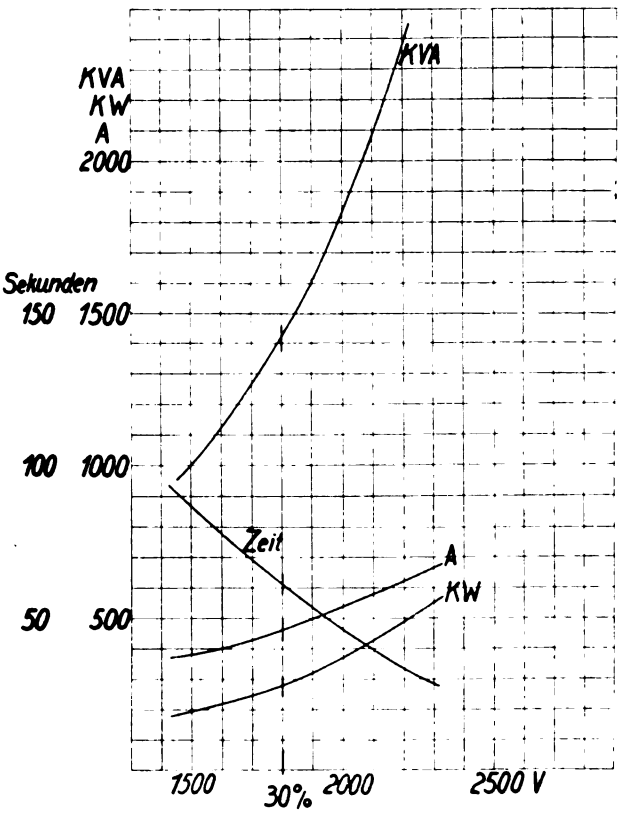


Abb. 1. Phasenschieber für 5000 kVA, 750 U/min, 50 Per/s, 6000 V, 482 A.
Asynchroner Anlauf mit Anlaßtransformator.
Anlauf-kVA und -kW, Anlaufstrom (auf der Maschinenseite gemessen) und Anlaufzeit abhängig von der Anlaufspannung.

Anlauf des Synchron-Phasenschiebers mit Anlaßtransformator bzw. von einer Anzapfung des Leistungstransformators aus zulässig sein. Man muß nur durch entsprechende Ausbildung der Pole und des Dämpferkäfigs die Anlaufleistung klein halten. Man wird im Mittel bei raschlaufenden Phasenschiebern mit einer Anlaufleistung (Höchstwert unmittelbar nach dem Einschalten) von etwa 30 bis 40 vH der Nennleistung rechnen können bei einer 20 bis 30 prozentigen Anlaufspannung. Abb. 1 stellt die gemessenen Anlaufverhältnisse an einem Phasenschieber 5000 kVA, 750 U/min, 50 Per/s, 6000 V, abhängig von der Anlaufspannung dar. Bei 30 vH Anlaufspannung beträgt die Anlaufleistung 1420 kVA, das sind 28 vH der Nennleistung. Die-

Digitized by Google

ser Phasenschieber hatte noch keine Öldruckentlastung der Lager während des Anlaufes. Durch die mit einer Handpumpe leicht vorzunehmende Entlastung wird das Reibungsdrehmoment der Ruhe verringert, so daß man mit einer kleineren Anlaufsspannung von etwa 20 vH auskommt; außerdem werden Anlaufleistung und Anlaufzeit verringert. Beim asynchronen Phasenschieber wird man mit einer Anlaufleistung von 20 bis 30 vH der Nennleistung zu rechnen haben. Man kommt diesen Verhältnissen mit dem synchronen Phasenschieber also sehr nahe.

Die Frage der Netzladung hat mit Rücksicht auf die Länge der Übertragung an Bedeutung zugenommen. Man wird unter allen Umständen vermeiden, daß Selbsterregung eintritt, wenn man auch bei großen Netzen in die Nähe der Selbst-

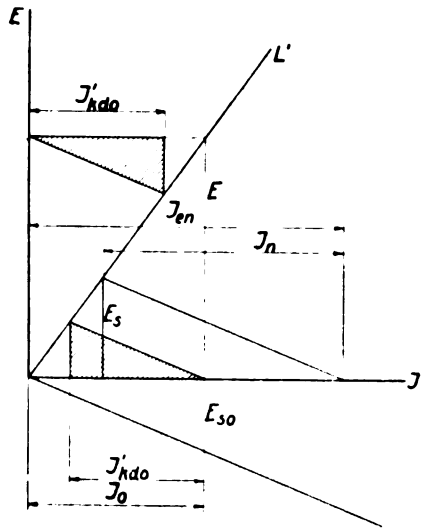


Abb. 1 *a*. Synchrone Reaktanz und Ladeleistungsfähigkeit. *L'* Luftspaltcharakteristik (Tangente an die Leerlaufcharakteristik). *E* Spannung je Phase. *J* Strom im Ständer. J_o Leerlaufstrom für Luftspaltcharakteristik. J'_{kdo} Dauerkurzschlußstrom für Erregung entsprechend J_o. J_n Normaler Vollaststrom. J_{en} Erregerstrom für Dauerkurzschlußstrom J_n. E_s Statorstreuspannung für Normalstrom J_n. E_{so} Statorstreuspannung für Leerlauferregung J_o.

erregungsgrenze gehen muß. Da der dann verbleibende restliche Erregerstrom sehr klein ist, muß die Erregerspanung praktisch bis auf Null herabgesetzt werden können. Das Ausschließen der Selbsterregung hat den großen Vorteil, daß die Netzladung bei beliebig verkleinerter Spannung möglich ist, wenn die Erregermaschine entsprechend feinstufig reguliert werden kann. Als normale Ladeleistung wird man bei großen Generatoren Werte von 50 bis 70 vH der Typenleistung bezeichnen können. Wenn die Ladeleistung größer ist, so sind besondere Vorkehrungen notwendig, um Selbsterregung auszuschließen. Es kommen in Betracht: Entsprechende Auslegung des Generators, das heißt großer Luftspalt oder kleiner Strombelag — beide Mittel verteuern die Maschine —, die Anordnung von Drosselspulen im Netz oder Netzladung mit mehreren Maschinen gleichzeitig. Man fährt mit zwei oder mehreren Generatoren hoch, schaltet sie bei stark verminderter Spannung parallel und erst nachher ans Netz. Die Erregung der Generatoren muß so stark vermindert sein, daß die Spannung des Netzes nach dem Einschalten noch unter der normalen bleibt. Ein sehr einfaches und wirksames Mittel ist eine leichte Absenkung der Frequenz. Die beiden Kurven, Leerlaufcharakteristik der Maschine und Widerstandscharakteristik der Netzkapazität, die an der Selbsterregungsgrenze die gleiche Tangente durch den Ursprung haben, rücken bei Frequenzabsenkung im erwünschten Sinne auseinander; die Leerlaufcharakteristik wird mehr nach unten, die Netzcharakteristik mehr nach oben geneigt.

Bei Generatoren, deren Ladeleistung in der Nähe der Selbsterregungsgrenze liegt, muß man den Erregerstrom von Null an sehr feinstufig regulieren können. Dafür eignen sich besonders fremderregte Haupterregermaschinen (z. B. Hilfserreger) und die Spaltpolmaschine.

Charakteristisch für die Ladeleistungsfähigkeit des Generators ist die synchrone Reaktanz in Prozenten oder ihr reziproker Wert. Nach Abb. 1a ist mit den dort erklärten Bezeichnungen:

$$\text{Synchrone Reaktanz } S = \frac{E + E_{so}}{J_o} = \frac{E}{J'_{kdo}} = \frac{\text{Spannung je Phase}}{\text{Dauerkurzschlußstrom für Leerlauferregung}},$$

$$\text{Belastungsimpedanz } B = \frac{E}{J_n} = \frac{\text{Spannung je Phase}}{\text{Normalstrom}},$$

die synchrone Reaktanz in Prozenten

$$P = \frac{S}{B} = \frac{I_n}{J'_{kdo}}$$

und das Verhältnis von Ladeleistung zu Nennleistung

$$\frac{1}{P} = \frac{J'_{kdo}}{J_n}.$$

Interessante Aufgaben sind in letzter Zeit durch den Bau von großen Speicherkraftwerken aufgetreten. Es ist bekannt, daß für das Speicherwerk Herdecke[2]) des R. W. E. 4 Generatoren zu je 42 000 kVA, 2 bei SSW und 2 bei der AEG, in Arbeit sind. Die Generatoren arbeiten mit maximal 45 000 kVA bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ und 12 000 V; als Motoren im Pumpbetrieb beträgt die abzugebende Leistung 30 000 kW, $\cos\varphi$ = nahezu 1, 10 000 V. Zunächst war die Frage zu klären, wie sich die Motoren plötzlichen Spannungsänderungen und allmählich verlaufenden Frequenzänderungen gegenüber verhalten. Über das statische Verhalten gibt Abb. 2 Aufschluß. Sie zeigt links die Überlastungsfähigkeit bis zum Erreichen der statischen Kippgrenze, abhängig von der Motorklemmenspannung, rechts den maximal zulässigen Frequenzanstieg in Per/s. Die Überlegenheit des schwach übererregten Betriebes tritt klar zu Tage, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß der voreilende Strom in den dem Motor vorgeschalteten Reaktanzen kompoundierend — spannungserhöhend wirkt. Schwieriger ist die Frage zu beantworten, wie lange ein Spannungs-

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546.

Digitized by Google

rückgang im Netz dauern darf, der im stationären Zustand ein Außertrittfallen herbeiführen würde. In großen Zügen wird folgendes geschehen: Wenn die Spannung im Netz abfällt, so liefert der jetzt übererregte Motor voreilenden Strom von solcher Größe, daß die Spannungserhöhung an den vorgeschaltenen Induktivitäten die Netzspannungsabsenkung ungefähr ausgleicht. Die entmagnetisierende Wirkung dieses zusätzlichen Blindstromes auf das Hauptfeld der Maschine wird durch einen Abwehrstrom in der Dämpferwicklung ausgeglichen,

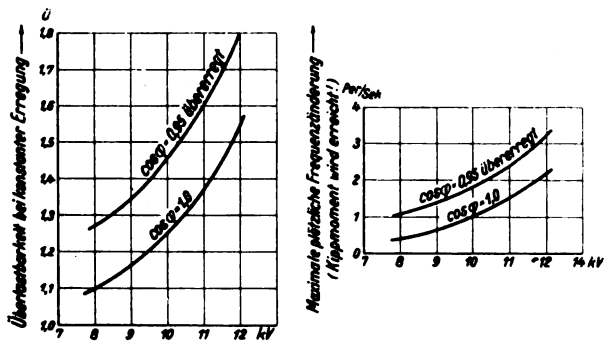


Abb. 2. Synchronmotor bei veränderlicher Spannung und Frequenz.

der auf die Erregerwicklung überwälzt wird und dort allmählich mit dem Hauptfeld abklingt, wobei nach einer bestimmten Zeit die Kippgrenze erreicht wird. Diese Zeit ist für den normalen Betrieb mit 10 000 V in Abb. 3 dargestellt. Da die Rotorwicklung nicht streuungsfrei mit der Statorwicklung verkettet ist, so tritt im ersten Moment ebenso unstetig, wie die Spannung sich ändert, ein Feldabfall ein, sodaß es einen maximalen

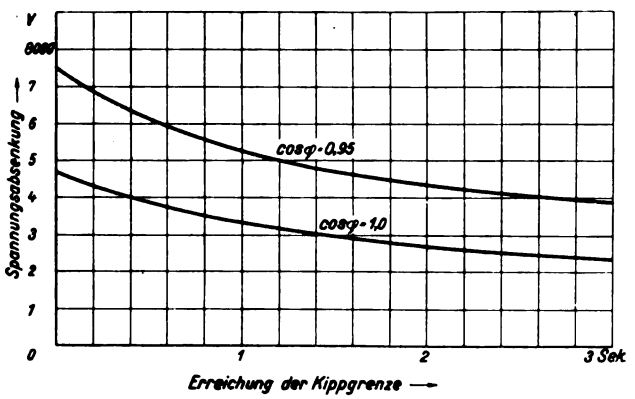


Abb. 3. Synchronmotor. Zeitdauer der Spannungsabsenkung.

Spannungsrückgang gibt, bei welchem die Kippgrenze sofort erreicht wird.

In gleicher Weise reagiert der Synchrongenerator auf einen plötzlichen Netzspannungsrückgang. Da die antreibende Turbine zunächst weiter ihr volles Drehmoment liefert, so würde sie bei Überschreitung des Kippmomentes den Generator außer Tritt werfen. In Abb. 3 ist angenommen, daß die Erregung konstant bleibt. Durch das Eingreifen des Schnellreglers wird die Spannung der Haupterregermaschine sofort nach dem ersten Spannungsstoß auf ihren höchsten Wert nachreguliert, sodaß eine weitere Absenkung der Klemmenspannung nur in der kurzen Zeit eintritt, die der Schnellregler braucht, um diesen Höchstwert einzustellen. Welche Mittel zur Verfügung stehen, um diese Zeit ausreichend klein zu halten, soll gleich besprochen werden. In unserem Falle (Thoma-Regler[3]), normale Haupt- und Hilfserregermaschine) beträgt diese Zeit etwa 1·5 sec. Damit verliert der Teil der Abb. 3, der rechts von 1·5 sec liegt, seine Bedeutung. Man wird demnach Spannungsabsenkungen im Netz durch längere Zeit hindurch als zulässig betrachten können, die sich aus Abb. 3 für größere Werte der Zeit als 1·5 sec ergeben.

Ähnlich verhält sich bei Spannungsrückgang der synchrone Phasenschieber, der ja schließlich nichts anderes vorstellt als einen mechanisch sehr schwach belasteten, stark übererregten Synchronmotor. Wenn die Netzspannung abfällt, so liefert er einen größeren Blindstrom ins Netz und hilft dadurch die Spannung wieder aufbauen. Diese Eigenschaft ist für die Stabilität der Kraftübertragung außerordentlich wertvoll. Der asynchrone Phasenschieber mit vom Netz erregter Erregermaschine hat diese Eigenschaft bekanntlich nicht. Er verhält sich wie ein statischer Kondensator, dessen Stromaufnahme der Netzspannung proportional ist. Man kann ihm diese Eigenschaft jedoch geben, wenn man die Erregung der Erregermaschine nicht direkt vom Netz, sondern über einen Umformer entnimmt. Der für etwa 50 vH Ladeleistung normal ausgelegte synchrone Phasenschieber ist bis zu Frequenzanstiegen von etwa 5 Per/s stabil, der unerregt als Drosselspule laufende Phasenschieber bis zu Frequenzanstiegen von etwa 1 Per/s. Diese Verhältnisse werden in der Regel als durchaus entsprechend zu bezeichnen sein. Besonders schützen muß man den Phasenschieber nur dann, wenn damit zu rechnen ist, daß die Netzspannung für kurze Zeit ganz wegbleibt. In diesem Falle würde nach Wiederkehr der Spannung der vollerregte und nicht synchron laufende Phasenschieber nicht mehr in Tritt kommen. Der Schutz, den man vorzusehen hat, besteht darin, daß bei ausbleibender Spannung oder bei Erreichung eines bestimmten Mindestwertes die Erregung durch Einschalten eines Widerstandes stark geschwächt und zwischen Phasenschieber und Netz eine Drosselspule geschaltet wird. Sobald die Spannung wiederkehrt, fällt der schwach erregte Phasenschieber in richtiger Pollage in Tritt. Hierauf werden Feldschwächungswiderstand und Drosselspule kurzgeschlossen. Alles dies vollzieht sich automatisch und in wenigen Sekunden. Ähnliche Aufgaben traten in jüngster Zeit bei Einankerumformern auf[4]). Nur waren dort die Schwierigkeiten noch größer, da beim Ausbleiben der Drehstromspannung die Gleichstromlast sofort abgeschaltet und nach dem Intrittfallen, das in der gleichen Weise, wie für den Phasenschieber geschildert, erfolgt, über allmählich kurzzuschließende Widerstände angeschaltet wer-

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 410; 1928, H. 1, S. 16.
[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 623.

Digitized by Google

den mußte. Die Versuche ergaben, daß die im Störungsfalle vorzunehmenden Schaltoperationen durch die Relais in zuverlässiger und entsprechend rascher Weise ausgeführt wurden. Es konnten Störungen bewältigt werden, bei welchen die Drehstromspannung bis zu 10 Sekunden ausblieb. Die Störungszeit auf der Gleichstromseite betrug dabei maximal 22 Sekunden.

Es entsteht die weitere Frage, was geschieht, wenn die Synchronmaschine einen plötzlichen Belastungsstoß aufzunehmen hat. Die Darstellung des Spannungsverlaufes nach dem Belastungsstoß läßt ein Urteil über die Wirksamkeit der Spannungsregelung zu. Dabei wollen wir uns auf zwei sehr einfache Fälle beschränken: Es werde die volle Last zu- oder abgeschaltet. Im ersten Falle sei der Generator leerlaufend mit seiner normalen Spannung erregt und werde plötzlich mit einer Drosselspule belastet, die bei voller Spannung die Vollaststromstärke des Generators, also seine volle Leistung, aufnimmt. Dieser Fall wird in voller Schärfe wohl kaum zutreffen, er ermöglicht jedoch in einfacher Weise einen Vergleich der verschiedenen Regulierarten. Experimentell läßt sich dieser Fall dadurch nachahmen, daß man den Generator bei normaler Spannung mit seinem vollen Strom untererregt und die Last mit einem Ölschalter abschaltet. Der Abfall und Wiederaufbau der Spannung vollzieht sich in gleicher Weise wie bei dem Zuschalten der Drosselspule. Der leerlaufende Generator hat in der Rotorwicklung eine bestimmte Verkettungszahl, die vom Luftspaltkraftfluß und vom Polstreufeld herrührt. Durch das Einschalten der Drosselspule fließt sofort ein entmagnetisierender Blindstrom, der in der Rotorwicklung einen zusätzlichen Magnetisierungsstrom hervorruft. Die Rotorwicklung wird im ersten Moment ihre Leerlaufverkettungszahl aufrechterhalten. Da der Rotorstrom und damit das Rotorstreufeld anwachsen, wird die Klemmenspannung schon im

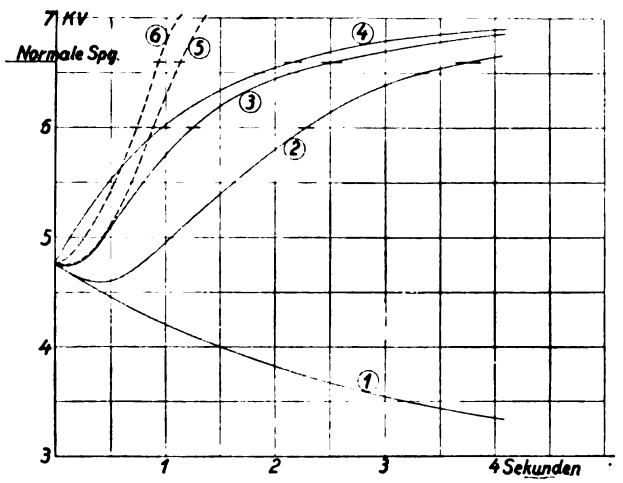


Abb. 4. Drehstromgenerator 33 000 kVA, 125 U/min, 250 V Erregung. Leerlaufender Generator. Spannungsverlauf nach induktivem Vollaststoß.

Kurve 1 ohne Nachregulierung. Kurve 2 Tirrillregler, Erregerspannungshöchstwert 300 V, Zeitkonstante der Erregermaschine 1 sec. Kurve 3 Tirrillregler, Erregerspannungshöchstwert 300 V, Zeitkonstante der Erregermaschine 0·2 sec. Kurve 4 Tirrillregler, Erregerspannungshöchstwert 300 V, Zeitkonstante der Erregermaschine 0 sec. Kurve 5 Tirrillregler, Erregerspannungshöchstwert 750 V, Zeitkonstante der Erregermaschine 1 sec. Kurve 6 Tirrillregler, Erregerspannungshöchstwert 1000 V, Zeitkonstante der Erregermaschine 1 sec.

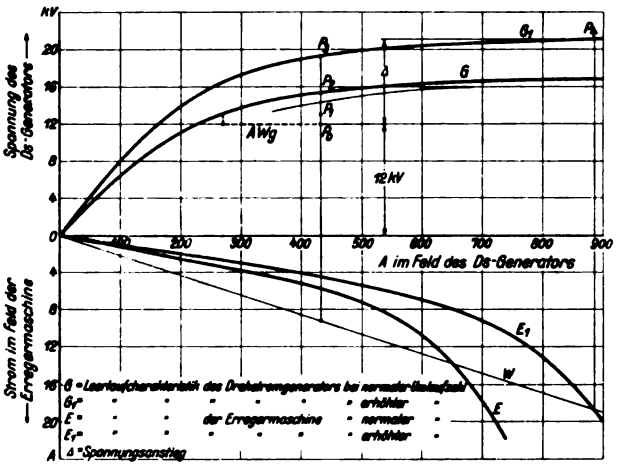


Abb. 5. Drehstromgeneratoren, Spannungserhöhung bei plötzlicher Entlastung

ersten Moment plötzlich abfallen. Zu dem Abfall kommt noch der Verbrauch an Spannung in der Statorstreuinduktivität. Abb. 4 gilt für einen Generator 125 U/min, 33 000 kVA, 6600 V, 50 Per/sec, Erregerspannung 250 V, Erregung mit Haupt- und Hilfserreger, bei welchem aus verschiedenen Gründen die Polstreuung verhältnismäßig groß ist. Die Klemmenspannung wird bei dem erwähnten Laststoß sofort von 6 600 auf 4750 V abfallen. Der zu erwartende Verlauf der Klemmenspannung ist in Abb. 4 dargestellt. Der Einfluß der Dämpferwicklung und das magnetische AW-Gefälle im Pol sind vernachlässigt. Kurve 1 gilt für den Fall, daß die Erregung des Generators überhaupt nicht nachreguliert wird. Die Spannung würde bis gegen 2950 V abfallen. Kurve 2 gilt für den Betrieb mit

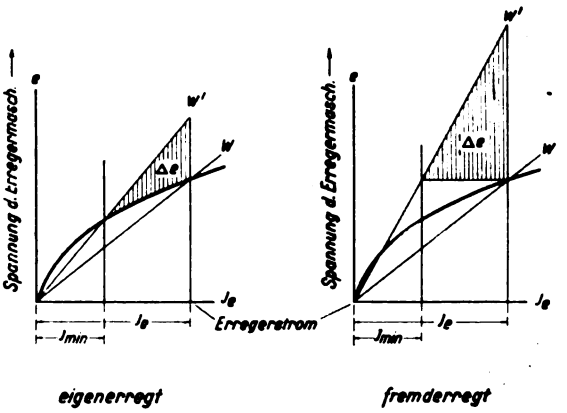


Abb. 6. Drehstromgenerator. Feldabfall der Erregermaschine durch Tirrillregler nach Entlastung.

normalem Tirrillregler, welcher sofort nach dem Laststoß anspricht und die Spannung der Haupterregermaschine auf den Höchstwert von 300 V heben will. Dabei ist allerdings die magnetische Trägheit der Haupterregermaschine (Zeitkonstante etwa 1 sec) zu überwinden. Es dauert etwa 2 bis

Digitized by Google

3 sec bis 90 vH der vollen Generatorspannung (6000 V) erreicht werden. Kurve 3 gilt für den Fall, daß die Zeitkonstante der Haupterregermaschine auf $^1/_5$ sec gedrückt wird. Die magnetische Trägheit kann, wie bekannt, auf verschiedene Weise günstig beeinflußt werden. Die Spannung von 6000 V wird jetzt schon nach 1 bis 2 sec erreicht. Kurve 4 gilt für den Fall, daß die Spannung von 300 V in voller Höhe augenblicklich dem Induktorfeld dargeboten werden könnte; Zeitkonstante der Haupterregermaschine 0. Dieser Fall wäre durch eine große Batterie oder eine zweite Erregermaschine zu verwirklichen. Man sieht jedoch, daß der Gewinn gegenüber Kurve 3 nur unwesentlich ist. Die Kurven 5 und 6 gelten endlich für sogenannte Überregung „Super excitation". Nebst dem vom Tirrillregler gesteuerten Widerstand liegt im Feldkreis der Haupterregermaschine noch ein zweiter Widerstand, der nur kurzgeschlossen wird, wenn die Spannung unter ein gewisses Maß sinkt. Dadurch will die Spannung der Haupterregermaschine auf 750, bzw. 1000 V ansteigen. Das erfordert selbstredend eine wesentlich größere Haupterregermaschine. Ihre Zeitkonstante ist wieder mit 1 sec angenommen. Man sieht, daß die Spannung von 6 kV schon nach 0·7, bzw. 0·85 sec erreicht wird und daß der weitere Spannungsanstieg über die volle Spannung hinaus sehr energisch vor sich geht, was durch den großen Spannungsüberschuß an der Induktorwicklung erklärlich ist. Auch hier ist Verlauf 6 gegenüber 5 nicht von besonderem Vorteil. Diese Methode ist kostspieliger, da außer der viel größeren Haupt- und Hilfserregermaschine der Regler dafür besonders eingerichtet werden muß. Sie hat die Eigenschaft, daß sie im Falle eines Kurzschlusses noch weit mehr als der normale Tirrillregler die Netzspannung und damit allerdings auch die Kurzschlußleistung in die Höhe drückt. Wenn die Netzleistung weit entfernt von der Kippgrenze der Kraftübertragung ist, wird die komplizierte und kostspielige Einrichtung der Übererregung entbehrt werden können. In diesen Fällen kann man, wenn dies verlangt wird, eine größere Elastizität der Maschine, einen rascheren Feldaufbau auf einfache Art, wie für Kurve 3 beschrieben, erreichen.

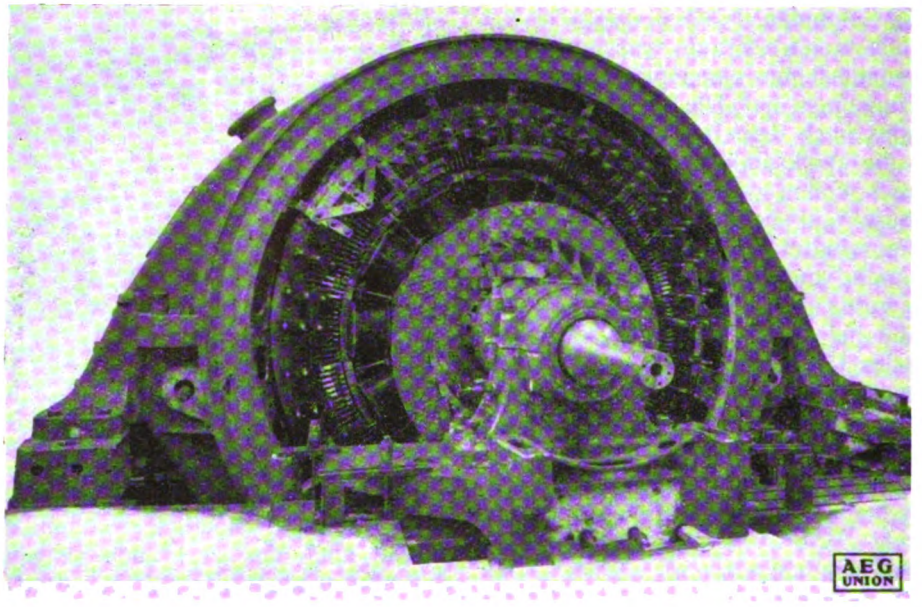


Abb. 7. Drehstromgenerator (für das Achensee-Kraftwerk der Tiroler Wasserkraftwerke A. G.) 25 000 kVA, 500 U/min. 5500 V, 50 Per/s, AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien. Spulenkopfabstützung im Stator teilweise montiert.

Bei dem Fall der vollständigen plötzlichen Entlastung interessiert uns die zustandekommende Spannungserhöhung[5]). Dieser Punkt verdient besondere Beachtung, weil die europäische Praxis bei vollständige Entlastung nur eine Tourenerhöhung der Wasserturbine von maximal 25 vH zuläßt, wogegen man in Amerika unbedenklich bis zu 30

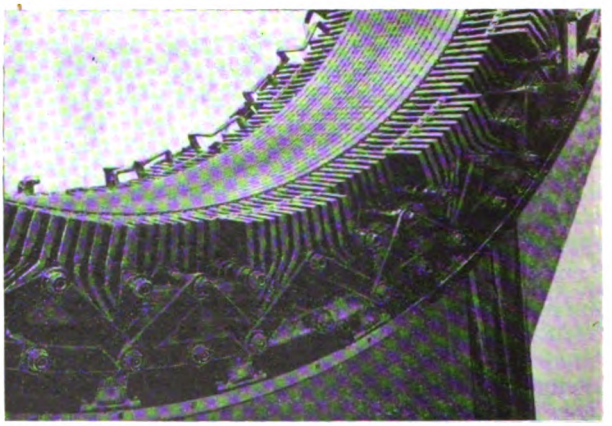


Abb. 7 *a*. Statorwicklung eines Drehstromgenerators (Nore), 29 000 kVA, 300 U/min, 12 000 V, 50 Per/s.

[5]) Siehe auch Rüdenberg: „Die Spannungsregelung großer Drehstromgeneratoren nach plötzlicher Entlastung", Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, IV/2, S. 61.

Digitized by Google

bis 32 vH geht. Dadurch wird das uns vorgeschriebene Schwungmoment viel größer. Man darf nicht vergessen, daß es auch andere, sehr oft billigere

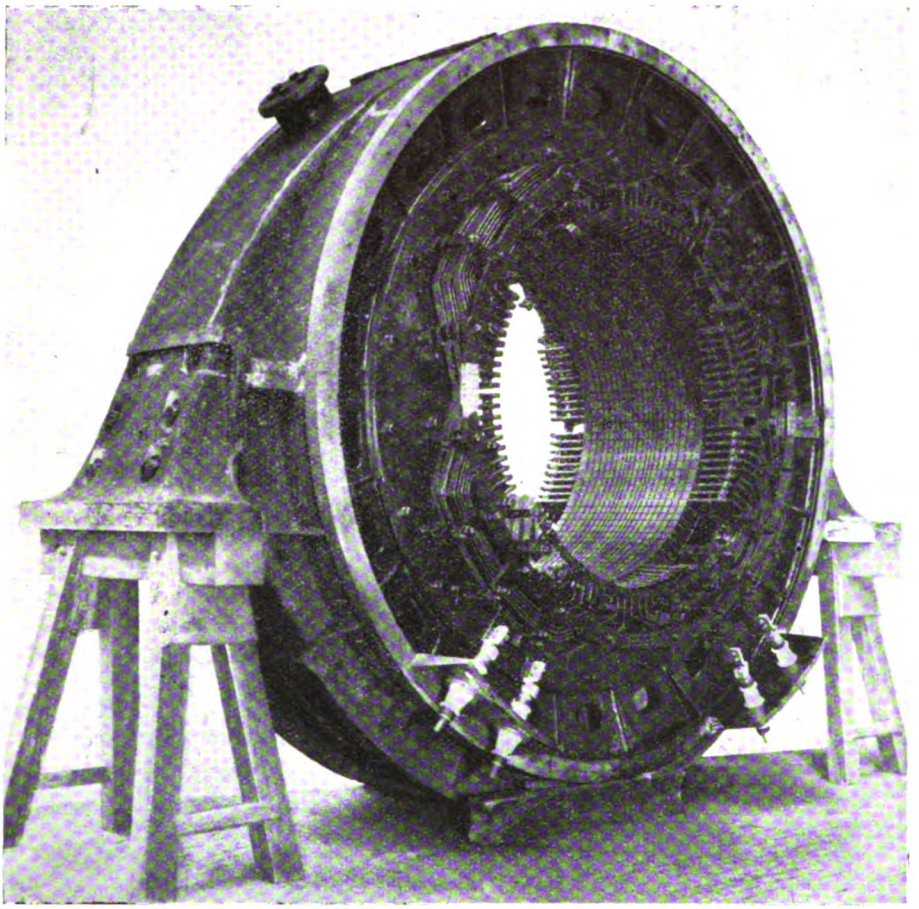


Abb. 8. Ständer des Einphasengenerators (Achenseekraftwerk). 5000 kVA, 500 U/min, 5500 V, $16^2/_3$ Per/s. AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien.

Mittel gibt, die Spannungserhöhung in zulässigen Grenzen zu halten; fremder Antrieb der Erregermaschine, die demnach die Tourenerhöhung der

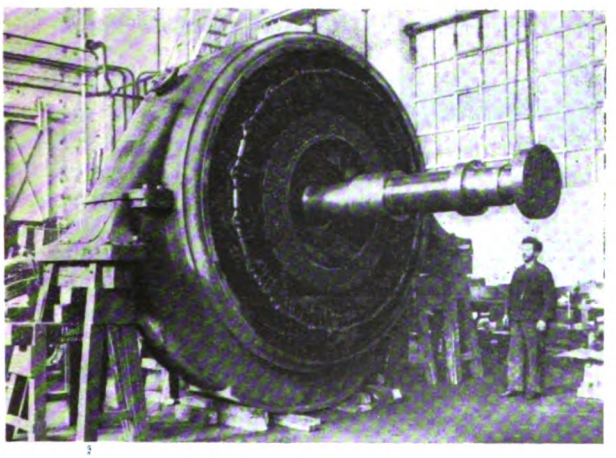


Abb. 9. Drehstromgenerator des Gampadelz-Kraftwerkes der Vorarlberger Landes-Elektrizitäts-A. G. 4230 kVA, 500 U/min, 6250 V, 50 Per/s. AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien.

Turbine nicht mitmacht, Schnellregulierung oder rechtzeitig zur Wirkung kommende Feldschwächung im Feldkreis der Erregermaschine. Der Mechanismus, mit dem die Spannungserhöhung sich aufbaut, ist in Abb. 5 dargestellt. G ist die Leerlaufcharakteristik des Generators, P_0 der Belastungspunkt, E ist die Leerlaufcharakteristik der Erregermaschine, W die Widerstandscharakteristik ihres Feldkreises. Wir denken zunächst an eine

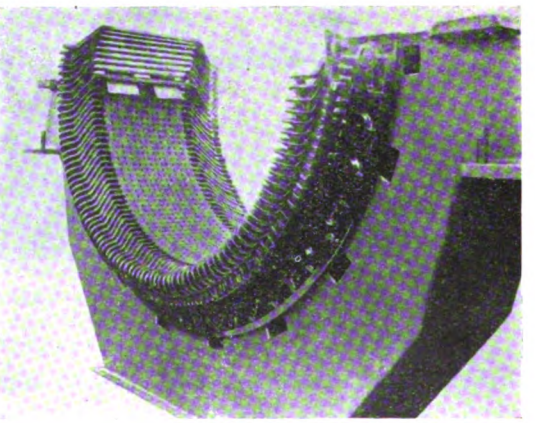


Abb. 10. Drehstromsynchronmotor. 4000 kVA, 333 U/min, 10 000 V, 50 Per/s. Untere Gehäusehälfte.

gewöhnliche Nebenschlußmaschine. Durch das Abschalten der Last verschwindet momentan der Spannungsabfall im Generator selbst, die Spannung

Digitized by Google

steigt sofort auf den Wert P_1, das dazu erforderliche Feld war im Generator ja schon vorhanden. Eine eventuell vorhandene Schnellregelung hat demnach sofort Gelegenheit einzugreifen. Wir nehmen an, daß dies nicht der Fall wäre. Die Ankerrückwirkung AW_g springt auf die Dämpferwicklung über und wird von dort allmählich auf die Erregerwicklung überwälzt und klingt nach einigen Sekunden ab. Im gleichen Tempo steigt die Spannung auf P_3 an. Inzwischen hat sich durch den Tourenanstieg der Turbine die Leerlaufcharakteristik E nach E_1 und die Leerlaufcharakteristik G nach G_1 verschoben. Bei unveränderter Widerstandscharakteristik W käme somit beinahe die Generatorspannung P_4 zustande, die etwa 170, in ungünstigen Fällen (schlechter cos φ) bis 200 vH der normalen Spannung betragen kann. Hängt die leerlaufende lange Leitung noch an den Generatorklemmen, was der Fall ist, wenn der Ölschalter auf der anderen Seite ausgelöst hat, so kommt die Spannungserhöhung durch den Ladestrom noch hinzu. Die erste Abwehrmaßnahme ist unabhängiger Antrieb der Erregermaschine, wodurch die Spannungserhöhung auf 130 bis 150 vH zurückgeht, eine zweite: Schnellregelung oder Feldschwächung, wodurch die Lage von W geändert wird. Sehr günstig für die Wirkung des Schnellreglers ist die Fremderregung der Erregermaschine, zum Beispiel durch Hilfserregermaschine. In Abb. 6 wurde der Erregerstrom der eigenerregten Maschine von i_e auf i_{min} verringert, die entstehenden Spannungsfehlbeträge Δ_e im Erregerkreis, die das Tempo des Feldabfalles bestimmen, sind schraffiert angedeutet. Dieselbe Verkleinerung des Erregerstromes für die fremderregte Maschine zeigt Abb. 6. Die Spannungsfehlbeträge sind wesentlich größer, der Feldabfall geht viel energischer vor sich.

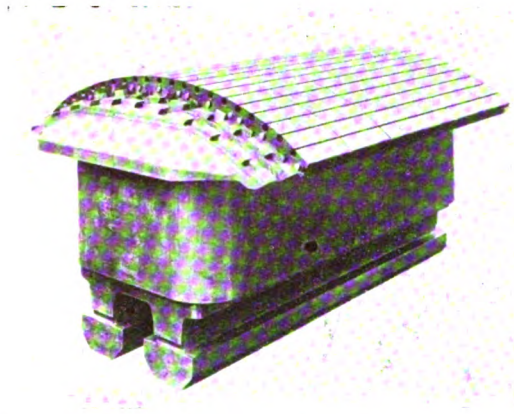


Abb. 11. Einphasengenerator, 5000 kVA, 500 U/min, 5500 V, $16^2/_3$ Per/s (Achenseekraftwerk). Pol vor Einbau der Dämpferwicklung. AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien.

Wir kommen damit zu einer weiteren sehr empfindlichen Störung, zum Kurzschluß der Synchronmaschine. Es ist bekannt, daß dabei sehr große Kräfte auf die Statorspulenköpfe und auf den Dämpferkäfig auftreten. Abb. 7, 7 a, 8 und 9 zeigen, wie man ihnen durch die Spulenkopfabstützung begegnet. In Abb. 9 ist die Abstützung als richtige Spannverbindung ausgeführt. Bei der Zweischichtwicklung, nach Abb. 10, umgibt ein geschlossener Stahlring die Spulenköpfe, der im Kurzschluß gleichmäßig nach allen Seiten wie ein Dampfkessel auf Explosion beansprucht wird. Abb. 11 zeigt den Polkörper des Einphasengenerators für das Achensee-Kraftwerk, die außenliegenden Randstäbe der Dämpferwicklung sind schwalbenschwanzartig in den Polschuh eingelassen. Abb. 12 zeigt den fertigen Rotor, Abb. 13 den Rotor mit Dämpferwicklung eines großen Drehstromgenerators. Von besonderer Wichtigkeit für den einphasigen Kurzschluß ist die Ausbildung einer starken Querfelddämpfung.

Bei der Drehstrommaschine kommt als Beurteilungsmaßstab für die Stärke der Dämpferwicklung in Betracht: 1. Man verlangt eine bestimmte einphasige Dauerlast an der Maschine. Man kommt zu vernünftigen Verhältnissen, wenn man die Dauerlast etwa mit $^1/_4$ der Drehstrom-Vollast bemißt. 2. Man schließt den Stator einphasig (zwischen zwei Klemmen) kurz und oszillographiert den Erregerstrom zur Feststellung der über den Gleichstrom gelagerten zweiten Harmonischen. 3. Man oszillographiert bei demselben Versuch die Spannung zwischen zwei nicht kurz geschlossenen Klemmen und bestimmt die darin enthaltene dritte Harmonische. 4. Eine sehr beachtenswerte Methode wurde von Tolwinsky und Efremov auf der vierten Internationalen Hochspannungskonfe-

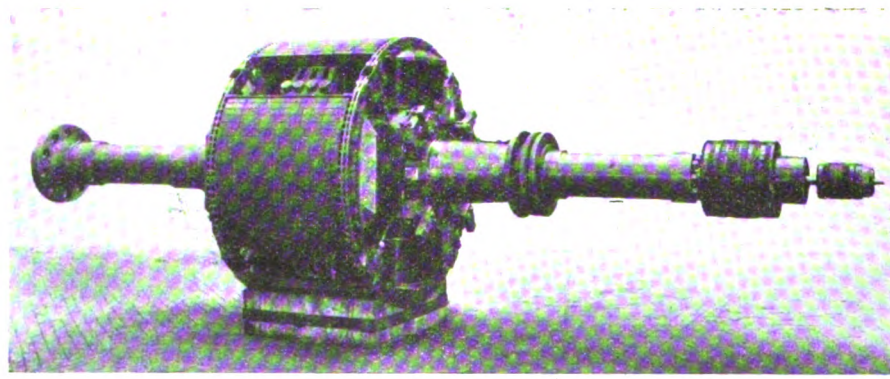


Abb. 12. Läufer eines Einphasengenerators (Achenseekraftwerk) 5000 kVA, 500 U/min, 5500 V, $16^2/_3$ Per/s. AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien.

Digitized by Google

renz in Paris mitgeteilt[6]). Man mißt im 1-, 2- und 3-phasigen Kurzschluß die Erregerströme J_1, J_2, J_3, für den Normalstrom im Stator und erhält bei Durchmesserwicklung für das Verhältnis der gegenläufigen nichtkompensierten zur rechtläufigen Welle der Statordurchflutung den Ausdruck

$$\frac{-3J_1+2\sqrt{3}J_2-J_3}{-3J_1+\sqrt{3}J_2+J_3}.$$

Bei einer gut ausgebildeten Dämpferwicklung wird dieses Verhältnis sehr klein, etwa 2 bis 3 vH.

Die starke Dämpferwickung ist wertvoll zur Unterdrückung der im einphasigen Kurzschluß an der offenen Phase entstehenden Überspannungen. Die Gefahr solcher Überspannungen ist dann besonders groß, wenn die gesunde Phase, bzw. der an sie angeschlossene Kreis in Resonanz ist mit einer der induzierten Harmonischen. Der Einfluß der Wicklungswiderstände auf die Dämpfung wurde vernachläßigt[7]). Es sind drei Fälle von Resonanz möglich:

a) die angeschlossene Leitung bildet den Resonanzkreis für sich allein, ohne Einbeziehung der Generator-Induktivität,

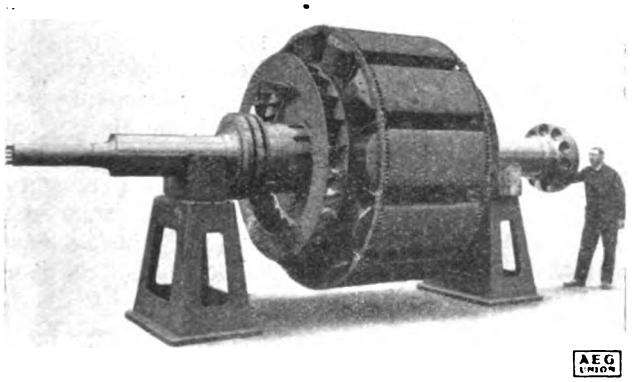


Abb. 13. Drehstromgenerator (Achensee-Kraftwerk) 25 000 kVA, 500 U/min, 5500 V, 50 Per/s, AEG-Union Elektr.-Ges. in Wien. Läufer mit Dämpferwicklung.

b) mit Einbeziehung der Generator-Gesamtinduktivität,

c) eine Kombination von *a*) und *b*).

Am interessantesten und gefährlichsten zugleich ist die Resonanz mit der ersten Gesamtinduktivität: der Generator ist bei der Grundfrequenz gerade an der Grenze der Selbsterregung. Abb. 14 zeigt die Spannung an der offenen Phase, ohne und mit Querfelddämpfung, abhängig vom totalen Streuungs-Koeffizienten τ, und zwar im Dauer-Kurzschluß und im plötzlichen Kurzschluß, ausgedrückt als Vielfaches der Leerlaufspannung. Der in Betracht kommende Bereich von $\tau = 19$ bis $\tau = 51$ vH ist besonders kenntlich gemacht. In beiden Abbildungen ist außerdem strichpunktiert die Spannung für vollkommen offene Phase ohne Querfelddämpfung eingetragen. Es ergibt sich, daß ohne Querfelddämpfung auch im Dauerkurzschluß sehr große Überspannungen bei Resonanz mit der ersten Gesamt-Induktivität entstehen. Dabei ist noch zu beachten, daß außerdem ein sehr großer Strom von Resonanz-Frequenz (in diesem Falle Grundfrequenz) in die nicht kurzgeschlossene Phase hinausfließt. Im plötzlichen Kurzschluß ohne Querfelddämpfung werden die für vollkommen offene Phase geltenden Spannungen von 9·55—4·55—2·93 × Leerlaufspannung für $\tau = 19$—36—51 vH um 20—50—98 vH überschritten. Mit Querfelddämpfung überschreitet die Spannung an der offenen Phase nicht mehr das Zweifache der Leerlaufspannung.

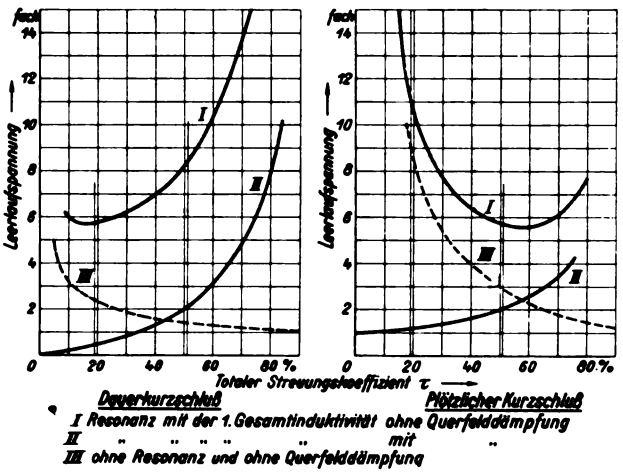


Abb. 14. Drehstromgenerator. Einphasiger Kurzschluß, Spannung an der offenen Phase.

Aufschlußreich ist vielleicht noch Abb. 15. Sie zeigt links den Höchstwert der Klemmenspannung an der offenen Phase im plötzlichen Kurzschluß ohne jeden Resonanzkreis, und zwar Kurve I ohne Querfelddämpfung, Kurve II mit Querfelddämpfung und Kurve III ohne Gegenfelddämpfung. Der letzte Fall wurde so verwirklicht gedacht, daß in den Rotor ein sehr großer Widerstand und an die Schleifringe eine sehr hohe Spannung gelegt wurde. Die gleichen Kurven für Resonanz mit der ersten Gesamtinduktivität zeigt Abb. 15 rechts. Das Fehlen der Gegenfelddämpfung ist also lange nicht so gefährlich wie das Fehlen der Querfeld-

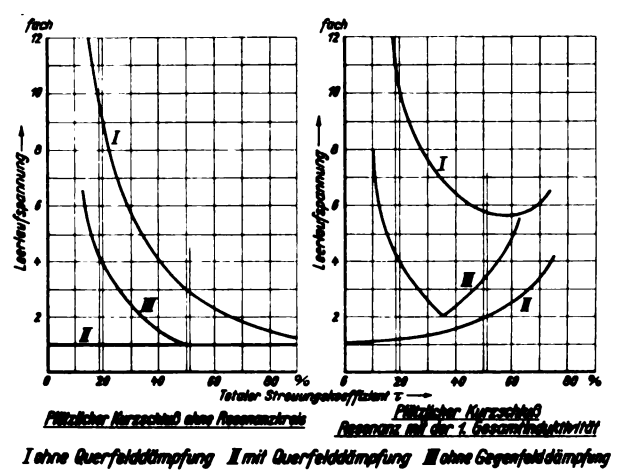


Abb. 15. Drehstromgenerator. Einphasiger Kurzschluß, Spannung an der offenen Phase.

[6]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 307.

[7]) Siehe Archiv f. Elektrotechnik, Bd. 19, Heft 4, „Der einphasige Kurzschluß des Drehstromgenerators mit Resonanzkreis an der offenen Phase".

Digitized by Google

dämpfung. Man hat die Dämpferwicklung in erster Linie für kräftige Querwirkung zu bauen; auf starke Verbindungen im Polzwischenraum kommt es an.

Eine ziemliche Klärung ist in der Frage der Schutzeinrichtungen großer Generatoren eingetreten. Der Generatorsternpunkt darf nur unter gewissen Bedingungen direkt geerdet werden. Bei Generatoren, die auf ein gemeinsames Sammelschienensystem arbeiten, kann man bei $^1/_3$ Schrittverkürzung der Ständerwicklung alle Sternpunkte erden, da Ausgleichströme der 3-, 9-, usw.-fachen Frequenz nicht entstehen können. Abb. 16a zeigt zwei parallelgeschaltete Generatoren mit nur einem geerdeten Sternpunkt, Abb. 16b mit zwei geerdeten Sternpunkten, wie für $^2/_3$ Schrittverkürzung ausführbar. Die Einschaltung

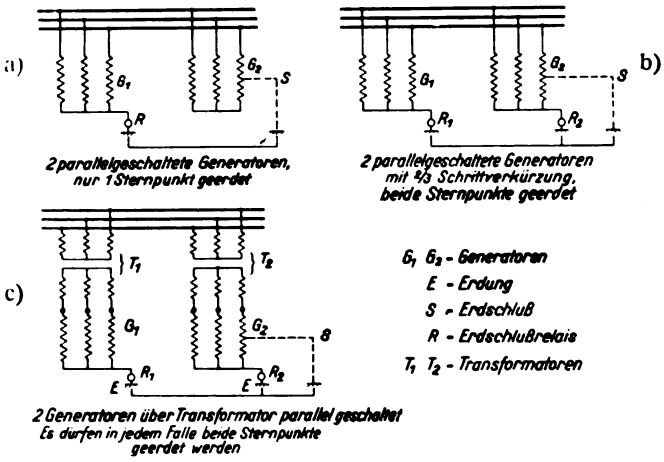


Abb. 16. Nullpunktserdung von Drehstromgeneratoren.

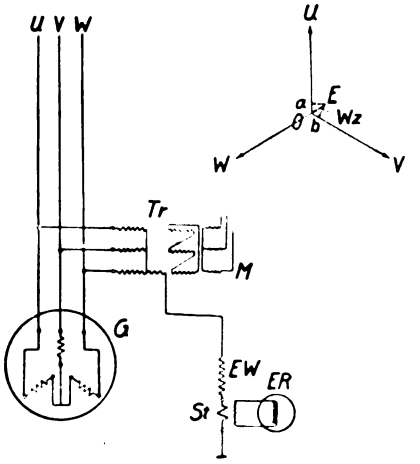


Abb. 17. Hochempfindliche Erdschlußschutzeinrichtung für Drehstromerzeuger. Widerstandserdung über künstlichen Nullpunkt.

G Generator. *Tr* Spezialtransformator mit verlängerten Phase. *M* Meßwicklung. *EW* Erdungswiderstand. *ER* Erdschlußstromrelais. *St* Stromwandler.

eines den Eisenschluß der Ständerwicklung anzeigenden Relais (*R*), sowie ein solcher Schluß (*S*) und der zur Ausbildung kommende Strom sind angedeutet. Wenn nach Abb. 16c jeder Generator für sich auf einen Transformator arbeitet, können in jedem Falle alle Sternpunkte geerdet werden.

Die direkte Sternpunktserdung wird manchmal vom Kunden verlangt, um den Schutz der Maschine gegen inneren Erdschluß wirksamer zu gestalten. Es ist klar, daß ein Eisenschluß in der Nähe des Sternpunktes das Erdschlußrelais nicht sicher zum Ansprechen bringt, wenn zwischen Sternpunkt und Erde ein großer Widerstand liegt.

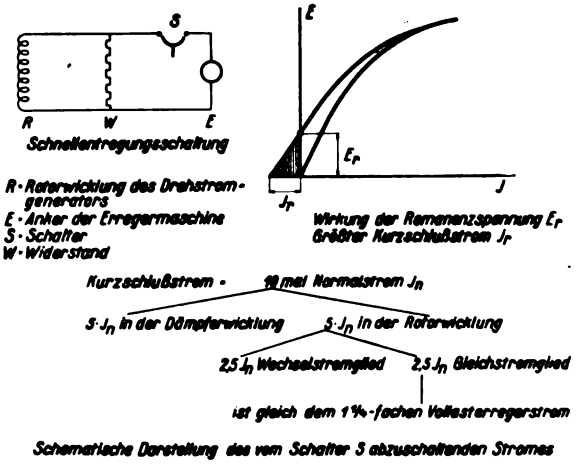


Abb. 18. Drehstromgenerator. Schnellentregung.

Man kann in diesem Falle nach einem Vorschlag von Dr. Pohl den Erdschlußschutz dadurch wirksam gestalten, daß man zwischen Sternpunkt und Erde eine Zusatzspannung schaltet, die am zweckmäßigsten die Richtung einer Phasenspannung hat. Abb. 17 zeigt Schaltbild und Spannungsdiagramm. Man hat es dadurch in der Hand, die Höhe der im ungünstigsten Fall auftretenden kleinsten Ausgleichsspannung entsprechend hoch zu halten, ohne daß man den Generator bei einpoligem Erdschluß einem plötzlichen Kurzschluß aussetzt.

In der Frage der Schnellentregung haben wir uns nach dem Vorbild Amerikas entschlossen, den einfachsten Weg zu gehen. Der Rotor *R* wird nach Abb. 18 im Gefahrenfall vom Erregeranker *E* mit dem Schalter *S* abgetrennt und unterbrechungsfrei auf den Abklingwiderstand *W* geschaltet. *W* kann mindestens gleich dem zehnfachen Induktorwiderstand werden und kann deshalb in der Regel dauernd zu *R* parallel geschaltet bleiben, wie dies auch in Abb. 18 dargestellt ist. Zur Beurteilung der Zulässigkeit und Zweckmäßigkeit der vorgeschlagenen Einrichtung haben wir zwei Fälle zu betrachten: Erstens, es tritt ein Erdschluß ein, durch den die Maschine vom Netz abgeschaltet und schnell entregt werden soll, um zu verhindern, daß der Erdschlußstrom sich zu einem Kurzschlußlichtbogen auswächst. Es muß die mit mehr als vollem Feld leerlaufende Maschine aberregt werden, wobei die volle magnetische Trägheit des Hauptfeldes zur Wirkung kommt. Wesentlich geringer ist die magnetische Trägheit im Falle 2, wenn ein bereits eingetretener Kurzschluß abgeschaltet werden soll, da die magnetische Energie dann nur im Streufeld aufgespeichert ist. Im Falle 1 bewirkt der Entladewiderstand *W* ein rascheres Abklingen des Stromes in der Rotorwicklung; ein Teil des Erregerstromes springt auf die Dämpfer-

Digitized by Google

wicklung und auf sonst vorhandene Kurzschlußkreise über. Durch das Abtrennen der Erregermaschine bleibt nach dem Abklingvorgang nur die eigene Remanenz des Drehstromgenerators als Spannung übrig, die in keinem Fall schädlich wirken kann[8]). Das ist zunächst nicht selbstverständlich, da die Remanenzspannung bei einem 12 000 V-Generator leicht 100 bis 200 V beträgt, eine Spannung, die ausreicht, einen schon bestehenden Lichtbogen aufrecht zu erhalten. Es ist jedoch zu bedenken, daß schon der sehr kleine Kurzschlußstrom J_r nach Abb. 18, in welcher die Leerlaufcharakteristik dargestellt ist, genügt, um die Remanenzspannung E_r vollständig auszublasen. Man überzeugt sich von dieser Sachlage leicht durch Kurzschließen eines nur durch seine Remanenz erregten Generators. Es ist demnach ohne weiteres zulässig, sich mit dem Erreichen der Remanenzspannung am Ende des Abklingvorganges zu begnügen, die elektrische Energie, welche die so erregte Maschine abgeben kann, ist verschwindend klein. Im zweiten Fall, in welchem der Kurzschluß abgeschaltet wird, besteht die Gefahr, daß der Schalter S den großen Kurzschlußstrom unterbricht und damit eine sehr hohe Spannung an den Induktorschleifringen hervorruft. Auch diese Gefahr ist nicht vorhanden. Wir wissen, daß der Generator eine starke Dämpferwicklung erhält. Die Auswertung der im plötzlichen Kurzschluß aufgenommenen Oszillogramme zeigt, daß der Höchstwert des Stromes, bezogen auf seine magnetisierende Wirkung in der Rotorwicklung, etwa nur halb so groß ist wie in der Statorwicklung. Die andere Hälfte fließt offenbar in der Dämpferwicklung.

In Abb. 18 ist schematisch dargestellt, welche Spannung an den Schleifringen des Rotors entstehen kann, wenn der plötzliche Kurzschlußstrom abgeschaltet wird. Es ist dabei angenommen, daß der Höchstwert des plötzlichen Kurzschlußstromes gleich dem zehnfachen Normalstrom-Höchstwert ist. Derselbe Strom fließt als Abwehrstrom im Rotor, und zwar etwa der fünffache Normalstrom in der Induktorwicklung und der fünffache in der Dämpferwicklung. Der Strom in der Rotorwicklung besteht aus zwei Hälften, dem Wechselstrom- und dem Gleichstromglied. Das Wechselstromglied entsteht durch den im Stator fließenden Gleichstrom, der bekanntlich außerordentlich stark gedämpft ist und nach wenigen Perioden abklingt. Der Schalter S wird zweckmäßig wie ein Gleichstromschalter ausgebildet, der einen Lichtbogen zieht, und demnach sicher erst unterbricht, wenn das Wechselstromglied im Erregerstrom abgeklungen ist. Es bleibt demnach zur Unterbrechung der zweieinhalbfache Normalstrom, dessen Größe etwa dem eineinviertelfachen Vollasterregerstrom entspricht. Bei zehnfachem Feldvorschaltwiderstand ist demnach an den Schleifringen kaum das zehnfache der normalen Erregerspannung, also bei 220 V weniger als 2200 V, zu erwarten, eine Spannung, die als ungefährlich zu bezeichnen ist. Die etwas verzögerte Unterbrechung des Erregerstromes durch den Schalter S kommt auch dem Schaltvorgang im Fall 1 zugute, indem die dort entstehende Spannungsspitze durch das Abreißen des Erregerstrom-Streufeldes gemildert wird. Wir haben außerdem Schaltungen durchgebildet und angewendet, bei welchen gleichzeitig mit dem Einschalten des Entladewiderstandes W die Haupterregermaschine mit einer konstanten Spannung gegenerregt wird. Dazu ist die auch sonst erwünschte Fremderregung der Haupterregermaschine — am einfachsten mit Hilfserregermaschine — erforderlich. Die erzeugte Gegenspannung beschleunigt das Tempo des Feld-, bzw. Stromabfalles.

[8]) Siehe auch Dr. Pohl: „Grundsätze der Schnellentregung großer Generatoren", ETZ 1927, S. 1717.

Mittelgroße Generatoren zum Zusammenbau mit Dieselmotoren.

Von Ing. Karl **Thien**, Weiz, Steiermark.

Zusammenfassung: Es wird an Hand eines Beispieles nachgewiesen, das für mittlere Leistungen und große Schwungmomente, wie sie bei Dieselmotoren in Frage kommen, der normale Generator mit separatem, neben dem Magnetrad sitzendem Schwungrad hinsichtlich des Gewichtes und der Herstellungskosten die günstigste Lösung darstellt, und daß weitere Gewichts-Ersparungen bei Ausführung aus Flußstahl durch elektrische Schweißung zu erzielen sind.

Zur Versorgung mittelgroßer, außer dem Bereich der großen Überlandwerke liegender Orte oder Fabriken mit elektrischer Energie kommen, wo nicht Wasserkraft zur Verfügung steht, immer häufiger Verbrennungs-Kraftmaschinen (Dieselmotoren) zur Anwendung. Diese benötigen mit Rücksicht auf die Eigenart ihrer Kraftimpulse und ihre verhältnismäßig geringe Drehzahl große Schwungmassen, um bei den mit ihnen direkt gekuppelten Drehstrom-Generatoren flimmerfreies Licht und gutes Parallelarbeiten zu erzielen. Von Seite des Bestellers wird nun häufig gewünscht, daß das notwendige Schwungmoment im Magnetrad des Generators untergebracht wird, zum Teil aus Schönheitsgründen, zum Teil aus Platzmangel. Diese Forderung bedeutet für den Generator einen beträchtlich größeren Materialaufwand und somit auch höhere Herstellungskosten. Das Magnetrad eines normalen Generators, der lediglich mit Rücksicht auf Leistung, Spannung und Drehzahl entworfen ist, hat nur ein mäßiges Schwungmoment. Bei einem durch einen Dieselmotor angetriebenen Generator braucht man meistens das 10- ja 20fache Schwungmoment eines normalen Generators. Durch Verstärkung und Verbreiterung des Magnetradkranzes kann man das Schwungmoment höchstens auf den $1^1/_2$- bis 2fachen Wert bringen. Eine weitere Vergrößerung ist untunlich, denn man würde ein unförmig breites Rad von sehr großem Gewicht erhalten, das auch die Ventilation behindert. Um

Digitized by Google

im Magnetrad das große, für den Dieselmotor notwendige Schwungmoment unterzubringen, muß man einen viel größeren Magnetraddurchmesser wählen. Man kommt dann auf ein annehmbares

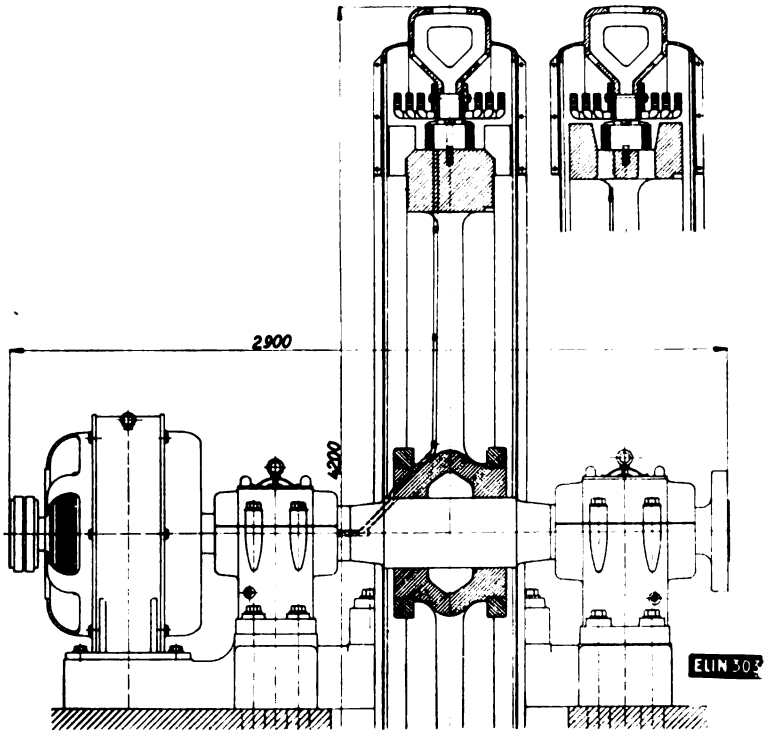


Abb. 1. Längsschnitt durch einen Innenpol-Schwungradgenerator für 350 kVA bei 187·5 U/min, $GD^2 = 55$ tm².

Radgewicht, aber der Ständer des Generators wird schwerer und somit auch teurer. Durch besondere Formgebung beim Kranzquerschnitt des Magnetrades kann man Gewicht und Herstellungskosten etwas herabdrücken. Noch weiter herunter kommt man, wenn man den Generator als Außenpoltype, also mit außenliegendem Radkranz und nach innen gerichteten Polen baut, aber eine derartige Maschine bildet immer ein mehr oder weniger abnormales Stück. Das richtigste ist wohl, das Schwungmoment in ein eigenes Schwungrad zu verlegen. Dann kann man den Generator so ausführen, wie er sich mit Rücksicht auf Herstellungskosten und Fabrikation am günstigsten erweist und kann auch das Schwungrad so ausbilden, daß das geforderte Schwungmoment mit einem Mindestaufwand von Material und mit bester Ausnützung des letzteren erreicht wird. Auf diesem Wege kommt man zu der hinsichtlich Materialausnützung und Herstellungskosten günstigsten Maschine.

Über die Frage, ob ein Generator mit im Magnetrad vollständig untergebrachtem Schwungmoment schöner ist als ein normaler Generator mit neben dem Magnetrad sitzendem Schwungrad, läßt sich streiten. Hinsichtlich des Raumbedarfes weisen die verschiedenen Bauarten keinen wesentlichen Unterschied auf. Das Vorurteil, welches man gegen den Generator mit separatem Schwungrad mit Rücksicht darauf hat, daß Stoßbelastungen vom Generator über die Welle auf das Schwungrad übertragen werden, während bei einem Generator mit im Magnetrad eingebauten Schwungmassen die Stoßkräfte unmittelbar durch die Pole auf die Schwungmassen wirken, ist nicht gerechtfertigt. Es bereitet konstruktiv keine Schwierigkeiten und bedeutet auch keine namhafte Verteuerung, Magnetradwelle und Schwungrad so auszubilden, daß eine verläßliche Übertragung der Stoßkräfte vom Magnetrad auf das Schwungrad stattfindet. Die Schwierigkeiten, die sich in einzelnen Fällen dadurch ergeben haben, daß Drehschwingungen zwischen dem Magnetrad und dem Schwungrad eintraten und zu einem Wellenbruch führten, sind nur auf unrichtige Dimensionierung der Welle zurückzuführen. Heute ist man in der Nachrechnung der Welle auf Drehschwingungen so weit fortgeschritten, daß man eine richtige Dimensionierung derselben sicher erreicht. Schließlich kann man das Magnetrad auch seitlich an das Schwungrad anbauen, so daß beide Teile ein Ganzes bilden und Stoßkräfte vom Magnetrad unmittelbar auf das Schwungrad übergehen.

An dem nachfolgenden Beispiel sollen Gewichte und Herstellungskosten, wie sie die verschiedenen Bauarten ergeben, klargelegt werden:

Für eine Ortszentrale wird ein 32poliger Drehstrom-Generator mit einer Leistung von 350 kVA bei 3300 V, 50 Per/s und 187·5 U/min gebraucht und soll mit Rücksicht auf den Dieselmotor ein Schwungmoment (GD^2) von 55 tm² vorgesehen

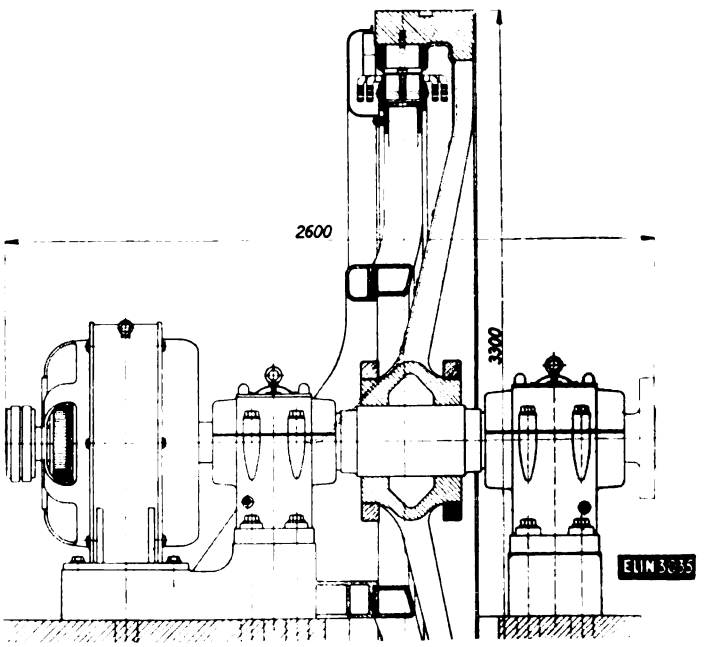


Abb. 2. Längsschnitt durch einen Außenpol-Schwungrad-Generator für 350 kVA bei 187·5 U/min, $GD^2 = 55$ tm².

Digitized by Google

werden. Ein Generator für die angegebenen Daten, jedoch ohne Berücksichtigung des großen Schwungmomentes wird zweckmäßig mit einem Magnetraddurchmesser von 1500 mm und einer achsialen Länge des Ständerblechkörpers von 340 mm ausgelegt. Bei dem geringen Durchmesser weist das Magnetrad nur ein kleines Schwungmoment auf. Das GD^2 beträgt normalerweise 3·4 tm² und läßt sich durch Verbreiterung und Verstärkung des Radkranzes höchstens auf 7 tm² bringen. Ein solcher Generator mit dem normalen Magnetrad hat ein Gesamtgewicht von 8·1 t, zweilagerige Ausführung vorausgesetzt. Das geforderte Schwungmoment ist 16 mal so groß wie das normale. Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen, wie die gestellte Aufgabe gelöst werden kann, und geben Längsschnitte durch die verschiedenen Bauarten wieder.

Abb. 1 zeigt einen Innenpol-Generator mit rechteckigem Kranzquerschnitt. Um im Magnetrad die geforderten 55 tm² unterzubringen, muß für dasselbe ein Durchmesser von 3300 mm gewählt werden. Die sich dabei ergebende Umfangsgeschwindigkeit von 32·5 m/sek liegt für ein Graugußrad an der zulässigen Grenze. Eine weitere Vergrößerung des Durchmessers wäre auch mit Rücksicht auf die sich ergebende achsiale Länge des Ständerblechkörpers, welche bei dem gewählten Wert nur mehr 100 mm beträgt, untunlich. Das Gußgehäuse des Ständers fällt wegen des großen Durchmessers verhältnismäßig schwer aus, da es genügend steif gemacht werden muß. Der Kranz des Rades wird, um das vorgeschriebene GD^2 von 55 tm² zu erreichen, mit 350 mm Breite und 250 mm Stärke ausgeführt. Rechts oben in der Abb. 1 ist gezeigt, wie man die Querschnittform des Radkranzes verbessern kann, um mit geringerem Materialaufwand das gleiche Schwungmoment zu erhalten.

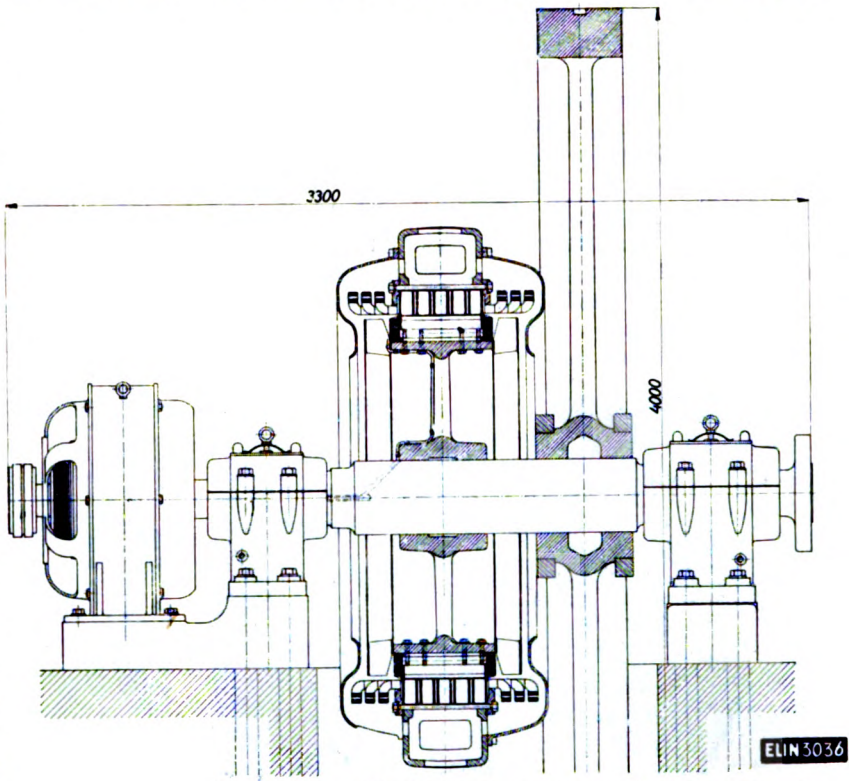


Abb. 3. Längsschnitt durch einen gewöhnlichen Generator für 350 kVA bei 187·5 U/min mit separatem Schwungrad. Gesamt-$GD^2 = 55$ tm².

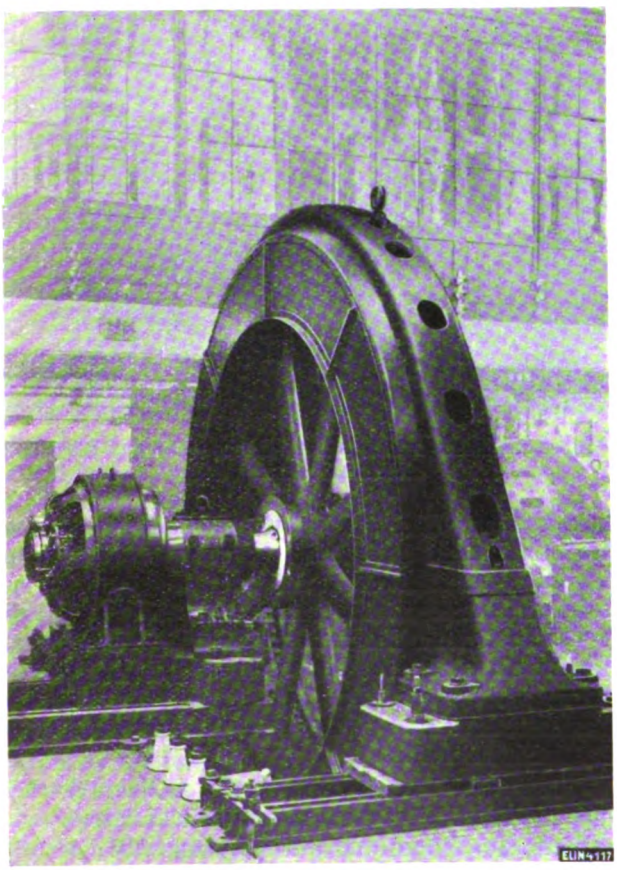


Abb. 4. Innenpolgenerator der „ELIN" für 350 kVA, 3300 V, Per/s, 187·5 U/min mit $GD^2 = 55$ tm², auf dem Prüfstand.

Abb. 2 gibt den Längsschnitt durch einen Außenpol-Generator wieder. Der Außendurchmesser des Radkranzes ist wie früher mit 3300 mm angenommen worden, wobei wieder Grauguß als Material gewählt wurde. Da die Schwungmassen bei dieser Bauart am äußersten Umfang des Rades angeordnet sind, ergibt sich für das letztere ein geringeres Gewicht. Auch der Ständer wird leichter als bei der früher beschriebenen Bauart. Die Ständerwicklung ist jedoch bei der Außenpolkonstruktion weniger zugänglich und die Montage schwieriger als bei der Innenpoltype.

Abb. 3 zeigt den normalen Generator mit geringem Schwungmoment im Magnetrad und mit neben dem letzteren sitzenden Schwungrad, welches die zusätzlichen Schwungmassen enthält. Da

Digitized by Google

bei dieser Bauart die achsiale Länge des Ständerblechkörpers unabhängig ist von dem Durchmesser des Schwungkranzes, kann man den letzteren beliebig groß machen. Für die Wahl des Schwungraddurchmessers ist nur das Material maßgebend, aus welchem das Rad hergestellt wird. Nimmt man ein Stahlgußrad an, so kann der Durchmesser ohne weiters mit 4000 mm festgelegt werden, wobei sich eine Anfangsgeschwindigkeit von 40·6 m/sek. ergibt. Das Rad fällt mit Rücksicht auf den großen Durchmesser verhältnismäßig leicht und billig aus. Der Generator muß wegen des Schwungrades eine stärkere Welle und kräftigere Lager erhalten, bleibt aber im übrigen normal, was für die Fabrikation von Vorteil ist.

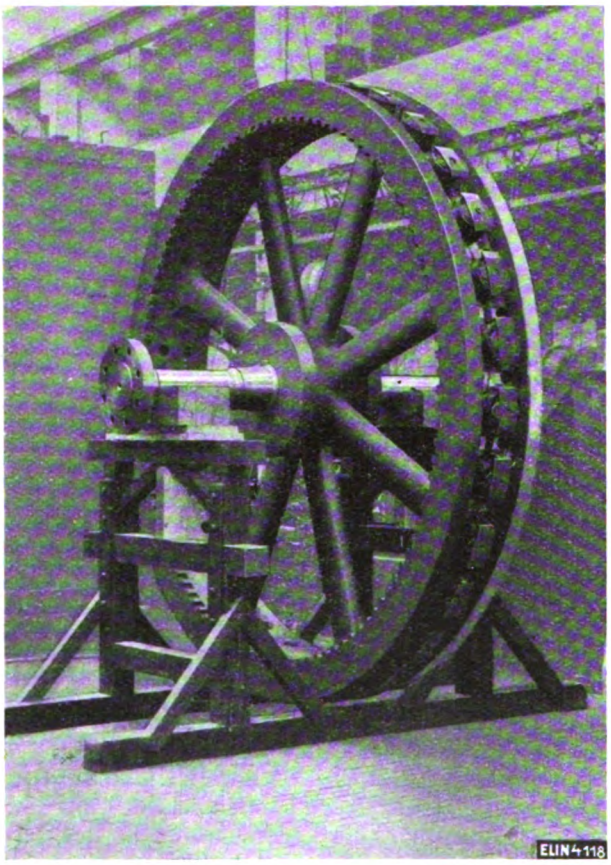


Abb. 5. Magnetrad des „ELIN"-Generators von Abb. 4.

In der nachfolgenden Tabelle I sind die Teil- und Gesamtgewichte der verschiedenen Generatoren gegenübergestellt und ist auch der Raumbedarf angegeben. Hinsichtlich Gewicht und Raumbedarf stellt sich der Außenpol-Generator am günstigsten. Ihm am nächsten liegt der normale Generator mit separatem, neben dem Magnetrad sitzendem Schwungrad. Der Innenpol-Generator mit im Magnetrad untergebrachten Schwungmassen gibt ein um 25 bis 30 vH höheres Gewicht und auch größeren Raumbedarf.

Die letze Zeile der Tabelle I zeigt, wie sich die Herstellungskosten der verschiedenen Bauarten zu den Kosten des normalen Generators ohne besonderes Schwungmoment verhalten. Aus den angegebenen Prozentsätzen geht unzweifelhaft hervor, daß der normale Generator mit separatem Schwungrad die kleinsten Herstellungskosten hat, wie dies auch früher erwähnt wurde. Wenn also nicht zwingende Gründe für einen Generator mit möglichst geringer Baulänge sprechen, so empfiehlt sich unbedingt die Wahl des normalen Generators mit separatem Schwungrad.

Bei Exportlieferungen gewinnt die Frage des Maschinengewichtes besondere Bedeutung, indem die hohen Zollsätze der meisten Staaten den Konstrukteur zwingen, am Gewicht möglichst zu sparen. Einen Weg hiezu hat die elektrische Lichtbogenschweißung eröffnet. Durch dieses in den letzten Jahren immer mehr in Gebrauch gekommene Verfahren ist man in der Lage, viele Teile des Ge-

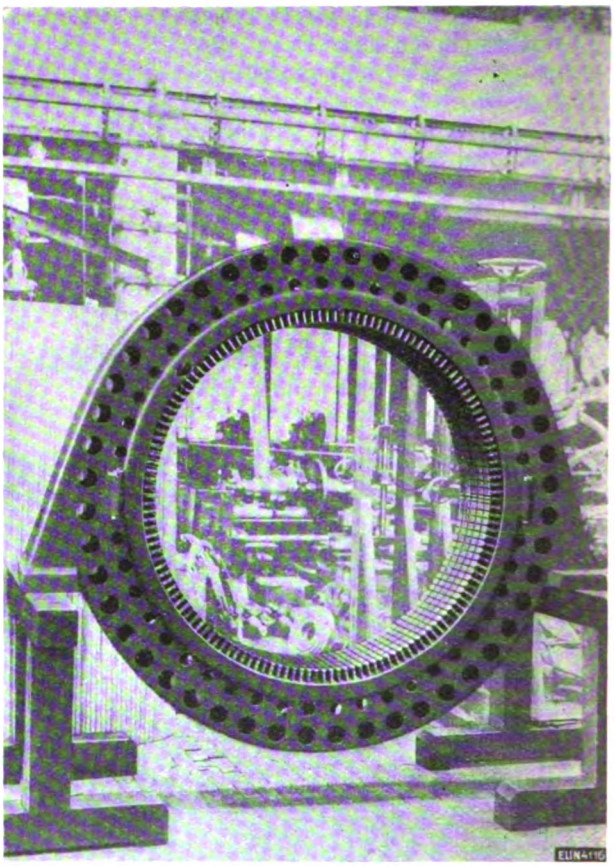


Abb. 6. Ständer eines „ELIN"-Generators aus Flußstahl, elektrisch geschweißt.

nerators aus Flußstahl statt aus Gußeisen herzustellen. Dieses bedeutend bessere Konstruktionsmaterial gestattet die Wahl viel geringerer Wandstärken. Man erreicht geringere Gewichte bei größerer Festigkeit. Die nachstehende Tabelle II zeigt, inwieweit sich die Generatorengewichte verringern, wenn man das Ständergehäuse und den Fundamentrahmen bzw. die Fundamentsockel aus Flußstahl herstellt.

Die Abb. 4 zeigt einen in den Weizer Werken der „ELIN" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie hergestellten Innenpol-Schwungrad-Generator mit den früher erwähnten Daten auf dem Prüfstand. Abb. 5 läßt erkennen, daß der Kranz des Magnetrades zu beiden Seiten der Pole hochge-

Digitized by Google

Tabelle I.

Drehstromgenerator für 350 kVA, 3300 V, 50 Per/s, 187·5 U/min, 55 tm².

Bauart	A	B	C	D
	Innenpolgenerator mit im Magnetrad untergebrachtem Schwungmoment			
Gewichte in t	Kranzquerschnitt Rechteckf.	Kranzquerschnitt U-Form	Außenpolgenerator mit im Magnetrad untergebrachtem Schwungm.	Normaler Generator mit Stahlguß-Schwungrad neben dem Magnetrad
Ständer	5·40	5·40	2·50	3·06
Magnetrad mit Welle	9·10	8·40	8·02	3·00
Schwungrad	—	—	—	5·12
Erregermaschine	1·06	1·06	1·06	1·06
Lager und Fundamentrahmen bezw. Sockel	2·04	2·04	1·92	1 66
Vollständiger Generator	17·60	16·90	13·50	13·90
Raumbedarf Achsiale Länge mm	2900	2900	2600	3300
Raumbedarf Breite mm	5300	5300	3300	4000
Herstellungskosten in vH der Kosten des normalen Generators ohne besonderes Schwungmoment	159	156	142	124

Tabelle II.

Gewichtsersparnis bei Ausführung des Ständergehäuses und des Fundamentrahmens bezw. der Sockel aus Flußstahl, elektrisch geschweißt.

Bauart	Normaler Generator ohne besond. Schwungmoment	A	B	C	D
		Innenpolgenerator		Außenpol-Generator	Norm. Gener. m. separatem Stahlgußschwungrad
Generatorgewicht in t		Schwungmoment im Magnetrad untergebr.			
Grauguß	8·1	17·6	16·9	13·5	13·9
Flußstahl, geschweißt	6·9	15·6	14·9	12·7	12·7

zogen ist, um auf ein leichteres Gewicht zu kommen. Auf dem Bilde sieht man auch die zu beiden Seiten der Pole angeordneten Lüftungsöffnungen.

Abb. 6 gibt den Ständer eines „ELIN"-Generators mit elektrisch geschweißtem Gehäuse aus Flußstahl wieder.

Die durchgeführten Vergleiche betreffen nur ein bestimmtes Beispiel. Das Resultat hängt natürlich von der Leistung, der Drehzahl und dem geforderten Schwungmoment ab. Eine Nachrechnung anderer Fälle zeigt aber, daß man auf ein ähnliches Resultat kommt.

Selbstverständlich beruhen die vorstehenden Angaben für Gewichte und Herstellungskosten nur auf bestimmten Konstruktions- und Herstellungsmethoden, sowie auf bestimmten Lohn- und Regiesätzen. Eine Änderung dieser Grundlagen bringt auch eine Änderung der angeführten Zahlen mit sich, doch wird das Ergebnis der vorliegenden Betrachtungen dadurch wohl kaum wesentlich beeinflußt.

Bau von Großtransformatoren.

Von Dr. phil. Georg **Stern**, Direktor der AEG-Transformatorenfabrik Berlin-Oberschöneweide.

Zusammenfassung: Es werden Neuerungen im Bau von Großtransformatoren, insbesondere im Kern- und Wicklungsaufbau beschrieben und Beispiele von ausgeführten Großtransformatoren gegeben. Ferner wird die Rolle, die der Buchholzschutz bei der Ölumlaufkühlung spielt, hervorgehoben.

Vor einigen Jahren habe ich über die Konstruktionsprinzipien beim Bau von Großtransformatoren berichtet, die innerhalb der AEG entwickelt worden sind.[1]) Die inzwischen reichlich gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Konstruktionen sich gut bewährt haben und keinerlei prinzipielle Änderungen vorgenommen zu werden brauchten. Trotzdem ist kein Stillstand in der Entwicklung eingetreten, den es ja in der Technik überhaupt nicht geben darf, denn jeder technische Stillstand bedeutet Rückschritt. Jede in richtiger Richtung liegende Konstruktion hat weitere Entwicklungsmöglichkeiten in sich. Von den Verfeinerungen im Bau von Großtransformatoren, die in den letzten Jahren in den Transformatorenwerkstätten der AEG Berlin und der AEG-Union Elektr. Ges. Wien eingeführt sind, möchte ich an dieser Stelle berichten.

K e r n. Charakteristisch für den Kernaufbau der AEG-Großtransformatoren ist der stumpfe Stoß zwischen Schenkeln und Joch, die Verwendung starker Platten mit einer einzigen Reihe

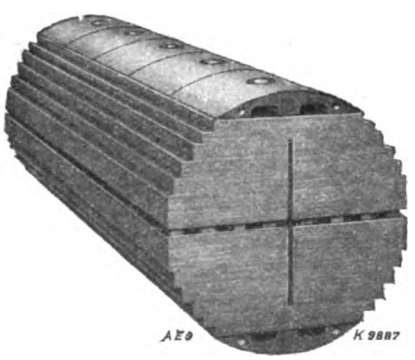


Abb. 1. Schenkel eines 18 300 kVA Transformators.

schwerer Bolzen, die die Pakete senkrecht zur Blechebene zusammenpressen, und die Zusammenpressung von Joch und Schenkeln durch Rundeisenstangen, die innerhalb der Schenkel sitzen, so daß die Fenster zwischen den Schenkeln von Konstruktionsteilen frei sind. Was den Kern mit stumpfem Stoß betrifft, so ist mir bekannt, daß andere Großfirmen voller Verzweiflung über Eisendefekte von dieser Bauart ab und zum einge-

[1]) Festschrift der Elektrotechnischen Zeitschrift Berlin. Sondernummer 1923.

Digitized by Google

schichteten Kern bei Großtransformatoren übergegangen sind. Mir ist ferner bekannt, daß Firmen, die bisher eingeschichtete Kerne bauten, zum stumpf gestoßenen Kern seiner Vorzüge wegen sich bekehrt haben. Nachdem aber die ersten Früchte dieser Bekehrung (einige 25 000 kVA-Transformatoren) innerhalb weniger Wochen nach Inbetriebnahme durch Eisenbrand ungenießbar wurden, sind diese Firmen wieder reuig zu der ihnen gewohnten Konstruktion zurückgekehrt, da sie die ungewohnte nicht beherrschten. Ich habe in meiner früheren Veröffentlichung[2]) ausführlich auseinandergesetzt, wie vorsichtig die Konstruktion der AEG-Großtransformatoren gerade mit Rücksicht auf die Vermeidung von Eisenschlüssen ausgebildet ist, wobei ich freilich nicht gesagt habe, daß alle Konstruktionsvorsicht nichts nützt, wenn sie nicht von einer peinlichen Fabrikationssorgfalt und gewissen Fabrikationskniffen unterstützt wird, über die ich aus begreiflichen Gründen mich hier nicht näher auslassen will. Jedenfalls haben die Erfahrungen der AEG bewiesen, daß ein vollständig betriebssicherer Kern mit stumpfem Stoß möglich ist. Denn nach der 1923 beschriebenen Konstruktion sind nun Großtransformatoren des AEG-Konzerns für annähernd 3 Millionen kVA gebaut, und an keinem Kern dieser Bauart ist auch nur der geringste Eisenbrand vorgekommen.

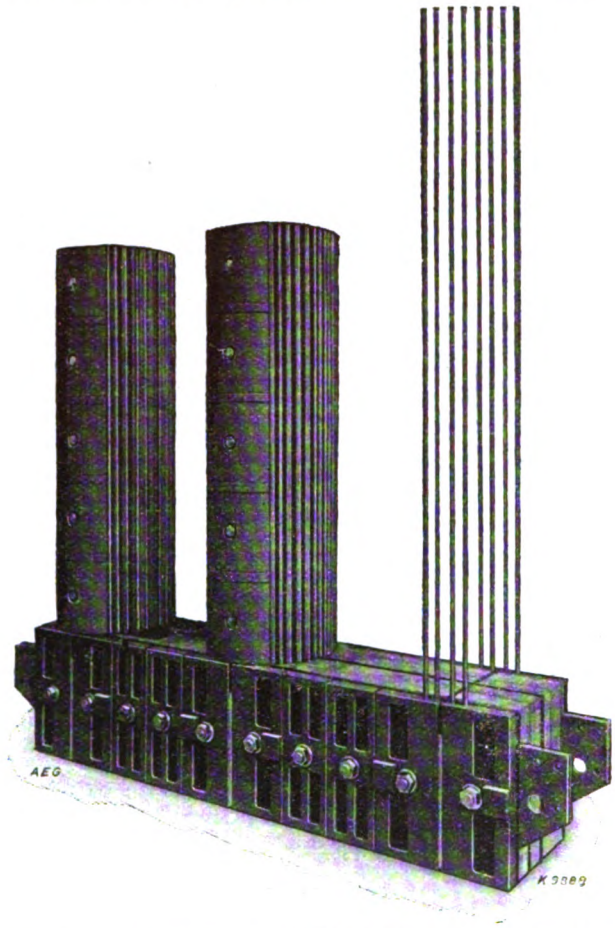
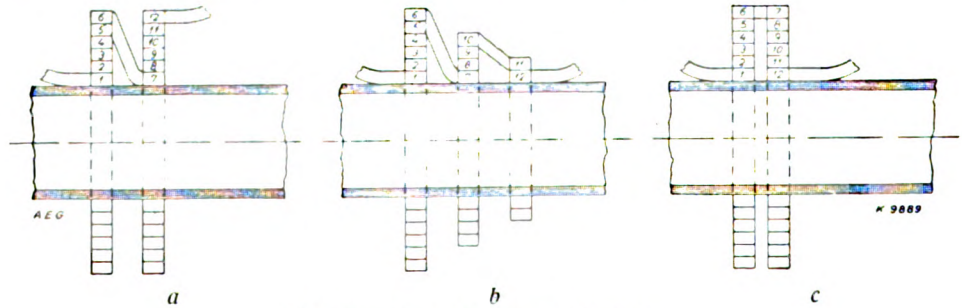


Abb. 2. Kern eines 10 000 kVA Transformators für 51·5/10 kV.

Abb. 4. Spule mit gestürzter Wicklung.



a *b* *c*

Abb. 3 *a*, *b*, *c*. Gestürzte Wicklung.

Die Vorteile des stumpf gestoßenen Kernes sind erheblich. In der Werkstatt beansprucht ein eingeschichteter Kern wesentlich mehr Fabrikationsfläche, da er im Gegensatz zum stumpf gestoßenen beim Aufbau hingelegt werden muß.

[2]) a. a. O.

Digitized by Google

Wird die Wicklung an Ort und Stelle defekt — was freilich nicht vorkommen soll und bei Großtransformatoren auch praktisch nicht vorkommt —, oder soll die Wicklung geändert werden — was vorkommt —, oder muß ein Transformator der Transportverhältnisse wegen auseinandergenommen geliefert werden, was besonders bei Aufstellung in ausländischen Gebirgen vorkommt, so ist die Montage ungleich einfacher beim stumpfen Stoß von Jochen und Schenkeln. Bei eingeschichteten Blechen bleibt gewöhnlich ein Rest Jochbleche zurück, den der Monteur nicht mehr unterbringen kann, wodurch die Jochsättigung in die Höhe geht.

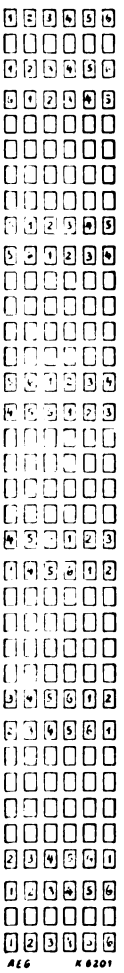


Abb. 5.
Querschnitt der Wendelwicklung.

Als Verfeinerung der Kernkonstruktion möchte ich es bezeichnen, daß die Rundeisenbolzen, die die Pressung zwischen Joch und Schenkeln besorgen, jetzt nicht mehr durch parallel zur Blechebene angeordnete Schlitze gehen, sondern durch Aussparungen in den Preßplatten. Diese Anordnung der Preßstangen und die Aussparungen sind auf den Abb. 1 und 2 deutlich zu erkennen. In jeder Aussparung ist für mehrere Stangen Platz, die übrigens aus nicht magnetischem Stahl hergestellt sind, so daß Zusatzverluste durch die Streulinien an den Stoßstellen vermieden sind. Die den Stoßstellen benachbarten Preßstücke bestehen ebenfalls aus nicht magnetischem Material. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, hat der Schenkel des 18 300 kVA-Transformators nur noch einen Schlitz parallel zur Blechebene, die früher für die Preßstangen erforderlichen weiteren Schlitze konnten fortfallen, so daß der Querschnitt von Joch und Schenkel besser ausgenützt wird. Der thermisch sehr wirksame Schlitz senkrecht zur Blechebene ist natürlich geblieben.

Der fünfschenklige Kern bei Großtransformatoren ist, seitdem ich ihn beschrieben habe,[3]) in großem Umfang benutzt worden — nicht nur von der AEG, sondern es haben sich auch andere Liebhaber eingefunden.

Wicklungsaufbau. Bei prinzipiell konzentrischem Wicklungsaufbau ist eine Art von Scheibenwicklung eingeführt, die sich von der bisher üblichen dadurch unterscheidet, daß sie keine Lötstellen zwischen den einzelnen Scheibenspulen enthält, sondern fortlaufend gewickelt wird. Abb. 3a bis c geben die einzelnen Stadien bei der Herstellung der Wicklung im Prinzip bei einer aus 6 Windungen bestehenden Spule wieder. Zunächst wird die erste Spule (Windungen 1 bis 6) in der üblichen Weise von innen nach außen gewickelt. Am Ende der sechsten Windung wird der Draht gegen Herabgleiten vom Spulenumfang gesichert und eine zweite der ersten gleiche Spule (Windungen 7—12) gewickelt. Die Verbindung von dem obersten Leiter 6 der ersten Spule und dem untersten Leiter 7 der zweiten Spule erfordert sehr viel Platz. Man bedarf eines Kunstgriffes, um die bei Scheibenspulen übliche Reihenfolge und eine kurze Verbindung ohne Lötstelle zwischen Windung 6 und 7 herzustellen. Dieser Kunstgriff besteht darin, daß das Ende der zwölften Windung behelfsmäßig auf dem Zylinder befestigt wird, die Windungen der zweiten

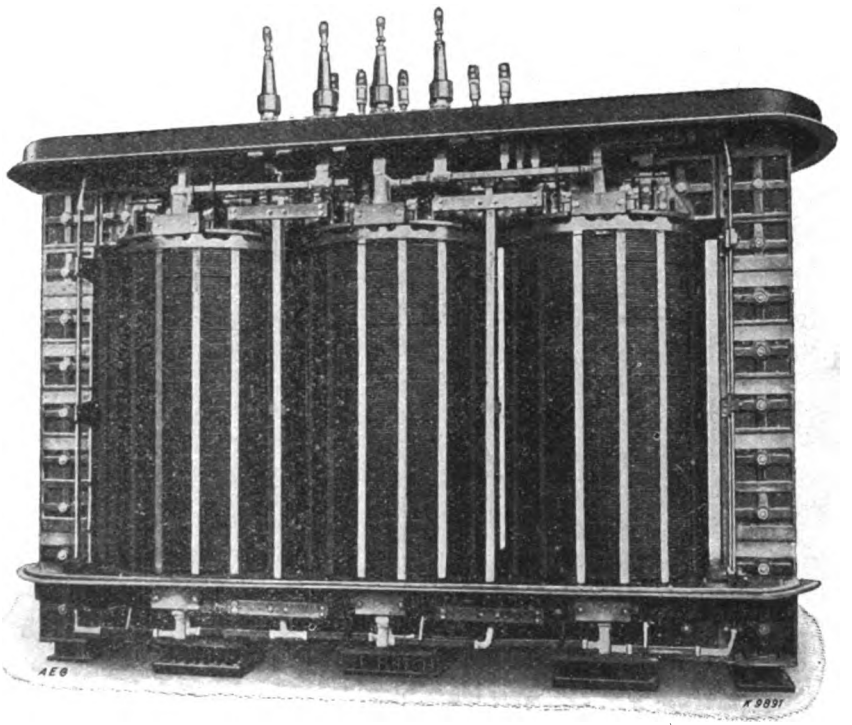


Abb. 6. Drehstromtransformator für Kraftwerk Klingenberg 44 000 kVA, 31/6 kV.

[3]) a. a. O.

Digitized by Google

Spule angehoben werden und aus ihnen eine neue Spule gewickelt wird. Abb. 3b stellt den Augenblick dar, in dem die Windungen 12, 11 von der zweiten Spule übertragen sind. Wenn alle Windungen auf die neue Spule übertragen sind, wird die neue Spule an die erste herangeschoben; die nächste Spule wird genau wie die erste und zwar gleich im richtigen Abstand von der zweiten gewickelt, während die vierte, sechste usw. wie die zweite hergestellt wird. Abb. 4 zeigt den Wicklungsvorgang in der Werkstatt und die bei der AEG übliche druckfreie Abstützung, die übrigens bei dieser Wicklungsart nicht unbedingt erforder-

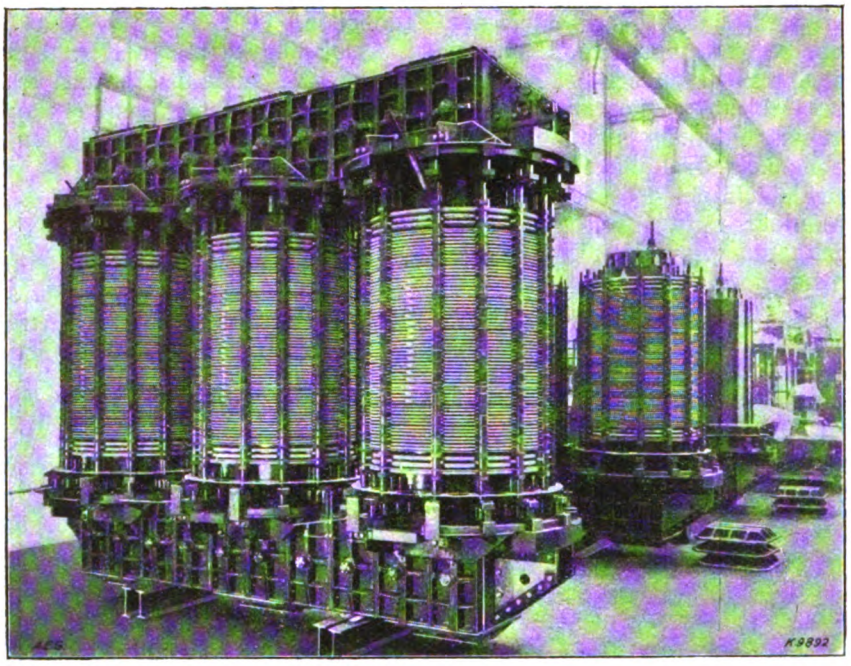


Abb. 7. 12 000 kVA Transformatoren der AEG-Union Wien, 5·5/121·5 kV, Frequenz 50.

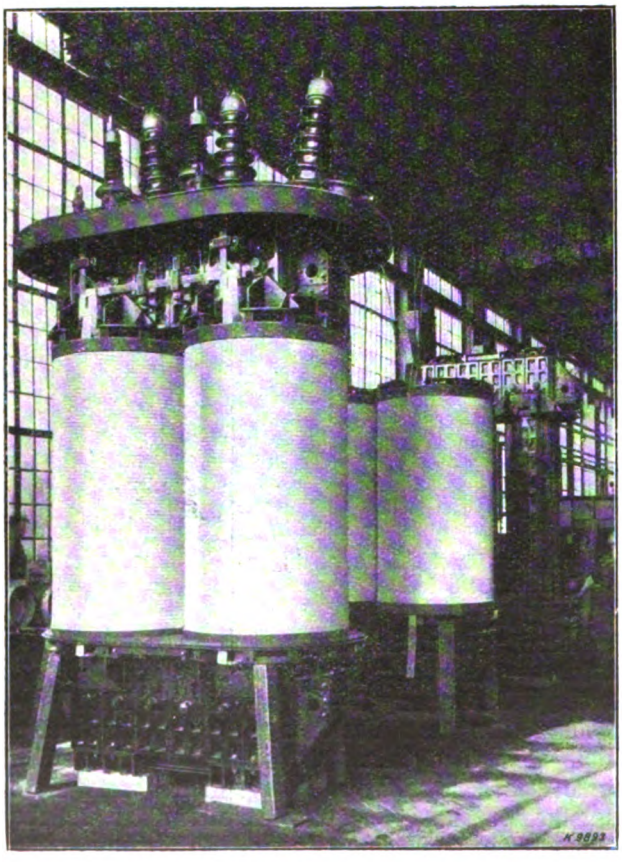


Abb. 8. 5300 kVA Bahntransformatoren der AEG-Union Wien 58·35/5·5 kV, Frequenz 16⅔.

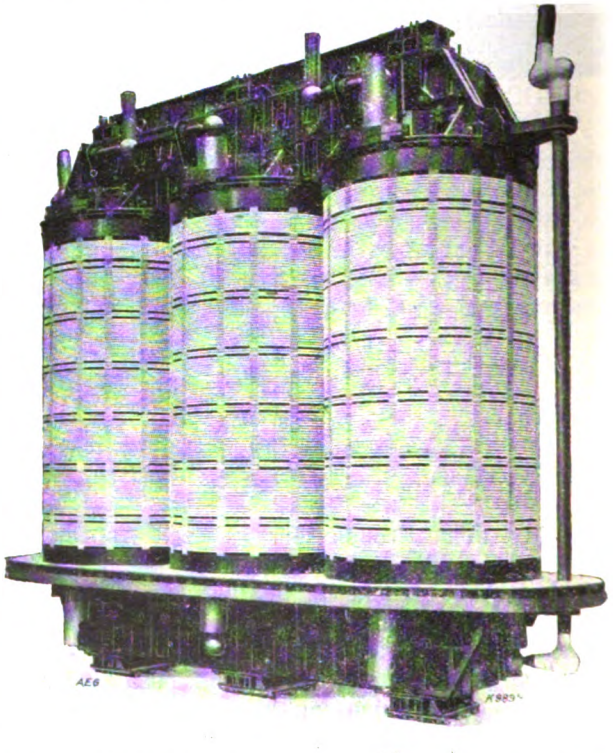


Abb. 9. 25 250 kVA Drehstromtransformator der AEG-Union Wien 128·6/5·5 kV, Frequenz 50.

Digitized by Google

lich ist, da die einlagigen Spulen mit erheblichem Zug direkt auf den Zylinder gewickelt werden. Wir bezeichnen diese Konstruktion als „gestürzte Wicklung".

Niedervoltspulen von hoher Stromstärke wurden früher als radial einlagige Zylinderwicklungen aus Kupferflachband hergestellt. Diese Konstruktion ist verlassen zu Gunsten einer der eben beschriebenen ähnlichen, die wir „Wendelwicklung" nennen. Bei ihr sind die radial übereinander liegenden Flachdrähte parallel geschaltet, so daß jede Scheibenspule eine Windung bildet. Um keine ungleichmäßige Stromverteilung in den parallelen Leitern zu bekommen, die Zusatzverluste ergeben würde, wird die Wicklung verschränkt.

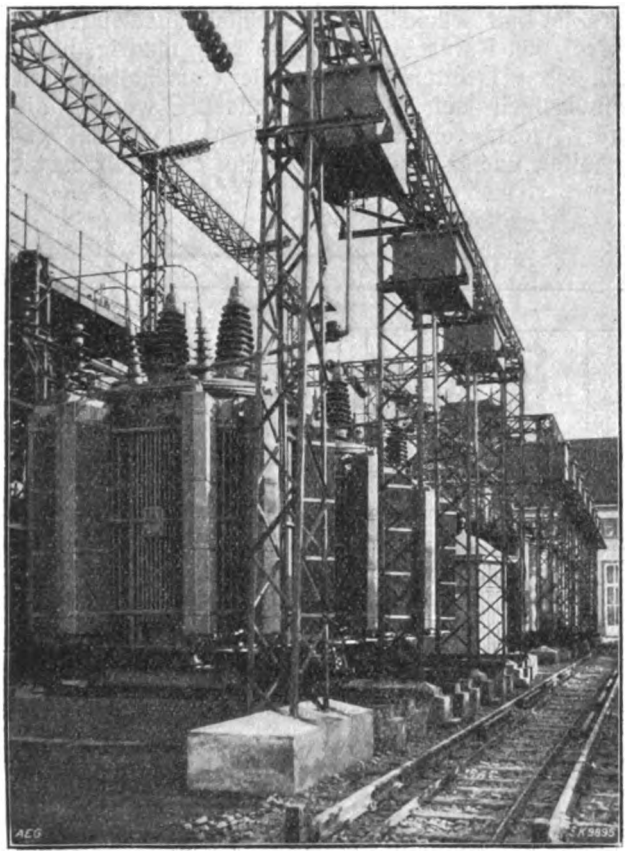


Abb. 10. 6000 kVA Einphasentransformatoren der AEG-Union Wien, 54·4/28·7 kV, Frequenz 50, selbstkühlend.

Die Abb. 5 zeigt die Verschränkung einer aus 6 parallelen Drähten bestehenden Wicklung. Wenn in der ersten halben Gruppe der Draht 6 sich am **nneren Umfang des Spulen-Zylinders befindet,** so wandert er in der zweiten Gruppe an den äußeren Umfang; die Drähte 1 bis 5 verschieben sich um eine Drahtdicke nach dem innern Umfang; diese Wanderung setzt sich von Gruppe zu Gruppe fort, bis in der letzten Halbgruppe die Reihenfolge des Anfangs wiederhergestellt ist.

Wird bei besonders hohen Stromstärken die Zahl der parallelen Leiter sehr hoch, so daß auch nebeneinander liegende Leiter parallel geschaltet werden müssen, so werden die Drähte nebeneinander liegender Flachspulen als zwei von einander vollständig unabhängige Gruppen betrachtet und die Leiter jeder Gruppe für sich verschränkt. Es ergeben sich dann als Schraubenlinien durchlaufende Wicklungen, die am Anfang und Ende der Wicklung parallel geschaltet werden. Eine derartige doppelte Wendelwicklung ist auf Abb. 9 zu erkennen.

Diese Wicklungsart ist, zum ersten Mal bei den 44 000 kVA-Transformatoren des Klingenbergwerks verwendet worden (Abb. 6). Die Oberspannungsspulen (30 kV) sind mit 6, die Unterspannungsspulen (6 kV) mit 8 parallelen Flachdrähten gewickelt.

Beispiele von Großtransformatoren. Die Abb. 7 bis 10 geben Beispiele von

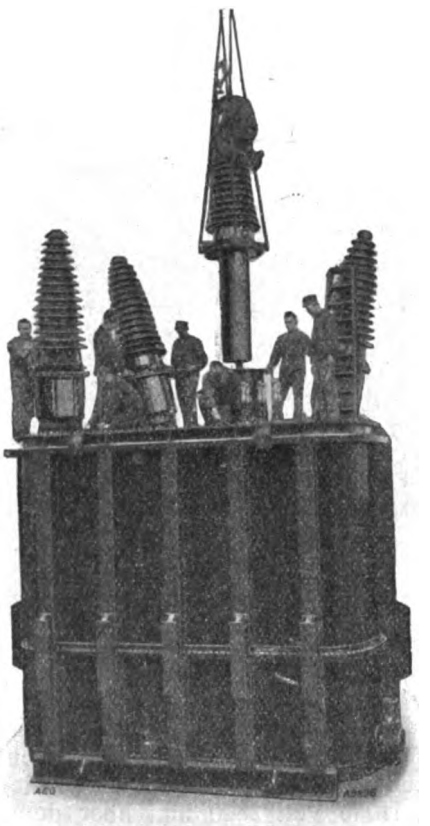


Abb. 11. 19 000 kVA Drehstromtransformator 162/6·6 kV, Frequenz 50.

Großtransformatoren mit Ölumlaufkühlung, die von der AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien, gebaut wurden. Die drei Transformatoren für das Kraftwerk Partenstein[4]), die auf Abb. 7 im Aufbau zu sehen sind, haben doppelt konzentrische Wicklung, die äußere Niedervoltwicklung ist noch nicht aufgesteckt. Man sieht am Eingang und am Nullpunkt der Hochvoltwicklung die Kondensator-Ringe, die als Sprungwellenschutz dienen. Der Hochvolt-Spulenstapel ist in der für AEG-Transformatoren charakteristischen Weise druckfrei aufgebaut. Die drei Einphasen-Transformatoren, Abb. 8, für das Achenseekraftwerk, sind ebenfalls doppelkonzentrisch aufgebaut,

[4]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 309, 677.

Digitized by Google

die Niedervoltwicklung sitzt innen und außen, die Hochvoltwicklung in der Mitte. Die Kurzschlußspannung beträgt 5·8 vH. Der Drehstromtransformator, Abb. 9, ist ebenfalls für das Achenseekraftwerk bestimmt, seine Kurzschlußspannung beträgt 10·5 vH. Die Einphasen-Transformatoren, Abb. 10, sind in der Freiluftanlage Wien-Nord stationiert, sie bilden bei Hochvoltsternschaltung ein Aggregat von 18 000 kVA bei 94 kV. Sie sind selbstkühlend, der Wellblechkasten ist mit sogenannten Radiatoren ausgerüstet. Ihre Kurzschlußspannung beträgt 10 vH[5]).

Von Großtransformatoren der AEG-Berlin möchte ich außer den schon erwähnten 44 000 kVA-Transformatoren für das Klingenbergwerk in Berlin-Rummelsburg aufmerksam machen auf drei nach Japan gelieferte Drehstromtransformatoren für 19 000 kVA bei 162/6·6 kV, Frequenz 50 (Abb. 11). Die Größe der Durchführungsisolatoren

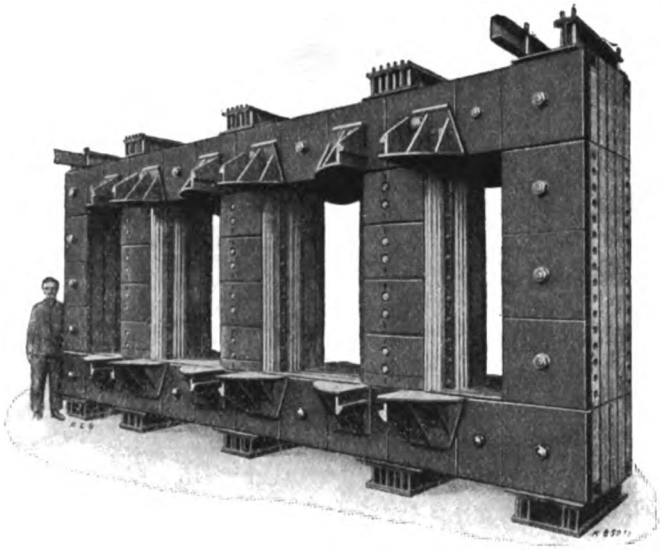


Abb. 12. Kern eines Drehstromtransformators für 100 000 kVA, 125/13·5 kV, Frequenz 50.

wird anschaulich durch die auf dem Deckel arbeitenden Monteure. Da die Durchführungen Stromwandler über Deckel besitzen, haben sie die ansehnliche Höhe von 2800 mm über dem Deckel. Diese Transformatoren mußten, den japanischen Verkehrsmitteln entsprechend, völlig demontiert verschickt werden, sogar der Kern mußte zerlegt und die Spulenstapel jedes Schenkels mußten einzeln verpackt werden. Hier zeigt sich der Vorteil der vorher betonten Konstruktion von Kern und Spulen; der Abbau des stumpfgestoßenen Kernes in der Fabrik und sein Aufbau an Ort und Stelle ist das Werk von einigen Stunden; die gestürzte und die Wendelwicklung jedes Schenkels sind ebenfalls fertig montiert versendbar, werden am Aufbauort mit leichter Mühe über den Schenkel gestülpt und bedürfen keiner langatmigen Montage.

Die Transformatorenfabrik der AEG-Berlin, baut für ihr Ölschalter-Laboratorium einen Transformator (Abb.12), dessen Leistung zu 100 000 kVA angegeben werden kann. Nach der Art seiner Beanspruchung braucht er diese Leistung nicht dauernd abzugeben. Er hat daher trotz Glattblechkastens keine Umlaufkühlung. Der Transformator — der größte, der wohl bisher gebaut ist — hat vierfach konzentrische Wicklung, nämlich hochvoltseitig pro Schenkel zwölf Spulen zu 6 kV, niedervoltseitig zwei Spulen, die in Serie geschaltet und für 13·5 kV bemessen sind, entsprechend der Spannung des Turbinen-Generators für 100 000 kVA, der auf diesen Transformator arbeitet. Die Hochvoltspulen können in Serie und in verschiedenen Gruppen parallel geschaltet werden, da Anfang und Ende aller Spulen getrennt über den Deckel geführt sind. In ersterer Schaltung ergeben sie bei Sternschaltung der drei Schenkel 125 kV. Die Kurzschlußspannung des Transformators ist mit Rücksicht auf seinen Verwendungszweck für Kurzschlußversuche sehr niedrig, nämlich 2·8 vH. Interessant ist die Umschaltung auf einphasigen Betrieb. Niedervoltseitig werden die drei Wicklungen der Hauptschenkel parallel geschaltet, wobei der Mittelschenkel entgegengesetzt

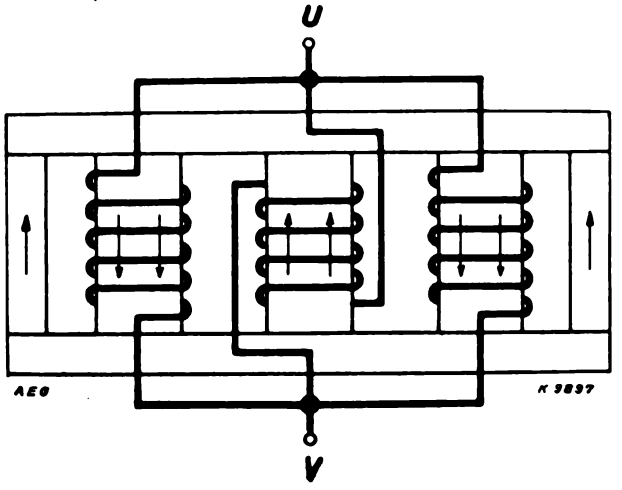


Abb. 13. Einphasenschaltung des Transformators nach Abb. 12.

zu den beiderseitigen Nachbarschenkeln magnetisiert wird; werden hochvoltseitig bei zwölf Spulen pro Schenkel in Serie und in gleicher Weise wie bei Niedervolt die Wicklungen parallel geschaltet (Abb. 13), so bekommt man bei 72/13·5 kV die volle Leistung von 100 000 kVA einphasig aus dem Transformator heraus. Es ist leicht ersichtlich, daß sich durch hochvoltseitige Serienschaltung zweier Schenkel bei reduzierter Leistung das Übersetzungsverhältnis 144/13·5 kV erreichen läßt. Man kann also einpolige Schalter für ein geerdetes 250 kV-Netz unter normalen Betriebsverhältnissen prüfen. Die Wicklungsanordnung läßt auf der Hochvoltseite bei Drehstrombetrieb eine Reihe von Umschaltungen zu, die hier im einzelnen nicht beschrieben werden sollen. Es lassen sich bei normaler Sättigung folgende Spannungen erreichen:

bei Dreieckschaltung:

6; 12; 18; 24; **30;** 36; 42; 48; 54; 60; 66; **72 kV;**

bei Sternschaltung:

10·4; 20·8; 31·2; 41·6; **52;** 62·4; 72·8; 83·2; 93·6; 104; 114·4; **124·8 kV.**

[5]) S. a. Abb. 2 auf S. 629 d. H.

Digitized by Google

Bei den durch fetten Druck hervorgehobenen Spannungen ist der Transformator mit der vollen Leistung beanspruchbar, bei den anderen treten gewisse Leistungsreduktionen ein. Die Kurzschlußspannung wird bei allen Schaltungen nicht höher als 2·8 vH, bei einigen wird sie noch etwas geringer.

Die Berechtigung, diesem Transformator die Leistung von 100 000 kVA zuzuordnen, ist daraus abzuleiten, daß der Kern mit einer Wicklung versehen werden kann, die bei 10 bis 11 vH Kurzschlußspannung, Ölumlaufkühlung und zirka 115 kV dauernd 100 000 kVA hergibt. Bei gleichem Jochquerschnitt, annähernd gleicher Schenkellänge und gleichem Schenkelquerschnitt wird zurzeit ein einphasiger 20 000 kVA-Transformator für $16^2/_3$ Per/s und 120 kV Oberspannung gebaut. Da dieser bei der niedrigen Periodenzahl wegen der bei Bahnbetrieb erforderlichen Überlastungsfähigkeit, mühelos 11 000 kVA je Schenkel hergibt, so ist bei der dreifachen Frequenz 50 die dreischenklige Leistung $3 \times 3 \times 11\,000 = \backsim 100\,000$ kVA.

Buchholzschutz. Der Buchholzschutz ist naturgemäß nicht auf Großtransformatoren beschränkt, aber es hat sich bei ihnen eine ganz besondere Wirksamkeit dieses Schutzes herausgestellt.

Großtransformatoren werden in Deutschland fast ausschließlich mit umlaufendem Öl gebaut, das außerhalb des Kessels durch Wasser oder durch Ventilatoren gekühlt wird. Nun ist der Buchholzschutz kein Apparat, der wie der Differentialschutz lediglich bei elektrischer Gleichgewichtsstörung in der Wicklung anspricht, sondern er zeigt jede Gas- also auch jede Luftentwicklung im Transformator an. Jede Luftblase im Transformator bedeutet eine Gefahr; steigt sie zwischen den Wicklungen der verschiedenen Spannungen oder an den Ableitungen hoch, so kann durch sie ein Durchschlag eingeleitet werden. Bei umlaufendem Öl ist stets Gefahr vorhanden, daß geringe Undichtigkeiten an den Dichtungen der Rohrflanschen bestehen, durch die kleine Luftbläschen eintreten, die der Luftabschneider, der ja meistens angeordnet wird, doch nicht vollständig beseitigt. Aber der Wachsamkeit des Buchholzschutzes entgehen solche Vorkommnisse nicht. Er alarmiert und gibt, da in solchen Fällen das angesammelte Gas nicht brennbar ist, gleich an, was los ist. Ich kann von einem Fall im Klingenbergwerk berichten, in dem ein ähnlicher Schaden rechtzeitig aufgedeckt wurde, der, wenn er nicht zur rechten Zeit gefunden worden wäre, zu einer Katastrophe hätte führen können. Die 44 000 kVA-Transformatoren sind außer den beiden Ventilen für den Ölumlauf noch mit zwei weiteren versehen, von denen das eine zum Ablassen des Öles, das andere zum Einfüllen neuen Öles unter Druck dienen soll. Nun war das letztere Ventil zwar geschlossen, aber die Neuöl-Leitung stand unter Druck und auf ihre Evakuierung war nicht acht gegeben worden. So stand ein Luftpfropfen unter Druck vor dem nicht ganz einwandfrei schließenden Ventil und die Luftblasen traten langsam in das Transformatoröl ein. Der Differentialschutz hätte sich natürlich um diese Erscheinung nicht gekümmert und es wäre auch nicht seines Amtes gewesen; nur wenn sich der Schaden soweit ausgewirkt hätte, daß die Wicklung defekt geworden wäre, ging ihn die Sache etwas an. Der Buchholzschutz alarmierte sofort. Es wurde zunächst verdächtigt, unnötig Skandal gemacht zu haben, aber bald fand man, daß er durchaus im Recht war; der Schaden konnte leicht beseitigt werden. So ist der Buchholzschutz wie ein wachsamer Hund, der schon Hals gibt, wenn der Einbrecher sich am Hausschloß zu schaffen macht, während der Differentialschutz ihm erst an die Gurgel fährt, wenn er die halbe Wohnung ausgeräumt hat.

Von manchen Seiten wird eingewendet, daß an Großtransformatoren keine Defekte vorkommen dürfen und auch tatsächlich selten vorkommen, deshalb sei kein Buchholzschutz bei ihnen erforderlich. Dieser Standpunkt erscheint mir falsch. Man soll einen Transformator so gut bauen, daß ihm nach menschlichem Ermessen nichts passieren kann, und dann soll man ihn mit dem besten Apparat schützen, den die Technik aufweist — und das ist zurzeit der Buchholzschutz. — Der eben beschriebene Fall zeigt aber, daß Schäden erst durch die Montage des betriebsfertig gelieferten Transformators entstehen können. Das Ausland hat eine gewisse Abneigung gegen die Ölumlaufkühlung und besonders die amerikanische Praxis bevorzugt die im Öl liegende Wasserschlange. Vermutlich rührt die Abneigung davon her, daß man die beim Ölumlauf möglicherweise eintretende Luft fürchtet. Der Buchholzschutz gibt ein untrügliches Kriterium, ob die Befürchtungen im einzelnen Fall gerechtfertigt sind. Man kann dann immer noch rechtzeitig, das heißt bevor der Transformator unter Spannung gesetzt wird, etwaige Undichtigkeiten in der Umlaufleitung beseitigen. Auch die an einigen Stellen beobachtete Erscheinung, daß beim Stillsetzen der Ölumlaufpumpe der Buchholzschutz infolge der Schwingung des plötzlich stagnierenden Öles anspricht, hat sich in allen Fällen auf eingeschlossene Luft zurückführen lassen; sie konnte durch Anbringung von Entlüftungshähnen an geeigneten Stellen beseitigt werden. Ein Atmen der Kesselwandung tritt nicht ein, wenn der Kessel für die beim Evakuieren erforderliche Beanspruchung richtig bemessen ist.

Digitized by Google

Mehrwicklungs-Transformatoren.

Von Ing. Anton **Höpp**, ELIN A. G., Weiz.

Inhaltsangabe: Es werden Bedingungen für die Wicklungsanordnung in Mehrwicklungstransformatoren abgeleitet, damit bei Änderung der Belastung einer Wicklung die Spannungsbeeinflussung in allen anderen Wicklungen ein Minimum wird. Es wird gezeigt, daß die Schwankungen des Ohmschen Spannungsabfalles nicht aufgehoben werden können, wohl aber die Schwankungen, welche durch die Streuflüsse hervorgerufen werden, und zwar in Dreiwicklungstransformatoren gänzlich, in Mehrwicklungstransformatoren in einzelnen Wicklungen. Es werden weiter Formeln für die Berechnung der Spannungsabfälle bei beliebiger Belastung der einzelnen Wicklungen abgeleitet. An Hand von Prüfresultaten eines Dreiwicklungstransformators der ELIN A.-G. wird die Richtigkeit der theoretischen Ergebnisse geprüft.

In normalen Transformatoren mit zwei Wicklungen werden diese gewöhnlich so ausgeführt, daß die Wicklung mit der niedrigeren Spannung innen am Kern, die Wicklung mit der höheren Spannung außen konzentrisch dazu angeordnet wird. Ausnahmen werden meistens nur dann gemacht, wenn konstruktive Gründe dafür sprechen, die Anordnung umgekehrt zu treffen, zum Beispiel wenn wegen hoher Stromstärken die meist viel Platz beanspruchenden Schaltverbindungen der Niedervoltwicklung es günstig erscheinen lassen, die Niedervoltwicklung außen anzuordnen. Bei Mehrwicklungs-Transformatoren ist, wie im folgenden gezeigt wird, die Reihenfolge der Wicklungen nicht mehr frei wählbar, sondern es zwingt die Forderung, daß bei Belastungsänderung einer Wicklung die Spannungsschwankung aller anderen Wicklungen möglichst klein sein soll, eine bestimmte Reihenfolge der Wicklungen einzuhalten.

In der mir zugänglichen Literatur habe ich nur einen Aufsatz von Ing. Guido Guastalla „Sul funzionamento dei transformatori à tre avvolgimenti" in L'Energia Elettrica von März 1925, Seite 233, und August 1925, Seite 758, gefunden, welcher diese Frage für Dreiwicklungstransformatoren behandelt. Die Ergebnisse sind jedoch nicht auf die für die Praxis wichtige einfache Form gebracht, sondern es wird mit den nicht direkt meßbaren Streuungen der einzelnen Wicklungen an Stelle der meßbaren Kurzschlußspannungen gearbeitet. Angaben, wie die Spannungsabfälle bei beliebiger Belastung der einzelnen Wicklungen zu berechnen sind, werden darin nicht gemacht.

Im nachstehenden werden die induktiven und Ohmschen Spannungsabfälle getrennt behandelt. Wir bezeichnen die einzelnen Wicklungen in beliebiger Reihenfolge mit 1, 2, ... n. Alle Spannungsabfälle sind in vH bei einer beliebig wählbaren Belastung in kVA, und zwar für alle Wicklungen gleich groß zu verstehen. Bei einer anderen Belastung der einzelnen Wicklungen ändern sich die Spannungsabfälle proportional der Belastung und es sind daher die Spannungsabfälle in vH mit einem Faktor $x_1, x_2 \ldots x_n$ zu multiplizieren, welcher das Verhältnis der wirklichen Belastung zur angenommenen Belastung darstellt. Der induktive Spannungsabfall einer Wicklung ist die geometrische Summe aus dem Spannungsabfall dieser Wicklung, hervorgerufen durch Selbstinduktion, und den Spannungsabfällen dieser Wicklung, hervorgerufen durch die Streufelder aller anderen Wicklungen. Wir bezeichnen den induktiven Spannungsabfall einer Wicklung mit $e_{s1}, e_{s2} \ldots e_{sn}$. Durch Hinzufügen der Kennziffer jener Wicklung, welche den Abfall hervorbringt, zum Index erhalten wir die Spannungsabfälle durch Selbstinduktion

$$e_{s11}, e_{s22} \ldots e_{snn}$$

und die Spannungsabfälle durch Beeinflussung der anderen Wicklungen

$$e_{s12}, e_{s13} \ldots e_{s1n}, e_{s21}, e_{s23} \ldots e_{s2n} \text{ usf.}$$

Da die Belastung der einzelnen Wicklungen voraussetzungsgemäß gleich ist, können die beiden Ziffern im Index ohne Änderung des Wertes vertauscht werden.

$$e_{s12} = e_{s21} \text{ usf.}$$

$$\left.\begin{aligned} e_{s1} &= x_1 e_{s11} + \hat{x}_2 e_{s12} + \hat{x}_3 e_{s13} + \ldots + \hat{x}_n e_{s1n} \\ e_{s2} &= x_1 e_{s21} + \hat{x}_2 e_{s22} + \hat{x}_3 e_{s23} + \ldots + \hat{x}_n e_{s2n} \\ &\vdots \\ e_{sn} &= x_1 e_{sn1} + \hat{x}_2 e_{sn2} + \hat{x}_3 e_{sn3} + \ldots + \hat{x}_n e_{snn} \end{aligned}\right\} \quad (1).$$

Schließen wir jeweils eine der Wicklungen kurz und speisen je eine der anderen Wicklungen mit einem Strom, entsprechend einer Belastung dieser Wicklung mit den angenommenen kVA, so erhalten wir die Kurzschlußspannung dieser beiden Wicklungen und mit Berücksichtigung des Ohmschen Spannungsabfalles den induktiven Spannungsabfall dieser beiden Wicklungen

$$e_{x12}, e_{x13} \ldots e_{x1n} \text{ usf.}$$

Aus den obigen Gleichungen (1) erhalten wir die Werte durch Subtrahieren je zweier Gleichungen, wobei die x mit richtigem Vorzeichen versehen werden müssen. Beim Kurzschlußversuch sind die Leistungen in der kurzgeschlossenen und in der an Spannung gelegten Wicklung gleich groß, die Ströme aber entgegengesetzt gerichtet. Die x dieser Wicklungen haben den Wert 1, aber ungleiches Vorzeichen. Die x der unbelasteten Wicklungen sind Null. Die geometrische Summe geht in eine arithmetische über.

$$\begin{aligned} e_{x12} &= e_{s11} + e_{s22} - 2e_{s12} & e_{x23} &= e_{s22} + e_{s33} - 2e_{s23} \\ e_{x13} &= e_{s11} + e_{s33} - 2e_{s13} & e_{x24} &= e_{s22} + e_{s44} - 2e_{s24} \\ &\vdots & &\vdots \\ e_{x1n} &= e_{s11} + e_{snn} - 2e_{s1n} & e_{x2n} &= e_{s22} + e_{snn} - 2e_{s2n} \end{aligned}$$

$$\text{allgemein } e_{xlm} = e_{sll} + e_{smm} - 2e_{slm} \quad . \quad (2).$$

Wird die Wicklung 1 gespeist und werden die anderen Wicklungen beliebig belastet, so ergibt sich der induktive Spannungsabfall, der an der Wicklung 2 gemessen wird, zu

$$X_{12} = e_{s1} - e_{s2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Im Index von X soll die erste Ziffer die gespeiste Wicklung, die zweite Ziffer die Wicklung, an de-

Digitized by Google

ren Klemmen der Spannungsabfall gemessen wird, bedeuten. Da der Strom in der Wicklung 1 die geometrische Summe aller Belastungsströme, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen, ist, so ergibt sich:

$$X_{12} = (-\hat{x}_2 - \hat{x}_3 - \ldots - \hat{x}_n)\, e_{s11} + \hat{x}_2 e_{s12} + \hat{x}_3 e_{s13} + \ldots + \hat{x}_n e_{s1n}$$
$$-(-\hat{x}_2 - \hat{x}_3 - \ldots - \hat{x}_n)\, e_{s21} - \hat{x}_2 e_{s22} - \hat{x}_3 e_{s23} - \ldots - \hat{x}_n e_{s2n}$$

oder durch Zusammenfassen aller Glieder mit gleichem x

$$-X_{12} = +\hat{x}_2 (e_{s11} - e_{s12} - e_{s21} + e_{s22}) + \hat{x}_3 (e_{s11} - e_{s13} - e_{s21} + e_{s23}) + \ldots + \hat{x}_n (e_{s11} - e_{s1n} - e_{s21} + e_{s2n}).$$

Da weiter allgemein nach Gleichung (2) gilt

$$e_{xlm} + e_{xln} - e_{xmn} = e_{sll} + e_{smm} - 2e_{slm} + e_{sll} + e_{snn} - 2e_{sln} - e_{smm} - e_{snn} + 2e_{smn} = 2(e_{sll} - e_{slm} - e_{sln} + e_{smn})$$

und $e_{xlm} = e_{sll} + e_{smm} - 2e_{slm}$, so wird

$$-X_{lm} = \sum_{i=1}^{n} \left\{ +\frac{\hat{x}_i}{2} (e_{xlm} + e_{xli} - e_{xmi}) \right\} \quad . \quad (5),$$

wobei das $i = l$ entsprechende Glied der Reihe mit Null und das $i = m$ entsprechende mit $x_m \cdot e_{xlm}$ einzusetzen ist.

Ist l die gespeiste Wicklung und soll, bei einer Belastungsschwankung in einer beliebigen Wicklung, keine Änderung des induktiven Spannungsabfalles der Wicklung m eintreten, so müßten alle Summanden mit Ausnahme von $x_m \cdot e_{xlm}$ Null werden.

Inwieweit dieses möglich ist, wollen wir nun für 3-, 4- und 5-Wicklungstransformatoren gesondert ermitteln. Für Dreiwicklungstransformatoren ergeben sich nach Gl. (4), wenn die Wicklung 1 als gespeist angenommen wird, für die induktiven Spannungsabfälle, die an den Wicklungen 2 und 3 gemessen werden, die folgenden zwei Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= x_2 e_{x12} + \frac{\hat{x}_3}{2} (e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) \\ -X_{13} &= \frac{x_2}{2} (e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) + \hat{x}_3 e_{x13} \end{aligned}\right\} (4a).$$

Soll eine Belastungsschwankung in der Wicklung 3 den induktiven Spannungsabfall X_{12} oder eine Belastungsschwankungen in der Wicklung 2 den induktiven Spannungsabfall X_{13} nicht beeinflussen, so muß

$$e_{x12} + e_{x13} - e_{x23} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

sein.

Dies ist nur dann möglich, wenn die Wicklung 1 zwischen den Wicklungen 2 und 3 angeordnet ist.

Nach Arnold „Wechselstrom-Technik", 2. Band, II. Auflage, Seite 26, ist die Kurzschlußspannung einer einfach konzentrischen Wicklung, wenn die Periodenzahl, Windungszahl, der mittlere Wicklungsdurchmesser, die Spannung und der Strom in eine Konstante C zusammengezogen werden, nur mehr von der radialen Breite, der achsialen Länge und dem Abstand der einzelnen Wicklungen abhängig.

Mit den Bezeichnungen der Abb. 1 ist

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= +\hat{x}_2 e_{x12} + \frac{\hat{x}_3}{2} (e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) + \ldots + \frac{\hat{x}_n}{2} (e_{x1n} + e_{x12} - e_{x2n}) \\ -X_{13} &= +\frac{\hat{x}_2}{2} (e_{x13} + e_{x12} - e_{x23}) + \hat{x}_3 e_{x13} + \ldots + \frac{\hat{x}_n}{2} (e_{x13} + e_{x1n} - e_{x3n}) \\ &\vdots \\ -X_{1n} &= +\frac{\hat{x}_2}{2} (e_{x1n} + e_{x12} - e_{x2n}) + \frac{\hat{x}_3}{2} (e_{x1n} + e_{x13} - e_{x3n}) + \ldots + \hat{x}_n e_{x1n} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

$$\left.\begin{aligned} e_{x12} &= C \frac{d_1 + d_2 + 3d_{12}}{l_1 + l_2} \\ e_{x13} &= C \frac{d_1 + d_3 + 3d_{13}}{l_1 + l_3} \\ e_{x23} &= C \frac{d_2 + d_3 + 3d_{12} + 3d_{13} + 3d_1}{l_2 + l_3} \end{aligned}\right\} (7).$$

Wegen Vermeidung von achsialen Kräften werden die Wicklungslängen l_1, l_2 und l_3 ungefähr gleich groß gemacht. Machen wir $l_2 = l_3$, so ist

$$e_{x12} + e_{x13} = C \frac{d_2 + d_3 + 3d_{12} + 3d_{13} + 2d_1}{l_1 + l_2},$$

$$e_{x23} = C \frac{d_2 + d_3 + 3d_{12} + 3d_{13} + 3d_1}{2l_2};$$

damit $e_{x12} + e_{x13} - e_{x23} = 0$ wird, ergibt sich die Bedingungsgleichung

$$\frac{d_2 + d_3 + 3d_{12} + 3d_{13} + 2d_1}{d_2 + d_3 + 3d_{12} + 3d_{13} + 3d_1} = \frac{l_1 + l_2}{2l_2} \quad . \quad (8).$$

Es muß daher $l_1 < l_2$ gemacht werden.

Für einen Vierwicklungstransformator ergeben sich nach Gleichung (4) folgende Gleichungen für die induktiven Spannungsabfälle. Wir nehmen wieder die Wicklung 1 als gespeist an.

Digitized by Google

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= x_2\, e_{x12} \hat{+} \frac{x_3}{2}(e_{x12}+e_{x13}-e_{x23}) \hat{+} \frac{x_4}{2}(e_{x12}+e_{x14}-e_{x24}) \\ -X_{13} &= \frac{x_2}{2}(e_{x12}+e_{x12}-e_{x23}) \hat{+} x_3\, e_{x13} \hat{+} \frac{x_4}{2}(e_{x13}+e_{x14}-e_{x34}) \\ -X_{14} &= \frac{x_2}{2}(e_{x14}+e_{x12}-e_{x24}) \hat{+} \frac{x_3}{2}(e_{x14}+e_{x13}-e_{x34}) \hat{+} x_4\, e_{x14} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (4b).$$

Soll die induktive Spannungsbeeinflussung wieder Null werden, so müssen die folgenden drei Gleichungen befriedigt werden.

$$\left.\begin{aligned} e_{x12}+e_{x13}-e_{x23}&=0 \\ e_{x12}+e_{x14}-e_{x24}&=0 \\ e_{x13}+e_{x14}-e_{x34}&=0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (9).$$

Wie wir nun auch die Wicklungen anordnen, können immer nur zwei Gleichungen erfüllt werden. Bei der Wicklungsanordnung 2—1—3—4 kann der ersten und zweiten Gleichung Genüge geleistet werden. Die dritte Gleichung kann nur dann Null werden, wenn $e_{x13}=0$ ist, was praktisch nicht möglich ist. Man wird daher als Wicklung 3 diejenige wählen, deren Spannung möglichst nahe der Spannung der Wicklung 1 liegt und den Abstand zwischen den Wicklungen 1 und 3 möglichst gering machen, damit der Wert der dritten Bedingungsgleichung möglichst klein und damit die Spannungsbeeinflussung möglichst gering wird.

Bei der angegebenen Wicklungs-Anordnung bleibt der induktive Spannungsabfall der Wicklung 2 von Belastungsschwankungen in den Wicklungen 3 und 4 unberührt. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 3 wird durch Belastungsschwankungen der Wicklung 4, der induktive Spannungsabfall der Wicklung 4 durch Belastungsschwankungen der Wicklung 3 beeinflußt.

Ein Vertauschen der Wicklungen 1 und 3 ergibt ähnliche Verhältnisse. Die Wicklungsanordnung ist dann 2—3—1—4. Von den drei Bedingungs-Gleichungen kann die zweite und dritte erfüllt werden. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 2 wird durch Belastungsschwankungen der Wicklung 3, der induktive Spannungsabfall der Wicklung 3 durch Belastungsschwankungen der Wicklung 2 beeinflußt. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 4 bleibt von Belastungsschwankungen in den Wicklungen 2 und 3 unbeeinflußt.

Für Fünf-Wicklungstransformatoren liegen nach Gleichung (4) die Verhältnisse wie folgt:

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= x_2\, e_{x12} \hat{+} \frac{x_3}{2}(e_{x12}+e_{x13}-e_{x23}) \hat{+} \frac{x_4}{2}(e_{x12}+e_{x14}-e_{x24}) \hat{+} \frac{x_5}{2}(e_{x12}+e_{x15}-e_{x25}) \\ -X_{13} &= \frac{x_2}{2}(e_{x13}+e_{x12}-e_{x23}) \hat{+} x_3\, e_{x13} \hat{+} \frac{x_4}{2}(e_{x13}+e_{x14}-e_{x34}) \hat{+} \frac{x_5}{2}(e_{x13}+e_{x15}-e_{x35}) \\ -X_{14} &= \frac{x_2}{2}(e_{x14}+e_{x12}-e_{x24}) \hat{+} \frac{x_3}{2}(e_{x14}+e_{x13}-e_{x34}) \hat{+} x_4\, e_{x14} \hat{+} \frac{x_5}{2}(e_{x14}+e_{x15}-e_{x45}) \\ -X_{15} &= \frac{x_2}{2}(e_{x15}+e_{x12}-e_{x25}) \hat{+} \frac{x_3}{2}(e_{x15}+e_{x13}-e_{x35}) \hat{+} \frac{x_4}{2}(e_{x15}+e_{x14}-e_{x45}) \hat{+} x_5\, e_{x15} \end{aligned}\right\} \quad . (4c).$$

Soll die induktive Spannungsbeeinflussung wieder Null sein, so müssen die sechs Bedingungsgleichungen erfüllt sein:

$$\left.\begin{aligned} e_{x12}+e_{x13}-e_{x23}&=0 \\ e_{x12}+e_{x14}-e_{x24}&=0 \\ e_{x12}+e_{x15}-e_{x25}&=0 \\ e_{x13}+e_{x14}-e_{x34}&=0 \\ e_{x13}+e_{x15}-e_{x35}&=0 \\ e_{x14}+e_{x15}-e_{x45}&=0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots (10).$$

Vorteilhaft wird man die Wicklung 1 in der Mitte aller anderen Wicklungen anordnen. Es können dann vier von den sechs Bedingungsgleichungen erfüllt werden. Zur Erfüllung aller sechs Gleichungen müßte der induktive Anteil der Kurzschlußspannung der beiden innersten und der beiden äußersten Wicklungen Null sein, was praktisch wieder nicht möglich ist.

Für Mehrwicklungstransformatoren mit gerader Anzahl von Wicklungen wiederholen sich die Verhältnisse des Vierwicklungs-

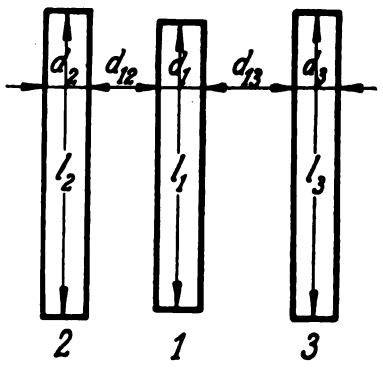


Abb. 1.

transformators, bei ungerader Anzahl von Wicklungen die des Fünfwicklungstransformators.

Die Beeinflussung des induktiven Spannungsabfalles durch Belastungsänderungen in anderen Wicklungen kann nur bei Dreiwicklungs-Transformatoren Null gemacht werden. Für Transformatoren mit mehr als drei Wicklungen muß die gespeiste Wicklung möglichst in der Mitte der anderen Wicklungen angeordnet sein, damit die Spannungsbeeinflussung ein Minimum wird.

Digitized by Google

Wir haben nun die Beeinflussung des Ohmschen Spannungsabfalles einer Wicklung durch Belastungsschwankungen in den anderen Wicklungen zu betrachten. Die gespeiste Wicklung sei wieder die Wicklung 1. Der Ohmsche Spannungs-Abfall, der an jeder Wicklung gemessen wird, setzt sich aus dem Ohmschen Spannungsabfall der gespeisten Wicklung, in welcher die geometrische Summe aller Belastungsströme fließt, und dem Ohmschen Spannungsabfall der betrachteten Wicklung zusammen.

$$\left.\begin{aligned} -R_{12} &= (\hat{+}x_2 \hat{+} x_3 \hat{+} \ldots \hat{+} x_n)\, e_{r1} \hat{+} x_2\, e_{r2} \\ -R_{13} &= (\hat{+}x_2 \hat{+} x_3 \hat{+} \ldots \hat{+} x_n)\, e_{r1} \hat{+} x_3\, e_{r3} \\ &\vdots \\ -R_{1n} &= (\hat{+}x_2 \hat{+} x_3 \hat{+} \ldots \hat{+} x_n)\, e_{r1} \hat{+} x_n\, e_{rn} \end{aligned}\right\} \quad (11).$$

Hiebei bezeichnen e_{r1}, e_{r2} ... e_{rn} die Ohmschen Spannungsabfälle der einzelnen Wicklungen in Prozenten der Leerlaufspannungen. Die Gleichungen (11) können auch wie folgt geschrieben werden:

$$-R_{12} = x_2\,(e_{r1} + e_{r2}) \hat{+} (x_3 \hat{+} x_4 \hat{+} \ldots \hat{+} x_n)\, e_{r1}$$

$$-R_{13} = x_3\,(e_{r1} + e_{r3}) \hat{+} (x_2 \hat{+} x_4 \hat{+} \ldots \hat{+} x_n)\, e_{r1}$$

$$\vdots$$

$$-R_{1n} = x_n\,(e_{r1} + e_{rn}) \hat{+} (x_2 \hat{+} x_3 \hat{+} \ldots \hat{+} x_{n-1})\, e_{r1}$$

Da die Ohmschen Spannungsabfälle sich gegenseitig nicht beeinflussen, ist eine Kompensation derselben nicht möglich.

Der Spannungsabfall einer Wicklung wird gefunden, indem man den induktiven und Ohmschen Spannungsabfall geometrisch addiert. Es muß sich demnach der Spannungsabfall in allen Wicklungen, deren Belastung unverändert bleibt, bei Belastungsänderung einer oder mehrerer Wicklungen von Mehrwicklungstransformatoren ändern. Diese Änderung kann durch richtige Wicklungsanordnung auf ein Minimum gebracht werden. Bei Dreiwicklungstransformatoren ist das Minimum durch die Änderung des Ohmschen Spannungsabfalles der gespeisten Wicklung gegeben.

Im Folgenden werden nur mehr Dreiwicklungstransformatoren in Betracht gezogen. Die bisher abgeleiteten Gleichungen gelten auch für die Kurzschlußversuche. Es ist dabei zu beachten, daß die kurzgeschlossene Wicklung, welche bei mehrfacher Speisung den Summenstrom führt, als gespeiste Wicklung anzusehen ist. Die induktiven Spannungsabfälle sind dann, wenn die Wicklung 1 die gespeiste oder kurzgeschlossene Wicklung ist,

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= x_2\, e_{x12} \hat{+} x_3\, \frac{e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}}{2} \\ -X_{13} &= x_2\, \frac{e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}}{2} \hat{+} x_3\, e_{x13} \end{aligned}\right\} \quad (4\,a).$$

Wenn die Wicklung 2 gespeist oder kurzgeschlossen ist, so wird nach Gleichung (5)

$$\left.\begin{aligned} -X_{21} &= x_1\, e_{x12} \hat{+} \frac{x_3}{2}\,(e_{x21} + e_{x23} - e_{x13}) \\ -X_{23} &= \frac{x_1}{2}\,(e_{x23} + e_{x21} - e_{x13}) \hat{+} x_3\, e_{x23} \end{aligned}\right\} \quad (5\,a)$$

und, wenn die Wicklung 3 gespeist oder kurzgeschlossen ist,

$$\left.\begin{aligned} -X_{31} &= x_1\, e_{x13} \hat{+} \frac{x_2}{2}\,(e_{x13} + e_{x23} - e_{x12}) \\ -X_{32} &= \frac{x_1}{2}\,(e_{x23} + e_{x13} - e_{x12}) \hat{+} x_2\, e_{x23} \end{aligned}\right\} \quad (5\,b).$$

Ordnen wir die Wicklung 1 zwischen den Wicklungen 2 und 3 an, und legen die Wicklung gemäß Gleichung (6) so aus, daß

$$e_{x21} + e_{x13} - e_{x23} = 0$$

ist, so wird

$$\left.\begin{aligned} \frac{e_{x12} + e_{x23} - e_{x13}}{2} &= e_{x12} \\ \frac{e_{x13} + e_{x23} - e_{x12}}{2} &= e_{x13} \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

und die Gleichungen für die induktiven Spannungsabfälle sind dann:

$$\left.\begin{aligned} -X_{12} &= x_2\, e_{x12} \\ -X_{13} &= x_2\, e_{x13} \\ -X_{21} &= x_1\, e_{x12} \hat{+} x_2\, e_{x12} \\ -X_{23} &= x_1\, e_{x12} \hat{+} x_3\, e_{x23} \\ -X_{31} &= x_1\, e_{x13} \hat{+} x_2\, e_{x13} \\ -X_{32} &= x_1\, e_{x13} \hat{+} x_2\, e_{x23} \end{aligned}\right\} \quad (13).$$

Die zugehörigen Streukraftlinienbilder sind in den Abb. 2 bis 4 gezeichnet, und zwar: Abb. 2 für

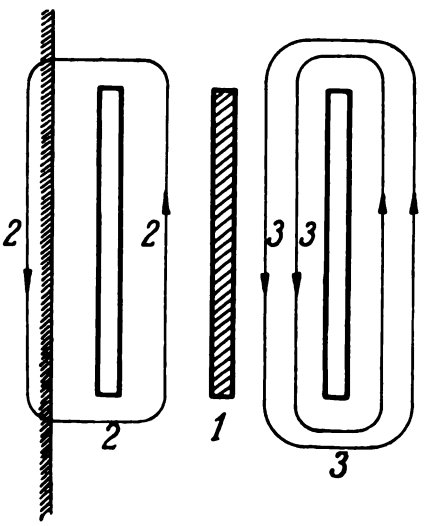


Abb. 2.

den Fall, daß die Wicklung 1, Abb. 3 für den Fall, daß die Wicklung 2, und Abb. 4 für den Fall, daß die Wicklung 3 gespeist oder kurzgeschlossen ist. Der Streukraftfluß zwischen Wicklung 1 und 2 ist durch eine Linie, der zwischen Wicklung 1 und 3 durch zwei Linien, der zwischen Wicklung 2 und 3 durch drei Linien angedeutet. Die Streukraftflüsse sind weiters mit der gleichen Ziffer wie die Wick-

Digitized by Google

lung, in welcher der sie hervorbringende Strom fließt, versehen. Unter Beachtung, daß der induktive Spannungsabfall durch die innerhalb der Wicklung verlaufenden Streukraftlinien bestimmt wird, kann anhand der vorstehenden Formeln die Richtigkeit der Abbildungen kontrolliert werden.

In Abb. 2 ist der induktive Spannungsabfall der Wicklung 2 in Übereinstimmung mit der vorstehenden Formel gegeben durch den Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 2, hervorgerufen durch den Strom der Wicklung 2. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 3 wird, da sich der Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 2 innerhalb der Wicklung 3 aufhebt, durch den Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 3, herrührend vom Strom der Wicklung 3, bestimmt.

In Abb. 3 ist der induktive Spannungsabfall der Wicklung 1 gegeben durch den vom Strom der

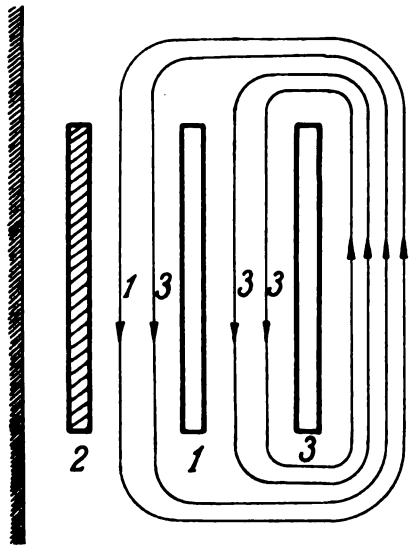


Abb. 3.

Wicklung 1 herrührenden Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 2 und den vom Strom der Wicklung 3 hervorgerufenen Streufluß, der zwischen den Wicklungen 1 und 2 durchfließt. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 3 wird durch den Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 2, herrührend von Strom der Wicklung 1, und dem ganzen Streufluß zwischen den Wicklungen 2 und 3, herrührend von Strom der Wicklung 3, bedingt.

In Abb. 4 ist der induktive Spannungsabfall der Wicklung 1 durch die von den Strömen der Wicklungen 1 und 2 herrührenden Streuflüsse zwischen den Wicklungen 1 und 3 gegeben. Der vom Strom der Wicklung 2 herrührende, zwischen den Wicklungen 1 und 2 fließende Kraftfluß wird, da die Kraftlinien sich innerhalb der Wicklung 1 über Eisen schließen, wirkungslos. Der induktive Spannungsabfall der Wicklung 2 setzt sich aus dem vom Strom der Wicklung 1 herrührenden Streufluß zwischen den Wicklungen 1 und 3 und dem vom Strom der Wicklung 2 herrührenden Streufluß zwischen den Wicklungen 2 und 3 zusammen.

Die Streukraftlinien, welche innerhalb der gespeisten oder kurzgeschlossenen Wicklung erzeugt werden, schließen sich durch den Eisenkern, die Kraftlinien, welche außerhalb der gespeisten oder kurzgeschlossenen Wicklung erzeugt werden, schließen sich über Luft.

Ferner ergibt sich aus:

$$e_{x12} = e_{s1} + e_{s2},$$
$$e_{x13} = e_{s1} + e_{s3},$$
$$e_{x23} = e_{s2} + e_{s3}$$

und der Bedingungs-Gleichung (6)

$$e_{x12} + e_{x13} - e_{x23} = 0$$

$$e_{s1} = 0, \quad e_{s2} = e_{x12}, \quad e_{s3} = e_{x13} \quad . \quad . \quad (14).$$

Die Ohmschen Abfälle sind, wie sich aus Gleichung (11) ergibt,

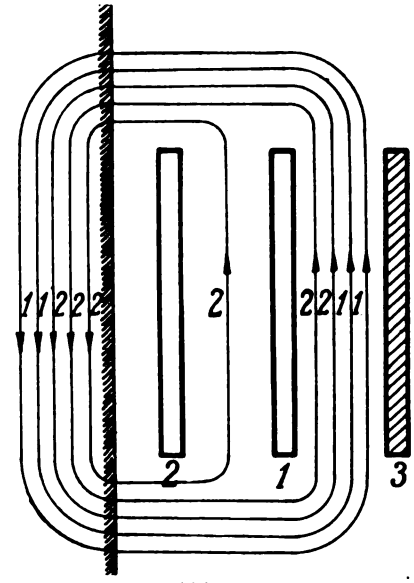


Abb. 4.

$$\left.\begin{aligned}
-R_{12} &= x_2 (e_{r1} + e_{r2}) \hat{+} x_3 e_{r1} \\
-R_{13} &= x_3 (e_{r1} + e_{r3}) \hat{+} x_2 e_{r1} \\
-R_{21} &= x_1 (e_{r2} + e_{r1}) \hat{+} x_3 e_{r2} \\
-R_{23} &= x_3 (e_{r2} + e_{r3}) \hat{+} x_1 e_{r2} \\
-R_{31} &= x_1 (e_{r3} + e_{r1}) \hat{+} x_2 e_{r3} \\
-R_{32} &= x_2 (e_{r3} + e_{r2}) \hat{+} x_1 e_{r3}
\end{aligned}\right\} \quad . \quad (15).$$

Die Kurzschlußversuche an einem Dreiwicklungs-Transformator werden so vorgenommen, daß eine Wicklung kurzgeschlossen, eine zweite Wicklung an Spannung gelegt wird und die dritte Wicklung stromlos bleibt. Die Spannung der offenen Wicklung wird gemessen.

Im Nachstehenden wird die Richtigkeit der abgeleiteten Beziehungen an den Ergebnissen der Kurzschlußversuche eines Dreiwicklungs-Transformators nachgeprüft. Die für die Versuche verwendeten Transformatoren sind die größten in Österreich zur Aufstellung gelangten Dreiwicklungstransformatoren für das Kraft-

Digitized by Google

werk Pernegg der STEWEAG und wurden von der ELIN, Aktiengesellschaft für elektrische Industrie, Fabrik Weiz, geliefert[1]). Die Transformatoren haben ein Leerlauf-Übersetzungsverhältnis 5000/108 250/20 000 ± 5 vH. Die 5 und 100 kV-Wicklungen sind für 8000 kVA, die 20 kV-Wicklung für 4000 kVA ausgelegt, so daß die Summenleistung 8000 kVA beträgt mit der Einschränkung, daß die Leistung der 20 kV-Wicklung 4000 kVA nicht übersteigt. Wir bezeichnen die 5 kV-Wicklung, welche direkt ohne Zwischenschaltung von Sammelschienen an die Generatoren angeschlossen ist, mit Wicklung 1, die 20 kV-Wicklung mit 2 und die 100 kV-Wicklung mit 3. Die 5 kV-Wicklung (1) ist zwischen der innenliegenden 20 kV (2) und der außenliegenden 100 kV (3) Wicklung angeordnet. Für die in folgender Tabelle angeführten Versuche wurde nur die mittlere Anzapfung der 20 kV-Wicklung verwendet.

Versuch Nr.	I	II	III	IV
An Spannung gelegte Wicklung, kV	20 (2)	100 (3)	100 (3)	5 (1)
Kurzgeschlossene Wicklung, kV	5 (1)	5 (1)	20 (2)	100 (3)
Offene Wicklung, kV	100 (3)	20 (2)	5 (1)	20 (2)
Strom entsprechend einer Leistung in kVA von	4000	8000	4000	8000
Kurzschlußspannung, vH	2·82	9·15	7·35	9·15
Wicklungsverluste = Ohmscher Spannungsabfall, vH	0·6	0·94	0·615	0·94
Gemessene Spannung in der offenen Wicklung, vH	0·208	0·41	2·8	9·03
Gerechneter induktiver Spannungsabfall, vH	2·76	9·1	7·32	9·1

Die gefundenen Werte sind auf gleiche Leistung, zum Beispiel 8000 kVA, proportional umzurechnen, also

$$e_{x12} = 5{\cdot}52 \text{ vH (Versuch I)},$$
$$e_{x13} = 9{\cdot}1 \text{ „ („ II)},$$
$$e_{x23} = 14{\cdot}64 \text{ „ („ III)}.$$
$$e_{r1} + e_{r3} = 1{\cdot}2 \text{ vH (aus Versuch I)},$$
$$e_{r1} + e_{r3} = 0{\cdot}94 \text{ „ („ „ II)},$$
$$e_{r2} + e_{r3} = 1{\cdot}23 \text{ „ („ „ III)}.$$

Daraus ergibt sich

$$e_{r1} = 0{\cdot}455 \text{ vH}, \quad e_{r2} = 0{\cdot}745 \text{ vH}, \quad e_{r3} = 0{\cdot}485 \text{ vH},$$
$$e_{x12} + e_{x13} - e_{x23} = 5{\cdot}52 + 9{\cdot}1 - 14{\cdot}64 = 0{\cdot}02 \text{ vH}.$$

Die Bedingung für minimale Beeinflussung der Spannungsabfälle bei Belastungsschwankungen ist demnach erfüllt, vorausgesetzt, daß Wicklung 1 gespeist wird. Aus den schon angeführten Gleichungen für den induktiven und Ohmschen Spannungsabfall errechnen sich die Spannungen in den jeweils offenen Wicklungen.

Bei Versuch I ist

$$x_1 = x_2 = \frac{1}{2}, \quad x_3 = 0,$$

$$-X_{13} = x_3 e_{x13} = 0,$$

$$-R_{13} = x_3 (e_{r1} + e_{r3}) \hat{+} x_2 e_{r1} = \frac{1}{2} 0{\cdot}455 = 0{\cdot}2275.$$

Die Spannung an der offenen Wicklung 3 ist

$$e_3 = \sqrt{X_{13}^2 + R_{13}^2} = 0{\cdot}227 \text{ vH}.$$

Bei Versuch II ist

$$x_1 = x_3 = 1, \quad x_2 = 0,$$
$$-X_{12} = x_2 e_{x12} = 0,$$
$$-R_{12} = x_2 (e_{r1} + e_{r3}) \hat{+} x_3 e_{r1} = 0{\cdot}455.$$

Die Spannung an der offenen Wicklung 2 ist

$$e_2 = \sqrt{X_{12}^2 + R_{12}^2} = 0{\cdot}455 \text{ vH}.$$

In gleicher Art errechnen sich die Spannungen der offenen Wicklungen bei den weiteren Versuchen. Im nachstehenden werden die Rechnungs-Ergebnisse den gemessenen Werten gegenübergestellt:

Versuch	Spannung an der offenen Wicklung	
	gerechnet (vH)	gemessen (vH)
I	0·227	0·208
II	0·455	0·41
III	2·84	2·8
IV	9·14	9·03

Die Versuchsresultate stimmen demnach mit der Rechnung sehr gut überein.

Wir haben nun noch anhand der Abbildungen 5 a und 5 b die Formeln für die Berechnung der Spannungsabfälle der einzelnen Wicklungen bei beliebigem cos φ abzuleiten. Damit die Formeln allgemein gültig sind, wollen wir die Bedingungsgleichung

$$e_{x12} + e_{x13} - e_{x23} = 0$$

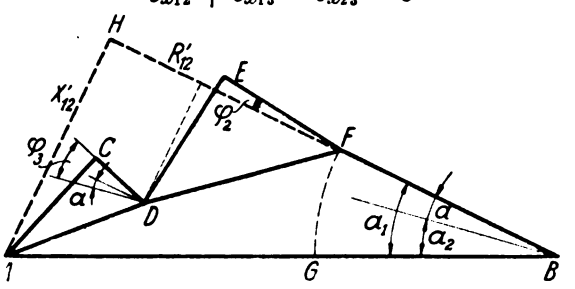


Abb. 5 *a*.

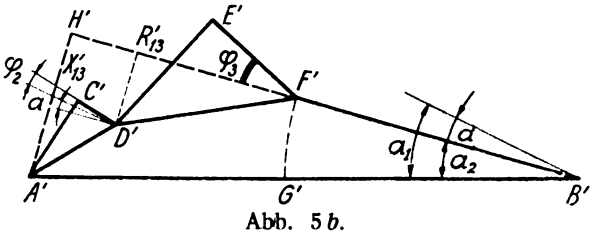


Abb. 5 *b*.

nicht berücksichtigen. Wir beschränken uns weiter darauf, die Formeln nur für Dreiwicklungstransformatoren zu entwickeln. Für Mehrwicklungstransformatoren haben die Ableitungen in gleicher Art zu erfolgen.

Die Abb. 5a und b gelten für den Fall, daß die Wicklung 1 gespeist wird und in Wicklung 2 und 3 gleichzeitig Strom mit cos φ_2 bzw. cos φ_3 abgenommen wird. Die Abb. 5a gibt den Spannungsabfall der Wicklung 2, die Abb. 5b den der Wicklung 3.

[1]) Vgl. S. 668 d. H.

Digitized by Google

Die einzelnen Strecken der Abb. 5a bedeuten, wenn man sich die graphische Ausdeutung der Gleichungen (4a) und (15) vor Augen hält:

$\overline{AB}$ = 100 vH Leerlaufspannung,

$\overline{AC} = \frac{x_3}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23})$,

$\overline{DE} = x_2\, e_{x12}$,

$\overline{CD} = x_3\, e_{r1}$,

$\overline{EF} = x_2 (e_{r1} + e_{r2})$,

$\overline{BF}$ = die Spannung der Wicklung 2 in vH bei der angegebenen Belastung,

$\overline{AG}$ = der prozentuelle Spannungsabfall der Wicklung 2 bei der angegebenen Belastung,

$\sphericalangle EFH = \varphi_2$.

Die einzelnen Strecken der Abb. 5b bedeuten:

$\overline{A'B'}$ = 100 vH Leerlaufspannung,

$\overline{A'C'} = \frac{x_2}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23})$,

$\overline{D'E'} = x_3\, e_{x13}$,

$\overline{C'D'} = x_2\, e_{r1}$,

$\overline{E'F'} = x_3 (e_{r1} + e_{r3})$,

$\overline{B'F'}$ = die Spannung der Wicklung 3 in vH bei der angegebenen Belastung,

$\overline{A'G'}$ = der prozentuelle Spannungsabfall der Wicklung 3 bei der angegebenen Belastung.

$\sphericalangle E'F'H' = \varphi_3$.

Da $\overline{AB} \parallel \overline{A'B'}$ ist, müssen auch die Ohmschen und induktiven Spannungsabfälle durch den Strom in der Wicklung 2 in beiden Abbildungen parallel gezeichnet werden, also $\overline{A'C'} \parallel \overline{DE}$ und $\overline{C'D'} \parallel \overline{EF}$. Das gleiche gilt für die Ohmschen und induktiven Spannungsabfälle, welche durch den Strom in der Wicklung 3 bedingt sind, also $\overline{AC} \parallel \overline{D'E'}$ und $\overline{CD} \parallel \overline{E'F'}$. Der innere Phasenverschiebungswinkel der Wicklung 2 ist α_1, der der Wicklung 3 α_2. Die Differenz dieser beiden Winkel bezeichnen wir mit α.

Aus der Abb. 5a ergibt sich durch Projektion des Linienzuges *FEDCA* auf *FH* und auf *AH*:

$$\left.\begin{aligned}\overline{FH} = R_{12}' = {} & x_2 (e_{r1} + e_{r2}) \cos\varphi_2 + x_2\, e_{x12} \sin\varphi_2 + \\ & + x_3\, e_{r1} \cos(\varphi_3 - \alpha) + \\ & + \frac{x_3}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) \sin(\varphi_3 - \alpha) \\ \overline{AH} = X_{12}' = {} & - x_2 (e_{r1} + e_{r2}) \sin\varphi_2 + \\ & + x_2\, e_{x12} \cos\varphi_2 - x_3\, e_{r1} \sin(\varphi_3 - \alpha) + \\ & + \frac{x_3}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) \cos(\varphi_3 - \alpha).\end{aligned}\right\} \quad (16)$$

Aus der Abb. 5b durch Projektion von *F'E'D'C'A'*:

$$\left.\begin{aligned}\overline{F'H'} = R_{13}' = {} & x_3 (e_{r1} + e_{r3}) \cos\varphi_3 + x_3\, e_{x13} \sin\varphi_3 + \\ & + x_2\, e_{r1} \cos(\varphi_2 + \alpha) + \\ & + \frac{x_2}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) \sin(\varphi_2 + \alpha) \\ \overline{A'H'} = X_{13}' = {} & - x_3 (e_{r1} + e_{r3}) \sin\varphi_3 + \\ & + x_3\, e_{x13} \cos\varphi_3 - x_2\, e_{r1} \sin(\varphi_2 + \alpha) + \\ & + \frac{x_2}{2}(e_{x12} + e_{x13} - e_{x23}) \sin(\varphi_2 + \alpha).\end{aligned}\right\} \quad (17)$$

Hierbei ist $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ und, wie aus Abb. 5a und 5b unmittelbar zu entnehmen,

$$\left.\begin{aligned}\sin\alpha_1 &= \frac{X_{12}'}{100} \\ \sin\alpha_2 &= \frac{X_{13}'}{100}\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (18).$$

Der Spannungsabfall der Wicklung 2 bei der angegebenen Belastung ist dann

$$\Delta e_2 = 100 + R_{12}' - \sqrt{100^2 - X_{12}'^2},$$

der Spannungsabfall der Wicklung 3

$$\Delta e_3 = 100 + R_{13}' - \sqrt{100^2 - X_{13}'^2}.$$

Da der Winkel α von den Unbekannten R_{12}', R_{13}', X_{12}' und X_{13}' abhängig ist, ergeben sich bei genauer Rechnung für die Praxis unbrauchbare Formeln.

Wenn $X_{12}' = 10$ vH ist, höhere Werte kommen bei Transformatoren meist nicht in Frage, so wird der Winkel $\alpha_1 \sim 6°$. Wenn wir $\varphi_3 - \alpha \sim \varphi_3$ und $\varphi_2 + \alpha \sim \varphi_2$ setzen, also den Winkel α vernachlässigen, so wird der Fehler nicht groß.

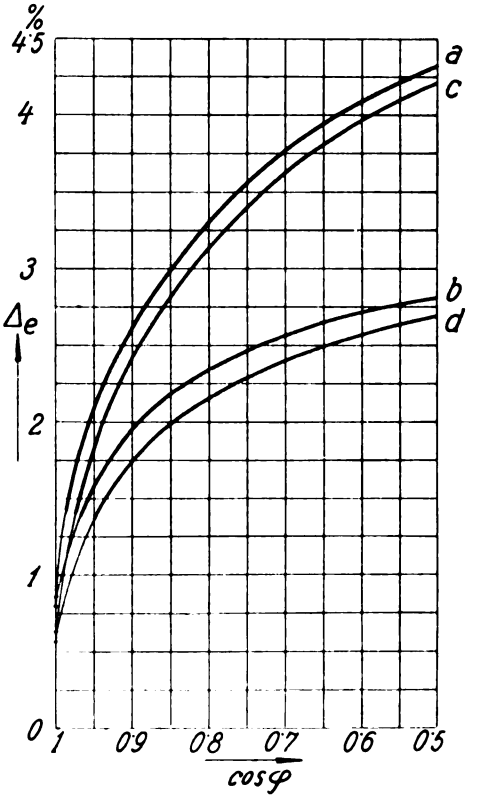


Abb. 6.

In den meisten Fällen wird es schon genügen, R_{12}' bezw. R_{13}' als Spannungsabfall anzusehen. Der dadurch verursachte Fehler wird bei $\cos\varphi = 1$ nur einige Zehntel Prozent, bei kleinerem $\cos\varphi$ nur einige Hundertstel Prozent.

In der Abb. 6 sind die mit Vernachlässigung des Winkel α gerechneten Spannungsabfälle für verschiedene $\cos\varphi$ der oben als Beispiel herangezogenen Pernegger Transformatoren gezeichnet. Vorausgesetzt ist, $\cos\varphi_2 = \cos\varphi_3$. Die Kurve *a*

Digitized by Google

ist der Spannungsabfall der Wicklung 3 bei verschiedenen cos φ, die Kurve *b* ist der Spannungsabfall der Wicklung *2* bei verschiedenen cos φ, wenn beide Wicklungen gleichzeitig mit je 4000 kVA belastet sind. Die Kurve *c* ist der Spannungsabfall der Wicklung 3 für den Fall, daß die Wicklung *2* stromlos gemacht wird. Die Belastung der Wicklung *3* bleibt ungeändert 4000 kVA. Die Kurve *b* gibt den Spannungsabfall der Wicklung *2* für den Fall, daß die Wicklung *3* abgeschaltet wird und die Wicklung *2* weiter mit 4000 kVA belastet bleibt. Die Differenz *a* — *c* gibt dann die Spannungsbeeinflussung durch die Wicklung 3 bei vollständiger Entlastung der Wicklung 3, die Differenz *b* — *d* die Spannungsbeeinflussung durch die Wicklung *2* bei vollständiger Entlastung der Wicklung 2. Wie aus dem Beispiel ersichtlich ist, können diese Werte sehr klein gehalten werden.

Zentralenleiter und Hochdruckdampfbetrieb.

Von Prof. Dr. **Löffler**, Berlin-Charlottenburg.

Die großen wirtschaftlichen Vorteile, welche mit der Steigerung des Dampfdruckes und der Dampftemperatur verbunden sind, haben in den letzten Jahren zu rascher Entwicklung des Hochdruckdampfbetriebes in Kraftwerken geführt. Während noch vor etwa vier Jahren 20 at Betriebsdruck bei Dampfanlagen kaum irgendwo überschritten wurden, gibt es heute wohl nur wenige Zentralenleiter, die bei einer Erweiterung ihres Werkes einen Betriebsdruck von weniger als etwa 35 at wählen werden. Recht selten sind aber noch die Zentralenleiter, die den Mut aufbringen, für ihre Dampfanlagen Betriebsdrücke von über 100 at zuzulassen. Der hohe Dampfdruck allein ist allerdings nicht ausschlaggebend für die erreichbare Wirtschaftlichkeit des Betriebes. Nur wenn mit dem Dampfdruck auch die Überhitzungstemperatur des Dampfes wesentlich über die noch vor kurzem als nicht überschreitbar angesehene Grenze von 400° C gesteigert wird, ist hoher Dampfdruck vorteilhaft.

Die meisten der bisher, namentlich in Amerika, gebauten Hochdruckdampfanlagen arbeiten mit Dampftemperaturen, wie sie auch bei Niederdruckanlagen gebräuchlich sind. In solchen Hochdruckanlagen läßt sich eine nennenswerte Verbesserung der Wärmewirtschaft gegenüber Niederdruckanlagen nicht erzielen. Die Furcht vor hohen Überhitzungstemperaturen scheint aber noch größer zu sein als die Bedenken gegen den Hochdruck.

Im Nachfolgenden soll versucht werden, etwas in die Psyche der Zentralenleiter einzudringen, um ihre Einstellung zum Hochdruckdampfbetriebe richtig zu würdigen. Daraus werden sich die Richtlinien ergeben, die der moderne Zentralenleiter bei der Ausgestaltung seines Werkes beachten muß, wenn er dessen Wirtschaftlichkeit durch Erhöhung der Dampfdrücke und -temperaturen verbessern will.

Für jeden Leiter eines Kraftwerkes steht zweifellos die Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Werkes an erster Stelle, denn er muß unter allen Umständen den erforderlichen Strom schaffen. Wenn man die große Verantwortung bedenkt, die die Zentralenleiter in großen Städten mit intensivem geschäftlichen Leben und starkem Verkehr zu tragen haben, ja, wenn man nur ihre Aufgabe ins Auge faßt, den notwendigen Lichtstrom sicher zu liefern, dann begreift man ihre Sorgen und inneren Kämpfe bei der Entschlußfassung über die Frage: Hochdruckdampf oder nicht?

Die meisten Zentralenleiter sind von Haus aus Elektriker und wenden daher vor allem der Elektrizitätswirtschaft ihr Augenmerk zu, weniger der unter Umständen wichtigeren Dampfwirtschaft. Solange der Betrieb halbwegs sicher läuft und keine großen Störungen ergibt, ist alles in Ordnung. Bei Erweiterungen und Neuanschaffungen schrecken daher viele Werksleiter vor weitgehenden Änderungen der Betriebsweise zurück. Wird ihnen gar grundsätzliche Umgestaltung der Arbeitsweise zugemutet, dann setzen sie ihr meistens heftigen Widerstand entgegen.

Die Not der Zeit zwingt aber zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Es muß an Kohle und Geld gespart werden. Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes wird gefordert.

In Amerika hat die gewaltige Entwicklung der Industrie und das rasche Anwachsen der Städte zu starker Steigerung der Leistung der Kraftwerke und der zugehörigen Kessel und Maschinen geführt. Kessel von mehreren tausend Quadratmetern Heizfläche und Maschineneinheiten von 100 000 kW wurden geschaffen und dadurch die Wärmeverluste und der Aufwand an Bedienungspersonal verhältnismäßig verringert.

Diesem Wege zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit stehen aber erhebliche Bedenken entgegen, weil Störungen an solchen großen Leistungseinheiten schwerwiegende Folgen haben und die notwendige Reserve zu teuer wird. Man wird sich vor einer Überspannung dieser Bestrebungen hüten und die Forderung beachten müssen, daß die Leistung des einzelnen Kessels und der einzelnen Maschine immer nur einen Bruchteil der Gesamtleistung der Zentrale betragen soll.

Wesentlich aussichtsreicher für die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Werke erscheint die Steigerung des Druck- und Temperaturgefälles der Dampfanlagen. Die Anschauungen hierüber haben lange Zeit geschwankt, und noch vor kurzem haben namhafte Fachleute und Erbauer von Zentralen behauptet, daß Steigerung des Dampfdruckes über 35 at hinaus keinen wirtschaftlichen Vorteil bringe. Sie haben bei ihren Überlegungen aber einseitig nur die Steigerung des Dampf-

Digitized by Google

druckes berücksichtigt, weil ihnen weitere Steigerung der Überhitzungstemperatur wegen der dabei zu erwartenden Materialschwierigkeiten, namentlich an den Überhitzern und den Turbinenschaufeln, unmöglich erschien.

Hinzu kam, daß der bisherige Dampferzeugungsbetrieb sicher nicht geeignet war, den Zentralenleitern Vertrauen zu der Erhöhung des Dampfdruckes einzuflößen. Es ist hier nicht der Ort, auf die bauliche Gestaltung und die betrieblichen Mängel der alten Kesselarten näher einzugehen. Aber jedem Zentralenleiter ist wohl unangenehm klar geworden, daß der bisherige Kesselbetrieb schon bei niedrigen Dampfdrücken von vielen Faktoren ungünstig beeinflußt wird und völlig unbeherrschbar ist. Die Beschaffenheit des Speisewassers, die Feuerführung, die Bauart und Ausführung des Kessels, vor allem aber der Wasserumlauf, der die Entblößung der beheizten Dampferzeugungsflächen von Wasser verhüten soll, machen den bisherigen Dampfkesselbetrieb unsicher und sogar gefährlich. Daher ist er auch umständlichen, strengen Vorschriften und einer Prüfung unterworfen, durch die verhütet werden soll, daß ungeeignetes Material zum Bau verwendet oder der Zusammenbau unzweckmäßig durchgeführt wird.

Die Unbeherrschbarkeit und Unsicherheit im seitherigen Kesselbetriebe hat zur Ausbildung zahlreicher neuer Bauarten geführt. Durch die Zahl, die Größe und Anordnung der Kesseltrommeln und der sie verbindenden Rohre sollten die verschiedenen Mängel mehr oder weniger behoben werden. Die beim Zusammenbau der alten Kesselarten angewendeten Arbeitsmethoden zwingen zur Verwendung weicher Stähle, die bekanntlich schon während der Herstellung und noch mehr im Betriebe Veränderungen unterworfen sind, welche schwere Störungen verursachen können. Daher darf auch bei der Prüfung der Kessel vor der Inbetriebsetzung kein wesentlich höherer Druck angewendet werden als im Betriebe, weil sonst das Kesselgefüge schädlich verändert werden kann.

Es ist deshalb begreiflich, wenn die Zentralenleiter den Bestrebungen zur Einführung des Hochdruckdampfbetriebes mit einiger Besorgnis gegenüberstehen und vor zu rascher Steigerung des Dampfdruckes warnen.

Inzwischen sind aber neue Dampferzeugungsverfahren entwickelt worden, die den besonderen Anforderungen des Hochdruckdampfbetriebes angepaßt sind und namentlich die Beherrschung der Strömungs- und Wärmewirkungen im Kesselbetriebe anstreben. Über diese Verfahren, die zum Teil schon im praktischen Betriebe erprobt wurden, sind zahlreiche Veröffentlichungen in der einschlägigen Fachliteratur erschienen, so daß sich nähere Angaben darüber hier erübrigen.

Über das von mir und meinen Ausführungsberechtigten seit dem Jahre 1924 ausgebildete Hochdruckdampf-Umwälzverfahren ist an verschiedenen Stellen[1]) und auch in dieser Zeitschrift wiederholt berichtet worden[2]). Es ist besonders für Drücke über 100 at und Temperaturen bis 500° C des Dampfes geeignet und ermöglicht es, die Dampferzeugung, die Strömungen und Spannungen an allen Stellen der Dampferzeugungsanlage sicher zu beherrschen, auch bei stark wechselnder Belastung und bei Änderungen in der Feuerwirkung oder in der Beschaffenheit des Speisewassers.

Diese günstigen Eigenschaften des Verfahrens sind durch die bisherigen Ausführungen von Betriebsanlagen bestätigt worden. Insbesondere hat sich gezeigt, daß durch das zwangläufige Dampfumwälzen der Kesselbetrieb auch bei höchsten Temperaturen einfach und sicher durchführbar und leicht regelbar ist. Die Anlagen sind bereits monatelang bei mittleren Überhitzungstemperaturen von 480 bis 520° C und Drücken von 100 bis 120 at betrieben worden, ohne daß sich dabei Anstände oder Mängel ergeben haben. Selbst die unmittelbar im Kohlenstaubfeuer liegenden Überhitzerrohre haben keinerlei Veränderungen gezeigt, und nach den bisherigen Erfahrungen ist mit Sicherheit anzunehmen, daß die Überhitzerrohrschlangen, aus hartem Siemens-Martin-Stahl von 60 bis 70 kg/mm² Bruchfestigkeit hergestellt, vieljährigen Dauerbetrieb aushalten werden, ehe Teile der Schlangen ausgewechselt werden müssen.

Von großer Wichtigkeit ist, daß das neue Verfahren in allen Teilen der Anlage die Verwendung harter Stähle zuläßt, die bekanntlich von den ungünstigen Veränderungen verschont bleiben, denen das weichere Stahlmaterial der alten Kesselbauarten im Betriebe ausgesetzt ist. Reckungen des Materials über die Streckgrenze, wie sie beispielsweise durch das Einwalzen von Rohren bei gewöhnlichen Kesseln verursacht werden, ohne daß durch nachträgliches Ausglühen die Spannungen ausgeglichen werden können, werden bei der Herstellung der neuen Kesselbauart vollständig vermieden.

Noch nie ist bei den nach dem neuen Verfahren arbeitenden Kesseln irgend eines der vielen Rohre im Betriebe gefährdet gewesen oder gar gerissen, was bei Dampferzeugern gewöhnlicher Bauart schon bei niedrigen Drücken und Temperaturen wiederholt vorgekommen ist. Bei gewöhnlichen Kesseln ist, selbst wenn sie mit destilliertem Wasser arbeiten, die Entblößung der Heizrohrflächen von Wasser infolge mangelhaften Wasserumlaufs nicht sicher zu vermeiden, und wenn gar das Wasser, etwa bei Undichtheiten im Destillierapparat oder im Kondensator, zeitweilig verschmutzt, dann verbrennen infolge Ansatzes von Kesselstein die vorderen Rohrbündel, die schon bei normalem Betriebe meist viel zu hohen Wärmebeanspruchungen ausgesetzt sind. Besonders bedenklich können solche Vorkommnisse aber werden, wenn in Kesseln gewöhnlicher Bauart Dampf von hohem Druck erzeugt werden soll, weil dann der Wasserumlauf wegen des kleineren

[1]) U. a. Z. V. D. I. 1925, Nr. 36 u. 1927, Nr. 14.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, Hefte 30, 38.

Digitized by Google

Volumens der Dampfblasen und der größeren Strömungswiderstände weniger wirksam wird, und weil man merkwürdigerweise gerade bei hohen Drücken bestrebt ist, die Wärmebeanspruchung der Heizflächen wesentlich über das bei Niederdruckkesseln übliche Maß zu steigern, um die Kosten der Hochdruckkessel zu verringern.

Auf diese bedenkliche Entwicklung der Kesselbautechnik soll an anderer Stelle näher eingegangen werden. Schon diese wenigen Überlegungen aber dürften genügen, die Unsicherheit des Dampferzeugungsbetriebes bei gewöhnlichen Kesselbauarten zu beleuchten. Es gehört jedenfalls große Kühnheit dazu, solche Kessel auch für höchste Drücke, 100 at und darüber, zu bauen; noch mehr aber muß man den Mut der Zentralenleiter bewundern, die derartige Hochdruckkessel aufzustellen und zu betreiben bereit sind. Die behördliche Beaufsichtigung der Herstellung, der Materialverwendung und des Betriebes müßte im Verhältnis zu Niederdruckkesseln noch verschärft werden, da die Ursachen der Unbeherrschbarkeit des Betriebes bei Hochdruckkesseln vielfältiger sind und schlimmere Folgen haben als bei jenen.

Was soll nun der moderne Zentralenleiter tun, um sein Werk auf den höchsten Stand der Wärmewirtschaft zu bringen? Soll er zum Hochdruckdampfbetrieb übergehen oder nicht?

Die Beantwortung dieser Fragen ist nach den vorangegangenen Ausführungen nicht schwer. Aus wärmewirtschaftlichen Gründen ist unbedingt der Dampfdruck und die Überhitzungstemperatur wesentlich zu erhöhen. Bis zu 130 at steigt die Wärmeausnutzung beträchtlich, darüber hinaus nur wenig. Über 150 at hinauszugehen hat keinen Sinn, weil dann die Verteuerung der Kessel und Maschinen durch den Wärmegewinn nicht mehr ausgeglichen wird.

Die Überhitzungstemperatur ist auf das technisch höchste Maß zu steigern, das seine Grenze an der Haltbarkeit und den Kosten des Materiales findet. Bei Verwendung harten Siemens-Martin-Stahls kann man 550° C in der Rohrwandung noch ohne weiteres zulassen. Daher wird die höchste Betriebstemperatur des Dampfes mit 500° C zu bemessen sein, um auch bei Dauerbeanspruchung unzulässige Veränderung des Rohrmaterials sicher zu vermeiden.

Bei dem Dampfumwälzverfahren lassen sich so hohe Drücke und Temperaturen sicher beherrschen, weil der Betrieb des Dampferzeugers, wie der einer Maschine, an allen Stellen der Strömung zwangläufig vor sich geht und einfach regelbar ist. Jede Veränderung des Brennstoffes, des Wassers, der Bedienung und der Belastung äußert sich in bestimmter, leicht erkennbarer Weise, und den Veränderungen im Betriebe kann mit den einfachsten Mitteln entsprochen werden. Dabei ist vollkommene Betriebssicherheit erreichbar, da die Spannungen an keiner Stelle des Materials über die durch Druck und Temperatur gegebene Höhe hinausgehen können. Aber selbst wenn durch einen unvorhersehbaren Materialfehler Brüche oder Risse, beispielsweise an den Überhitzerschlangen, eintreten sollten, können daraus keine gefährlichen Folgen entstehen, wie bei Kesseln gewöhnlicher Bauart, weil nichts geschehen kann, als daß Dampf in die Feuerzüge tritt und das Feuer rasch erstickt.

Die bei dem Verfahren erforderliche Dampfumwälzpumpe hat nur geringe Druckunterschiede zu überwinden, bei 130 at Betriebsdruck etwa 3 at, so daß einfache Bauart der Pumpe möglich ist und nur geringer Leistungsaufwand, etwa 2 vH der erzeugbaren Dampfleistung bei Kondensationsbetrieb, sich ergibt. Die bei kleinen Kesseln als Kolbenpumpe, bei größeren als rotierende Pumpe gebaute Dampfumwälzpumpe ist betriebssicherer als eine Dampfmaschine und sehr einfach zu regeln und zu warten. Sollte die Pumpe dennoch aus irgendwelchem Grunde plötzlich stehen bleiben, so genügen einfache Maßnahmen, um jede Schädigung des Kesselbetriebes zu verhüten. Folge des Stillstandes kann nur die allmähliche Steigerung der Rohrwandtemperatur des Überhitzers sein, die zu stärkerer Wärmedehnung der Rohre führt. Diese Wärmedehnung kann zur Betätigung von Vorrichtungen benutzt werden, durch welche ein Dampfabblaseventil zwangläufig geöffnet und die Feuerung abgestellt wird. Dadurch wird die Dampfströmung in den Überhitzerrohren gesichert und das Verbrennen der Rohre unmöglich gemacht. Die Wirkung dieser Sicherheitsvorrichtung, die viel einfacher und zuverlässiger ist als jedes Drucksicherheitsventil, ist durch zahlreiche Versuche erprobt worden.

Die zwangläufige Dampfumwälzung bietet gegenüber anderen Dampferzeugungsverfahren so viele Vorteile, daß der Leistungsaufwand, den sie erfordert, nebensächlich wird, namentlich wenn die Pumpe mit Dampf betrieben und abgezapfter Niederdruckdampf dazu verwendet wird. Die Abwärme dieses Dampfes läßt sich restlos zur Speisewasservorwärmung verwenden, und auch die gesamte Widerstandswärme der Umwälzung wird wiedergewonnen.

Veränderung der Belastung ist ohne merkbaren Einfluß auf die Höhe der Dampfüberhitzung, die für alle Belastungsstufen nahezu konstant ist. Selbst bei plötzlichem Stillstand der Kraftmaschine ist der Überhitzer nicht gefährdet, weil die Dampfumwälzpumpe weiterläuft. Plötzlicher starker Mehrbedarf an Betriebsdampf kann unmittelbar durch Entnahme von überhitztem Dampf aus dem großen Umwälzdampfvolumen gedeckt werden. Auch große Druckschwankungen sind zulässig, und beträchtliche Belastungsschwankungen können ohne zusätzliche Dampfspeicherung ausgeglichen werden. Beliebig große Speisewassermengen von Sattdampftemperatur lassen sich ohne Schwierigkeit und ohne erhebliche Mehrkosten aufspeichern.

Dies führt auf die Frage der Spitzendeckung in Zentralen. Bei den bisherigen Niederdruckbetrieben verursacht die Spitzendeckung große

Digitized by Google

Schwierigkeiten und Kosten und macht häufig besondere Maßnahmen notwendig, zum Beispiel die Aufstellung von Dieselmaschinen, die ja den Vorzug haben, daß sie in wenigen Minuten auf volle Belastung gebracht werden können. Das Dampfumwälzverfahren, namentlich wenn es mit Kohlenstaubfeuerung verbunden und bei dieser die Verwendung von Schamottemassen im Feuerraum vermieden wird, ermöglicht es, einen neu aufzuheizenden Kessel in 10 bis 20 Minuten in vollen Betriebszustand zu versetzen. Man kann ohne Schwierigkeit die Verdampfbehälter von nicht im Betriebe befindlichen Kesseln, mit Wasser von Sattdampftemperatur gefüllt, in Bereitschaft halten und den neuen Kessel aufs rascheste mit Umwälzhochdruckdampf in Betrieb bringen. Die Aufstellung besonderer Spitzendeckungsanlagen, welche die Anlage- und Betriebskosten wesentlich erhöhen und den Gesamtbetrieb komplizieren, ist daher unnötig.

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung des Dampfumwälzverfahrens in den Fällen, wo die Beschaffung von destilliertem Speisewasser zu schwierig oder kostspielig wird. Kesselstein kann sich bei dem Verfahren nur in den unbeheizten Verdampfertrommeln abscheiden und aus ihnen während des Betriebes leicht von Zeit zu Zeit entfernt werden, da er nur in Schlammform auftritt; der Kessel braucht also nicht zum Zwecke der Reinigung stillgelegt zu werden.

Jeder Zentralenleiter weiß, daß die Dampferzeugung bei Kesseln gewöhnlicher Bauart schwer durch die Kesselsteinbildung gefährdet wird, und daß selbst bei Verwendung von Kondensat zur Speisung gelegentliche Verunreinigung des Wassers infolge der Undichtheit von Kondensatorrohren sich nicht vermeiden läßt. Destillationsanlagen erfordern aber, damit sie genügend wirksam sind und keine zu großen Betriebsschwierigkeiten bereiten, chemische Vorreinigung des Wassers und reichliche Reserve, da ihre Wirkung schon durch geringen Kesselsteinbelag an den Wärmeaustauschflächen stark vermindert wird. Destillieranlagen erfordern daher besonders sorgfältige Überwachung und Bedienung.

Hochdruckdampfbetrieb ist namentlich dann anzuwenden, wenn neben Strom auch Heizdampf gebraucht wird. Man darf aber nicht glauben, daß in den Fällen, wo der Heizbetrieb in erster Linie steht und nur wenig oder gar kein Strom verlangt wird, unbedingt Hochdruckdampf am Platze ist. Nur wenn das Maximum an Stromerzeugung in Verbindung mit der Heizwirtschaft verwertet werden kann, ist höchster Dampfdruck, bis zu etwa 150 at, anzustreben. Deshalb muß dafür gesorgt werden, daß der in Heizkraftwerken überschüssig erzeugte Strom in benachbarten Industrien oder in Überlandnetzen verwendet wird. Dann erst wird die Wärmeausnutzung durch die Hochdruckanlage in einem Grade gesteigert, wie er durch keine andere Wärmekraftanlage erreicht werden kann.

Zum Schluß seien kurz die wichtigsten Gesichtspunkte zusammengefaßt, die der Zentralenleiter bei der Erweiterung bestehender oder beim Bau neuer Anlagen zu beachten hat, wenn er wirtschaftlichste Wärmeausnutzung und größte Betriebssicherheit erzielen will:

1. Der Dampfdruck ist bis maximal 150 at zu steigern, bei höchster Betriebs-Überhitzungstemperatur am Dampferzeuger von 500° C.

2. Der Betrieb der Dampferzeuger muß in allen Teilen zwangläufig beherrschbar sein.

3. Der Dampferzeuger darf gegen Veränderungen in der Beschaffenheit des Brennstoffes, des Wassers und der Belastungsverhältnisse nicht empfindlich sein.

4. Der Dampferzeuger muß weitgehende Belastungsschwankungen aufnehmen können, ohne besondere Dampf- oder Wasserspeicher zu erfordern. Er muß in sich genügend große Wassermengen von Sattdampftemperatur enthalten.

5. Im Dampferzeuger darf die Materialspannung an keiner Stelle, welche der Feuerwirkung ausgesetzt ist, über das durch Druck und Temperatur des Dampfes gegebene Maß hinausgehen. Der normale Wärmeübergang, der durch den Zustand des strömenden Mediums, sei es Wasser oder Dampf, gegeben ist, darf sich nicht plötzlich ändern, wie dies etwa durch Ansetzen von Kesselstein oder Unterbindung der Strömung geschehen kann. Daher sollte selbsttätige, nur durch geringe Temperaturunterschiede hervorgerufene Strömung längs der Heizflächen vermieden werden.

6. Hochdruckdampferzeuger müssen größere Betriebssicherheit bieten als Niederdruckkessel: selbst im Falle des Bruchs eines Kesselteiles dürfen sich keine gefährlichen Folgen ergeben. Das ist nur bei Dampferzeugern mit zwangläufiger Beherrschung der Strömung und Spannung an allen Teilen der Dampferzeugungsanlage erreichbar.

7. Der Dampferzeuger soll aus Materialien hergestellt sein, die durch die Bearbeitung und den Betrieb nicht schädlich verändert werden und keine zu hohen Kosten erfordern, also möglichst aus hartem Siemens-Martin-Stahl.

8. Der Dampferzeuger soll vor der Inbetriebsetzung unter einem Druck, der wesentlich höher — etwa doppelt so hoch — ist als der Betriebsdruck, abgepreßt werden können, ohne daß sich Schaden am Kesselverbande oder Undichtheit zeigt.

9. Der Dampferzeuger soll in kürzester Zeit in Betrieb gesetzt und abgestellt werden können und rasche Regelung gestatten, damit keine besonderen Spitzendeckungsanlagen erforderlich sind.

10. Der Hochdruckdampferzeuger soll leicht zu warten sein.

Digitized by Google

Die Zwillings-Freistrahlturbinen der Drehstrom-Maschinensätze des Achenseewerkes.

Von Dr. Hermann **Pfleger-Haertel**, Heidenheim a. d. Brz.

Das Achenseewerk liefert sowohl Einphasen-Wechselstrom für den Bahnbetrieb als auch Drehstrom für industrielle Zwecke[1]). Während die Einphasen-Wechselstromerzeuger von Einfach-Freistrahlturbinen angetrieben werden, sind für die Drehstromgeneratoren als Antriebsmaschinen Zwillings-Freistrahlturbinen ausgewählt worden.

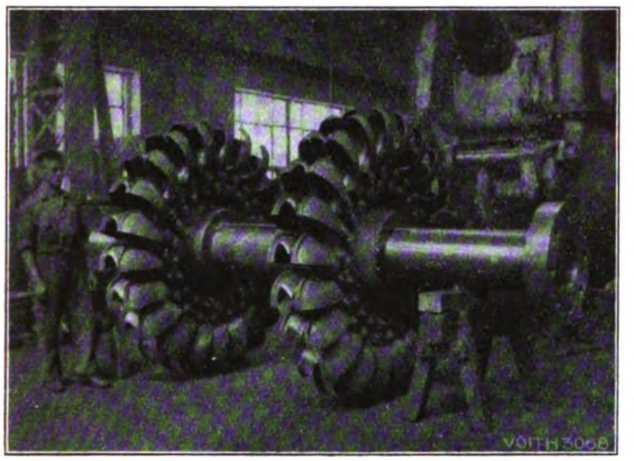


Abb. 1. Welle und Laufräder der 15 000 PS-Turbinen.

Im ersten Ausbau des Werkes sind zwei solcher „Industrieturbinen" zur Aufstellung gekommen,

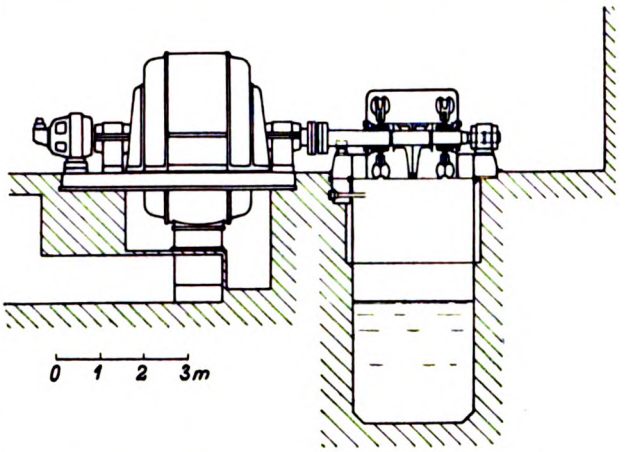


Abb. 2. Längsschnitt durch einen 15 000 PS-Drehstrom-Maschinensatz.

während für den weiteren Ausbau an Stelle der vorgesehenen drei gleichen Industrieturbinen zwei Stück von doppelter Leistung im Bau sind. Im folgenden wird eine Darstellung der Konstruktion dieser vier Zwillings-Freistrahlturbinen gegeben,

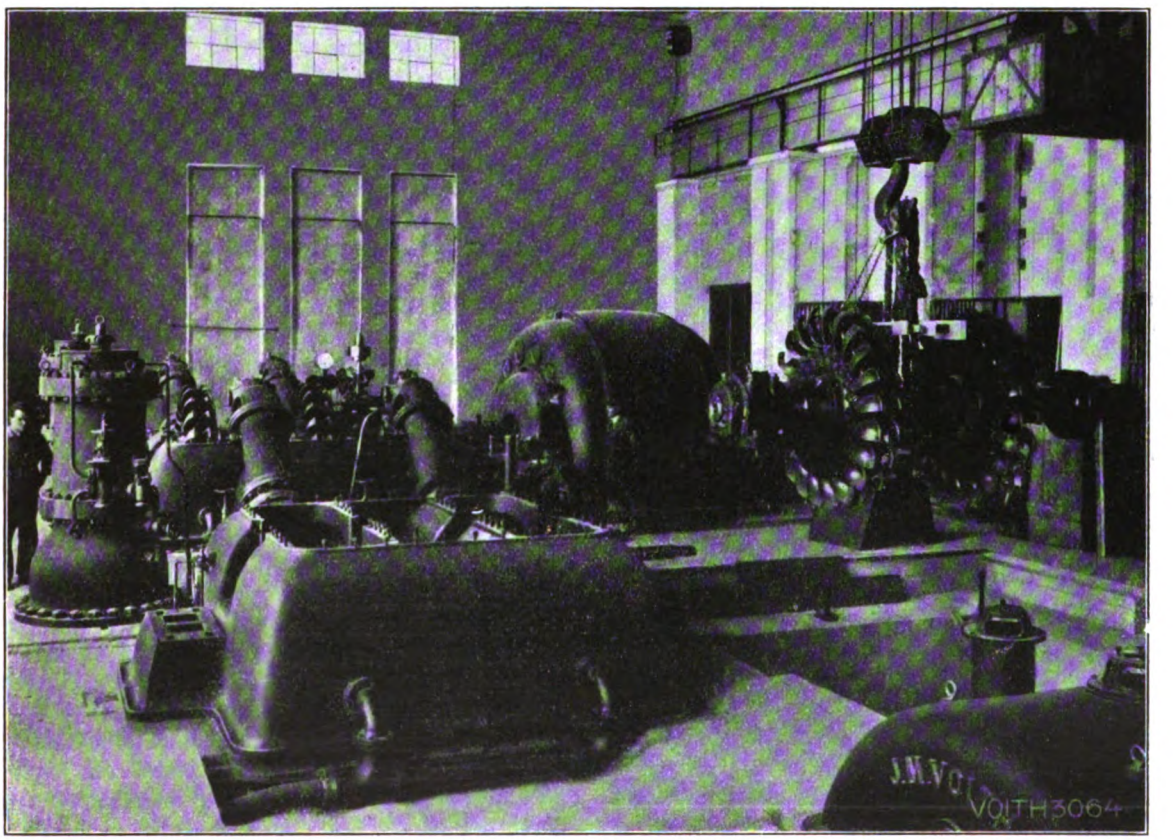


Abb. 3. Montage der 15 000 PS-Turbinen.

[1]) Vergl. S. 646 d. H.

Digitized by Google

die sämtlich von der Maschinenfabrik J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brz. und St. Pölten, Niederösterreich, gebaut werden.

I. Die 15 000 PS-Zwillings-Freistrahlturbinen.

Die Zwillings-Freistrahlturbinen des ersten Ausbaues verarbeiten jede eine größte Wassermenge von 3·52 m³/s unter dem Nutzgefälle von

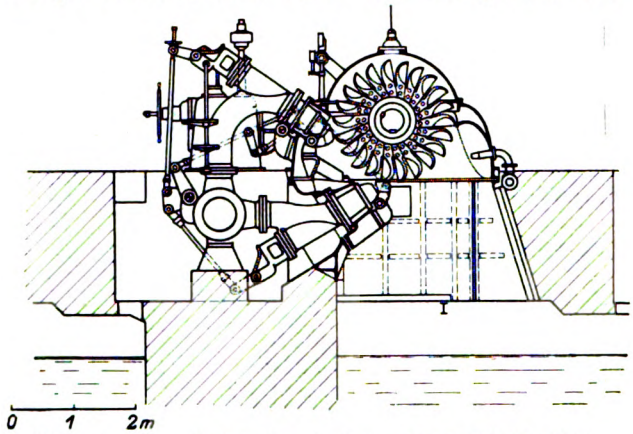


Abb. 4. Querschnitt durch eine 15 000 PS-Turbine.

380 m und leisten bei 500 U/min je 15 350 PS, wobei ein Wirkungsgrad von 86·5 vH zugrundegelegt ist.

Diese Leistung wird mit zwei Laufrädern erzielt, deren jedes von zwei Düsen beaufschlagt ist.

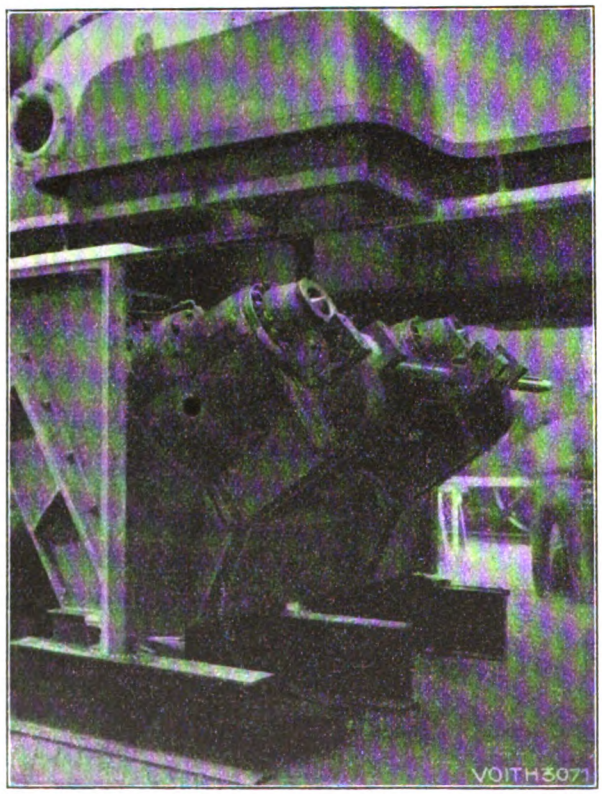


Abb. 5. Düsenschild mit unteren Düsen der 15 000 PS-Turbinen.

Die Laufräder (Abb. 1, 2, 3) tragen auf einer Nabenscheibe aus hochwertigem Stahlguß 22 Schaufeln, die auf der Nabenscheibe mit Schrauben und Keilen in einer für die größten Leistungen erprobten Art befestigt sind. Die Innenflächen der Schaufeln sind sorgsam geschliffen. Die Nabenscheiben sind auf die Wellen aufgekeilt. Dabei ist auf bequeme Montage dadurch Bedacht genommen, daß die Welle im Sitz des dem Kuppelflansch näher liegenden Laufrades, das also zuerst auf die Welle gebracht werden muß, einen größeren Durchmesser hat als im Sitz des anderen Laufrades.

Die Turbinenwelle hat eine Länge von 4100 mm und ist mit dem Kuppelflansch von 720 mm Durchmesser zur Kupplung mit dem Generator aus einem Stück geschmiedet. Sie ruht auf der dem Generator abgewandten Seite der Turbine in einem Ringschmierlager von 250 mm Bohrung. Hier hat die Welle einen Kamm, durch den ihre achsiale Führung gewährleistet ist und etwaige in Achsrichtung wirkende Verschiebungskräfte auf das Lager übertragen werden. Das Lager besitzt eine Kühlung der Ober- und Unterschale, die mit Weißmetall ausgegossen sind und im Bedarfsfalle ausgewechselt werden können. Auf der dem Generator zugewandten Seite hat die Turbine selbst kein Lager. Die Welle wird vielmehr durch Kupplung mit der Generatorwelle getragen, die in zwei Lagern des Generators ruht. Der ganze Maschinensatz zeigt also die Dreilageranordnung (Abb. 2). Für die Unterstützung der Turbinenwelle bei der Montage und Demontage ist am Turbinengehäuse auf der

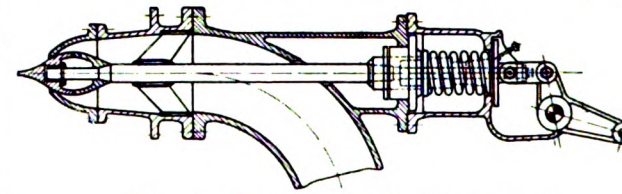


Abb. 6. Düse der 15 000 PS-Turbinen.

Generatorseite ein kräftiger verstellbarer Unterstützungsbock angeschraubt. Er wird während des Betriebes gesenkt, so daß die Welle ohne Fühlung mit ihm läuft.

Auf Abb. 3 ist eine Welle mit den Laufrädern und ihrem Lager am Kran hängend zu sehen.

Für die Versorgung der Turbinen- und Generatorlager mit Kühlwasser ist eine Pumpe von solcher Größe vorgesehen, daß sie das Gesamtkraftwerk mit Kühlwasser beliefern kann. Die Pumpe entnimmt das Wasser dem Unterwasserkanal der Anlage und drückt es in eine Hauptleitung, aus der es durch Zweigleitungen mit eingebauten Filtern den Lagern zugeführt wird. Zur Kontrolle des Kühlwasserflusses sind in die Ablaufleitungen Schaugläser oder Ablauftrichter eingeschaltet, an denen zugleich die Temperatur des Kühlwassers leicht geprüft werden kann.

Zum Antrieb der Pumpe dient eine kleine eindüsige Voith-Freistrahlturbine, die an eines der Druckleitungsrohre der 8000 PS-Bahnturbinen angeschlossen ist.

Die Welle mit den Laufrädern sitzt im gußeisernen Gehäuse, das auf der dem Generator abgewandten Seite einen angegossenen Lagerbock für das Turbinenlager trägt. Das Montagebild (Abb. 3) läßt ein solches Gehäuse mit diesem

Digitized by Google

Lagerbock deutlich erkennen. An den Stellen, an denen die Turbinenwelle die Gehäusewand durchdringt, sind Schleuderringe und Spritzdichtungen zur Verhütung des Wasserdurchtrittes angebracht. Über die Laufräder wölbt sich eine gußeiserne Haube.

Jedes Laufrad wird von zwei Düsen, einer oberen und einer unteren, beaufschlagt (Abb. 4). Die oberen Düsen durchdringen mittels Einlaufstutzen die eine Wand des Gehäuses, während die unteren Düsen von einem besonderen gußeisernen Düsenschild getragen werden, der an die untere Fußfläche des Gehäuses angeschraubt ist. Abb. 5 zeigt ihn in der Werkstatt.

Die nicht vom Düsenschild eingenommenen übrigen drei Wände des unter dem Turbinengehäuse liegenden Schachtes sind zum Schutz gegen das Auswaschen durch das austretende Wasser mit einer durch kräftige Profileisen verstärkten Blechpanzerung ausgekleidet. Der Tur-

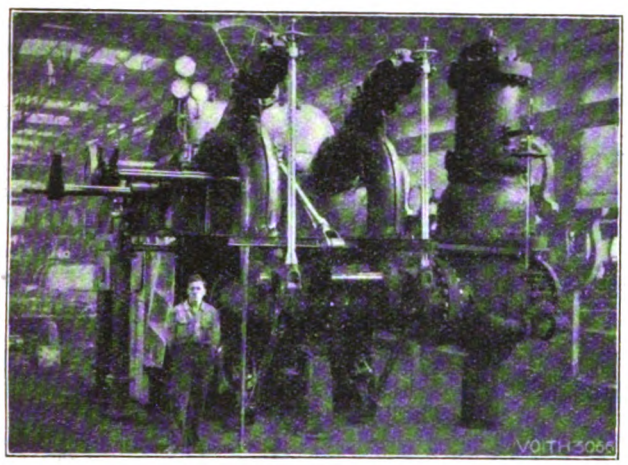


Abb. 7. 15 000 PS-Zwillings-Freistrahlturbine, zusammengebaut in der Werkstatt.

binenschacht und die unteren Düsen sind durch eine in der Schachtpanzerung auf der Kammlagerseite eingelassene Türe zugänglich, durch die man auf einen Begehrost gelangt, der im Turbinenschacht auf der Düsenseite angebracht ist und auf I-Trägern ruht.

Jede Turbine ist mit der von Voith bei Großturbinen stets verwendeten Doppelregelung versehen. Sie besteht bekanntlich darin, daß außer der die Stärke des Beaufschlagungsstrahles regelnden Düsennadel noch ein Strahlablenker angebracht wird. Bei kleineren Belastungsänderungen arbeitet die Nadel allein und gibt durch ihre Verschiebung im Düsenmundstück dem Strahl einen der Belastung entsprechenden Durchtrittsquerschnitt frei. Bei größeren Entlastungen dagegen treten auch die Ablenker in Tätigkeit. Sie regeln zunächst allein, indem sie bei der Entlastung sofort eingeschwenkt werden und durch völlige oder teilweise Ablenkung der Strahlen die auf die Räder auftreffende Wassermenge verringern. Erst allmählich rücken die Düsennadeln in die der neuen Belastung entsprechende Stellung, während zugleich die Ablenker sich wieder aus den Strahlen zurückziehen. Damit ist sowohl den Forderungen der Betriebssicherheit (schnelle Verringerung der Beaufschlagung der Turbine unter Vermeidung von Druckstößen in der Leitung) als auch der Wasserersparnis entsprochen.

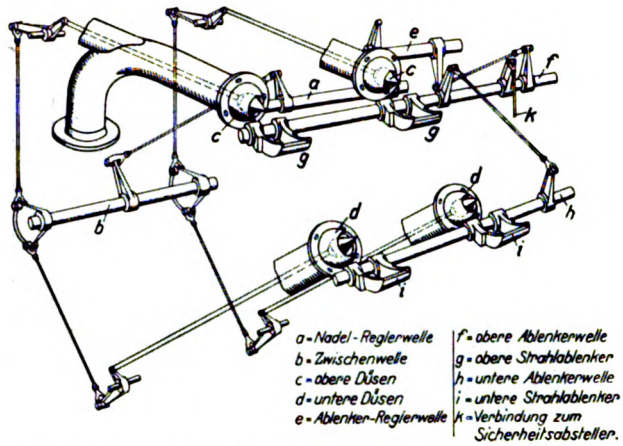


Abb. 8. Regelgestänge einer 15 000 PS-Zwillings-Freistrahlturbine mit Doppelregelung.

Belastungserhöhungen werden ausgeglichen, indem die Nadel zurückgezogen wird und eine größere Öffnung freigibt, wobei der Strahlablenker gleichzeitig so weit ausschwenkt, daß er auch den

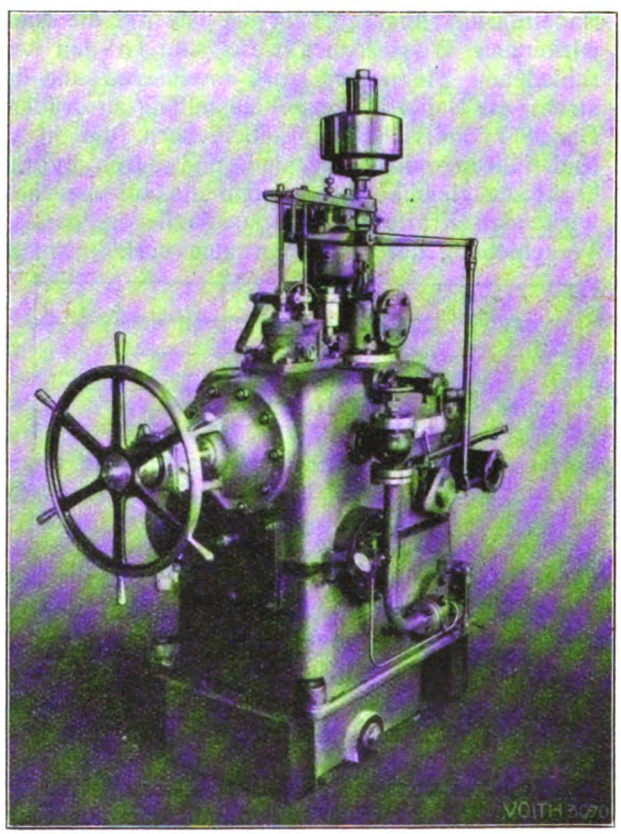


Abb. 9. Doppelregler.

neuen stärkeren Strahl nicht schneidet, sondern stets an seinem Rande steht.

Die Düsen (Abb. 6) sind vollständig aus Stahlguß hergestellt. Im vorderen Teile trägt ein vier-

Digitized by Google

armiges Führungskreuz den Nadelschaft, an dem vorne die zwiebelförmige Nadelspitze aus Sonderstahl aufgeschraubt ist. Gegen Anrosten an den Schaft ist die Nadelspitze durch eine geeignete Befestigungsart gesichert, so daß sie bei Abnutzung leicht ausgewechselt werden kann. Die Gleitstellen des Schaftes sind mit Bronze überzogen und werden mit Preßfett geschmiert. Der Nadelschaft

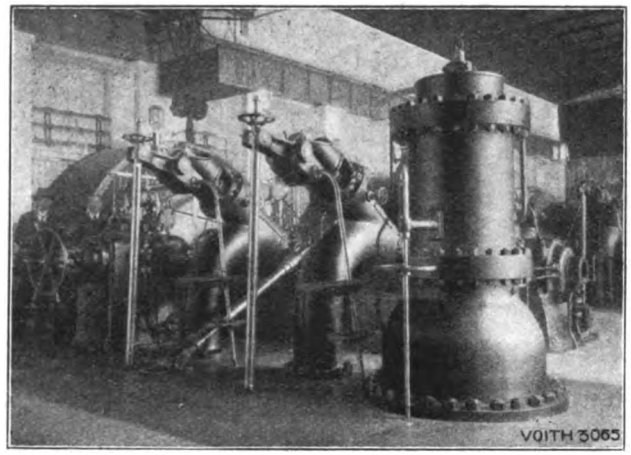


Abb. 10. Ein 15 000 PS-Drehstrom-Maschinensatz im Achenseekraftwerk.

durchstößt den Düsenkrümmer hinten in einem angegossenen Stutzen, an dem die Vorrichtung zur Nadelführung angeschraubt ist. Die auf die Nadel wirkenden Wasserdruckkräfte sind in den verschiedenen Stellungen stark wechselnd und bestrebt, die Nadel in die Schlußstellung zu drücken. Durch zylindrische Schraubenfedern, die in die Nadelführung eingebaut sind, und durch hydraulische Ausgleichkolben werden die auf die Nadel wirkenden Kräfte so weit ausgeglichen, daß zur Verschiebung der Nadel nur eine verhältnismäßig

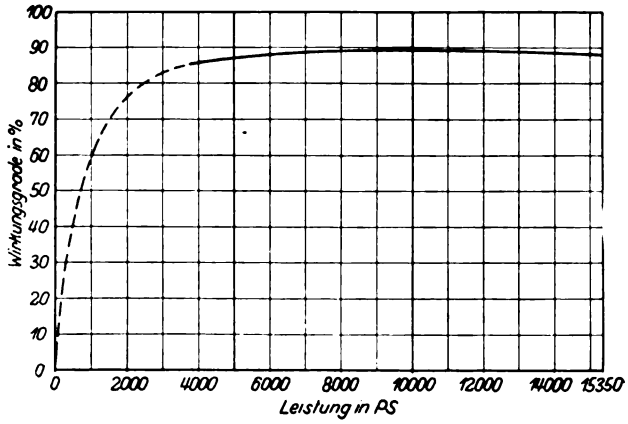


Abb. 11. Die Wirkungsgradkurve der 15 000 PS-Turbinen nach den Abnahmeversuchen.

geringe Kraft notwendig ist. Am hinteren Ende des Nadelschaftes greift das Regelgetriebe des Reglers an.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß es bei größeren Freistrahlturbinen, die längere Zeit mit Teilbelastung arbeiten müssen, zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades bei diesen Teilbelastungen zweckmäßig ist, einige Düsen abzuschalten und die übrigen mit voller Öffnung arbeiten zu lassen. Dem ist bei den Achensee-Turbinen dadurch Rechnung getragen, daß die beiden oberen Düsen abschaltbar eingerichtet sind. Zur Abschaltung dient ein am Düsenstutzen sitzendes Handrädchen (Abb. 7), das ein hydraulisches Ventil betätigt. Durch dieses Ventil wird der auf den Ausgleichkolben im Öffnungssinne wirkende Druck weggenommen, so daß die Nadel durch den Wasserdruck auf ihre hintere Seite und durch die Kräfte der Ausgleichfedern geschlossen wird. Um das Regelgetriebe auszuschalten, tragen die Verbindungsstangen zwischen der Regelwelle und den am hinteren Ende des Nadelschaftes sitzenden Hebeln am oberen Ende Handräder, die zurückgeschraubt werden können (Abb. 7). Dadurch wird eine Gleitstrecke an den Regelstangen frei, und sie können sich in ihren Führungen verschieben, ohne eine Bewegung der oberen Düsen hervorzurufen.

Die Strahlablenker sind vor den Düsen der Nadelregelung im Innern der Gehäuse eingebaut. Ihre Schneiden aus zähem Stahlguß sind auswechselbar, damit sie bei Abnützung leicht ersetzt werden können.

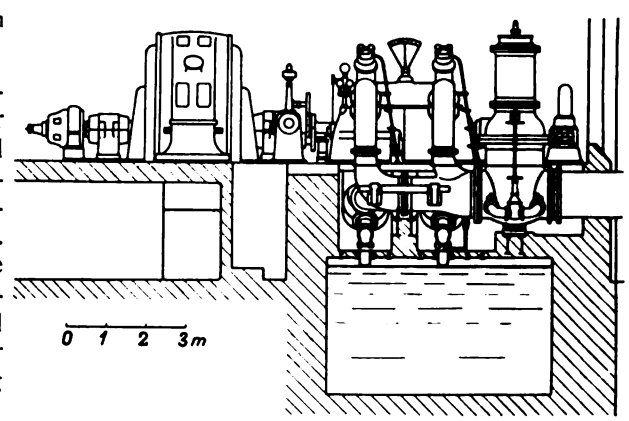


Abb. 12. Längsansicht eines 31 000 PS-Drehstrom-Maschinensatzes.

Jede Turbine wird von einem Voith-Doppelregler geregelt. Abb. 8 gibt eine perspektivische Darstellung des gesamten Regelgestänges. Der Regler besitzt zwei Regelwellen, von denen eine zur Nadelverstellung, die andere zur Ablenkersteuerung dient. Die Regelwelle *a* für die Nadelregelung ruht im Regler selbst und in einem am Gehäuse unterhalb der oberen Düsen angebrachten Lager. Sie wirkt mittels Hebeln und Zugstange auf eine Zwischenwelle *b*, die am Verteilrohre gelagert ist. Auf dieser sitzen wiederum Hebel, von denen Zugstangen nach den rückwärtigen Enden der Düsen *c*, *d* gehen, wo sie an Doppelhebeln angreifen, deren zweiter Arm mit dem Nadelschaft verbunden ist (siehe auch Abb. 7).

Die Reglerwelle *e* für die Ablenkerregelung tritt auf der der Turbine abgewandten Seite aus dem Regler und ist dort nochmals gelagert. Die oberen und unteren Ablenker *g*, *i* sitzen je auf einer gemeinsamen Welle. Die obere Ablenkerwelle *f* wird durch Hebel und Zugstange von der Reglerwelle *e* unmittelbar gedreht, während die untere *h*

Digitized by Google

von der oberen aus ihren Antrieb erhält. Das aus der Turbine tretende Ende dieser unteren Welle ruht in einem Lager, das in einem Mauerkasten untergebracht ist. In diesen Kasten führt auch die Verbindungsstange von der oberen Ablenkerwelle durch einen Stutzen hinein. Einer der Doppelregler ist in Abb. 9 dargestellt. Er trägt in seinem Untersatz den Ölbehälter und die Druckölpumpe, in seinem Mittelteil die beiden Servomotoren für die Betätigung der Nadelregelung und der Strahlablenker und zeigt oben das Fliehkraftpendel mit senkrechter Welle. Sowohl dieses wie die Druckölpumpe werden durch Riemen von der Turbinenwelle aus angetrieben. Um das Durchgehen der Maschine für den Fall des Bruches oder Abfallens des Pendelriemens zu verhindern, ist eine besondere Riemenbruchsicherung angebracht. Sie besteht in einer auf

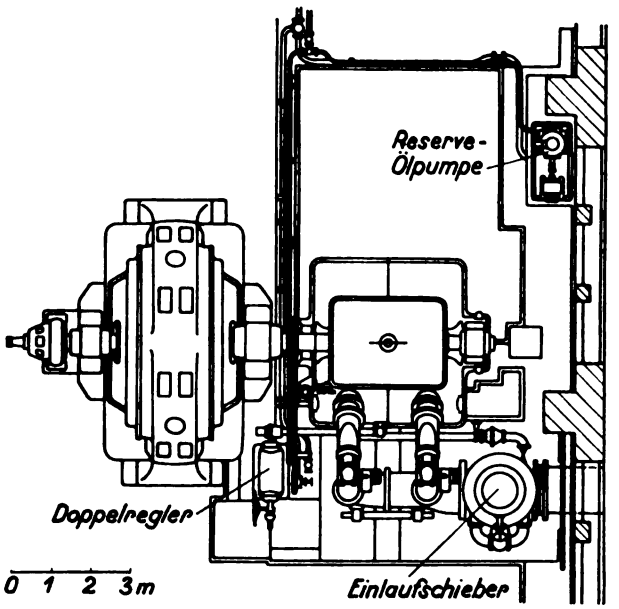


Abb. 13. Grundriß eines 31 000 PS-Drehstrom-Maschinensatzes.

dem Pendelriemen laufenden Rolle, die beim Reißen des Riemens herunter fällt und dadurch den Ventilstift auf „Schließen" stellt.

Elektrische Drehzahlverstellung und elektrische Öffnungsbegrenzung lassen von der Schalttafel aus eine Regelung der Drehzahl oder der Belastung der Turbinen zu. Die für diese beiden Verstellungen angebrachten Elektromotoren können auch von einem Fernmeßinstrument, das in die Leitung zwischen Innsbruck und dem Walchenseewerk eingeschaltet ist, beeinflußt werden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Stromabgabe vom Achenseewerk an das Walchenseewerk auch bei wechselnder Belastung im Tiroler Absatzgebiet des Achenseewerkes konstant zu halten.

Jeder Regler besitzt einen gesonderten Windkessel. Um die Lieferung mit Drucköl für die beiden Regler sicherzustellen, sind die beiden Windkessel durch eine Verbindungsleitung verbunden. Die beiden Reglerpumpen sind so groß gewählt, daß jede allein den Ölbedarf der beiden Regler decken kann. Außerdem ist eine elektromotorisch angetriebene Reserveölpumpe vorhanden. Dieser Reserveölpumpensatz dient vor allem zum Anlassen der Turbinen, wenn nach längerem Stillstand oder nach einer Störung im Pumpensystem der Regler kein Druck in dem Hauptwindkessel vorhanden ist. Er kann aber auch im normalen Betrieb in Verbindung mit einem Hauptwindkessel eine Reglerpumpe ersetzen. An den Windkesseln sind Kontakt-Manometer angebracht, die bei zu hohem oder zu niedrigen Druck optische und akustische Warnungssignale an der Gefahrenmeldetafel des Schaltraumes in Tätigkeit setzen.

Die Regler besitzen die bei Voith-Reglern stets vorgesehenen Druckauslöseventile, die die Pumpen erst dann auf den Windkessel schalten, wenn der Druck unter das eingestellte Maß gesunken ist, während im übrigen die Ölpumpen meistens laufen. Versagt aus irgend einem Grunde die Nadelregelung, dann regeln die Strahlablenker allein weiter.

Auch für den Fall, daß beide Regelungssysteme versagen, ist Vorsorge getroffen durch Anordnung eines Sicherheitsabstellers, der unab-

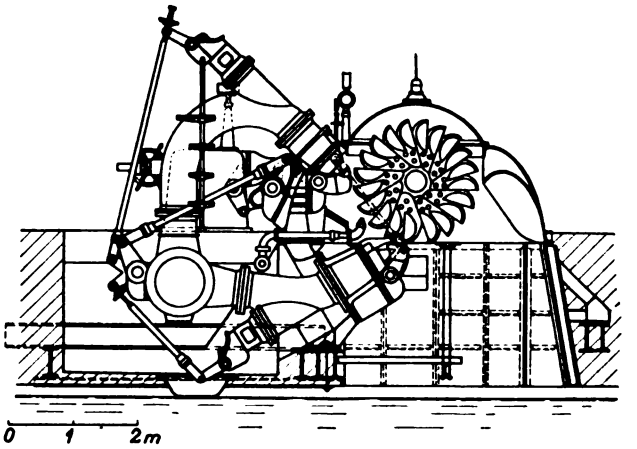


Abb. 14. Querschnitt durch eine 31 000 PS-Turbine.

hängig vom Reglerdrucköl betätigt wird. Er setzt die Turbine beim Überschreiten einer bestimmten Drehzahl selbsttätig dadurch still, daß er die Ablenker durch einen Wasserdruck-Servomotor einschwenkt.

Den Zulauf des Druckwassers aus der Turbinenrohrleitung zum Servomotor steuert ein Steuerventil, das von dem auf der Turbinenwelle sitzenden Sicherheits-Fliehkraftpendel nach Überschreitung einer einstellbaren Drehzahl betätigt wird.

Um beim Abschalten der Turbinen ein schnelleres Stillsetzen zu erreichen, sind Bremsdüsen vorgesehen, die Wasser auf die Rückseite der Laufradschaufeln spritzen. Die Bremsdüsen treten auf der den Hauptdüsen entgegengesetzten Seite in das Gehäuse ein, wie Abb. 3 und 4 zeigen. Ihre Zuleitung wird durch einen hydraulisch betätigten Ringschieber abgeschlossen.

An der Seite des Gehäuses sitzen auf einer Säule das Tachometer, sowie zwei Manometer, eines für den oberen, das andere für den unteren Düsenkrümmer.

Digitized by Google

Außerdem trägt das Gehäuse einen Leistungsanzeiger, der sehr bequem ablesbar angibt, mit welcher Leistung die Turbine gerade arbeitet.

Zum Abschluß der Druckrohrleitung sitzt vor dem Verteilrohr der Turbine ein Keilschieber, der mit gefiltertem Druckwasser betätigt wird. Eine Umlaufleitung läßt die Entlastung des Schieberkeiles zu. Für das Schließen des Schiebers ist auch elektrische Fernbetäigung vom Schaltraum aus vorgesehen. Das Bild der Turbine im Werk (Abb. 10) und ebenso die Werkstattaufnahme (Abb. 7) lassen den Schieber deutlich erkennen.

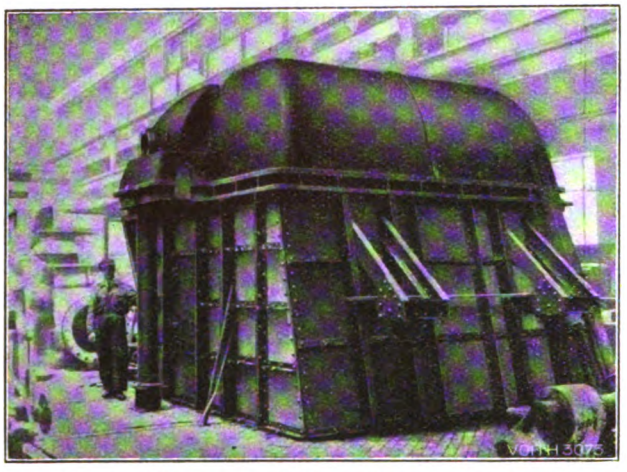


Abb. 15. Gehäuse und Schachtpanzerung für eine 31 000 PS-Turbine.

An den beiden Turbinen wurden im August 1927 eingehende Abnahmeversuche vorgenommen. Für die Gefällsermittlung diente ein Präzisionsmanometer, das vor den Messungen geeicht wurde. Außerdem wurde unmittelbar vor Beginn der Versuche vor dem Öffnen der Schieber die Anzeige des Manometers mit dem geodätischen Höhenunterschied zwischen dem Oberwasserspiegel im Wasserschloß und der Mitte des Manometers verglichen. Dabei ergab sich die praktische Übereinstimmung mit der durch die Eichung festgestellten Korrektur. Das Manometer wurde an die Verteilrohrleitung in 4 unter 45° gegeneinander versetzten Punkten mittels Leitungen von 4 mm Lichtweite angeschlossen. Als Nutzgefälle der Turbine war dann die Summe aus Manometerablesung, Manometerkorrektur, Abstand des Manometers vom Strahl und Geschwindigkeitshöhe an der Stelle des Manometeranschlusses zu nehmen.

Für die Wassermengenmessung wurde ein Überfall im Unterwasser benutzt, der eine Breite von 5852 mm hatte. Die Wassermenge wurde nach der Rehbockschen Formel für Überfälle ohne Seitenkontraktion berechnet, für die sich bei Kontrollmessungen an Wehren mit ähnlich großen Abmessungen, die von der Firma J. M. Voith durchgeführt sind, die beste Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Flügelmessungen ergeben hat. Die Sickerwasserverluste im Unterwaser zwischen Turbinenauslauf und Meßüberfall und an diesen selbst wurden ebenso wie der Kühlwasserverbrauch der Lager in Rechnung gestellt. Zur Bestimmung des Sickerwasserverlustes stellte man mittels Stichpegels die Absenkung des Wasserspiegels während der Zeitdauer einer halben Stunde bei vollkommen geschlossenen Absperrschiebern sämtlicher Turbinen fest und berechnete aus dieser Absenkung und dem Flächeninhalt der freien Wasseroberfläche oberhalb des Meßwehres den Wasserverlust selbst.

Den Leistungsberechnungen wurden die von den Generatorlieferern angegebenen Wirkungsgrade zu Grunde gelegt. Der Kraftbedarf der Regler wurde berücksichtigt.

Die erzielten Werte des Wirkungsgrades sind in Abb. 11 in Funktion der Leistungen aufgetragen. Die Darstellung zeigt, daß ein sehr hoher Wirkungsgrad und ein günstiger Verlauf der gesamten Wirkungsgradkurve erreicht wurde.

Im Zusammenhang mit diesen Versuchen wurden auch die Regelung und die Sicherheitsabsteller eingehenden Prüfungen unterzogen, wobei sich ein völlig befriedigendes Arbeiten ergab.

II. Die 31 000 PS Zwillings-Freistrahlturbinen.

Entgegen den ursprünglichen Absichten[2]), die im ersten Ausbau des Achenseekraftwerkes aufgestellten beiden Industrieturbinen von je 15 350 PS im weiteren Ausbau durch drei gleiche Einheiten zu ergänzen, entschloß man sich, statt dessen zwei größere Maschinen von je 31 000 PS zu wählen, die ebenfalls als Zwillings-Freistrahlturbinen mit vier Düsen ausgeführt werden.

Die Unterbringung dieser beiden großen Maschinensätze im Krafthaus begegnete einigen Schwierigkeiten, weil aus architektonischen Gründen weder die Zentrale verbreitert, noch ihre Säulen versetzt werden

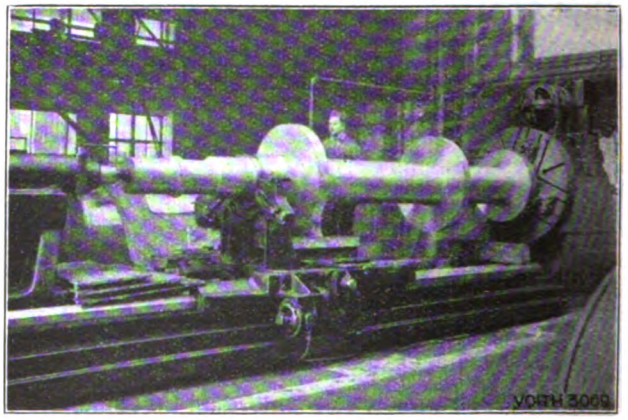


Abb. 16. Welle einer 31 000 PS-Turbine auf der Drehbank.

sollten. Daher mußten die Maschinensätze einen sehr gedrängten Aufbau erhalten, sodaß an den Wellenstirnseiten wenigstens freie Durchgänge erhalten blieben. Erschwerend kam hiezu, daß die bereits teilweise ausgeführten Fundamente für die jetzt doppelt so starken Maschinen

[2]) Vgl. E. Heller, Die maschinellen und elektrischen Anlagen des Achenseekraftwerkes, E. u. M. 1926, S. 690.

Digitized by Google

nicht mehr ausreichten. Von einem bei den Projektierungsarbeiten vorgesehenen Pfeilereinbau in den Unterwasserkanal unter der Rohrgrube mußte abgesehen werden. Die Verwendung von Eisenbeton erschien bei den geringen verfügbaren Fundamenthöhen und der dauernden Schwingungsbeanspruchung ungeeignet. Die Lösung ergab sich durch Benutzung eines eisernen Trägerrostes für jede Turbine. Es wurde aus schweren I-Trägern mit den erforderlichen Distanzträgern als ein geschlossener Rahmen ausgeführt und so einbetoniert, daß die einzelnen tragenden Teile der Turbine mit ihm fest verschraubt werden können. Dadurch ist eine vollkommene Übertragung aller Belastungen und Schwingungen auf den Fundamentrahmen gewährleistet, der seinerseits für eine solche Weiterleitung der Beanspruchungen ins Fundament sorgt, daß dieses an keiner Stelle überlastet wird.

Die beiden Turbinen sind ebenfalls für das Nettogefälle von 380 m gebaut; sie verbrauchen je 7075 l/s Wasser und leisten bei 500 U/min. normal 31000 PS. Beim höchsten Nutzgefälle von 395 m steigt die Leistung auf 32200 PS. Die Turbinen sind die stärksten Wasserkraftmaschinen Österreichs.

In ihrem allgemeinen Aufbau, wie er durch die Abb. 12, 13, 14 dargestellt ist, gleichen diese Turbinen völlig den Zwillingsturbinen des ersten Ausbaues. Jede Turbine besitzt nur ein Lager, das als Kammlager ausgeführt ist, und hat auf der dem Generator zugewandten Seite einen Unterstützungsbock für die Welle während der Montage, der beim

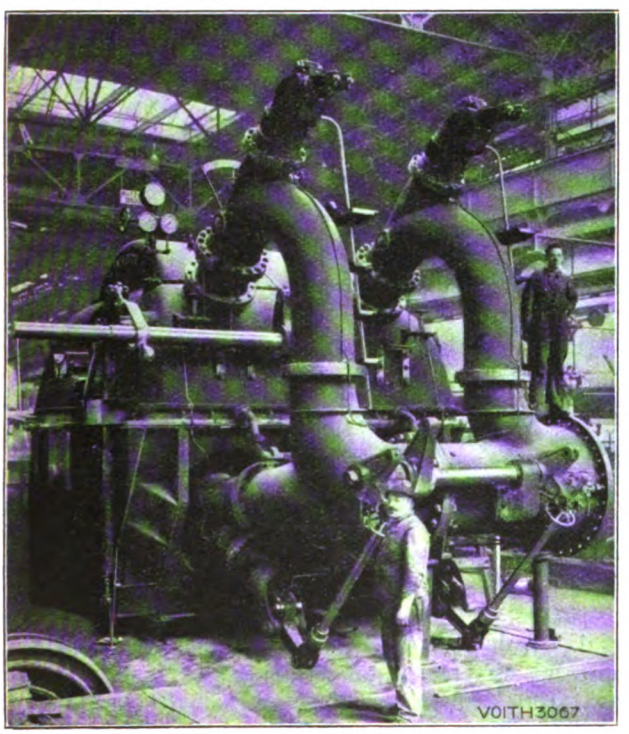


Abb. 17. Werkstattmontage einer 31 000 PS-Turbine.

Betrieb zurückgeschraubt werden kann. Das Kammlager sitzt auf dem an das Gehäuse angegossenen Lagerbock, der durch einen Trägerbock auf den tieferliegenden Tragrost abgestützt ist.

Abb. 15 zeigt das Gehäuse mit Schachtpanzerung in der Werkstatt. Sie läßt die starken Ausleger erkennen, mittels deren das Gewicht der Turbine auf dem Trägerrost ruht. Dieser ist auch auf dem

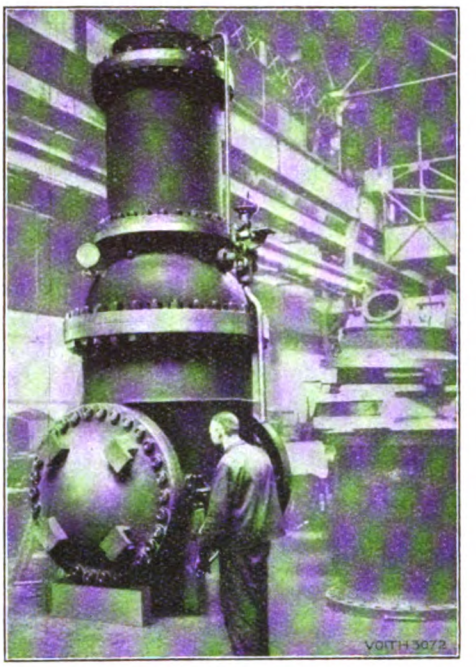


Abb. 18. Hydraulisch betätigter Einlaufschieber von 1100 mm Lichtweite.

Querschnitt durch die Turbine (Abb. 14) zu sehen. Dieses Bild läßt auch den Begehrost unter den Düsen erkennen, der hier auf seiner freien, dem Schacht zugekehrten Seite aufgehängt ist.

Die Doppelschaufeln der Laufräder sind in der gleichen Weise auf den an die Welle angeschmiedeten Nabenscheiben befestigt, wie bei den anderen Turbinen, nämlich mittels eingeschliffener Bolzen, die verschraubt sind, und durch die Schaufeln gegeneinander abstützende Keile, die jede Lockerung beim Betriebe unmöglich machen. Abb. 16 stellt die Welle während der Bearbeitung auf der Drehbank dar. Da die Schaufeln bis nahe an die Welle heranreichen, wurde eine besondere Ausbildung des Gehäuses im Hinblick auf die Abdichtung der Welle an den Durchtrittstellen durch das Gehäuse gegen Spritzwasser und zwecks guter Abführung des die Schaufeln verlassenden Wassers notwendig.

Die Düsen entsprechen in ihrer Bauart im wesentlichen denen der kleineren Turbinen. Bei den großen Turbinen sind aber nicht nur die oberen, sondern alle Düsen abschaltbar gemacht. Auf Abb. 17, die eine Turbine in der Werkstatt zeigt, sieht man die am Gestänge der unteren Düsen sitzenden Handräder zur Ausschaltung dieses Gestänges bei Abschaltung der Düsen. Auch besitzen die Düsen durch Deckel abgeschlossene Putzlöcher für die Reinigung.

Abb. 17 läßt auch die Leitungen zu den Bremsdüsen erkennen, die hier (siehe auch Abb. 14) nicht wie bei den anderen Turbinen auf der den Haupt-

Digitized by Google

düsen gegenüberliegenden Seite sitzen, sondern zwischen der oberen und unteren Düse ins Gehäuse führen.

Die Ausbildung der Regelung entspricht im allgemeinen der der 15 000 PS-Turbinen. Der Platzersparnis halber wurde hier aber eine andere Regleranordnung gewählt, bei der die Außenlager der Ablenker-Reglerwelle und der oberen Ablenkerwelle wegfallen. Die Ablenker-Reglerwelle tritt auch auf der Turbinenseite aus dem Doppelregler. Die Zugstange zwischen den auf dieser und der oberen Ablenkerwelle sitzenden Hebeln würde bei dieser Anordnung die Nadel-Reglerwelle schneiden. Sie wurde daher gegabelt ausgeführt.

In Abb. 17 ist die Nadel-Reglerwelle und die sie umfassende gegabelte Zugstange der Ablenker-Regelung, weiter die am Verteilrohr gelagerte Zwischenwelle für die Nadelregelung, von der aus die Regelstangen zu den unteren Düsen führen, zu sehen. Ausserdem läßt sie unterhalb des auf der linken Seite der Turbine sitzenden Abstützbockes für die Welle den Mauerkasten für das äußere Lager der unteren Ablenkerwelle mit seinem Stutzen erkennen, in den die Verbindungsstange von der oberen Ablenkerwelle aus hineinführt.

Die Druckölversorgung der Voith-Doppelregler ist die gleiche wie bei den 15 000 PS-Turbinen. In die Abb. 12 und 13 ist die Reserveölpumpe eingezeichnet, und Abb. 13 zeigt auch die Ölleitungen zu den beiden Turbinenreglern.

Den hydraulisch betätigten Absperrschieber der Turbine mit einer Lichtweite von 1100 mm gibt Abb. 18 beim Abpressen in der Werkstätte wieder.

Die Turbinen tragen die gleichen Meßinstrumente wie die des ersten Ausbaues.

Elektrowärme in der Metallindustrie.

Von Ing. Alfr. **Schau**, Wien.

Übersicht: Als aussichtsreichstes Mittel für den Belastungsausgleich der Elektrizitätswerke wurde schon seit langem die umfangreiche Verwendung der Elektrizität für Heizzwecke erkannt. Die Bemühungen zur Heranziehung von Abnehmern von Heizstrom, die ihren Hauptbedarf in die Nachtzeit verlegen können, haben sich bisher größtenteils auf die Verwendung elektrischer Heißwasser- und Dampfspeicher in Haushalt, Gewerbe und Industrie beschränkt. Ein befriedigender Belastungsausgleich könnte aber durch weitestgehende Einführung der Elektrowärme, insbesonders in der metallverarbeitenden und in der Schwerindustrie bewirkt werden. Da in Österreich von der metallverarbeitenden Industrie noch sehr viel Kohle aus dem Ausland bezogen werden muß, ist mit Rücksicht auf unseren Reichtum an Wasserkräften die weitgehendste Verwendung der Elektrowärme in den Betrieben der Metallindustrie besonders wünschenswert. Es wird eine Anzahl von in Österreich bestehenden elektrischen Ofenanlagen beschrieben.

Die Elektrowärme, das neue Sondergebiet der Starkstromtechnik, setzt sich in Europa im Gegensatz zu Amerika vergleichsweise nur langsam durch. Der Hauptgrund hiefür liegt in der heute noch viel verbreiteten Auffassung, die Elektrowärme könne nie mit einer Flammenheizung in wirtschaftlichen Wettbewerb treten. Die zahlreichen Ausführungsbeispiele elektrischer Öfen für die verschiedensten Zwecke zeigen, daß der Wärmewirkungsgrad bei den elektrischen Öfen um ein vielfaches höher liegt als der flammengeheizter Öfen, da die Wärme nur dort erzeugt wird, wo man sie braucht, und Verluste durch abziehende heiße Gase, unvollkommene Verbrennung, große mitzuheizende tote Massen und dgl. entfallen. Die Verluste durch Oberflächenstrahlung sind bei elektrischen Öfen niedriger, weil diese kleiner sind als andere Öfen gleicher Leistung und insbesonders bei Glühöfen, durch den Fortfall von Stichflammen, stärkerer Wärmeschutz zulässig ist.

Bei Vergleich der nutzbar gemachten WE ändert sich das Bild schon wesentlich. Immerhin würde bei Vergleich der Heizkosten allein die Elektrowärme trotz besseren Wirkungsgrades in den meisten Fällen teurer sein als Flammenheizung, da die Gleichheit der Heizkosten je nach Verwendungszweck einen Strompreis von rund 2 bis 3 g/kWh voraussetzt. Es ist aber in jedem Falle zu untersuchen, ob nicht die mit der elektrischen Heizung verbundenen Vorteile und anderwärtigen Ersparnisse den Mehrbetrag für die reinen Heizkosten aufheben oder sogar überschreiten,

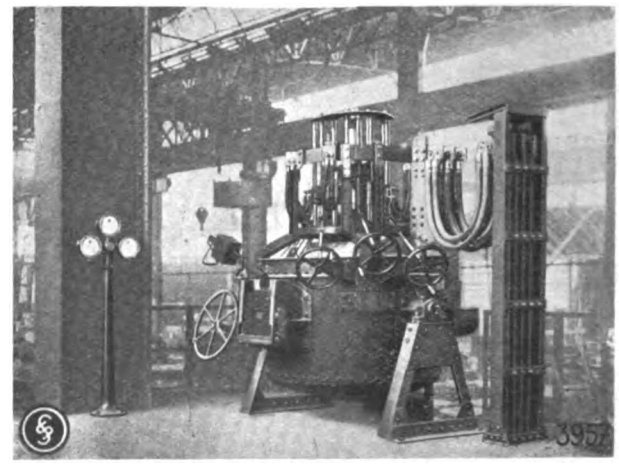


Abb. 1. Kleiner Drehstrom-Lichtbogenofen der Schoeller-Bleckmann-Stahlwerke in Ternitz.

so daß sich auch die Einführung elektrischer Heizung im Anschlusse an Kraftwerke, die mit Wärmekraftmaschinen arbeiten, wirtschaftlich günstig gestalten kann.

Welche Gesichtspunkte für die Einführung der Elektrowärme in der Praxis maßgebend sind, ist sehr verschieden. In dem einen Fall ist es der Bedarf eines vollkommen reinen Heizmittels, dessen Kosten bei Verarbeitung hochwertiger Werkstoffe zurücktreten. In einem anderen Falle kann wieder

Digitized by Google

die einzigartige Eignung elektrischer Beheizung für selbsttätige Regelung ihre Verwendung sehr begünstigen.

Der Platzbedarf elektrischer Öfen ist gewöhnlich nur ein Bruchteil jener mit Flammenheizung; Gaserzeugungsanlagen, Gasleitungen, Schornsteine, Regenerativkammern und Brennstofflager entfallen. Es sind nur die elektrischen Zuleitungen und eine an geeigneter Stelle in der Nähe des Ofens anzubringende Schalttafel notwendig. Elektrische Öfen können im Betrieb überall dort aufgestellt werden, wo es für den Weg der Erzeugung am zweckmäßigsten ist, wodurch an Förderkosten oft ausschlaggebend gespart wird. Bei elektrischer Beheizung ist man nicht von Marktpreisen und Güte irgend eines Brennstoffes abhängig. Der Wegfall der Sprenggefahr, von Rauch und gesundheitsschädlichen Gasen machen die elektrische Heizung zur reinlichsten und gefahrlosesten. Viele der genannten Vorteile lassen sich schwer ziffernmäßig bestimmen, weswegen sie sehr zu unrecht bei Vergleichsrechnungen oft unberücksichtigt bleiben.

Die elektrische Beheizung ist so anpassungsfähig und regelbar, daß sie technisch fast für alle industriellen Zwecke die Flammenheizung zu ersetzen vermag. Dies erklärt auch die große Zahl von Ausführungsformen, die in verhältnismäßig kurzer Entwicklungszeit entstanden sind.

Unter den Anwendungsmöglichkeiten der Elektrowärme nimmt die Herstellung und Verarbeitung des Eisens und besonders des Stahles den größten Raum ein, wobei hervorzuheben ist, daß diese Arbeitsvorgänge häufig in die Nachtschicht verlegt werden können. Da sind zuerst die

Elektrostahlöfen

zu nennen. Von den vielen Bauarten solcher Öfen ist die nach Heroult bei weitem am meisten eingeführt[1]). Einen solchen von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken nach Plänen der Siemens & Halske A.-G. an die Schoeller-Bleckmann-Stahlwerke in Ternitz gelieferten Ofen für 500 kg Einsatz zeigt Abb. 1. Die Öfen werden in der Regel mit Drehstrom betrieben und besitzen dementsprechend drei durch den Deckel eingeführte, senkrecht verstellbare Elektroden. Der Lichtbogen brennt frei von jeder Elektrode zum Einsatz und wird bei kleinen Öfen, wie in Abb. 1, von Hand aus, bei größeren Öfen durch selbsttätige Regeleinrichtungen auf gleiche Stromstärke gesteuert. Einen bei der Österr. Alpine-Montangesellschaft in Donawitz in Betrieb befindlichen Ofen für 15 t Einsatzgewicht zeigt Abb. 2. Mit sehr empfindlichen und schnell arbeitenden Regeleinrichtungen, meist in Verbindung mit Stromdrosseln, werden die Belastungsstöße auch bei den größten Öfen auf ein für die Regelung der Netzspannung zulässiges Maß herabgesetzt.

Aber nicht nur für die Herstellung von Qualitätsstahl kommen Drehstrom-Lichtbogenöfen in Betracht, sondern seit neuerer Zeit auch für die

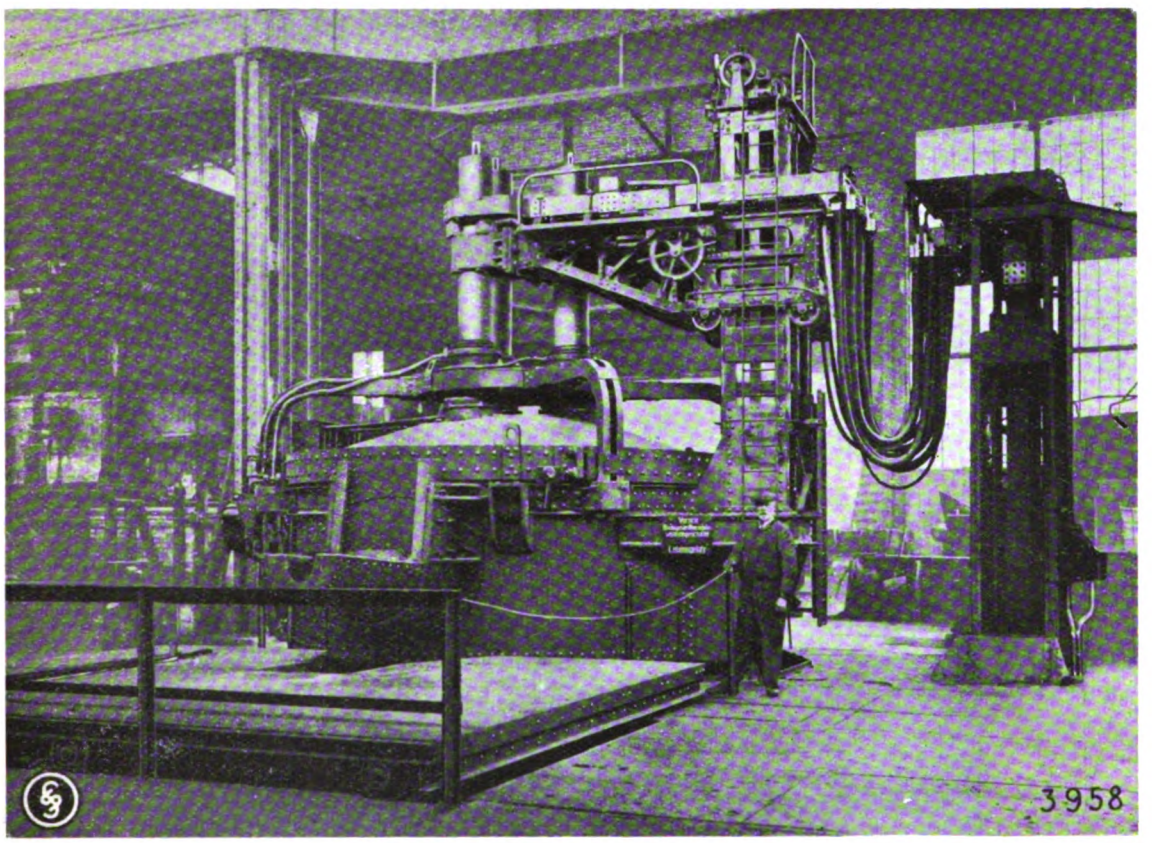


Abb. 2. Drehstrom-Lichtbogenofen der Österr. Alpinen Montangesellschaft in Donawitz.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 623.

Digitized by Google

Herstellung von Qualitätsgrauguß. Es wird hiefür gewöhnlich das sogenannte Duplexverfahren angewendet, wobei im Kupolofen eingeschmolzen wird und im Elektroofen das Feinen des Graugusses ge-

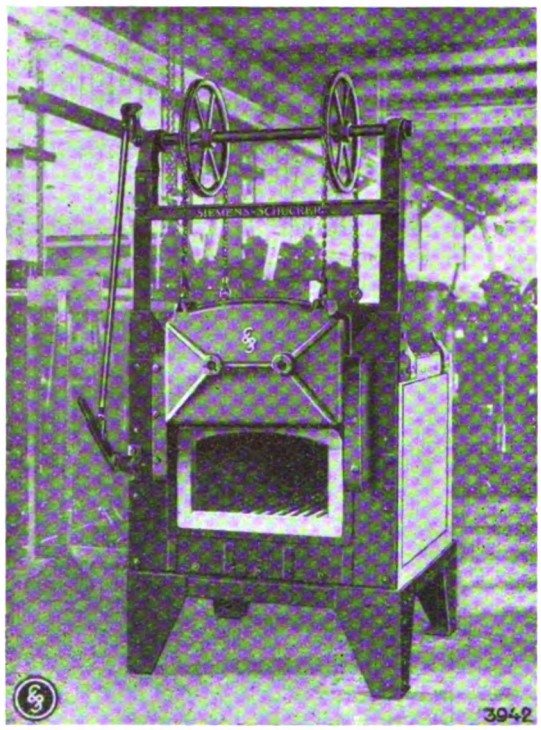


Abb. 3. Elektrischer Glüh- und Härteofen der W. Abt., Fabrik landw. Geräte in Wopfing.

schieht. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens, das auf den ersten Blick nur an die allerniedrigsten Strompreise gebunden erscheint, ist in erster Linie dadurch gegeben, daß man mit Rücksicht auf das Feinen im Elektroofen minderwertigeren und billigeren Einsatz verwenden kann als bei reinem Kupolofenbetrieb und trotzdem ein weit besseres Enderzeugnis erhält.

Für das Schmelzen von Nichteisenmetallen wurden andere Ofenbauarten entwickelt, deren Wirtschaftlichkeit in erster Linie auf geringeren Abbrandverlusten beruht. Es sind das der Niederfrequenz-Induktionsofen, hauptsächlich zum Schmelzen von Kupfer, Messing und Bronze, der Hochfrequenz-Induktionsofen für schwer schmelzbare und hochwertige Metalle und der elektrische Kleinschmelzofen mit in der Regel indirekter Widerstandbeheizung für Metalle mit Gießtemperaturen bis etwa 950° C. Ein solcher Kleinschmelzofen besteht aus einem Tiegel, der in eine Glühkammer hineinragt, an deren feuerfesten Wänden elektrische Heizwiderstände angebracht sind. Nach der Art seiner Beheizung bildet er den Übergang zu den

elektrischen Glüh- und Härteöfen.

Die Wärmebehandlung der Metalle und insbesonders des Stahles gehört zweifellos zu den schwierigsten Aufgaben des Hütteningenieurs, wenn sie mit der dem heutigen Wissensstand der Gefügelehre entsprechenden Genauigkeit durchgeführt werden soll. Früher hat man so wichtige Arbeiten wie das Vergüten des Strahles nach rein empirischen Methoden durchgeführt und war dabei meist von der Übung und der Aufmerksamkeit des Arbeiters abhängig. Die Fortschritte in der Herstellung hochwertiger Stähle bedingten auch eine erhöhte Genauigkeit in der Wärmebehandlung, für die der elektrisch geheizte Ofen ein besonders geeignetes Hilfsmittel ist. Die gleichmäßige Erwärmung eines Glühraumes durch Flammenheizung bietet Schwierigkeiten, weil die Heizgase diesen Raum auf einem bestimmten Weg durchziehen oder umspülen müssen und, da sie ja Wärme abgeben, an Temperatur verlieren, so daß immer ein mit der

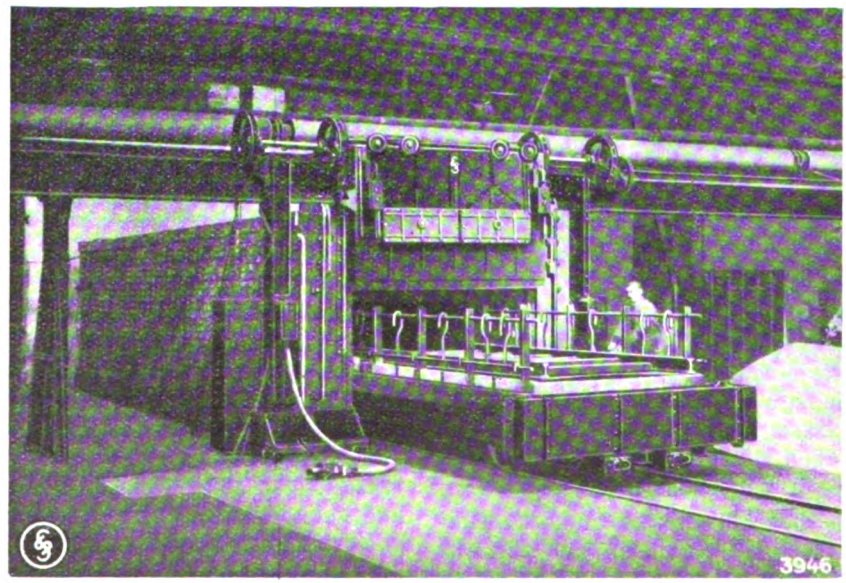


Abb. 4. Elektrischer Glüh- und Härteofen mit ausfahrbarem Herd (Schoeller-Bleckmann-Stahlwerke in Ternitz).

Flammenführung verlaufender Temperaturabfall besteht. Um das Glühgut vor Oxydation zu schützen, die durch die Berührung mit Flammen und Heizgasen eintritt, werden mit Brennstoff geheizte

Digitized by Google

Öfen als Muffelöfen ausgebildet, bei welchen die Glühware in einer feuerfesten Kammer liegt, die außen von Flammen umspült wird. Dies bedingt höheren Brennstoffaufwand und schließt die Oxydation des Einsatzes noch nicht aus, weil der luftdichte Abschluß solcher Muffeln sehr schwierig ist. In vielen Fällen wird das Glühgut in eiserne

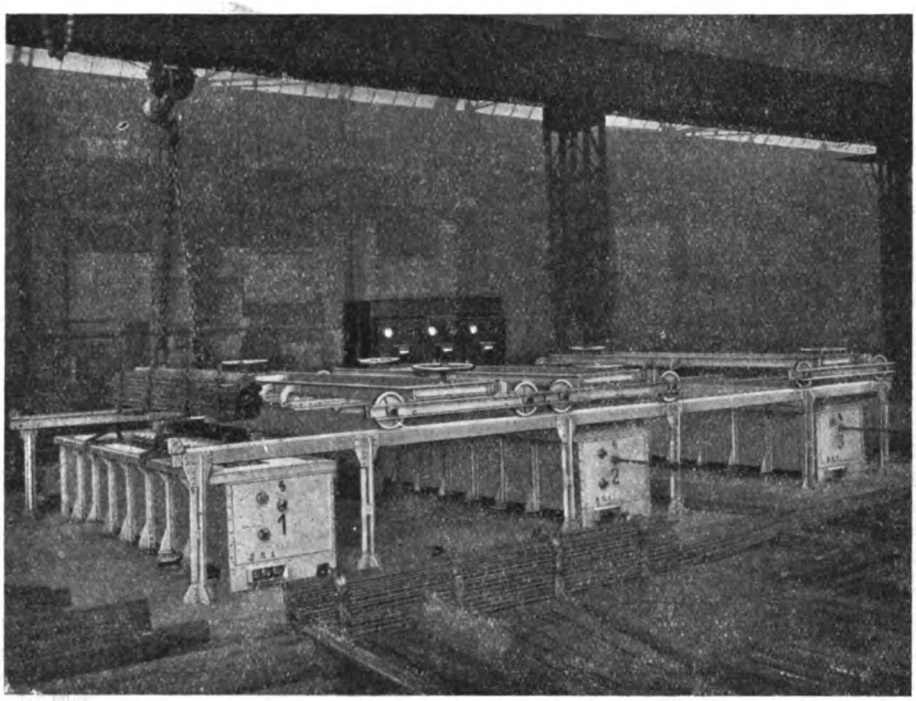


Abb. 5 Elektrische Muldenglühofenanlage. (Schoeller-Bleckmann-Stahlwerke in Ternitz.)

Kisten verpackt, die nicht nur einen Mehraufwand an Wärme bedingen, sondern auch die Temperaturmessung im Glühgut selbst sehr erschweren. Die Glühkisten verschleissen durch Abbrand, so daß ihre ständige Erneuerung den Glühbetrieben beträchtliche Kosten verursacht. Diese Kosten betragen bis 50 vH des Aufwandes für Brennstoff. Die elektrischen Glühöfen lassen sich, wo es notwendig ist, mindestens ebenso dicht abschließen wie Glühkisten, so daß hier etwa die gleichen Verhältnisse für das Glühgut vorliegen wie innerhalb einer Glühkiste.

Die elektrische Beheizung solcher Glüh- und Härteöfen erfolgt fast ausschließlich durch Heizwiderstände. Die Erzeugung der Wärme im Glühgut selbst durch direkten Stromdurchgang und nach dem Induktionsprinzip wurde zwar vielfach versucht, weil sie den besten Wirkungsgrad ergibt, hat aber bis heute noch zu keinem durchgreifenden Erfolg geführt, weil sie große Gleichmäßigkeit der zu erwärmenden Stücke voraussetzt und besonders feinstufige Regelvorrichtungen der meistens sehr niedrigen Gebrauchsspannung erfordert. Die industrielle Entwicklung der Öfen mit Widerstandsheizung konnte erst nach Einführung der heute erhältlichen Chromnickeldrähte und -bänder einsetzen, die an freier Luft Dauertemperaturen von 1100 bis 1200° aushalten, ohne zu verbrennen. Die Drähte oder Bänder werden an den aus feuerfesten Steinen bestehenden Ofenwänden befestigt. Entsprechend dem Temperatursprung zwischen Heizelement und Einsatz sind Chromnickelwiderstände für Glühtemperaturen bis 1000° verwendbar. Für höhere Temperaturen bis etwa 1350° C dienen Heizwiderstände, die unter dem Namen „Silit“ im Handel sind. Diese besitzen große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen, verändern aber ihren Widerstandswert im Gebrauch, weshalb es vorteilhaft ist, sie an regelbare Spannung anzuschließen.

Die Wämearbeiten, wie Glühen, Tempern und Einsatzhärten lassen sich oft ohne Schwierigkeiten

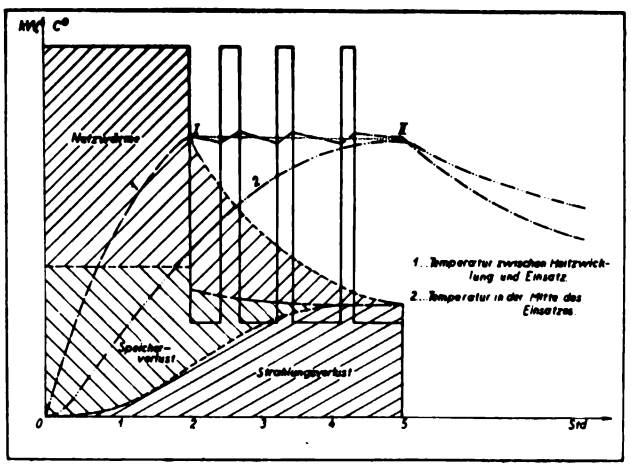


Abb. 6. Temperatur und Leistung beim elektrischen Glühofen.

so einteilen, daß absatzweise arbeitende Öfen nachtsüber angeheizt werden. Tagsüber ist dann nur die Ofentemperatur mit kleinem Leistungsaufwand gleichzuhalten, wenn der Ofen nicht überhaupt abgeschaltet werden kann.

Digitized by Google

Die Öfen erhalten in der Regel eigene Transformatoren, da sie nur an Niederspannung, in Ausnahmsfällen an 500 V anzuschließen sind. Der Leistungsfaktor solcher Öfen ist praktisch gleich eins.

Abb. 3 zeigt einen kleinen elektrischen Ofen bei W. A b t, Fabrik landwirtschaftlicher Geräte in Wopfing, für Glüh- und Härtezwecke. Ein solcher

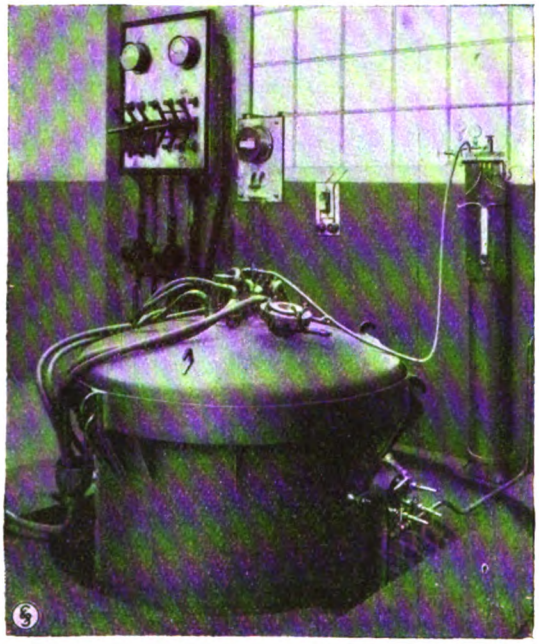


Abb. 7. Elektrischer Blankglüh-Schachtofen 65 kW, System SSW-Stassinet, im Betrieb.

Ofen erhält in der gleichen Bauart für rund 1000° Glühtemperatur Heizwiderstände aus Chromnickel, für Glühtemperaturen bis 1350° Silitheizstäbe.

Der Glüh- und Härteofen, Abb. 4, hat einen geheizten, ausfahrbaren Herd, sein Anschlußwert beträgt 350 kW bei Anschluß an Drehstrom von 500 V. Am Herdwagen sind Abdeckbleche über den Heizwiderständen und seitliche Stützen aus hitzebeständigem Werkstoff angebracht, die entsprechend den Sicherheitsvorschriften geerdet sind und eine Berührung und Beschädigung der Heizkörper ausschließen. Die Wagenheizung wird mittels Steckern angeschlossen.

Zum Glühen von Stahlstangen dienen auch Muldenglühöfen mit verschiebbarem ungeheizten Deckel. Abb. 5 zeigt eine Anlage mit drei Muldenöfen für je 2 t Einsatz und mit je 115 kW Anschlußwert. Die Anlagen, Abb. 4 und 5, sind bei den Schoeller-Bleckmann Stahlwerken in Ternitz in Betrieb.

Die hauptsächlichsten Aufgaben eines elektrischen Glühofens sind:

1. Die Erzielung einer gleichmäßigen Erwärmung des Glühgutes.

2. Eine genaue und womöglich selbsttätige Temperaturregelung.

Die gleichmäßige Erhitzung bei kleinster Anheizdauer wird durch allseitige Erwärmung (Boden, Decke und Seiten) bewirkt. Eine örtliche Überhitzung, wie sie bei flammengeheizten Öfen durch Stichflammen zu befürchten ist, kann nicht auftreten. Beim Bau elektrischer Glühöfen kann man sich vollkommen der Form der zu glühenden Ware anpassen.

Für die Temperaturregelung wird man in den meisten Fällen eine selbsttätig wirkende Einrichtung benützen, nicht nur um an Löhnen für Bedienungsmannschaft zu sparen, sondern um sich auch von deren Aufmerksamkeit unabhängig zu machen. Die Genauigkeit und Leichtigkeit, mit der die Leistungsaufnahme elektrischer Glühöfen geregelt werden kann, wird erst dann voll ausgenützt, wenn man sich selbsttätiger Regelvorrichtungen bedient. Es genügt dann auch bei einer großen Anlage mit mehreren Öfen, die beispielsweise bei Tag beschickt und bei Nacht geheizt werden sollen, wenn von Zeit zu Zeit das richtige Arbeiten der Anlage überprüft wird. Die Heizung wird durch Abschalten oder Umschalten aller oder einzelner Heizelemente in Abhängigkeit von der Temperatur verlustlos geregelt. Diese wird wie bei allen übrigen Glühöfen durchwegs mit Thermoelementen gemessen, die auf Anzeigeinstrumente und bei selbsttätiger Regelung auf Temperaturregler wirken.

Die während einer Glühung aufzuwendende Leistung hat etwa den in Abb. 6 dargestellten Ver-

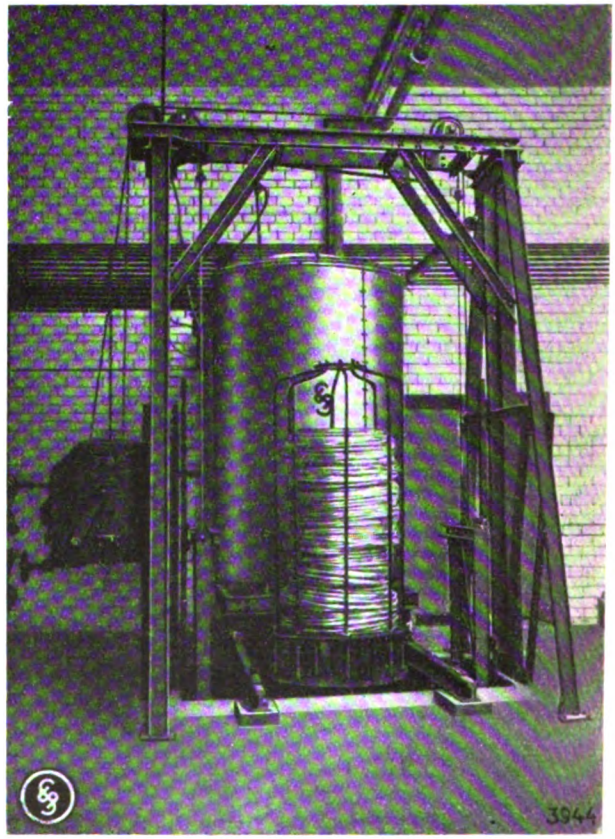


Abb. 8. Elektrischer Ofen zum Glühen von Cu- und Al-Drähten unter Wasserdampf (Kabelwerk der ÖSSW).

lauf. Man hat drei Abschnitte zu unterscheiden. Von 0 bis I wird der Ofen mit seiner vollen Anschlußleistung geheizt, bis nächst der Heizwicklung die gewünschte Temperatur erreicht wird. Bei weiterer Heizung mit voller Leistung würde diese Temperatur überschritten werden, weshalb die

Digitized by Google

zugeführte Leistung so weit herabzusetzen ist, daß gerade nur so viel Wärme erzeugt wird, als in das Mauerwerk nach außen und in das Glühgut nach innen abfließen kann. Diese Leistung nimmt mit der Durchwärmung des Einsatzes ab bis Punkt II, wo der Temperaturausgleich im Einsatz erreicht wird und nur mehr die äußeren Wärmeverluste zu decken übrig bleiben. Die Anheizdauer kann also durch Vergrößerung der Ofenleistung nicht beliebig verkürzt werden, sondern nur der erste Abschnitt 0—I. Die Dauer I—II ist von Form und Wärmeleitvermögen des Einsatzes abhängig, wovon wieder nur die Form des Einsatzpaketes durch geeignete Ofenbemessung zu beeinflussen ist.

Der elektrische Glühofen bietet ganz neue Möglichkeiten durch die Verwendung von Schutzgasen. Man versteht darunter die Einleitung von irgend einem indifferenten oder reduzierenden Gas in den Glühraum, um die Oxydation des Einsatzes zu verhindern. Abb. 7 zeigt einen Schachtglühofen zum Blankglühen von Bändern oder Drähten nach der Bauart Siemens-Schuckert-Stassinet. Die Wahl des Schutzgases hängt ganz von der Beschaffenheit des Glühgutes ab. Zum Glühen von Eisen mit geringem Kohlenstoffgehalt, wie zum Beispiel Tiefziehblechen, Bandeisen und Eisendraht hat sich Wasserstoff am besten bewährt. Für Stahl, Kupfer und Messing kann man Kohlenoxyd, Stickstoff oder auch gereinigtes Generatorgas verwenden. Für Kupfer ist Wasserdampf ein sehr gutes und billiges Schutzgas.

Abb. 8 zeigt einen Ofen zum Glühen von Kupfer- und Aluminiumdrähten unter Wasserdampf, im Kabelwerk der Ö. S. S. W. Der Ofen hat eine fahrbare geheizte Kammer und einen absenkbaren Boden, mit dem das Glühgut in einen unter dem Ofen befindlichen Wasserbehälter getaucht wird. Das Bild zeigt den mit Drahtringen beladenen, angehobenen Boden bei seitwärts geschobener Glühglocke. Der beladene Boden wird gesenkt, die Glocke in die Betriebsstellung gefahren und durch Heben des Bodens der Einsatz in den Glühraum gebracht.

Abgesehen von den Blankglühöfen, wo die europäischen Ausführungen jenen der Amerikaner vorauseilen, sind uns die Amerikaner im Bau elektrischer Öfen um vieles voraus[2]). Ihrer großzügigen Art entsprechend, mit der sie eine als aussichtsreich erkannte Neuerung verfolgen und durchbilden, haben sie den elektrischen Glühofen zu einem allgemein bekannten und verwendeten Hilfsmittel gemacht, trotzdem in Amerika, dem Land des größten Ölvorkommens, die Ölfeuerung der Elektrowärme als scharfer Wettbewerber gegenübersteht. Besonders in solchen Werken, die sich der Fließarbeit bedienen, wie beispielsweise die Automobilindustrie, sind elektrische Öfen für die größten Leistungen errichtet worden, auch dort, wo keine billige elektrische Energie verfügbar ist, weil sie besonders in größeren Anlagen weitaus geringere Bedienungskosten aufweisen.

Neben der Verwendung der Elektrowärme für Glüh- und Härteöfen besteht aussichtsreiche Verwendungsmöglichkeit für Kern- und Formtrockenöfen, für Emailbrennöfen usw. Die Brenntemperatur für Email beträgt etwa 900° C, ist also mit Heizwiderständen aus Chromnickel leicht zu beherrschen. Beim Emailbrennen ist eine genaue Temperatureinhaltung und gleichmäßige Verteilung für die Erzielung gleichmäßiger Färbung wichtig, ebenso eine saubere Heizung, da die Ware durch Staub verdorben wird.

Eine besondere Gruppe bilden die elektrisch geheizten Härte- und Nachlaßbäder. Für höhere Temperaturen etwa 900 bis 1300° verwendet man Salze, für niedere Temperaturen meist Blei und bis etwa 250° auch Öl. Diese Öfen bestehen ähnlich den schon gezeigten Kleinschmelzöfen aus einer elektrisch geheizten Mulde und einem Einsatzbehälter zur Aufnahme des Bades.

Die umfangreiche Anwendung der Elektrowärme in der Industrie würde den Kraftwerken Verbraucher mit hoher jährlicher Benützungsdauer zuführen und solche, die bei besonderen Tarifen hauptsächlich zu Zeiten sonstiger geringer Kraftwerksbelastung Strom beziehen.

[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 157; 1926, TWN, S. 78.

Karte der Elektrizitätsversorgung in Österreich.

(Dazu eine Tafel.)

Die mit dem Entwurf von Kraftwerken und Fernübertragungen, sowie mit der Beurteilung von Fragen der Elektrizitätswirtschaft Beschäftigten dürften fallweise den Mangel einer übersichtlichen planlichen Darstellung der Elektrizitätsversorgung Österreichs verspürt haben. Aus diesem Bedürfnis heraus entstand bei den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken nach und nach eine Übersichtskarte, die in ergänzter Form in diesem Hefte allgemein zugänglich gemacht werden soll, in der Erwartung, daß die Karte für den Entwurf neuer oder die Beurteilung vorhandener elektrotechnischer Anlagen in Österreich als wünschenswerter Behelf dienen kann[1]).

Trotz des Bestrebens, mit Benützung der vom Elektrotechnischen Verein bearbeiteten „Statistik der Elektrizitätswerke" und durch ergänzende Erhebungen auf den Anlagen selbst eine möglichst vollkommene Darstellung zu erreichen, waren Mängel und Fehler nicht zu vermeiden. Hier kann aber nur die Mitarbeit Aller Verbesserung brin-

[1]) Die noch vorhandenen Exemplare der Karte können beim Elektrotechnischen Verein, Wien, VI., Theobaldgasse 12, zum Preise von S 1·50 pro Stück bezogen werden.

Digitized by Google

gen. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die Werke und die Fachgenossen auf solche Mängel hinweisen und wünschenswerte Ergänzungen und Anregungen dem Elektrotechnischen Verein in Wien VI., Theobaldgasse 12, bekanntgeben würden, damit sie bei der neuen Bearbeitung der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs 1927" verwertet werden können.

Neben den Kraft-, und Umspannwerken für öffentliche Zwecke wurden in die Karte auch Industrie- und Eigenanlagen größeren Umfanges aufgenommen.

Die in den ausgewiesenen Werken insgesamt installierte Leistung von rund 900 000 kVA teilt sich auf die einzelnen Bundesländer wie folgt auf:

Wien und Niederösterreich	34 vH
Oberösterreich	14·5 „
Salzburg	8 „
Steiermark	17·5 „
Tirol	14 „
Vorarlberg	5 „
Kärnten	6·5 „
Burgenland	0·5 „

Die Trassenlängen der Hochspannungsleitungen ergeben für die verschiedenen Spannungsgruppen:

60 bis 110 kV	zirka 700 km
35 „ 59 „	„ 950 „
15 „ 34 „	„ 3700 „
„ 14 „	„ 5500 „

Dr. Ing. G. Markt.

Die Großwasserkraftverwertung in Österreich nach dem Stande Ende 1927.

Vom Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamt (W. E. W. A.) in Wien.

Die im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft vom Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamte (W.E.W.A.) verfaßte Statistik des Ausbaues der Großwasserkräfte in Österreich nach dem Stande Ende 1927[1]), die alle Anlagen mit einer Installationsgröße von je 500 PS und darüber erfaßt und kleinere Anlagen nur dann einbezieht, wenn eine in einer Unternehmung vereinigte Mehrheit solcher Anlagen diese Installationsgröße erreicht, kommt zu folgenden Schlußziffern:

	Anzahl der Unternehmungen	Jahresmittelleistung in PS	Installierte Wasserkraftleistung in PS	Maximales Jahresarbeitsvermögen Mill. kWh
A Bestand 1918	140	223 634	321 660	1283·6
B Errichtet 1919 b. Ende 1927	78	178 955	367 937	963·1
C Ab 1. Jänner 1928 n. i. Bau	15	95 050	413 160	548·4
Großwasserkraftnutzung in Österreich (A + B + C)	233	497 639	1 102 757	2794·5

Die in dieser Zusammenstellung nicht erfaßten Wasserkraftwerke mit installierten Leistungen je unter 500 PS fallen mit der ihnen zukommenden Jahresenergie so wenig ins Gewicht, daß sie an dem angeführten summarischen Ergebnis wesentlich nichts ändern.

Mit dem bisherigen Ausbau sind insgesamt erst rund 15 vH des Gesamtvorkommens der ausbauwürdigen österreichischen Großwasserkräfte ausgenützt, das bei vorsichtiger Schätzung mit rund 3·4 Mill. PS Jahresmittelleistung (ungefähr die Hälfte davon Stufen von je über 1000 PS) veranschlagt werden kann.

Setzt man die Summe der installierten Leistungen für das ganze Bundesgebiet in Beziehung zur Summe des maximalen Jahresarbeitsvermögens, so zeigt sich, daß das Jahresarbeitsvermögen beim Werksbestand 1918 einer rund 5 400 stündigen, bei den seit 1918 in Bauangriff genommenen Werken jedoch kaum einer 2 600 stündigen Ausnützung der installierten Wasserkraft-(Turbinen)leistung entspricht.

Dieser auffällige Unterschied rührt daher, daß bei den neueren Werken

1) speicherfähige Anlagen überwiegen, bei denen zur Abarbeitung des Betriebswasservorrates für Höchstleistungen innerhalb kurzer Zeiträume naturgemäß eine verhältnismäßig größere maschinelle Ausrüstung bereitgestellt sein muß,

2) daß, dank der Möglichkeit verbundwirtschaftlichen Zusammenschlusses mit eben diesen Speicherwerken der Ausbau der meisten Laufwerke, nicht, so wie früher, auf Grund der neunmonatigen, sondern nunmehr für die sechs- oder siebenmonatige Wassermenge, also viel weitergehender, erfolgen konnte,

3) daß die Nachkriegswerke, entsprechend dem Überwiegen von Stromlieferungsunternehmungen, bei denen auf die Stetigkeit der Stromlieferung in höherem Maße Bedacht genommen werden mußte, ungleich besser mit Reserveaggregaten ausgestattet sind als die vor 1918 überwiegenden Eigenanlagen.

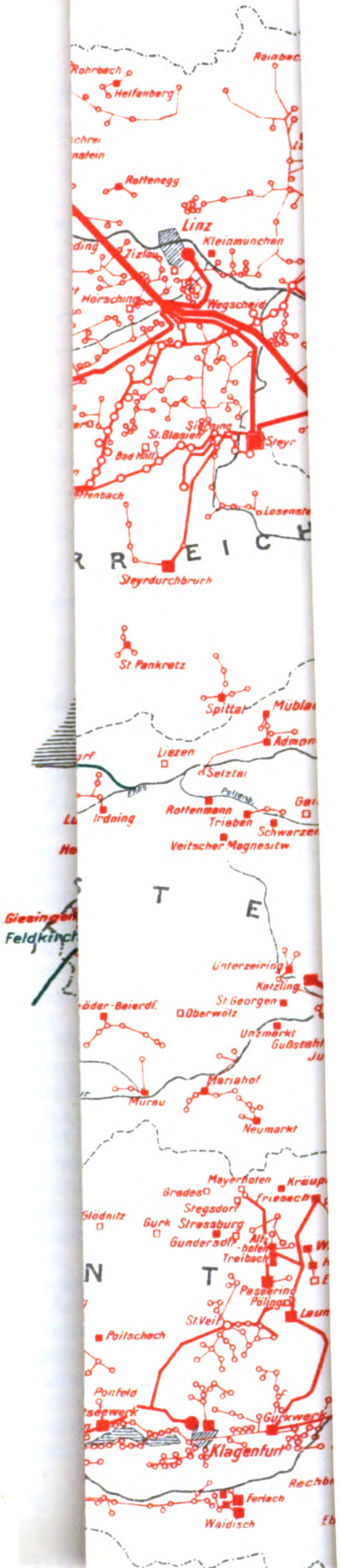
In Bezug auf die Größe der einzelnen Objekte ist feststellbar, daß die durchschnittliche Installationsgröße je eines vor Ende 1918 gebauten Großwasserkraftwerkes rund 1500 PS war, dagegen diejenige eines Nachkriegswerkes fast das Sechsfache, 8 500 PS, beträgt, wodurch der Zug zur Energiegroßerzeugung augenfällig dargetan ist.

Je größer aber ein Wasserkraftwerk ist, desto billiger ist bei gehöriger Ausnützung seine Produktion, desto größer ist sein Aktionsradius und ist seine Eignung als Stützpunkt der Verbundwirtschaft.

In der Tafel 1 ist fürs erste die verhältnismäßige Geringfügigkeit des maximalen Jahresarbeitsvermögens der Bahnkraftwerke gegenüber jenem der Stromlieferungsunternehmungen und industriellen Eigenanlagen bemerkbar.

[1]) Einzelnachweis siehe „Die Wasserwirtschaft" Nr. 4 – 5 vom 1. März 1928, S. 53 bis 89.

Digitized by Google



Digitized by Google

gen. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die Werke und die Fachgenossen auf solche Mängel hinweisen und wünschenswerte Ergänzungen und Anregungen dem Elektrotechnischen Verein in Wien VI., Theobaldgasse 12, bekanntgeben würden, damit sie bei der neuen Bearbeitung der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs 1927" verwertet werden können.

Neben den Kraft-, und Umspannwerken für öffentliche Zwecke wurden in die Karte auch Industrie- und Eigenanlagen größeren Umfanges aufgenommen.

Die in den ausgewiesenen Werken insgesamt installierte Leistung von rund 900 000 kVA teilt sich auf die einzelnen Bundesländer wie folgt auf:

Wien und Niederösterreich	34 vH
Oberösterreich	14·5 „
Salzburg	8 „
Steiermark	17·5 „
Tirol	14 „
Vorarlberg	5 „
Kärnten	6·5 „
Burgenland	0·5 „

Die Trassenlängen der Hochspannungsleitungen ergeben für die verschiedenen Spannungsgruppen:

60 bis 110 kV	zirka 700 km
35 „ 59 „	„ 950 „
15 „ 34 „	„ 3700 „
„ 14 „	„ 5500 „

Dr. Ing. G. Markt.

Die Großwasserkraftverwertung in Österreich nach dem Stande Ende 1927.

Vom Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamt (W. E. W. A.) in Wien.

Die im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft vom Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamte (W.E.W.A.) verfaßte Statistik des Ausbaues der Großwasserkräfte in Österreich nach dem Stande Ende 1927[1]), die alle Anlagen mit einer Installationsgröße von je 500 PS und darüber erfaßt und kleinere Anlagen nur dann einbezieht, wenn eine in einer Unternehmung vereinigte Mehrheit solcher Anlagen diese Installationsgröße erreicht, kommt zu folgenden Schlußziffern:

	Anzahl der Unternehmungen	Jahresmittelleistung in PS	Installierte Wasserkraftleistung in PS	Maximales Jahresarbeitsvermögen Mill. kWh
A Bestand 1918	140	223 634	321 660	1283·6
B Errichtet 1919 b. Ende 1927	78	178 955	367 937	963·1
C Ab 1. Jänner 1928 n. i. Bau	15	95 050	413 160	548·4
Großwasserkraftnutzung in Österreich (A + B + C)	233	497 639	1 102 757	2794·5

Die in dieser Zusammenstellung nicht erfaßten Wasserkraftwerke mit installierten Leistungen je unter 500 PS fallen mit der ihnen zukommenden Jahresenergie so wenig ins Gewicht, daß sie an dem angeführten summarischen Ergebnis wesentlich nichts ändern.

Mit dem bisherigen Ausbau sind insgesamt erst rund 15 vH des Gesamtvorkommens der ausbauwürdigen österreichischen Großwasserkräfte ausgenützt, das bei vorsichtiger Schätzung mit rund 3·4 Mill. PS Jahresmittelleistung (ungefähr die Hälfte davon Stufen von je über 1000 PS) veranschlagt werden kann.

Setzt man die Summe der installierten Leistungen für das ganze Bundesgebiet in Beziehung zur Summe des maximalen Jahresarbeitsvermögens, so zeigt sich, daß das Jahresarbeitsvermögen beim Werksbestand 1918 einer rund 5 400 stündigen, bei den seit 1918 in Bauangriff genommenen Werken jedoch kaum einer 2 600 stündigen Ausnützung der installierten Wasserkraft-(Turbinen)leistung entspricht.

Dieser auffällige Unterschied rührt daher, daß bei den neueren Werken

1) speicherfähige Anlagen überwiegen, bei denen zur Abarbeitung des Betriebswasservorrates für Höchstleistungen innerhalb kurzer Zeiträume naturgemäß eine verhältnismäßig größere maschinelle Ausrüstung bereitgestellt sein muß,

2) daß, dank der Möglichkeit verbundwirtschaftlichen Zusammenschlusses mit eben diesen Speicherwerken der Ausbau der meisten Laufwerke, nicht, so wie früher, auf Grund der neunmonatigen, sondern nunmehr für die sechs- oder siebenmonatige Wassermenge, also viel weitergehender, erfolgen konnte,

3) daß die Nachkriegswerke, entsprechend dem Überwiegen von Stromlieferungsunternehmungen, bei denen auf die Stetigkeit der Stromlieferung in höherem Maße Bedacht genommen werden mußte, ungleich besser mit Reserveaggregaten ausgestattet sind als die vor 1918 überwiegenden Eigenanlagen.

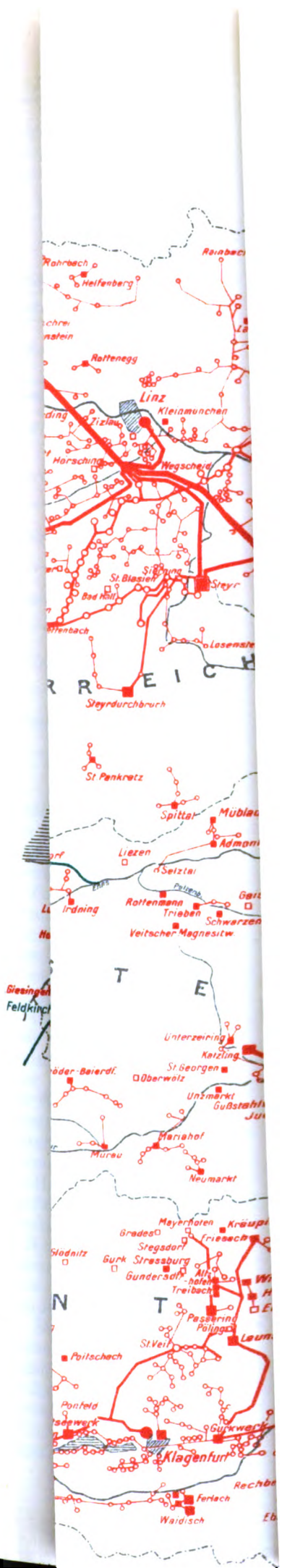
In Bezug auf die Größe der einzelnen Objekte ist feststellbar, daß die durchschnittliche Installationsgröße je eines vor Ende 1918 gebauten Großwasserkraftwerkes rund 1500 PS war, dagegen diejenige eines Nachkriegswerkes fast das Sechsfache, 8 500 PS, beträgt, wodurch der Zug zur Energiegroßerzeugung augenfällig dargetan ist.

Je größer aber ein Wasserkraftwerk ist, desto billiger ist bei gehöriger Ausnützung seine Produktion, desto größer ist sein Aktionsradius und ist seine Eignung als Stützpunkt der Verbundwirtschaft.

In der Tafel 1 ist fürs erste die verhältnismäßige Geringfügigkeit des maximalen Jahresarbeitsvermögens der Bahnkraftwerke gegenüber jenem der Stromlieferungsunternehmungen und industriellen Eigenanlagen bemerkbar.

[1]) Einzelnachweis siehe „Die Wasserwirtschaft" Nr. 4—5 vom 1. März 1928, S. 53 bis 89.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Rein ziffernmäßig beträgt das maximale Jahresarbeitsvermögen der Bahnkraftwerke zwar kaum 7 vH jenes aller überhaupt bestehenden und derzeit im Bau befindlichen Großwasserkraftanlagen (mit je mindestens 500 PS installierter Leistung). Man darf aber zur Beurteilung der energiewirtschaftlichen Bedeutung des Zugförderungsstromes nicht übersehen, daß die Bundesbahnen auch Fremdstrom beziehen, und weiters — und insbesondere —, daß auf dem Verbrauchsgebiet des Verkehres im Mittel durch eine Kilowattstunde eine Kohlenmenge von durchschnittlich 2·8 kg (mit einem mittlerem Heizwert von 5 700 WE) ersetzt werden kann, welches Äquivalent auf keinem anderen Verbrauchsgebiet erreichbar ist, und daß ungefähr 20 vH des Gesamtkohlenverbrauches auf den Verkehr (Eisenbahn) entfällt.

Tafel 1.

Großwasserkraftanlagen
(mindestens je 500 PS)
Maximales Jahresarbeitsvermögen

Je 10 Millionen kWh: Werksbestand 1918 ■; Werke errichtet 1919 bis Ende 1927 ■; Werke ab 1/1. 1928 noch im Bau ■*

Land *	Bau	Gründung der Republik Oesterreich	Stromlieferungsunternehmungen	Bahnkraftwerke	Industrielle Eigenanlagen
Kärnten	vor		■■■■■	■	■■■■■■■
	nach		■■■■□	■■■■■	■■■■■■□□□
Niederösterr. und Wien	vor		■■■■	■■	■■■■■■■■■■■
	nach		■■■■■■■■■■■■■		■■
Oberösterr.	vor		■■■■■■■■■■■		■■■■■■■■
	nach		■■■■■■■■■■■■■■■□		■■
Salzburg	vor		■■■■■■■		■■■■■■■■■
	nach		■■■■■■■■■■	■■■	■■■■■
Steiermark	vor		■■■■■■■■■■■		■■■■■■■■■■■■■
	nach		■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■		■■■■■■■□□□
Tirol	vor		■■■■■■■■■■■■■■■	■■■	■■■■■■■■■■■■
	nach		■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	■	■
Vorarlberg	vor		■■■■■■	■	■■■
	nach		■■□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	■■■	■■

*Im Burgenland sind Wasserkraftanlagen mit 500 PS und darüber nicht vorhanden und auch nicht im Bau *Schraffenfläche kennzeichnet Vollendungszustand.

Hinsichtlich der Zweckbestimmung der Wasserkraftausbauten läßt sich wahrnehmen, daß in der Zeit vor 1918 die Werke zur Selbstversorgung von Industrieunternehmungen (Eigenanlagen) gegenüber den Werken für die Allgemeinversorgung überwogen, während in der Nachkriegszeit umgekehrt die letzteren rund das Vierfache des Jahresarbeitsvermögens der Eigenanlagen ergeben bei Berücksichtigung der in der Nachkriegszeit fertiggestellten und jetzt noch im Bau befindlichen Anlagen.

Dieses auf praktischen Wirtschaftserfolgen beruhende Zurückbleiben der individuellen Selbstversorgung zu Gunsten des Bestrebens technisch-wirtschaftlich und organisatorisch einwandfreier Gesamtversorgung in der Nachkriegszeit ist wohl der beste Beweis für die Zielsicherheit der Bestrebungen im Sinne einer durchgreifenden Plan- und Verbundwirtschaft.

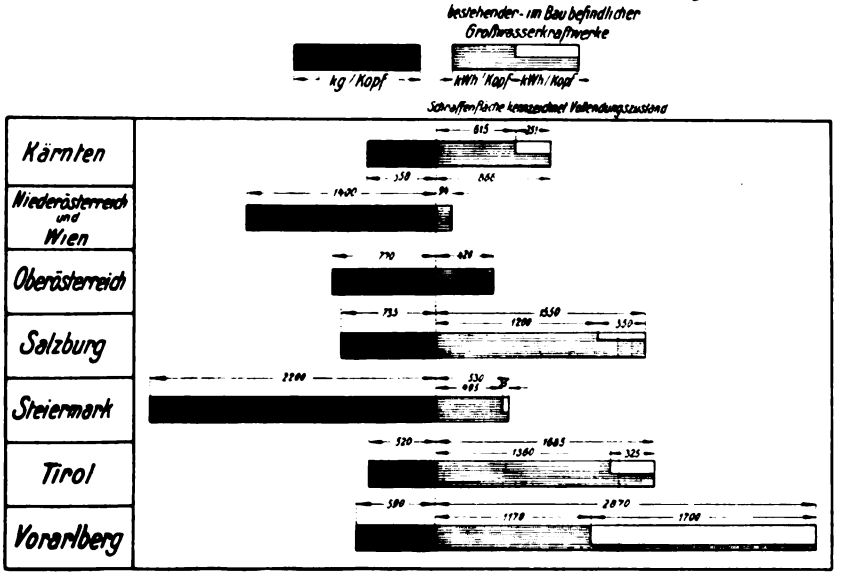
Hinsichtlich des absoluten Wertes des länderweisen Großwasserkraftvorkommens ist feststellbar die Reihenfolge: Tirol, Steiermark, Kärnten, Oberösterreich, Niederösterreich und Wien, Salzburg und Vorarlberg.

Ordnet man die Länder nach der Größenordnung des absoluten Wertes des in ihrem Gebietsbereich durch bestehende und im Bau befindliche Werke erreichbaren maximalen Jahresarbeitsvermögens, so ergeben sich folgende Reihenfolgen:

In der Zeit vor Gründung der Republik, Tirol, Steiermark, Oberösterreich, Niederösterreich und Wien, Salzburg, Kärnten und Vorarlberg und hinsichtlich der Bauinitiative der Nachkriegszeit Vorarlberg, Steiermark, Tirol, Salzburg, Kärnten, Oberösterreich, Niederösterreich und Wien.

Tafel 2.

Jahreskohlenverbrauch - Maximales Jahresarbeitsvermögen



Die Gegenüberstellung des Jahreskohlenverbrauches und des maximalen Jahresarbeitsvermögens der bestehenden und der im Bau befindlichen Großwasserkraftwerke, beides je Kopf der Landesbevölkerung, gibt das in der Tafel 2 dargestellte Bild.

Digitized by Google

Hiezu ist zu bemerken, daß der Maßstab der Kohlenkopfquoten in den einzelnen Ländern eigentlich variabel sein müßte, weil sowohl das Mischungsverhältnis der im Heizwert unterschiedlichen In- und Auslandskohle, als auch der Anteil der Verbrauchsarten länderweise verschieden sind.

Der Gesamtkohlenverbrauch von rund 8·2 Mill. t wird dermalen beiläufig gedeckt durch

54 vH Steinkohle mit . . . . . 6500 WE
6 vH ausländische Braunkohle mit 4500 WE
36 vH inländische . . . . . 3500 WE
4 vH Koks . . . . . 7000 WE,

der durchschnittliche Heizwert der zurzeit in Österreich verbrauchten Kohle ist daher rund . . . . . 5300 WE,

Unter Berücksichtigung dieses durchschnittlichen Heizwertes und der je nach Verbrauchsart verschiedenen Kohlengleichwerte ergibt sich dann folgendes Bild

Verbrauchsgebiet	vH des Gesamtkohlenverbrauchs	Kohlengleichwert für 1 kWh
Verkehr	20	3·0
Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft	40	2·0
Kalorische Elektrizitätswerke .	9	1·2
Gaswerke	6	1·3
Hausbrand	25	1·6

und daraus ein Mischungsgleichwert von rund 2 kg Kohle für 1 kWh.

Nach dieser Feststellung müßte in der Tafel 2 das Längenmaß kg/Kopf als Größeneinheit des Jahreskohlenverbrauches (Schaulinie links der Achse) eigentlich halb so groß sein wie das Längenmaß kWh/Kopf als Größeneinheit des maximalen Jahresarbeitsvermögens (Schaulinie rechts der Achse). Da aber bei den österreichischen Wasserkraftwerken der wirkliche Verbrauch an Jahresarbeit im großen Durchschnitt nur etwa halb so groß ist wie die größtmögliche Jahresarbeit, so ist die Annahme des gleichen Maßstabes für die Schaulinien links und rechts gerechtfertigt.

Die Kopfquoten der Jahresarbeit sind in der Darstellung der Tafel 2 rein rechnungsmäßig ermittelt ohne Berücksichtigung der Zu- und Ablieferung zwischen den einzelnen österreichischen Ländern einerseits und des Stromexportes ins Ausland andererseits. Selbstverständlich wird aus Ländern größerer Energiedarbietung, aber geringerer Einwohnerzahl Energie abfließen in Länder größerer Bevölkerungszahl, die in der Regel auch die Länder größerer Industriebetätigung und deshalb auch größeren Energiebedarfes sind. Der Energieabfluß aus dem schwach bevölkerten Land macht sich kopfquotenmäßig hier selbstverständlich ungleich mehr bemerkbar, als die Zulieferung von Energie im stark bevölkerten Land.

Zurzeit ist es noch nicht möglich, diesen Energiebewegungen einen ziffernmäßigen Ausdruck zu geben, der den Tatsachen mehr als beiläufig entspricht. Es sei daher nur ganz allgemein darauf verwiesen, daß zum Beispiel die Kopfquote für das Burgenland, obzwar dort Wasserkraftanlagen von über 500 PS weder vorhanden noch im Bau begriffen sind, nicht Null sein, sondern entsprechend der Zulieferung aus Großkraftwerken der Nachbarländer einmal irgendeinen Kilowattstundenwert erreichen wird. Das „Wann und in welchem Ausmaße" wird davon abhängen, ob und wie die sogenannte Landeselektrifizierung zustande kommt.

Zweifellos würde die vorerwähnte Energiebewegung die stärkste Änderung der in der Tafel 2 verzeichneten Kopfquoten hinsichtlich der Länder Salzburg, Tirol und Vorarlberg bewirken, sobald deren Stromexport ins Ausland als kopfquotenmäßiger Abgang berücksichtigt würde.

Schon in diesen ganz aphoristischen Bemerkungen zeigt sich die große Bedeutung, die dem Stromexport im engeren Sinne (Zu- und Ablieferung über die Grenzen der einzelnen österreichischen Länder) und im weiteren Sinne (Export über die Bundesgrenzen hinaus) zukommt, und die Notwendigkeit, die Frage des Stromexports, die sich immer mehr in den Vordergrund des Interesses drängt, auch in den Kreis statistischer Betrachtungen zu ziehen.

Beim Vergleich der Jahresarbeitskopfquoten untereinander zeigt sich, abgesehen von dem noch nicht erschlossenen burgenländischen Konsumgebiet, eine absolute, aber auch relative Rückständigkeit der Kopfquoten der Wasserkraftarbeit gegenüber den Kopfquoten des Kohlenverbrauches in den Ländern Niederösterreich und Wien, Steiermark und Oberösterreich, also gerade in jenen Ländern, die die industriereichsten und ausgezeichnet sind mit allen solchen Ländern und einzelnen ihrer Teile zukommenden Merkmalen von Konsumzentren. Diese örtliche Rückständigkeit läßt berechtigterweise den Schluß zu, daß hier noch ganz außerordentliche Bedarfsquoten der Bedeckung harren. Mag die Lösung dieses Problems im Hinblick auf die obwaltende industrielle Stagnation und auf die noch unentschiedene Frage der Bahnelektrifizierung der Strecke Wien-Salzburg auch eine Verzögerung erfahren, so gibt die ziffernmäßige Darstellung doch einen deutlichen Hinweis darauf, daß dieses — wenn man so sagen darf — Rückständigkeitsproblem früher oder später eine Lösung finden m u ß.

Der vielerorts noch vorherrschende Pessimismus, der die Notwendigkeit und Möglichkeit zum Beispiel einer Wasserkraftnutzung der Donau im Gebiete von Wien nicht wahrhaben will oder vermeint, daß in Steiermark und auch in Oberösterreich schon eine Übersättigung mit Wasserkraftenergie vorliege, findet so eine einwandfreie Widerlegung. Es mag hier auch an das wohl nicht bestreitbare Wirtschaftstheorem erinnert werden: daß es zuerst darauf ankommt, die Möglichkeit der Bedarfsdeckung zu schaffen, worauf sich dann der Bedarf von selbst einstellt. Wenn man will, kann man die länderweise Darstellung der Energiekopfquoten als „Fahrplan" für die „Verschiebung" der Energiemengen im Sinne einer w i r k l i c h e n, das heißt organisch sich herausbildenden und

Digitized by Google

nicht bureaukratisch, künstlich konstruierten Plan- und Verbundwirtschaft ansehen. Die Macht wirtschaftlicher Tatsachen schafft zudem schon über die einzelnen Ländergrenzen hinaus durch sehr beachtenswerte Ansätze einer österreichischen Bundessammelschiene die Möglichkeit für einen Energieausgleich, der sich vorläufig nach ähnlichen Gesetzen entwickeln muß, wie sich irgendein in der Natur vorkommender in einer bestehenden Potentialdifferenz bedingter Ausgleich vollzieht.

Waren die vorangehenden Betrachtungen der Darstellung der Erfolge auf dem Gebiete der Extensivierung der Wasserkraftenergiewirtschaft durch den Ausbau von Energieerzeugungsstätten gewidmet, so führt der Gedanke einer naturgesetzmäßigen Entwicklung des Energieausgleiches zwangläufig zur Erörterung der Voraussetzungen für eine Intensivierung der Energiewirtschaft durch den Leitungsbau.

Hinsichtlich der Hochspannungsfernleitungen, die zur Verteilung des von Wasserkraftwerken erzeugten elektrischen Stromes ausschließlich benützt oder mitbenützt werden, bzw. hiezu vorbestimmt sind, kommt die Statistik zu folgenden Ergebnissen:

Bestand 1918	2712·16 km,
errichtet 1919 bis Ende 1927 . .	7526·46 km,
ab 1. Jänner 1928 noch im Bau .	62·86 km,
Gesamtfernleitungslänge . . .	10 301·48 km.

Dir. Dr. Ing. A. Weiner, Brünn, teilte in dieser Zeitschrift Jahrgang 1927, Heft 8 und 9, die Ergebnisse der statistischen Forschungen in England mit, die durch Einführung des Begriffes der „proximity" oder mittleren Abstandszahl der Wohnplätze eines Gebietes als Seite des jedem Einwohner im Mittel zukommenden Flächensechseckes die mathematische Ableitung der auf den Kopf der Bevölkerung des betreffenden Gebietes entfallenden Länge der Hochspannungsleitung ermöglicht. Diese „spezifische Leitungslänge" l in Kilometer ergibt sich aus der Gleichung

$$l = 1{\cdot}075\sqrt{\frac{1}{d\,\delta}}.$$

Hiebei ist

$d = \frac{H}{F}$ die Bevölkerungsdichte

und

$\delta = \frac{H}{W}$ die mittlere Einwohnerzahl der Siedlung oder der Agglomerations-Koeffizient,

H die Einwohnerzahl des Gebietes,

F dessen Gesamtfläche in km².

Die für die einzelnen Länder berechneten spezifischen Leitungslängen, die nach obiger Gleichung umso größer sind, je kleiner die Bevölkerungsdichte und die Agglomeration werden, sollen selbstverständlich nicht als absolute Werte, sondern nur als Vergleichszahlen zur Beurteilung der Indikation für eine Vollelektrifizierung des betreffenden Landes dienen.

Die Tafel 3 enthält die spezifischen Leitungslängen für die einzelnen Länder Österreichs und

Tafel 3.

Land	Flächeninhalt F km²	Einwohnerzahl H	Anzahl der Ortschaften und Siedlungen W	Bevölkerungsdichte $d = \frac{H}{F}$	Agglomerations-Koeffizient $\delta = \frac{H}{W}$	Theoretisch angemessene Fernleitungslänge je Einwohner $l = 1{\cdot}075\sqrt{\frac{1}{d\delta}}$ m	Theoretisch angemessene Gesamtlänge der Fernleitungen $L = l\,H$ km	Bis Ende 1927 effektiv ausgebaute oder in Bauangriff genommene Hochspannungsfernleitungslängen: km	vH der theoretisch angemess. Gesamtfernleitgs.-länge: a	b	Hievon: waren Ende 1918 bereits ausgebaut: km	vH der theoretisch angemess. Gesamtfernleitgs.-länge: a	b	Hievon: wurden in den Jahren 1919—1926 ausgebaut oder in Bauangriff genom.: km	vH der theoretisch angemess. Gesamtfernleitgs.-länge: a	b	Fernleitungslänge je km Bodenfläche: theoretisch angemess.	bisher ausgeführt
	1	2	3	4	5	6	7	8			9			10			11	
Burgenland	3 967	285 609	326	72·0	876·1	4·284	1 223	280	23		6	1		274	22		308	71
Kärnten	9 530	370 817	2 801	38·9	132·4	14·978	5 554	975	18		183	3		792	15		583	102
Niederösterreich und Wien	19 579	3 346 229	4 020	170·9	832·4	2·850	9 537	3 134*)	33		622	7		2512	26		487	160
Oberösterreich	11 982	876 074	6 253	73·1	140·1	10·621	9 305	2 517	27		835	9		1682	18		777	210
Salzburg	7 153	223 023	761	31·2	293·0	11·246	2 508	541	22		157	6		384	16		351	76
Steiermark	16 375	978 845	2 056	59·8	476·1	6·372	6 238	1 709	27		557	9		1152	18		381	104
Tirol	12 645	313 885	605	24·8	518·8	9·473	2 973	825	27		283	9		542	18		235	65
Vorarlberg	2 602	139 999	163	53·8	858·9	5·007	700	321	46		68	10		253	36		269	124
Alle Länder zusammen	83 833	6 534 481	16 985	77·9	384·7	6·208	40 565	10 302	25		2711	7		7691	18		484	123

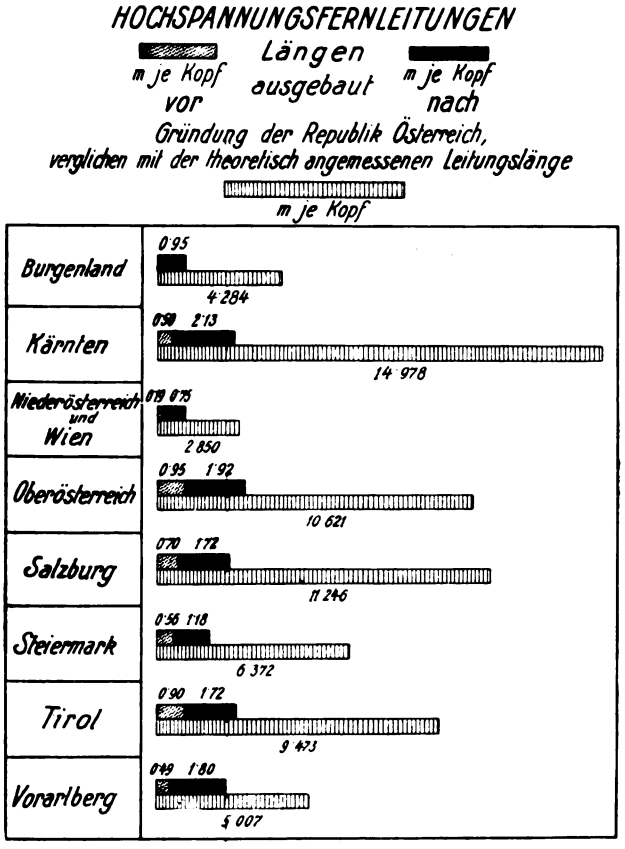
*) Ausschließlich Hochspannungskabellängen im Wiener Gemeindegebiet.

Digitized by Google

sonstige den elektrizitätswirtschaftlichen Charakter in Bezug auf die Energieverteilung kennzeichnende Angaben.

Ordnet man die Länder nach steigenden Werten der für jedes Land ermittelten „spezifischen Leitungslänge", so ergibt sich die Reihenfolge: Niederösterreich und Wien, Burgenland, Vorarlberg, Steiermark, Tirol, Oberösterreich, Salzburg, Kärnten.

Tafel 4.*)



*) Ausschließlich Hochspannungskabellängen im Wiener Gemeindegebiet.

In der Tafel 4 sind die Längen in Meter je Kopf der vor und nach Gründung der Republik Österreich ausgebauten Hochspannungsfernleitungen zeichnerisch in Vergleich gesetzt zu den theoretisch angemessenen, das ist den spezifischen Leitungslängen.

Die länderweise ermittelten spezifischen Leitungslängen geben wertvolle Anhaltspunkte für die Beurteilung der Ausbauwürdigkeit der Verteilungsnetze des betreffenden Landes. Sie gestatten die rasche und ziemlich sichere Beurteilung der elektrizitätswirtschaftlichen Wertigkeit eines Gebietes ohne genaueren Planentwurf. Hinsichtlich der allgemeinen Schlußfolgerungen aus der Tatsache, daß nicht allein die Bevölkerungsdichte im engeren Sinne, sondern auch die Agglomeration das Wertverhältnis beeinflußt, sei auf den zitierten Aufsatz verwiesen.

Hier sei nur im besonderen als Beispiel das Ergebnis hinsichtlich des Burgenlandes als eines elektrizitätwirtschaftlichen „Neulandes" herausgegriffen, das in Spalte 6 der Tafel 3 mit einer theoretisch angemessenen „spezifischen Leitungslänge" von 4·284 m erscheint, einer spezifischen Leitungslänge, die bedeutend geringer ist als die für jedes andere Land — Wien und Niederösterreich ausgenommen — theoretisch angemessene Leitungslänge je Einwohner (Kopf). Praktisch heißt das nichts anderes, als daß der geldliche Aufwand, der erforderlich ist, um hier eine Bevölkerungseinheit mit elektrischer Energie zu versorgen, geringer ist als in fast allen anderen österreichischen Ländern. Daß der größte Teil des Burgenlandes bisher noch nicht oder nur ganz unzulänglich versorgt ist, beweist, daß der Ausbauwürdigkeit von Leitungen in diesem Lande bisher nicht in der erforderlich seriösen Weise Rechnung getragen worden ist und wird.

Im allgemeinen zeigt der Vergleich der bis Ende 1927 effektiv ausgebauten oder in Bauangriff genommenen Hochspannungsfernleitungen mit den theoretisch angemessenen Gesamtlängen in Spalte 8 b der Tabelle, bis zu welchem Sättigungsgrad die Zuleitung der elektrischen Energie in den einzelnen Ländern vorgeschritten ist. Indirekt lassen sich daraus im Zusammenhalt mit Tafel 2 die Richtungen erkennen, die letzten Endes zur planvoll verbundenen Elektrizitätswirtschaft als Ziel aller Intensivierungsbestrebungen auf diesem Gebiete führen.

Selbstverständlich darf bei dieser Beurteilung das volkswirtschaftliche und zivilisatorische Moment und der Zusammenhang zwischen natürlicher Energiedarbietung und wirtschaftlichem Bedarf nicht außer Acht gelassen werden. In dieser Beziehung erfordern die Länder Niederösterreich und insbesonders Wien in Anbetracht der hohen Stufe ihrer Industrialisierung ein ganz besonderes Augenmerk, und zwar sowohl hinsichtlich Ausnützung der Kraftquellen, als auch hinsichtlich des fortschreitenden Ausbaues der Leitungs- und Verteilungsanlagen. Es erhellt diese Notwendigkeit ohne weiters aus dem in der Tafel 2 aufscheinenden, höchst ungünstigen Verhältnis zwischen „Jahreskohlenverbrauch je Kopf" und „Maximales Wasserkraft-Jahresarbeitsvermögen je Kopf" für Niederösterreich und Wien. Für Land und Stadt Wien ergibt sich daraus im besonderen die gebieterische Notwendigkeit zur Ausnützung aller in seiner wirtschaftlichen Reichweite liegenden Wasserkraftquellen, also insbesondere zur Nutzung der Donau.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß die Republik Österreich unter dem Drucke des Notstandes in der Befriedigung des Energiebedarfes für Industrie, Verkehr- und allgemeine Licht- und Kraftzwecke der Bevölkerung Leistungen vollbracht hat, die alles übertreffen, was man von einer ausgebluteten Volkswirtschaft erwarten konnte, Leistungen, die es vollauf rechtfertigen, wenn das intensive Interesse des Auslandes sich dieser entschiedenen Betätigung des Willens zur Arbeit und des Willens zum Leben der kleinen Republik Österreich zuwendet.

Digitized by Google

Die Entwicklung der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A. G.

Von Dr. Ing. Franz **Kotschi**, Ingenieur der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A. G., Linz a. D.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, als an eine großzügige Stromversorgung ausgedehnter Landgebiete nach dem damaligen Stand der Technik noch wenig gedacht werden konnte, hatten sich die Gründer der Unternehmung, die Ingenieure Stern und Hafferl, mit klarem Blick zum Ziele gesetzt, das Land Oberösterreich mit elektrischer Energie zu versorgen.

Der Anfang wurde im Jahre 1894 mit einem kleinen Dampfkraftwerk in St. Wolfgang am Wolfgangsee (Abb. 1) gemacht. Mit einfachsten Mitteln gelang es bereits in diesem Jahre, das Schafberghotel, die neu erschlossenen Schafberghöhlen, sowie den Ort St. Wolfgang zu beleuchten. In diesem Werke wurden zwei Westinghouse-Schnelläufer-Dampfmaschinen von je 25 PS-Leistung und 400 U/min aufgestellt, die von einem Cornwallkessel von 40 m² Heizfläche und 8 atü gespeist wurden. Für die Versorgung St. Wolfgangs

Abb. 1. Dampfkraftwerk St. Wolfgang.

mit 110 V-Verteilspannung wurde mittels Riementriebs ein Gleichstromgenerator 150 V, 50 A, 750 U/min, für die Versorgung des Schafberghotels und der Schafberghöhlen ein Gleichstromgenerator für 1200 V angetrieben. Hiebei waren 60 Kohlenfadenlampen für 5 A und 20 bis 25 V bzw. 16 Bogenlampen für 5 A in Serie geschaltet. Später erfolgte die Aufstellung eines weiteren Gleichstrom-Generators von 150 V und 50 A, um dem rasch steigenden Verbrauch St. Wolfgangs zu genügen.

Im gleichen Jahre erfolgte die Gründung der Gmundner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, welche zur Versorgung des Ortes Gmunden mit Lichtenergie (zirka 1000 Lampen zu 16 NK) und der im gleichen Jahre dem Betrieb übergebenen Bahnlinie Gmunden-Rudolfsbahnhof—Stadtplatz eine Dampfzentrale mit einer 120 PS- und einer 50 PS-Dampfmaschine (spätere Erweiterung um 2×50 PS) errichtete.

Die mit diesen primitiven Anlagen gemachten Erfahrungen ermunterten die beiden unternehmungslustigen Ingenieure im Jahre 1901 ein Mitteldruckwerk am Traunfall mit 17 m Gefälle und 15 m³/sec für 2400 PS-Leistung mit Drehstrom auszubauen. Der Erwerbung der Konzession für das Werk und für den Durchzug der 10 kV-Leitung nach Gmunden stellten sich anfänglich sehr große Schwierigkeiten entgegen, die erst in monatelangen Verhandlungen überwunden werden konnten.

Im gleichen Jahre wurde der Ort Roitham und die Papierfabrik Steyrmühl angeschlossen, welchen im Jahre 1902 die Versorgung Laakirchens und Gmundens folgte, wobei die vorhandene Dampfzentrale der Gmundner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft stillgelegt bzw. in Reserve gestellt wurde. Dem Anschluß der Stadt Gmunden folgte in rascher Reihenfolge im Jahre 1903 die der Theresienthaler Baumwollspinnerei und der Orte Lambach, Altmünster und Ebenzweier, so daß schon im Jahre 1904 die Aufstellung eines weiteren Turbinensatzes in Traunfall von 1300 PS-Leistung notwendig wurde.

Die befriedigende Drehstromversorgung im Gebiete des Traunfallwerkes brachte die Erkennt-

Abb. 2. Staudamm Gosausee.

nis, daß die ersten Anlagen in St. Wolfgang bereits technisch überholt waren, und so erfolgte im Jahre 1904 der Umbau des Ortsnetzes St. Wolfgang auf Drehstrom 150 V, der nach dem damaligen Stande der Technik höchstzulässigen Glühlampenspannung. Im gleichen Jahre wurde nächst der Zentrale St. Wolfgang ein kleines Wasserkraftwerk am Ditlbach, mit 74 m geodätischem und 66·5 m Nutzgefälle bei 0·2 m³/sec für 2×70 PS, 3000 V, unter Verwendung von Pelton-Turbinen, ausgebaut.

Das Jahr 1905 bringt den Anschluß der Kurorte Strobl und Mondsee, sowie der Ortschaften Attnang, Kammer und Schörfling und die Inbetriebnahme der Leitung Scharfling-See. Gegen Jahresende wurde die Bauunternehmung Stern & Hafferl in eine Aktiengesellschaft unter dem Namen „Elektrizitätswerke Stern & Hafferl Aktiengesellschaft, Gmunden" umgewandelt.

Der Anfang war gemacht und der Beweis erbracht, daß die klaglose Versorgung größerer Orte und Industrien über Leitungen von mehreren Kilometern Länge möglich ist. Das Interesse anderer

Digitized by Google

Industrien für die Nutzbarmachung dieser neu erschlossenen Naturkraft war geweckt.

Im Jahre 1906 entschloß sich die Lenzinger Papierfabrik, die selbst über eine Wasserkraftanlage verfügte, zum Anschlusse an das Netz, so daß zusammen mit der Erhöhung des Konsums in den bisher ausgebauten Leitungsanlagen eine Vergrößerung der Zentralen-Leistung notwendig wurde.

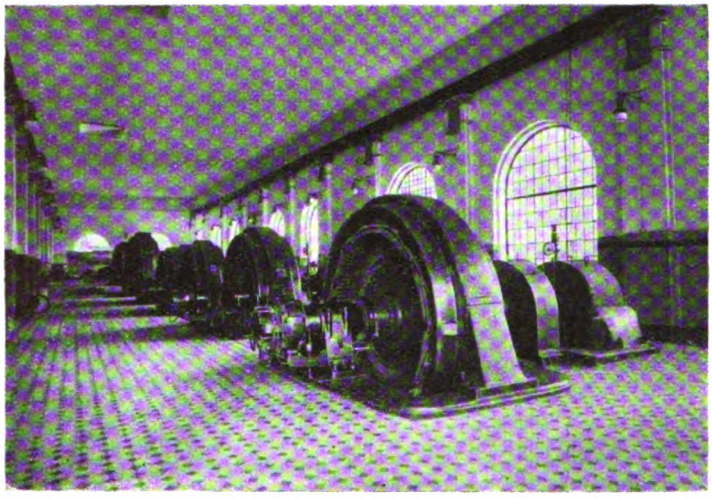


Abb. 3. Zentrale Steeg am Hallstättersee. Vier Generatoren je 2027 PS für Überlandbetrieb und zwei Bahnaggregate je 4500 PS. Das Werk ist auf 18 000 PS erweiterungsfähig.

Durch die im Jahre 1907 fertiggestellte Ringleitung um den Attersee wurde das Traunfallwerk mit der Zentrale St. Wolfgang und Ditlbach verbunden und eine Leitung in nordwestlicher Richtung über Schwanenstadt nach Waizenkirchen vorgetrieben.

Im gleichen Jahre wurde der Ausbau des Werkes Offensee I mit zwei Aggregaten je 1100 PS 0·75 m³/sec, 136·5 m Gefälle und 3000 V fertiggestellt, wodurch im Jahre 1908 der Anschluß der Zementfabrik Hatschek mit rund 1000 PS, der

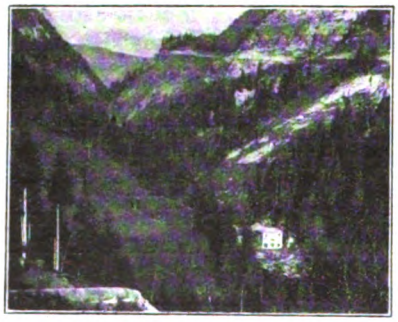


Abb. 4. Großarl.

Ebenseer Solvaywerke mit 230 PS, der Textilwerke Ebensee (vorm. Porak) mit 680 PS und der Stadt Wels mit rund 400 PS, letztere über eine 25 kV-Leitung Traunfall—Wels, möglich wurde.

Im Jahre 1908 wurde die Bahnlinie Waizenkirchen—Neumarkt—Peuerbach dem Betrieb übergeben, womit einem dringenden Bedürfnis der Bevölkerung dieser Gegend nach guten und billigen Verkehrsverbindungen abgeholfen wurde. In diesem Jahre entstand auch die Leitung Offensee—Ischl—Schwarzensee—Hallein, wo die Zellulosefabrik Hallein (Kellner Partington Paper Pulp Co. Ltd.) mit 700 PS angeschlossen wurde.

Die Erwerbung der Konzession am Gosaubach und den drei Gosauseen (Abb. 2 zeigt den Staudamm), die Inbetriebnahme der Zentrale Offensee II (730 PS, Drehzahl 480, 28 m Gefälle, 2·60 m³/sec, 3100 V) und Schwarzensee (2 × 760 PS, 480 U/min, 300 V), sowie der Anschluß der Stadt Ried und Eferding fallen in das Jahr 1909.

Im Jahre 1910 verfügte die Unternehmung über 88 km 25 kV-Leitung, 86 km 10 kV-Leitung, 12 km 5 kV-Leitung, 60 Transformatorenstationen mit zusammen 7190 kVA und fünf Zentralen mit

Abb. 5. Gosau III.

9200 PS Maschinenleistung; in diesem Jahre ist der Anschluß der Stadt Grieskirchen erwähnenswert. Es erfolgte im Jahre 1911 die Inbetriebsetzung der Zentrale Steeg[1]) (Abb. 3) mit 8100 PS in vier Aggregaten, (190 m Gefälle, 480 U/min, Pelton-Turbine, 1·1 m³/sec, 5250 V), der Leitungen Gmunden—Scharnstein und der

[1]) Vgl. E. u. M. 1911, S. 562, 582, 606.

Digitized by Google

Umbau der Leitung Scharfling—Palmsdorf auf 25 kV.

Das Jahr 1912 bringt den Anschluß der Orte Hallstatt, Alt-Aussee und Garsten (Steyr), sowie der Gummiindustrie Reithoffers Söhne in Steyr mit 940 PS Anschlußwert. In diesem Jahre beginnt auch die Belieferung der Stadt Linz aus dem Traunfallwerk über das E. W. Wels.

Die Entwicklung nimmt bis Kriegsausbruch einen erfreulichen Verlauf. Die Erbauung der Leitungen Sierning—St. Florian und Eisengattern—Vorchdorf fällt in das Jahr 1913.

Die ausgedehnten Betriebe erforderten im Jahre 1914 die Errichtung einer eigenen größeren Werkstätte in Gmunden, die unter dem Namen „Vereinigte Gesellschaftswerkstätte" ins Leben trat und seither für Reparatursarbeiten der elektrischen und Bahnbetriebe in Verwendung steht.

Bei Kriegsausbruch erfolgte in den Jahren 1914 und 1915 ein Rückschlag in der Stromerzeugung durch die geringeren Lieferungen an die Stadt

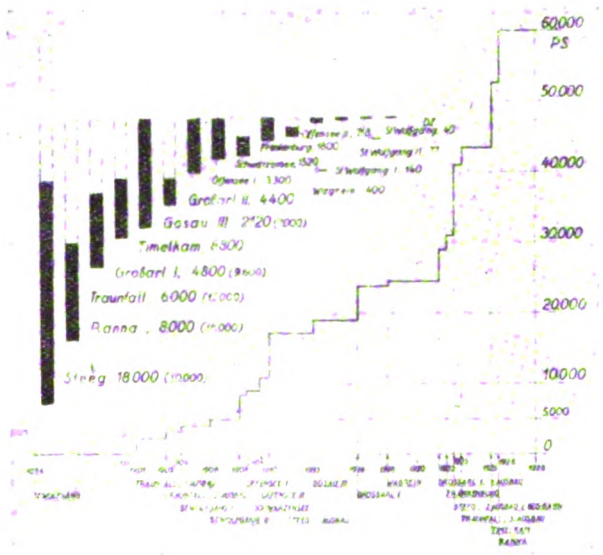


Abb. 6. Anstieg der Werksleistungen.

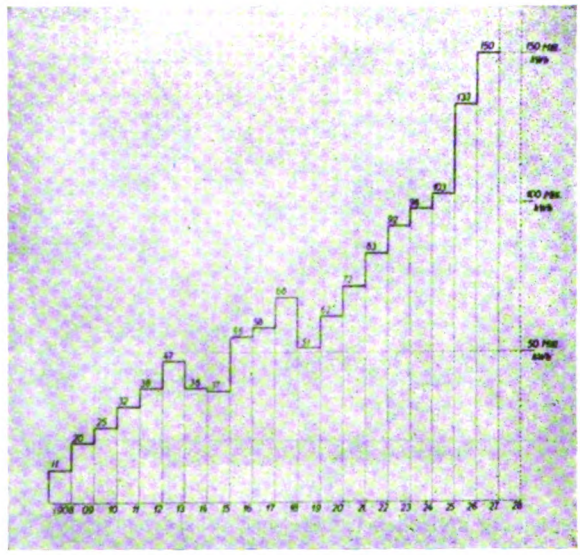


Abb. 7. Anstieg der Stromerzeugung in Mill. kWh.

Salzburg (die ein eigenes Werk in Wiestal erbaute[2]), der jedoch in den Jahren 1916 bis 1918 durch die Versorgung verschiedener Kriegszulieferungs-Industrien wettgemacht wurde. Die Stadt Schwanenstadt, welche über ein eigenes Gleichstromwasserwerk von zirka 100 PS verfügte, entschloß sich im Jahre 1914 zum Verkaufe der gesamten Anlagen an die Unternehmung, so daß bereits im Jahre 1915 die Stillegung dieses unwirtschaftlichen Werkes und der Umbau des Netzes auf Drehstrom im Anschluß an das Überlandnetz erfolgen konnte.

Trotzdem ein Großteil des Personales zum Kriegsdienst einberufen wurde, gelang es, den Betrieb zum Teil unter Heranziehung von Frauen und Kriegsgefangenen zu Wärterdiensten in befriedigender Weise aufrecht zu erhalten. Es entstanden eine Reihe von Leitungen im Bundeslande Salzburg, so zum Beispiel von Faistenau nach Hennsdorf und Neumarkt nach Straßwalchen, welchen im Jahre 1915 die Leitungen St. Florian—Enns—Mauthausen und Ennsdorf—St. Valentin folgten. In diese Zeit fällt auch die Übernahme der Versorgung eines Teiles der Stadt Steyr und des gesamten Kurortes Bad Hall, in dem die Dampfzentrale stillgelegt wurde.

Der bereits im Jahre 1916 begonnene Ausbau des Werkes an der Großarler-Ache nächst der Lichtensteinklamm, einem der landschaftlich schönsten Punkte des Landes Salzburg, führte im Jahre 1917 zur Inbetriebnahme der Zentrale Großarl I[3]) mit 4000 PS (Abb. 4), welche mit der Zentrale Gosau III (Abb. 5), bzw. Steeg durch eine im gleichen Jahre fertiggestellte 25 kV-Leitung über die Zwieselalm (1584 m Seehöhe) verbunden wurde.

Die Erschließung der am Nordabhange der Tauern abfließenden Großarler-Ache mit ihrem gewaltigen Einzugsgebiet, ermöglichte die Versorgung einer von der Unternehmung in Steeg erbauten Aluminiumfabrik, die im Herbste des Jahres 1917 samt der dazugehörigen Elektroden- und Tonerdefabrik in Betrieb kam. Die jährliche Erzeugung dieser Anlage war im ersten Ausbau 1·3 Mill. kg Rein-Aluminium. Dieser elektro-chemische Betrieb ist zur Verarbeitung der zeitweise sehr beträchtlichen Wasserüberschüsse sehr gut geeignet.

Der unglückliche Ausgang des Krieges brachte im Jahre 1919 einen empfindlichen Rückgang der Erzeugung von 68 auf 52·5 Mill. kWh, der erst nach zweijähriger zäher Arbeit wieder aufgeholt werden konnte.

Die steigenden Lieferungen an das E. W. Wels und die Stadt Linz erforderten den Umbau der 25 kV-Leitung Traunfall—Wels auf 50 kV, welcher im Jahre 1919 durchgeführt wurde.

Trotz der großen Schwierigkeiten, die die in der Inflationszeit fortschreitende Verarmung der

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 193.

[3]) Vgl. E. u. M. 1918, Anz., S. 105.

Digitized by Google

Volkswirtschaft mit sich brachte, gelang es der Unternehmung, die Elektrifizierung des Gebietes weiter zu führen und die Leitung Henndorf—Mattsee, sowie die Orte Enns und Ottensheim und viele andere anzuschließen. Die Knappheit an kalorischen Betriebsstoffen und der Zwang, mit billigsten Mitteln die Beleuchtung und die mechanischen Antriebe zu versorgen, veranlaßte die Abnehmerschaft, sich den elektrischen Strom in gesteigertem Maße zu den verschiedensten Verwendungszwekken nutzbar zu machen, und es setzt mit dem Jahre 1920 eine geradezu sprunghafte Elektrifizierung der Landwirtschaft auf genossenschaftlicher Basis ein, die bis zum heutigen Tage zur Gründung von insgesamt 264 Elektrizitäts-Genossenschaften geführt hat.

Es konnte dem erhöhten Bedarfe des Netzes nur durch Ausbau weiterer Wasserkräfte Rechnung getragen werden. So entstanden im Jahre

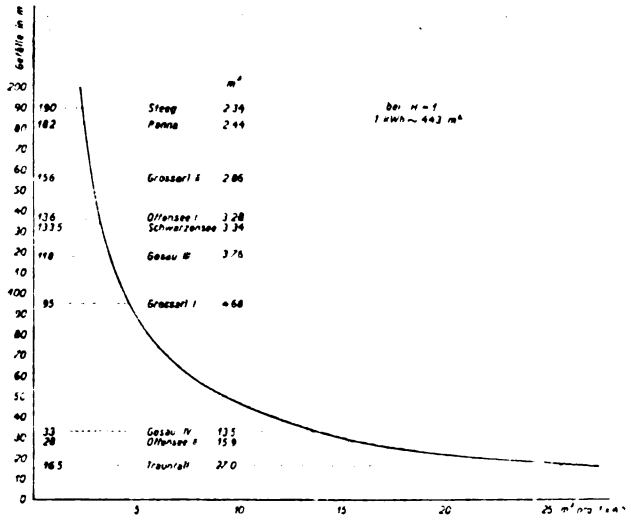


Abb. 8.

Beziehung zwischen Gefälle und Wasserbedarf pro kWh, ausgewertet für die Wasserkraftwerke der E. W. Stern & Hafferl A. G. $\mu = 0{\cdot}825$.

1922 die zweite Großarler Werksstufe[4]) mit 6000 PS und im Februar 1923 eine Dampfzentrale in Frankenburg mit 1800 PS, deren Versorgung aus den werkseigenen Kohlengruben erfolgt. Im Mai 1923 wurde der Anschluß der Nettingsdorfer Papierfabrik, der vierte Generator im Traunfallwerk mit 2500 PS, ferner ein Blindstromgenerator mit 1500 kVA in Steinbach dem Betrieb übergeben; letzterer zur Verbesserung der Spannungshaltung des Versorgungsgebietes um Steyr, das mit seinen zahlreichen Industrien eine gute Entwicklung nahm.

Die seitens der Bundesbahn seit vielen Jahren studierte Frage der Elektrifizierung der Vollbahnlinie Attnang—Stainach-Irdning (108 km) führte im Dezember des Jahres 1923 zur Verwirklichung durch Inbetriebnahme der im Anschluß an das Werk Steeg erbauten Bahnkraftanlage[5]) mit zwei Pelton-Turbinensätzen mit je 4500 PS und 333 U/min ($16^2/_3$ Per/s).

Im Kraftwerk Steeg sind für Lieferung in das Drehstromnetz vier Drehstrom-Generatoren für 5000 V, je 1900 kVA aufgestellt, die von Peltonrädern für 190 m Gefälle und 500 U/min angetrieben werden. Vier Drehstrom-Transformatoren von je 1900 kVA-Dauerleistung erhöhen die Maschinenspannung von 5 auf 25 bzw. 50 kV. Von den 25 kV-Sammelschienen führt eine Freileitung nach dem Schwarzenseewerk und eine nach den Kraftwerken Gosau III und Groß-Arl. Die 50 kV-Sammelschienen haben Anschluß an die vom Rannawerk über das Traunfallwerk und Offensee kommende 50 kV-Leitung, die derzeit in Steeg endet. Die Einphasenanlage des Kraftwerkes besteht aus zwei Einphasen-Generatoren für je 1500 kVA-Dauerleistung und 4800 kVA-Fünfminutenleistung bei $16^2/_3$ Per/s, die mit Pelton-Turbinen für 5000 PS bei 333 U/min direkt gekuppelt sind. Zwei Einphasen-Öltransformatoren setzen die Maschinenspannung von 5000 V auf die Fahrdrahtspannung von 16 000 V hinauf. Die Transformatoren vertragen ebenso wie die Generatoren durch 5 Minuten innerhalb einer Stunde eine Überlastung auf 4800 kVA. Eine zirka 1100 m lange Freileitung führt vom Kraftwerk zu der am Bahnhof Steeg befindlichen Schaltstation der Österreichischen Bundesbahnen.

Die Inbetriebnahme der Bundesbahnlinie Attnang—Stainach sollte die letzte Etappe des schaffensreichen Lebens des einen Gründers des Unternehmens, des Herrn Oberbaurates Dr. Ing. h. c. Stern, sein, dessen Tod am 22. März 1924 die Unternehmung zu beklagen hatte. Den zweiten Gründer, Herrn Ing. Franz Hafferl, verlor die Unternehmung am 2. Juni 1925.

Trotz aller dieser Werksausbauten gelang es in den Jahren 1924 und 1925 nur mit größter Mühe, den ständig steigenden Bedarf des Netzes zu decken und es mußten die im Jahre 1924 begonnenen Bauten am Rannabach und der Dampfzentrale Timelkam forciert zu Ende geführt werden[6]).

Im Rannakraftwerk wird das zur Verfügung stehende Gefälle von 182 m in zwei Maschinensätzen ausgenützt, die aus je einer Francis-Spiralturbine für 2 m³ pro Sekunde Schluckfähigkeit, direkt gekuppelt mit je einem Drehstrom-Generator von 4500 kVA bei 5000 V und 1000 U/min. bestehen. Die erzeugte Energie wird durch zwei Drehstrom-Transformatoren für je 4500 kVA auf 50 000 V gebracht und in die vom Rannawerke ausgehende 50 000 V-Leitung geliefert.

Der derzeitige Ausbau des Dampfkraftwerkes Timelkam, in nächster Nähe von der Wolfsegg-Traunthaler Kohlengrube Ampflwang am Vöcklaflusse errichtet, umfaßt zwei Hochleistungs-Steilrohrkessel für 20 A Betriebsdruck, je 500 m² Heizfläche und 21·6 m² Rostfläche, die Pluto Stoker-Feuerung, Unterwind- und Saugzuganlagen besitzen, zwei Turbosätze, bestehend aus

[4]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 284; Anz. S. 213.

[5]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 356.

[6]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 395; 1926, S. 114.

Digitized by Google

Hochspannungs-Leitungsnetz
der
E. W. Stern & Hafferl A. G.

1 : 750 000

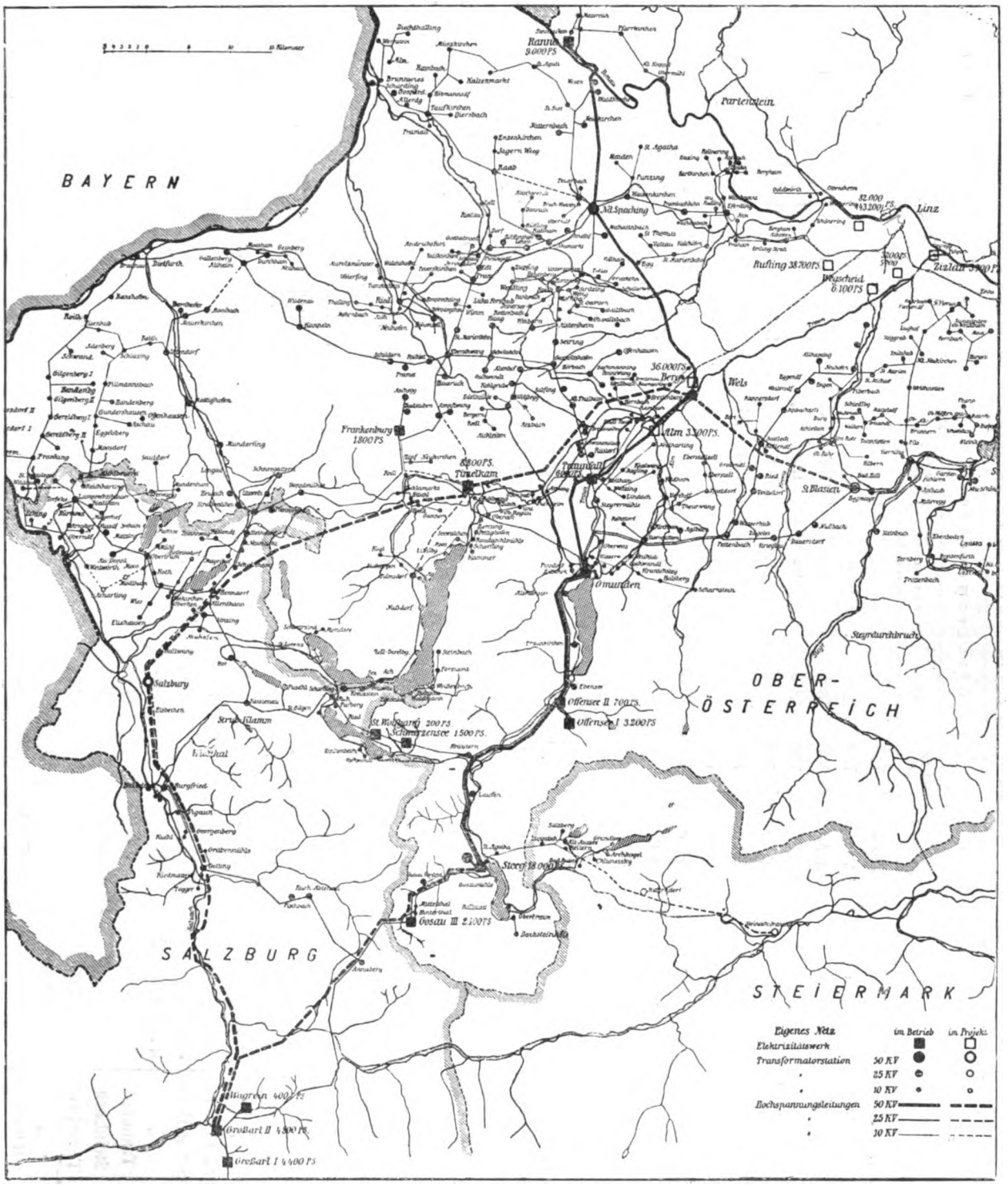


Abb. 9.

Digitized by Google

Tabelle I. Verzeichnis der Generatoren-Aggregate.

Fortlfd. Nr.	Jahr der Aufstellung	Ort (Zentrale)	Generator			Erregermaschine			Fabrikat	Turbine					
			kVA	Spannung	Drehzahl	kW	Spannung	Drehzahl		PS	Gefälle m	m³/Sek.	Drehzahl	System	Fabrikat
1	1894	St. Wolfgang	7·5	150 =	750	—	—	—	—	25	8 atü	—	400	Schnelläufer-dampfmaschine	Westinghouse
2	1894	„	10	1200 =	750	—	—	—	—	16	8 atü	—	400		
3	1901	Traunfall	1090	5250	186	18·4	80	186	S & H	1240	17	1	186	Francis Zwilling	Voith
4	1901	„	1090	5250	186	18·4	80	186	„	1240	17	1	186	„	Schmidt-Zell
5	1901	„	1090	5250	186	18·4	80	186	„	1240	17	1	186	„	„
6	1904	Ditlbach	50	3000	750	2	110	750	AEG	70	66·5	0·2	750	Pelton	Koller & Cie
7	1906	„	50	3000	750	2	110	750	„	70	66·5	0·2	750	„	„
8	1908	Offensee I	1000	3000	480	10·8	45	480	ÖSSW	1080	136·5	0·75	480	„	Voith
9	1908	„	1000	3000	480	10·8	45	480	„	1080	136·5	0·75	480	„	„
10	1908	„	1000	3000	480	10·8	45	480	„	1080	136·5	0·75	480	„	„
11	1909	Offensee II	634	3100	480	8·3	45	480	„	728	28	2·60	480	Doppel-Francis	„
12	1909	Schwarzensee	634	3000	480	8·3	45	480	„	760	133·5	0·5	480	Pelton	„
13	1909	„	634	3000	480	8·3	45	480	„	760	133·5	0·5	480	„	„
14	1910	Steeg	1900	5250	480	15·3	110	480	„	2027	190	1·10	480	„	„
15	1910	„	1900	5250	480	15·3	110	480	„	2027	190	1·10	480	„	„
16	1910	„	1900	5250	480	15·3	110	480	„	2027	190	1·10	480	„	„
17	1910	„	1900	5250	480	16	110	480	„	2027	190	1·10	480	„	„
18	1913	Gosau III	1900	5000/5450	960	14·75	65	960	„	2200/1620	118	1·65	960	Doppel-Francis	„
19	1913	Großarl I	1900	5000/5450	960	14·75	65	960	„	2200/1620	95	1·65	960	Francis Spir.	„
20	1913	„	1900	5000/5450	960	14·75	65	960	„	2200/1620	95	1·65	960	„	„
21	1916	Wagrein	168	5100	375	4·05	81	375	Elin	190/140	14·5	1·26	375	„	Rüsch
22	1916	„	168	5100	375	4·05	81	375	„	190/140	14·5	1·26	375	„	„
23	1922	Großarl II	2050/2250	5000/5250	960	16·5	65	960	ÖSSW	2400/1770	95	2·38	960	„	Voith
24	1922	„	2050/2250	5000/5500	960	16·5	65	960	„	2400/1770	95	2·38	960	„	„
25	1922	Frankenburg	1550	5100	3000	11·5	110	3000	„	1800	—	—	3000	Parsons	I. Brünner
26	1923	Steeg Bahn	1500 d/4800, 5 Min.	5000/5500	333	38/80/24	160/220, 90/130	333	„	4500	190	1·65	333	Pelton	Voith
27	1923	„	1500 d/4800, 5 Min.	5000/5500	333	38/80/24	160/220, 90/130	333	„	4500	190	1·65	333	„	„
28	1923	Traunfall	2200	5250	288	32·4/37	110	288	„	2250	17	13·25	288	Francis Spir.	„
29	1924	Steinbach	1800	6600	500	13·5	65	500	„	300	2·4	7	500	„	„
30	1925	Timelkam	3500	5250	3000	22	110	3000	„	4400	22 atü	—	3000	Curtis	MAN
31	1925	„	3500	5250	3000	22	110	3000	„	4400	22 atü	—	3000	„	„
32	1925	Ranna	4500	5000/5250	1000	47·5	140	1000	AEG	4000	182	2·04	1000	Fr. Dopp. Spir.	Voith
33	1925	„	4500	5000/5250	1000	47·5	140	1000	„	4000	182	2·04	1000	„	„

Digitized by Google

je einer Dampfturbine von 4400 PS, 3000 U/min, direkt gekuppelt mit einem Drehstrom-Generator für 3500 kVA, 5000 V und zwei Drehstrom-Transformatoren, die die erzeugte Energie auf 28 000 V bringen. Das Werk liegt in einem Knotenpunkt des des 28 000 V-Netzes und es führen von hier derzeit vier Freileitungen nach den verschiedenen Richtungen. Verfeuert wird Wolfsegg-Traunthaler Braunkohle. Bei Ausbau des geplanten 50 kV-Ringes wird Timelkam auch Anschluß an diesen finden.

Das Dampfkraftwerk Timelkam dient hauptsächlich der Spitzendeckung in den Monaten mit geringer Wasserführung, während das Rannakraftwerk zufolge seiner nördlich gelegenen Lage eine wertvolle hydraulische Ergänzung der übrigen am Nordabhange der Alpen gelegenen Werke bildet.

Tabelle II. Entwicklung der Transformatorenleistungen.

Jahr	Eigene kVA	Fremde kVA	Insgesamt kVA	Jahr	Eigene kVA	Fremde kVA	Insgesamt kVA
1906	2300	—	—	1916	16700	32717	49417
1907	2730	—	—	1917	17300	32177	49477
1908	6400	—	—	1918	18000	31661	49661
1909	8100	—	—	1919	21000	38131	59131
1910	9600	15400	25000	1920	22800	39590	62390
1911	11300	21891	33191	1921	29400	—	—
1912	13600	24940	38540	1922	32700	—	—
1913	15700	29202	44902	1923	36400	—	—
1914	16100	31682	47782	1926	73800	42200	115000
1915	16400	32547	48947	1927	79042	—	120242

Im April des Jahres 1927 wurden die Grenzen des Versorgungsgebietes der Unternehmung durch Angliederung der Überlandwerk-Innkreis A.-G. bis an die Salzach und an den Inn getragen, so daß heute die Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A.-G. den größten Teil Oberösterreichs und namhafte Teile des Landes Salzburg und Nordsteiermark versorgen. Mit der Überlandwerke-Innkreis A.-G. fällt der Unternehmung auch die Versorgung der Stadt Braunau zu[7]). Im Dezember 1927 erfolgte der Anschluß Schärdings.

Nach dem Stand vom 31. Dezember 1927 wurden 264 Elektrizitäts-Genossenschaften, 15 Großindustrien, 105 Mittelindustrien, 14 Elektrizitätswerke (diese als Zwischenlieferanten), 7500 Haushaltungen und 2750 Gewerbetreibende in 105 detailversorgten Ortschaften mit einer Zentralenleistung von 60 000 PS über rund 400 Transformatorenstationen (einschließlich der Werks- und Zwischentransformatoren) mit 120 242 kVA und 128·6 km 50 kV-Leitung, 920·6 km 25 kV-Leitung, 738·3 km 10 kV-Leitung und zirka 60 km Kabel und andere Mittelspannungsleitungen versorgt.

Tabelle I gibt eine Übersicht über die Maschineneinrichtung der einzelnen Zentralen, Tabelle II eine solche über die Transformatoren.

Die Abb. 6 und 7 enthalten weitere statistische Daten über Stromerzeugung und Werksleistungen, Abb. 8 in graphischer Darstellung die Beziehung zwischen den ausgebauten Gefällen und den zur Erzeugung einer kWh notwendigen Wassermengen. Abb. 9 endlich zeigt im Maßstab 1 : 750 000 das Hochspannungs-Leitungsnetz.

Nach Fertigstellung der beiden letztgenannten Zentralen Rannawerk und Timelkam setzte die Belieferung der Gemeinde Wien über das E. W. Wels und die Oweag, sowie verschiedene verbundwirtschaftliche Lieferungen und Bezüge aus den benachbarten Werken, Oberösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitäts A.-G. (Oweag), Salzburger Aktiengesellschaft für Elektrizitätswirtschaft (Safe) und Württembergische Elektrizitäts Aktiengesellschaft (Weag) ein.

Weiteren gesteigerten Bedürfnissen des eigenen Versorgungsgebietes sowie der Verbundwerke kann durch den Ausbau von Stauanlagen sowie Zentralen-Vergrößerungen noch weitgehendst Rechnung getragen werden.

[7]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 140.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNIS.

Seite

Ing. E. Karel: Die Elektrizitätsversorgung Wiens 625

Ing. J. Schlögl: Erneuerung und Erweiterung der Betriebsanlagen der Wiener städtischen Elektrizitätswerke. Ihre zukünftige Stellung in der Elektrizitätswirtschaft 627

Ing. F. Siedle: Hochdruckdampf-Anlage im Kraftwerk Simmering der Wiener städtischen Elektrizitätswerke 638

Ing. E. Heller: Die Schaltanlagen der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. 646

Ing. G. Kastner: Die Schaltanlagen des Achenseekraftwerkes 647

N. Rajk: Das Umspannwerk Wilten der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. 656

Dr. Ing. J. Ornig: Das Murkraftwerk Pernegg der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. in Graz 664

Dr. A. Mandl: Das Verhalten der Sychronmaschine bei veränderlicher Spannung, Frequenz und Belastung 671

Seite

Ing. K. Thien: Mittelgroße Generatoren zum Zusammenbau mit Dieselmotoren . . . 681

Dr. phil. G. Stern: Bau von Großtransformatoren 685

Ing. A. Höpp: Mehrwicklungs-Transformatoren 692

Prof. Dr. Löffler: Zentralenleiter und Hochdruckdampfbetrieb 699

Dr. H. Pflieger-Haertel: Die Zwillings-Freistrahlturbinen der Drehstrom-Maschinensätze des Achenseewerkes . . 703

Ing. A. Schau: Elektrowärme in der Metallindustrie 710

Dr. Ing. G. Markt: Karte der Elektrizitätsversorgung in Österreich (mit einer Tafel) 715

Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamt: Die Großwasserkraftverwertung in Österreich nach dem Stande Ende 1927 716

Dr. Ing. F. Kotschi: Die Entwicklung der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A.-G. 721

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 1. Juli 1928 | Heft 27

Schutzeinrichtungen für Transformatoren.

Von Oberingenieur F. von **Ratkovszky**, Budapest.

Übersicht: Es werden, nach Aufzählung der im Betriebe vorkommenden verschiedenen Arten von Beschädigungen an Transformatoren, die gebräuchlichen elektrischen und mechanischen Schutzvorrichtungen und deren Wirkungsweise kurz erörtert, hierauf eine Einrichtung, die auf der bei Windungsschlüssen auftretenden asymmetrischen Streuung beruht, beschrieben und die erzielten Versuchsergebnisse mitgeteilt.

Die Schutzeinrichtungen gegen Beschädigungen in Transformatoren haben im allgemeinen zwei Anforderungen zu entsprechen. Die erste Anforderung ist, bei Auftreten von Fehlern, deren Weiterentwicklung großen Schaden verursachen könnte, eine rascheste Abschaltung bzw. Aberregung zu erwirken, geringere Fehler aber, mit welchen der Betrieb bis zum Ersatz der beschädigten Einheit noch weitergeführt werden kann, bloß anzuzeigen.

Die zweite Anforderung ist, daß die Schutzeinrichtung nur dann ausschalte, wenn dies unbedingt erforderlich ist, das heißt wenn einer tief greifenden Beschädigung vorgebeugt werden soll.

Mit Rücksicht darauf, daß Beschädigungen, insbesondere bei größeren Einheiten, sehr selten vorkommen, ist diese zweite Anforderung der ersten nicht nur ebenbürtig, sie ist sogar wichtiger. Es ist vorteilhafter gar keinen Schutz anzuwenden als einen solchen, der den Betrieb durch häufiges unbegründetes Abschalten nicht bloß ständig in schwerwiegender Weise stört, sondern sogar schweren Schaden verursachen kann (zum Beispiel die Turbine der Gefahr des Durchgehens aussetzt).

Im Allgemeinen ist die Anwendung von Schutzvorrichtungen nur ausnahmsweise, bei sehr wichtigen Betrieben oder bei außerordentlich großen Einheiten angezeigt.

Damit die Schutzvorrichtung nicht ohne Grund abschalte, darf dieselbe vor allem keine komplizierte sein. Es ist nicht zweckmäßig, den Schutz einer Vorrichtung anzuvertrauen, welche eine ganze Gruppe von Hilfstransformatoren, Apparaten und empfindlichen Relais umfaßt, deren jedes einzelne Glied eine umso größere Fehlerquelle bildet, je komplizierter und empfindlicher dasselbe ist. Es können also Einrichtungen, welche vorstehenden Anforderungen nicht genügen, das heißt zu kompliziert sind, welche auf gefährliche und unwesentliche Beschädigungen in gleicher Weise ansprechen oder aber zur Beseitigung letzterer Umstände eine äußerst empfindliche Einstellung erfordern, für Signalisierungszwecke wohl, nicht aber zum automatischen Abschalten herangezogen werden.

Im Nachstehenden sollen Fehler geschildert werden, wie solche in Transformatoren auftreten können, und gegen welche die Anwendung von Schutzvorrichtungen bei größeren Einheiten in Frage kommt.

Betont sei, daß die Wichtigkeit der Schutzeinrichtungen nicht überschätzt werden darf. Der Transformator soll eben so gebaut sein, daß eine Schutzvorrichtung im allgemeinen nicht erforderlich wird, nur in Ausnahmsfällen bei außerordentlich wichtigen Betrieben und sehr großen Einheiten, wenn enorme Energien in wenigen Augenblicken schwere Zerstörungen verursachen können (zirka 4000 bis 6000 kVA und darüber), ist die Anwendung von Schutzeinrichtungen begründet.

Ein in Transformatoren sehr häufig — in zirka 80 bis 90 vH der vorkommenden Fälle — auftretender Fehler ist der Windungsschluß, welcher zumeist auch die einleitende Ursache zu sonstigen Beschädigungen bildet. Zufolge des Schlusses zweier benachbarter Windungen oder Spulen, sei es durch unmittelbaren Kontakt, sei es durch Lichtbogenbildung, kann sich das Übel in wenigen Sekunden auf die benachbarten Windungen bzw. Spulen verbreiten, einen Brand der Bewicklung und des Isoliermateriales sowie ein Verkohlen des Öles zur Folge haben. Bei großen Einheiten kann der sich auf mehrere Windungen erstreckende Schluß zufolge der nicht ausgeglichenen Kräfte die Bewicklung auch auseinanderwerfen und durch Auftreten eines Erd- und Phasenschlusses sogar den Transformator total zerstören. Natürlich hängt die Ausbreitung des Schlusses stark von der Größe des Transformators ab, sowie vom Querschnitte der Windung und von der inneren Anordnung. Bei großen Einheiten, deren Windungsspannung und Querschnitt groß sind, entwickelt sich der auftretende Windungsschluß in sehr kurzer Zeit und verursacht großen Schaden.

Wenn wir also große Transformatoren schützen wollen, so muß mit Rücksicht darauf, daß der Windungsschluß nicht nur die gefährlichste, son-

Digitized by Google

dern auch die häufigste Beschädigung zu sein pflegt, die Einrichtung in erster Reihe gegen Windungsschlüsse Schutz bieten, was nur durch rasches Abschalten des Transformators ermöglicht werden kann.

Außer dem Windungsschluß kann nur ein innerer Phasenschluß momentan eine solche Beschädigung hervorrufen, welche ein sofortiges Abschalten bzw. eine sofortige Aberregung des Transformators erfordert. Der Schutz gegen inneren Phasenschluß ist, obzwar hiebei die Beschädigung eine noch schwerere sein kann, von unvergleichlich geringerer Wichtigkeit, zumal derartige Schlüsse nur äußerst selten vorkommen. Wenn von Phasenschlüssen überhaupt gesprochen werden kann, so treten solche höchstens außen, bei den Durchführungen auf und sind bei weitem nicht so gefährlich, da sie keine inneren Teile beschädigen. Aber auch derartige Vorfälle sind sehr selten; gegen Phasenschlüsse bieten Maximalschalter wenn auch nicht in vollkommener Weise, so doch gewissermaßen einen Schutz.

Die außer Windungs- und Phasenschluß noch vorkommenden übrigen Fehler erfordern keinen sofortigen Ersatz des Transformators und die Schutzeinrichtung darf dieselben bloß anzeigen. Als solche Fehler sind zu bezeichnen der Eisenschluß[1]), welcher sich durch starke Erhöhung des Eisenverlustes bemerkbar macht und nach einer gewissen Zeit das Ausbrennen des Eisenkernes verursacht, Erdschluß, mechanische Fehler, Ölsickern, Luftblasen usw. Von diesen Fehlern kommen die zwei an erster Stelle erwähnten sehr selten vor.

Im Nachstehenden seien die gebräuchlichen Schutzeinrichtungen geschildert mit gleichzeitigem Vermerk, bei welchen Beschädigungen dieselben in Wirkung treten und inwiefern dieselben zur Abschaltung des Transformators bzw. zum Anzeigen des Fehlers geeignet sind[2]).

Das Differential-Stromrelais.

Diese Einrichtung[3]) benützt die Differenz zwischen Primär- und Sekundärstrom des Transformators zur Betätigung des Relais. Unter Voraussetzung eines Dreiphasentransformators besteht dieselbe im allgemeinen aus 6 Stromreduktoren, 1 Hilfstransformator und 1 Relais. Das Relais tritt sicher in Funktion im Falle eines inneren Phasenschlusses, das heißt wenn derselbe zwischen den Reduktoren auftritt, fallweise bei großen Windungsschlüssen und ganz unsicher bei inneren Erdschlüssen.

Im Falle von Windungsschlüssen funktioniert die Einrichtung nur dann, wenn die durch den Schluß hervorgerufene erhöhte Stromaufnahme einen Grad erreicht, der die Empfindlichkeitsgrenze der Einrichtung überschreitet. Bei inneren Erdschlüssen funktioniert dieselbe im allgemeinen nicht, außer wenn der Nullpunkt geerdet ist, oder aber in dem ganz ausnahmsweisen Falle, wenn die Kapazität des Netzes eine so große ist, daß der Erdschlußstrom die Empfindlichkeitsgrenze übersteigt.

Die Empfindlichkeit kann aber nicht beliebig erhöht werden, erstens wegen des Leerlaufstromes des Transformators, der normalerweise eine Asymmetrie von 3 bis 10 vH verursacht, zweitens weil zufolge des Phasen- und Übersetzungsfehlers der gegeneinander geschalteten Stromreduktoren — insbesondere bei Überlastungen oder Kurzschlüssen im Netze — in dem Relaisstromkreise ein bedeutender Fehlerstrom auftreten kann, der das Relais nicht in Tätigkeit setzen darf. Die Empfindlichkeit wird gewöhnlich mit 20 vH des Belastungsstromes gewählt, ein Wert, welchen die durch den Windungsschluß verursachte Stromsteigerung nur ausnahmsweise, im Falle eines sehr ausgebreiteten Schlusses erreicht. Das Relais muß überdies mit Rücksicht auf den Stromstoß beim Einschalten mit einer Verzögerung arbeiten. Die Verzögerung wird gewöhnlich mit 1 bis 2 sek angenommen. Hat der Transformator Anzapfungen, so muß beim Umschalten auch der Hilfstransformator umgeschaltet werden.

Das Differential-Wattrelais.

Diese Einrichtung[4]) reagiert auf die Wattkomponenten der Differenz des Primär- und Sekundärstromes, bezogen auf die primäre oder sekundäre Spannung des Transformators. Sie besteht im allgemeinen aus 6 Stromreduktoren, 1 Spannungsreduktor, 1 Hilfstransformator und 1 Relais. Das Wattrelais ist mit einem Zeiger ausgerüstet, der den im Transformator auftretenden Verlust (mit Ausnahme des Kupferverlustes), also den Eisenverlust und eventuelle Überverluste zufolge von Schlüssen sowohl im Eisen als in der Bewicklung, ständig anzeigt. Bei Erhöhung des Verlustes über einen gewissen Wert tritt das Relais in Funktion.

Die Empfindlichkeit des Relais beträgt 0·5 bis 2·0 vH der Transformatorleistung; dies bedeutet, daß zum Beispiel bei einem Transformator von 10 000 kVA Leistung eine Verlusterhöhung von 50 bis 200 kW erforderlich ist, damit das Relais in Funktion trete. Damit bei großen Überlastungen bzw. äußeren Schlüssen der Fehlerstrom der Reduktoren nicht ohne Grund abschalte, ist es zweckmäßig, die Empfindlichkeit nicht unter 2 vH einzustellen. Wenn wir aber in Betracht nehmen, daß bei dieser Leistung der Eisenverlust etwa 30 bis 35 kW beträgt, so können wir feststellen, daß die Einrichtung trotz ihrer Kompliziertheit nur wenig empfindlich ist (200 kW) und nur bei schweren Fehlern in Tätigkeit tritt.

Die Einrichtung ist zwar ziemlich unempfindlich, im Falle von Eisenschlüssen aber zur Beobachtung des Ansteigens der Eisenverluste wohl verwendbar, zur Abschaltung hingegen weniger geeignet. Im Falle innerer Phasenschlüsse funktioniert sie mit Rücksicht darauf, daß die Spannung

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 595; 1928, Heft 26, S. 686.
[2]) H. Zipp, Elektrizitätswirtschaft 1927, S. 131. H. Puppikofer, Bulletin 1928, S. 59. Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 927; 1927, S. 914.
[3]) Vgl. E. u. M. 1908, S. 362; 1926, S. 934; 1927, S. 914.
[4]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 936.

Digitized by Google

fällt, überhaupt nicht und zeigt auch keine inneren Erdschlüsse an. Besitzen die Transformatoren Anzapfungen, so muß beim Umschalten auch der Hilfstransformator umgeschaltet werden.

Kombination von Differerential- und Wattrelais.

Diese Einrichtung ist eine Vereinigung der beiden vorigen Systeme, besteht daher im allgemeinen aus 6 Stromreduktoren, 1 Spannungsreduktor, 1 Hilfstransformator, 1 Stromrelais und 1 Wattrelais. Sie funktioniert im Sinne des vorher Gesagten in sicherer Weise bei inneren Phasenschlüssen, weniger verläßlich im Falle von Windungsschlüssen, im allgemeinen jedoch nicht bei inneren Erdschlüssen, und nicht genügend sicher beim Auftreten von Windungsschlüssen vor der Entwicklung eines größeren Schadens. Der Hilfstransformator muß im Falle von Anzapfungen beim Umschalten ebenfalls umgeschaltet werden.

Sicherungs-Membranen bzw. Überdruckanzeiger.

Es sind dies auf den Kasten des Transformators montierte, auf inneren Überdruck reagierende Einrichtungen, wie zum Beispiel Membrane, Manometer usw. Dieselben können zur Signalisierung, zur Abschaltung und als Sicherheitsventile dienen im Falle innerer, explosionsartiger Schlüsse, sowie wenn im Falle einer durch Erwärmung verursachten Dilatation des Öles die Ölleitung zwischen Kasten und Konservator resp. Ölkühler, irrtümlich abgesperrt wird, usw.[5]).

Buchholz-Schutz[6]).

Dies ist eine mechanische Schutzvorrichtung, die auf der durch lokale, hohe Temperaturen im Öl hervorgerufenen Gasentwicklung beruht. Die Einrichtung besteht aus einem in die Ölleitung zwischen Transformator und Konservator montierten Gefäß, welches einen mit Kontakt versehenen Schwimmer besitzt; der Kontakt schließt einen Stromkreis, sobald sich in dem Gefäße Gase ansammeln, und dient auf diese Weise zur Signalisierung. Ein anderer Kontakt schließt den zum Abschalten des Transformators dienenden Stromkreis, falls das Öl stoßweise aus dem Transformator strömt.

Die Einrichtung kann bloß für Transformatoren mit Konservator verwendet werden, die keinen stärkeren Erschütterungen ausgesetzt sind (für Lokomotivtransformatoren zum Beispiel ist dieselbe nicht geeignet). Die Einrichtung signalisiert im allgemeinen, wenn sich in derselben Gase ansammeln, sei es dadurch, daß in den Transformator von außen Luft gelangt, sei es, daß in demselben eine innere Gasentwicklung sich bildet.

Der von einer stoßweisen Ölströmung bedingte Abschaltkontakt tritt bei inneren Phasenschlüssen oder schweren Windungsschlüssen in Tätigkeit, falls diese Schlüsse unter sehr heftiger Gasentwicklung, also explosionsartig, auftreten. Derselbe funktioniert eventuell im Falle einer längerwährenden großen Überlastung, falls die Spule sich so stark erwärmt, daß an ihrer ganzen Oberfläche eine heftige Gasentwicklung beginnt, sowie bei inneren Kontaktfehlern, wenn dieselben mit starker Lichtbogenbildung verbunden sind.

Die Signalisiereinrichtung tritt in Tätigkeit, jedoch erst nach längerer Zeit: bei Windungsschlüssen, Kontaktfehlern, bei indirekten Erd- oder Phasenschlüssen, inneren Entladungen, Undichtigkeiten, allmählichem Eindringen von Luft, starker Überlastung, Eisenschlüssen usw. Die Signalisierung erfolgt erst nach Verlauf einer längeren Zeit, wenn die Gase von der beschädigten Stelle in das Konservatorrohr gelangt sind und das Gefäß gefüllt haben, was je nach dem Orte und der Größe des Schadens minutenlang, ja sogar noch länger dauern kann.

Kontakt-Thermometer[7]).

Zur Signalisierung schädlicher Übererwärmungen dienen die verschiedenen Kontakt-Thermometer, die jedoch zufolge der großen Wärmekapazität des Transformators naturgemäß erst nach längere Zeit währenden Überlastungen oder aber bei wassergekühlten Transformatoren im Falle einer Beschädigung des Kühlers in Funktion treten. Nachdem der Transformator mit einem Thermometer ohnehin versehen ist, erscheint es zweckmäßig, bei größeren Einheiten zum Anzeigen von Erwärmungen über die zulässigen Grenzen — insbesondere aber bei wassergekühlten Transformatoren — das Thermometer mit einem Maximalanzeigekontakt, bei im Freien aufgestellten Transformatoren aber mit Minimal- und Maximalanzeigekontakt zu versehen.

Wir wollen besonders darauf aufmerksam machen, daß zur Vermeidung des mit der großen Wärmekapazität verbundenen Nachteiles in einzelnen Fällen unmittelbar in die Spulen gebettete Kontakt- oder Thermoelement-Thermometer zur Anwendung gelangt sind, welche nicht die Temperatur des Öles, sondern unmittelbar jene der Bewicklung anzeigten und daher auch bei plötzlichen, mit schädlicher Übererwärmung verbundenen Überlastungen in Wirkung traten. Die Verwendung solcher Thermometer ist jedoch für die Betriebssicherheit der Transformatorspulen in höchstem Grade gefährlich und kann deren Verwendung in keinem Falle gestattet werden. (Es sind bereits schwere Beschädigungen und Betriebsstörungen vorgekommen!)

Außer den aufgezählten Einrichtungen gibt es noch Spezialschutzeinrichtungen, die bei Windungsschlüssen einen sehr wirksamen Schutz bieten, wie zum Beispiel diejenige mit Differentialstrom für Transformatoren mit parallelen Zweigen, oder aber diejenige mit Differentialspannung für Transformatoren mit in der Mitte angezapfter Wicklung; nachdem aber dieselben nicht allgemein verwendbar sind, wollen wir von der Schilderung derselben absehen[8]).

Die bisher angeführten Schutzeinrichtungen

[5]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 641; 1926, S. 680.

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 933; Das El.-Werk, S. 23; 1928, Heft 26, S. 691.

[7]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 21, S. 475.

[8]) H. Puppikofer, Bulletin 1928, S. 59.

Digitized by Google

entsprechen nicht in jeder Hinsicht den gerechterweise gestellten Anforderungen, denn ihre Konstruktion, insbesondere jene des Differentialrelais, ist nicht einfach genug (6 Stromwandler, 1 umschaltbarer Transformator, 2 Relais, verwickelte Verbindungsleitungen), andernteils bieten dieselben bei Windungsschlüssen nicht immer einen genügenden Schutz.

Das Buchholz-Relais hat zweifellos den Vorteil, daß es einerseits in der Konstruktion viel einfacher ist, andererseits auf viele Fehler aufmerksam macht, die mit einer anderen Einrichtung überhaupt nicht nachgewiesen werden können, wie zum Beispiel innere Kontaktfehler oder indirekte Schlüsse und Entladungen auf Kriechwegen, die mit einer langsamen Verkohlung der Isoliermaterialien verbunden sind und später schweren Schaden verursachen können usw.

Es kann aber vielleicht eben der Umstand als ein Nachteil dieser Einrichtung bezeichnet werden, daß dieselbe auch infolge vieler Fehler geringerer Bedeutung in Funktion tritt bzw. daß dieselbe zwischen den gefährlichen und geringfügigeren Fehlern keinen entsprechenden Unterschied macht. Die Signalisiervorrichtung reagiert in gleicher Weise sowohl bei Windungsschlüssen, als auch bei Luftblasen, vorübergehenden Überlastungen, Ölsickern usw.

Der auf plötzlicher Ölentströmung beruhende Abschaltkontakt entspricht schon weniger den Anforderungen, weil er keine genügende Sicherheit bietet; denn, wird gefordert, daß derselbe ohne Ursache sicher nicht abschalte, was von allererster Wichtigkeit ist (zum Beispiel im Falle einer plötzlichen Bewegung der mittels Federn gestützten Spulen bei sehr starken Stromstößen), dann wird derselbe bloß bei schweren inneren Schlüssen in Tätigkeit treten, also bei Phasenschlüssen; oder aber bei Windungsschlüssen längere Zeit nach dem Auftreten des Schlusses (10 bis 60 sek), wenn der Schluß sich bereits so stark entwickelt und verbreitet hat, daß er eine heftige Gasentwicklung hervorruft, was natürlich schon eine schwere Beschädigung der Spule mit sich bringt, ja sogar das Öl verdirbt.

Die Anwendung des Abschaltkontaktes bei wassergekühlten Transformatoren bereitet besondere Schwierigkeiten, da durch die Ölpumpe im Ölraume öfters Stöße hervorgerufen werden. In derartigen Fällen haben die Fehlabschaltungen gewöhnlich veranlaßt, daß man das Relais zum Signalisieren umschaltete.

Als Signaleinrichtung dürfte das Buchholzrelais laut Obigem jedenfalls gute Dienste leisten, wenn die Anwendung einer Schutzeinrichtung motiviert ist.

Mit noch größerer Verzögerung treten die Überdruck anzeigenden Membranen und ähnliche Einrichtungen in Wirkung.

Wir sehen daher, daß die aufgezählten Schutzeinrichtungen gegen die häufigste und gefährlichste Beschädigung, den Windungsschluß, keinen genügend raschen und sicheren Schutz bieten. Da aber, wenn wir die Transformatoren überhaupt schützen wollen, die Notwendigkeit eines Schutzes gerade gegen Windungsschlüsse die größte ist, soll im Nachstehenden ein System beschrieben werden, welches im Falle von Windungsschlüssen im Momente des Auftretens des Fehlers in Tätigkeit tritt, eine einfache Konstruktion besitzt, keine Hilfsapparate und keine Relais enthält und zur automatischen Abschaltung des Transformators geeignet ist, weil es nur bei Windungsschlüssen funktionieren kann. Die Einrichtung beruht auf der durch den Windungsschluß hervorgerufenen magnetischen Asymmetrie.

Schutzeinrichtung gegen Windungsschluß.

Wenn im Transformator irgendwo ein Windungsschluß auftritt, so strömt in der beschädigten Windung ein sehr starker Strom, das heißt, es treten auf eine Stelle konzentriert sehr viele Amperewindungen auf, deren Gegenamperewindungen in den übrigen Teilen der Bewicklung gleichmäßig

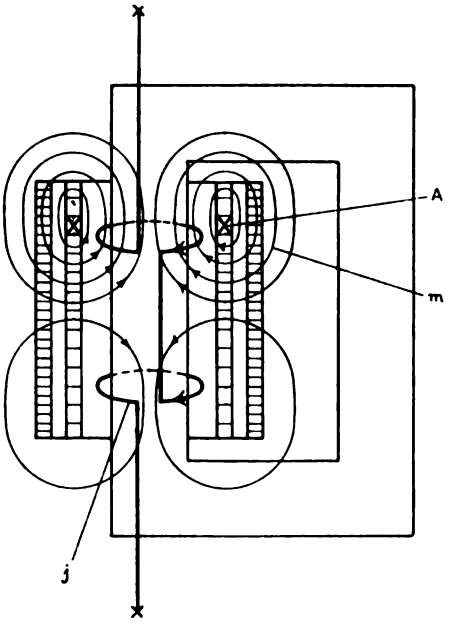


Abb. 1. Allgemeine Anordnung.
j Schutzwindungspaar,
A Ort des Windungsschlusses,
m Feld des Windungsschlusses.

verteilt sind, was ein stark asymmetrisches Streufeld ergibt. Nachdem dieses Feld bei großen Transformatoren sehr bedeutend ist, können wir dasselbe zweckmäßig zum Anzeigen von Windungsschlüssen verwenden. Eine Lösung ist als Beispiel in Abb. 1 dargestellt, wo in der Nähe der beiden Enden des Transformatorkernes je eine Windung (eventuell auch mehrere, doch von gleicher Zahl) untergebracht und gegeneinander geschaltet ist. Bei normalem Betrieb, sei es bei Leerlauf oder unter Belastung oder aber im Falle irgend eines Stromstoßes im Netze, ist die resultierende Spannung der beiden gegeneinander geschalteten Windungen 0.

Wenn aber zum Beispiel an der Stelle *A* ein Windungsschluß auftritt, so wird das asymmetrische Streufeld (*m*) in der oberen Windung eine wesentliche Spannung induzieren, während in der

Digitized by Google

unteren Windung eine geringere Spannung, jedoch von entgegengesetzter Richtung auftritt, die aber zufolge der Gegenschaltung die Spannung der oberen Windung verstärkt. An der Klemme der zwei gegeneinander geschalteten Windungen tritt daher im Falle eines Windungsschlusses eine Span-

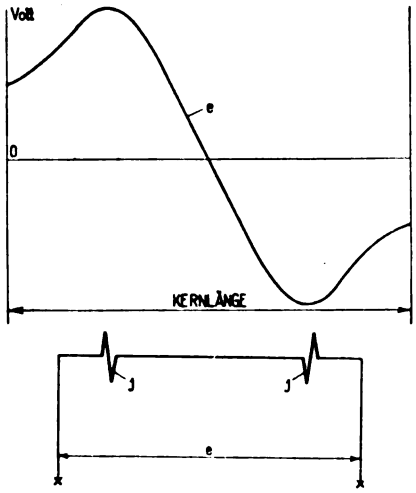


Abb. 2. Die im Windungspaar auftretende Spannung in Abhängigkeit vom Ort des Schlusses.
j Windungspaar,
e die im Windungspaar induzierte Spannung.

nung auf, die bei großen Transformatoren auch 40 bis 60 vH der Windungsspannung betragen kann. Der Wert der Spannung hängt naturgemäß von der relativen Lage der Windungen und des Schlusses ab, sowie auch von der Windungsspannung und von dem Querschnitte des Leiters. Diese Spannung kann durch Erhöhung der Zahl der gegeneinander geschalteten Windungen nach Belieben gesteigert werden.

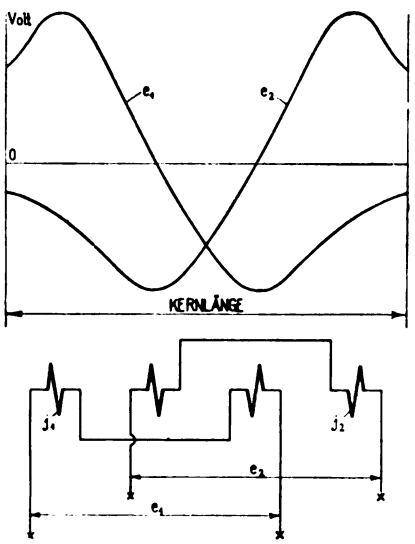


Abb. 3. Die Spannungen zweier Windungspaare mit verschobenen Mittellinien in Abhängigkeit vom Ort des Schlusses.
j_1, j_2 Windungspaare,
e_1, e_2 induzierte Spannungen.

Abb. 2 zeigt den Wert der im Windungspaare auftretenden Spannung in Funktion der Schlußstelle längs des Kernes. Es ist also offenbar, daß, wenn der Schluß sich in der Mittellinie des Windungspaares befindet, derselbe auf das Spulenpaar unwirksam bleibt. Es müssen daher, damit ein an irgend einer Stelle auftretender Schluß auf die Einrichtung wirke, pro Kern je 2 Windungspaare mit untereinander verschobenen Mittellinien angewendet werden (Abb. 3). In einem der beiden Spulenpaare wird, wo immer sich der Schluß befindet, Spannung induziert werden.

Die unter Einwirkung des Schlusses auftretende Spannung kann die Ausschaltspule des Schalters unmittelbar, ohne Zwischenschaltung eines Relais, betätigen, nachdem die durch das Windungs- resp. Spulenpaar im Falle eines Windungsschlusses abgegebene Leistung in Voltampere viel größer ist, als die zur Auslösung des Schalters notwendige.

Mit Rücksicht auf die 2 Spulensysteme (die nicht einfach in Serie geschaltet werden können, weil ja dann neuerdings eine neutrale Zone entstehen würde, wo der Schluß unwirksam bleibt), muß der Schalter mit 2 voneinander unabhängigen Auslösespulen versehen werden.

Wenn wir die 2 Systeme mit unabhängigen Stromkreisen vermeiden wollen, so bietet uns die in Abb. 4 dargestellte Schaltung eine Möglichkeit

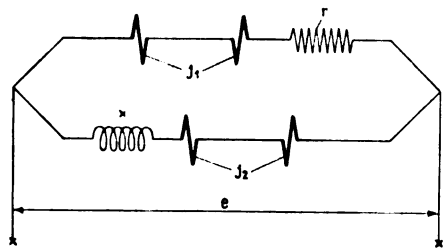


Abb. 4. Die Vereinigung zweier Windungspaare mit verschobenen Mittellinien, in einem Stromkreise.
j_1, j_2 Windungspaare,
r ohmscher Widerstand,
x induktiver Widerstand,
e resultierende Spannung.

zur Verwendung einer einzigen Auslösespule. Zufolge der durch die mit den einzelnen Systemen in Serie geschalteten ohmschen und induktiven Widerstände hervorgerufenen Phasenverschiebung addieren sich die Spannungen der beiden Systeme vektoriell, verstärken sich also, wo immer sich auch der Schluß befinden möge, und können daher eine einzige Spule betätigen. Die Spannung, die in diesem Falle an den beiden herausgeführten Klemmen auftritt, ist als Funktion der Schlußstelle in Abb. 5 dargestellt.

Zweckmäßig kann zur Betätigung des Schalters ein Doppelrelais mit 2 voneinander unabhängigen Magnetkreisen benützt werden; je eine Spule desselben ist auf je eines der beiden Systeme geschaltet, während das bewegliche Kontaktstück gemeinsam ist; die Wirkungen der beiden Systeme addieren sich daher im Relais. Die Wahl dieser Lösung mit Relais ist dann am Platze, wenn auf den Schalter außer der Schutzeinrichtung auch noch andere Apparate einwirken (zum Beispiel Maximalstromauslösung). In Anbetracht dessen, daß ein so einfaches Schaltrelais für 3 bis 8 Volt-

Digitized by Google

ampere Leistung schon sehr sicher und ohne Schwierigkeit hergestellt werden kann, während die Spulenpaare im Falle eines Schlusses auch mehrere Hundert von Voltampere zu leisten vermögen, können auch die Relais ohne Bedenken verwendet werden.

Da die entgegengeschalteten Windungen der Spulenpaare auf mehrere Säulen nicht (oder nur ganz ausnahmsweise und selbst dann nur auf Kosten der Empfindlichkeit) verteilt werden können, müssen sämtliche Kerne des Transformators mit je 2 gegeneinander geschalteten Windungs- bzw. Spulenpaaren versehen werden. Die analog untergebrachten Spulenpaare werden an sämtlichen Kernen miteinander in Serie geschaltet, so daß die Schutzeinrichtung des ganzen Transformators 4, eventuell nur 2 herausgeführte Enden hat.

Dadurch, daß die Spulenpaare der Kerne miteinander in Serie geschaltet sind, ist auch dem Zwecke gedient, daß im Systeme irgendwelche, nicht durch Windungsschluß hervorgerufene Un-

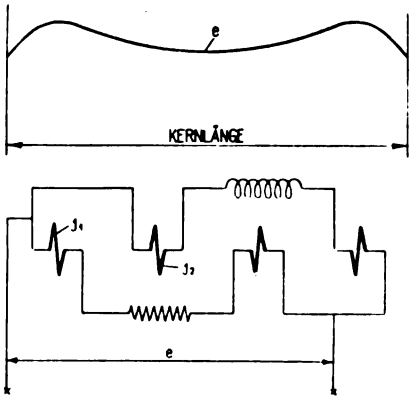


Abb. 5. Die resultierende Spannung der zwei in einem Stromkreise vereinigten Windungspaare in Abhängigkeit vom Ort des Schlusses.
e Resultierende Spannung.

gleichmäßigkeiten ausgeglichen werden. Die einzelnen Spulenpaare sind nämlich in der Weise miteinander in Serie geschaltet (zum Beispiel bei Dreiphasentransformatoren in offenem Dreieck), daß, wenn in den Spulenpaaren jedes Kernes die gleiche Spannung auftritt, diese Spannungen sich gegenseitig aufheben. Zufolge dieser Schaltung ist das Spulensystem im normalen Betriebe doppelt ausgeglichen, einmal an jedem Kerne durch die Gegenschaltung und einmal durch die Serienschaltung.

Schon die erste Gegenschaltung genügt, um zu verhüten, daß im System bei Normalbetrieb selbst im Falle größerer Stromstöße eine in Betracht kommende Spannung auftrete, es kann also ein fehlerhaftes Abschalten nicht vorkommen. Die zweite Ausgleichung, die an den Klemmen des Systemes die Spannung selbst dann vernichtet, wenn in den Systemen der einzelnen Kerne zufolge irgendwelcher Asymmetrie eine Spannung auftreten sollte, dient zur weiteren Sicherung. Zufolge der zweiten, durch die Serienschaltung erreichten Ausgleichung kann an den Klemmen des Systemes nur dann eine Spannung auftreten, wenn bloß an einem einzigen Kerne eine Asymmetrie entsteht, also lediglich im Falle von Windungsschlüssen oder Spulenschlüssen.

Der doppelten Ausgleichung zufolge kann eine viel größere Empfindlichkeit erzielt werden, als zum sicheren Abschalten der Schlüsse erforderlich ist, ohne daß die Gefahr einer unbegründeten Abschaltung bei normalem Betrieb oder bei Schlüssen im Netze bestehen würde.

Bei Transformatoren mit Anzapfungen muß wegen der durch Abschaltung der angezapften Windungen auftretenden Asymmetrie bei einfacher Gegenschaltung noch eine, in der Nähe der Anzapfung bzw. der Herausführung angebrachte Hilfsspule verwendet werden, denn die Asymmetrie der Anzapfung kann, wenn auch nicht bei Normalbetrieb, so doch bei großen Stromstößen genügen, um den Apparat in Tätigkeit zu setzen. Auf das durch die Serienschaltung doppelt ausgeglichene

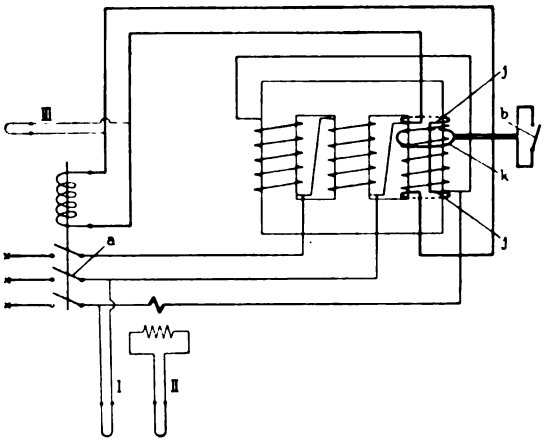


Abb. 6. Versuchsanordnung.
a Hauptschalter,
j Spulenpaare,
k kurzschließbare Windung,
b Schalter,
I, II, III Oszillograph.

System jedoch bleibt die Asymmetrie der Anzapfungen vollkommen wirkungslos, und ist daher eine besondere Ausgleichung nicht notwendig.

Bei der beschriebenen Anordnung sind die Spulenpaare auf den Kernen angeordnet, sie können aber ebenso gut außerhalb der Kerne, ja sogar außerhalb der Bewicklung zur Anwendung gelangen.

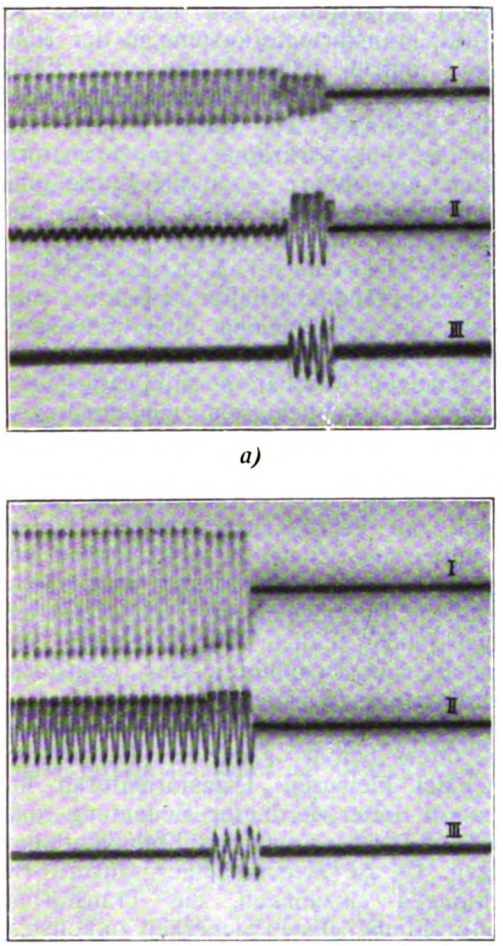
Im Nachstehenden seien die Versuchsergebnisse an einem mit Schutzspulenpaaren versehenen Transformator angeführt. Die Versuchsanordnung ist in Abb. 6 dargestellt.

Der in Δ/Y geschaltete Transformator von 6000 kVA Leistung wurde bei 42 Per/s und 20 000/260 V an der in Dreieck geschalteten Niederspannungsseite mit 260 V Spannung gespeist. Die aus dem 20 000 V Wicklungsmaterial gebildete einzige Windung *k* war durch den Schalter *b* kurzschließbar. Die Länge dieser Windung betrug wegen der Zuführung zum Schalter das Doppelte der normalen Windungslänge. Die Enden der

Digitized by Google

Spulenpaare *j* waren unmittelbar, ohne dazwischengeschaltetes Relais, an die Auslösespule des Hauptschalters gebunden; zur Betätigung des letzteren waren 40 VA erforderlich. Die Spannung des Transformators wurde bei I, der Strom bei II und die Spannung der Spulenpaare bei III oszillographisch aufgenommen.

Nach Erregung bzw. Einschaltung des Transformators wurde die Windung *k* durch den Schalter *b* kurzgeschlossen. Bei Eintreten des künstlich hervorgerufenen Windungsschlusses hat der Hauptschalter unter Einwirkung der Spulenpaare stets sofort abgeschaltet, selbst dann, wenn der Transformator anstatt der normalen 260 V, nur auf 45 V erregt war. Die zur Betätigung des Schalters erforderlichen 40 VA wurden von den Spulenpaaren schon bei $^1/_6$ Spannung abgegeben.



a)

b)

Abb. 7. Oszillogramme von Windungsschlüssen bei Windungen, *a)* mit großem Querschnitt, *b)* mit kleinem Querschnitt.

I. Spannung,
II. Leerlaufstrom,
III. Spannung des Spulenpaares.

Bei Aufnahme des Oszillogrammes der Abb. 7 a war der Transformator auf 100 V erregt, welcher Wert im Momente des Schließens auf 80 V sank (I), während die Stromaufnahme II sich erhöhte. Zufolge der durch den Windungsschluß verursachten Asymmetrie hat der Schalter unter der Wirkung der in den Spulenpaaren auftretenden Spannung III innerhalb einer Zehntelsekunde abgeschaltet.

Das Oszillogramm der Abb. 7 b zeigt den Windungsschluß einer aus einem Leiter von kleinem Querschnitte einer 100 000 V-Wicklung entsprechend gebildeten einzigen Windung bei normaler Spannung des Transformators.

Der Leerlaufstrom des Transformators hat sich zufolge des Windungsschlusses bloß um 15 vH erhöht. Der Schalter hat in einer Zehntelsekunde abgeschaltet. Das Abschalten der Schlüsse erfolgte so rasch, daß nach wiederholtem Einschalten die Windung nicht einmal handwarm wurde.

Zufolge des raschen Abschaltens kann eine Beschädigung sich überhaupt nicht entwickeln, wie dies aus Abb. 8 a und 8 b ersichtlich ist. Auf Abb. 8 a hatten den Windungsschluß locker aneinander gebundene Flächen gebildet; nach fünfmaligem Einschalten wiesen die Kontaktflächen nur eine kaum merkbare Spur auf.

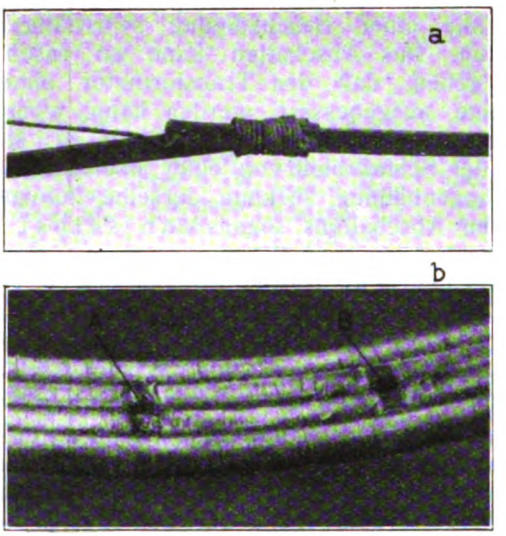


Abb. 8. Ort der Windungsschlüsse an den Spulen nach wiederholten Einschaltungen.
A, B Ort der künstlichen Schlüsse.

Die in Abb. 8 b dargestellte Spule wurde aus Material entsprechend einer Bewicklung von 35 000 V angefertigt (7·5 × 4·0 mm). Nach Entfernung der Baumwollisolierung von der Stelle *A* wurde ein 1 mm dickes Drahtstück auf die Windungen gelegt. Nach fünfmaligem unmittelbar aufeinanderfolgendem Einschalten zeigte sich bei *A* an den Kontaktstellen eine schwache Brandspur, verursacht durch einen Lichtbogen, welcher sich dadurch bildete, daß das Drahtstück infolge der durch den Schluß verursachten dynamischen Wirkung weggeschleudert wurde. An der Stelle *B* ist nach Entfernung der Isolierung der Schluß durch ein zwischen zwei benachbarte Windungen gepreßtes kleines Kupferblechstück hervorgerufen worden. Der eingepreßte Blechstreifen konnte sich unter der Einwirkung des Schlusses nicht fortbewegen; nach weiteren fünf Einschaltungen war weder an den Windungen, noch an den Blechstrei-

Digitized by Google

fen irgendeine Spur sichtbar. Die Schutzspulenpaare haben bei Einschalten des Windungsschlusses den Transformator stets sofort abgeschaltet, die Spule wurde nicht einmal handwarm.

Aus den Versuchsergebnissen erhellt, daß die Einrichtung bei Auftreten von Windungsschlüssen den Transformator in so rascher und sicherer Weise abzuschalten vermag, daß die Windung nicht einmal Zeit hat, sich zu erwärmen, trotz der in der kurzgeschlossenen Windung auftretenden großen Energie. (In den zwei benachbarten Windungen der Spule laut Abb. 8 war der Kurzschlußstrom etwa 7000 A, entsprechend einer Stromdichte von 240 A/mm².)

Nachdem die Einrichtung eine einfache Konstruktion besitzt (die Spulenpaare — bestehend aus je einer direkt am Eisenkern befestigten Windung — können keine Fehlerquelle bilden) und weder Hilfsapparate, noch unverläßliche Kontakte enthält, ist dieselbe geeignet, den Transformator im Falle einer Beschädigung selbsttätig abzuschalten. Das Abschalten kann so rasch vor sich gehen, daß der Transformator ohne Demontage ausgebessert werden kann, wenn der Schluß an einer zugänglichen Stelle ist; stammt aber der Schluß bloß von einer übergangsweisen Lichtbogenbildung, so kann derselbe zufolge des raschen Abschaltens sogar von selbst aufhören.

Wenn also die Betriebsergebnisse einen Schutz des Transformators als motiviert erscheinen lassen, so kann diese Einrichtung, nachdem die schweren Betriebsfehler meistens von Windungsschlüssen stammen, den wirksamsten Schutz gewährleisten.

Der wirksame Schutz bei den großen Einheiten, die an die heutigen großen Zentralen angeschlossen sind, kann nur durch sofortiges Abschalten gesichert werden. Wenn der Schluß sich bereits entwickelt, kann er in einigen Sekunden die schwersten Schäden hervorrufen. Es ist schon vorgekommen, daß ein mit Differential-Watt- und -Strom-Relais, sowie mit Gas-Relais versehener Transformator trotz alledem explodierte, weil der infolge des inneren Schlusses auftretende Lichtbogen eine so heftige Gasentwicklung verursachte, daß selbst das auf zwei Sekunden eingestellte Differential-Relais erst nach der Explosion abschaltete. Die Gas-Relais arbeiten naturgemäß nur mit einer Verzögerung, da sie erst durch die bereits eingetretene Gasentwicklung in Aktion treten und außerdem meistens nur auf Signalisieren geschaltet werden.

Wie schnell die Beschädigungen beim Auftreten eines inneren Schlusses infolge der außerordentlich großen Energiemengen sich entwickeln, konnte bei einem Transformator konstatiert werden, an dessen Deckel eine dünne Membran von großer Oberfläche angebracht war, die so dimensioniert war, daß sie schon bei einem verhältnismäßig geringen Überdruck durchreißen sollte, um hiemit den sich entwickelten Gasen einen Austritt ins Freie zu ermöglichen. Infolge eines inneren Schlusses ist plötzlich eine so heftige Explosion aufgetreten, daß das dicke Kesselblech des Transformatorkastens in der Nähe des Schlusses aufriß, dagegen die vom Fehlerorte weiter entfernte Membran unbeschädigt blieb.

Mit Rücksicht auf diese großen Energiemengen ist ein wirksamer Transformatorschutz nur dann erreichbar, wenn die Einrichtung den Transformator sogleich, also in jenem Moment, wo der Fehler auftritt, noch vor dem Eintritt der Gasentwicklung, verläßlich und ohne Verzögerung abschaltet respektive aberregt, trotzdem im Allgemeinen eine plötzliche Abschaltung nicht erwünscht ist. Die Einrichtung zum sofortigen Abschalten soll natürlicherweise vollkommen verläßlich sein, ein unnötiges Abschalten darf nie vorkommen, weder bei Belastungsstößen, weder bei Schaltvorgängen, noch auch aus mechanischen Gründen. Alle Vorrichtungen, die mit Verzögerung arbeiten, bieten nur einen teilweisen Schutz. In Abhängigkeit von der Heftigkeit des Schlusses und von dem frei werdenden Energiequantum funktionieren sie eventuell noch zeitlich, oft verhindern sie aber erst nach dem Demolieren des Transformators nur die weiteren Schäden.

Obige Auseinandersetzungen beziehen sich — wie öfters betont — nur auf die größten Einheiten. Bei kleineren Transformatoren ist der Schutz von untergeordneter Bedeutung und verursacht öfters nur unnötige Komplikationen und Auslagen. Es ist zweckmäßiger, anstatt Schutzeinrichtungen einzubauen, die Transformatoren mit der größtmöglichsten Sicherheit zu konstruieren, und dadurch die Beschädigungen schon im vorhinein auszuschließen.

(Eingelangt am 8. Februar 1928.)

Die neuen Anschlußbestimmungen der Städt. Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien.

Vor wenigen Wochen erfolgte die Herausgabe der neuen „Bestimmungen für die Herstellung und Instandhaltung elektrischer Starkstromanlagen im Anschlusse an die Netze der städtischen Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien, Ausgabe 1928", mit welcher alle früheren Ausgaben außer Kraft gesetzt wurden. Da die bisher in Geltung gestandenen Vorschriften in vielen Belangen einschneidende Abänderungen erfahren haben, erscheint es sicherlich von Interesse, diese etwas eingehender zu besprechen.

Die jetzt gültigen Anschlußbedingungen für Installationsanschlüsse an die Gleichstromnetze sind in nachstehender Übersichtstabelle zusammengestellt, wobei die eingeklammerten Werte die bisherigen Daten angeben. Wie zu ersehen ist, wurde eine Reihe von Erleichterungen geschaffen, soweit sie durch die derzeitigen Netzverhältnisse als gerechtfertigt erscheinen. Besonderes Augenmerk wurde den Neuinstallationen für Heiz- und Kochzwecke sowie für Kraftstromverbrauch im Haushalt geschenkt, um der weitgehendsten Verbreitung der Elektrizität im Haushalte Tür und Tor zu öffnen. Sind auf diese Weise die technischen Grund-

Digitized by Google

lagen zur Popularisierung der Elektrizität gegeben, so werden andererseits jetzt auch noch Mittel und Wege gesucht, um mit tarifarischen Maßnahmen noch weitergehende Erleichterungen zu schaffen und es dürfte nicht mehr allzulange währen, bis die Elektrizität mit Hilfe des sogenannten Haushalttarifes auch in der kleinsten Wohnung anzutreffen sein wird.

Von diesen erleichterten Installationsbedingungen soll insbesondere hervorgehoben werden, daß nunmehr laut Punkt 4, a/2, bzw. 4, b/3, Neuinstallationen für Heiz- und Kochzwecke sowie für Kraftstromverbrauch in Wohnungen bei bereits vorhandenem Lichtzähler in 2 × 110 V-Anlagen und 4 × 110 V-Anlagen auch an 110 V angeschlossen werden dürfen, insoferne die Summe des Anschlußwertes an Kraft- und Lichtzähler 1·2 kW nicht übersteigt. Ist jedoch der genannte Anschlußwert größer, so müssen die Anlagen so wie bisher auf 2 × 110 V bzw. 220 V umgeschaltet werden. Diese Bestimmung trägt nunmehr auch jenen Konsumenten Rechnung, die sich beispielsweise einen Elektro-Kochautomaten anschaffen wollten und darauf wegen der vorhandenen Leitungsinstallation verzichten mußten.

Auch für Motoren, welche an das Gleichstromnetz angeschlossen werden sollen, sind die Anschlußbedingungen erleichtert worden. Motoren bis 0·4 kW dürfen direkt eingeschaltet werden, während früher alle Motoren über 0·25 PS Anlaßapparate besitzen mußten. Die Anlaßapparate selbst brauchen nicht mehr so dimensioniert sein, daß als Maximalstrom nur der 1·5-fache Betriebsstrom auftritt, da nunmehr laut Punkt 6 b der 1·75- bzw. 1·6-fache Motornennstrom beim Anlasser zulässig ist.

Einschneidende Veränderungen bringen jene Bestimmungen, die sich mit der „Ausführung von Licht- und Kraftanlagen für den Anschluß an die Drehstromnetze" befassen. Nebst kleinen Erweiterungen bezüglich des zulässigen Anschlußwertes von Lichtanlagen, Heizkörpern, Bogenlampen und Schweißapparaten sind dort die neuen Richtlinien für den Anschluß von Drehstrommotoren an das allgemeine Niederspannungsnetz festgelegt, die in ihrer Gesamtheit einen gewaltigen Sprung nach vorwärts bedeuten.

Die Netze der Städt. Elektrizitätswerke wurden schrittweise ausgebaut und verstärkt, aber auch entsprechend unterteilt. Heute stehen weitaus mehr Transformatorenstationen im Wiener Netz als noch vor wenigen Jahren, womit natürlich die Einzelnetze verkleinert wurden und eine größere Betriebssicherheit bieten. Zu dem kommt noch eine fortschreitende Verbesserung im Motorenbau und die Erkenntnis, daß die bisher im Netz aufgestellten Kurzschlußläufer keinerlei Störung verursacht haben. Dies alles mußte naturgemäß zu einer schrittweisen, stetig erweiterten Zulassung von Kurzschlußläufern führen, die wegen ihrer außerordentlichen Betriebssicherheit, wegen ihres guten Leistungsfaktors und Wirkungsgrades und nicht zuletzt wegen des billigen Preises das Ideal des Elektromotors darstellen. Daher kommt es, daß heute ohne Bedenken 7·5 kW Kurzschlußmotoren an das Niederspannungsnetz angeschlossen werden, während noch vor einem Jahre die obere Grenze mit 5 PS und vor sechs Jahren sogar mit 2 PS festgesetzt war. Die Betriebserfahrungen in den kommenden Jahren werden zeigen, ob mit Rücksicht auf die Netzverhältnisse der mögliche obere Grenzwert schon erreicht ist oder ob vielleicht noch etwas weiter gegangen werden kann, ohne Störungen erwarten zu müssen.

Auch in der zulässigen Gesamtleistung der in einer Anlage aufgestellten Motoren wurden die bisherigen Schranken fallen gelassen. Durften bisher in einer Anlage Kurzschlußläufermotoren bis maximal nur 7 PS Gesamtleistung installiert werden, so sehen die neuen Bestimmungen gar keinen Grenzwert vor. Nur die Netzverhältnisse allein sind maßgebend und es steht — bei gegebenen Verhältnissen — nichts im Wege, wenn eine ganze Werkstätte oder eine ganze Fabrik durchwegs mit Kurzschlußläufermotoren eingerichtet werden soll. Handelt es sich um Primäranlagen, so können bei vorherigem Einvernehmen mit den Städt. Elektrizitätswerken Kurzschlußläufermotoren gegebenenfalls sogar auch mit Einzelleistungen über 10 PS angeschlossen werden. Man sieht, daß die ehemaligen Vorschriften weitgehendst erleichtert wurden. Und noch eine Erweiterung der alten Vorschriften weisen die neuen Bestimmungen auf: Kurzschlußläufermotoren bis zu einer Leistung von 2·2 kW dürfen von nun an mit Hebelschalter direkt, ohne Verwendung eines Sterndreieckschalters oder Statoranlassers ans Netz geschaltet wer-

Übersicht über die Zulässigkeit von Installationsanschlüssen an die Gleichstromnetze.

(Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf die bisherigen Vorschriften.)

Hausanschlüsse für		2×110 Volt			4×110 Volt						2×220 Volt		
Anlagen	Gebrauchsspannung	110 Volt		220 Volt	110 Volt			220 Volt		440 Volt	220 Volt		440 Volt
	Verteilsystem	2-Leiter	3-Leiter	2-Leiter	2-Leiter	3-Leiter	5 Leiter	2-Leiter	3-Leiter	2-Leiter	2-Leiter	3-Leiter	2-Leiter
Der Anschluß ist zulässig bei	Neuanlagen	— (—)	— (—)	Nur nach Anfrage (Nur nach Anfrage)	— (—)	— (—)	— (—)						
	Neue Kraftinstallationen in Wohnungen bei vorh. Lichtzählern und Trennungen mit Gesamtanschlußwert für Licht und Kraft	Bis 1·2 kW	bis 2·2 kW, über 2·2 kW Nur nach Anfrage		Bis 1·2 kW (Nur nach Anfrage)	bis 2·2 kW, über 2·2 kW nur nach Anfrage	—	bis 1·2 kW (1·0 kW) Bogenlampen u. Heizkörper bis 2·2 kW (2·0 kW)	bis 5 kW; über 5 kW nur nach Anfrage		bis 1·2 kW (1·0 kW) Bogenlampen u. Heizkörper bis 2·2 kW (2·0 kW)	bis 5 kW; über 5 kW nur nach Anfrage	
	Erweiterungen	(—)	(nur nach Anfrage)		Bis 1·2 kW (Nur nach Anfrage)	(—)	(—)						

Digitized by Google

den, welcher Umstand bei Textilmotoren, Pumpenmotoren usw. sehr angenehm empfunden werden dürfte.

Soll schließlich aus irgendeinem Grunde von Statoranlasser oder Sterndreieckschalter abgesehen werden, so dürfen Kurzschlußläufer auch in Verbindung mit selbsttätigen Anlaufkupplungen im Einvernehmen mit den Städt. Elektrizitätswerken angeschlossen werden, und zwar auch dann, wenn deren Einzelleistung mehr als 7·5 kW beträgt.

Da die Bestimmungen über den Anschluß von Kurzschlußankermotoren von außerordentlicher Bedeutung sind und allgemeines Interesse für alle Konsumenten und auch für andere Elektrizitätswerke besitzen, sollen im folgenden die einschlägigen Punkte: 9 *b*, *c*; 11 *a* — *k* und 12 *a* noch wörtlich angeführt werden:

Punkt 9: *b*) Motoren über 0·2 kW müssen als Dreiphasenmotoren gebaut sein und werden normal bis 7·5 kW als Kurzschlußläufermotoren zum Anschlusse zugelassen.

c) Bezüglich des Anschlusses von Motoren, insbesondere von solchen mit einer Leistung von über 2·2 kW an Niederspannungsanschlüsse ist das Einvernehmen mit den Städt. Elektrizitätswerken zu pflegen (Zusicherungskarte).

Punkt 11: *a*) Kurzschlußläufermotoren bis zu einer Leistung von 2·2 kW dürfen mit Hebelschalter direkt eingeschaltet werden, wenn eigene Zuleitungen von Hausanschlüssen ausgeführt sind. Werden bei derartigen Motoren normale Stöpselsicherungen, welche für die Betriebsstromstärke zu bemessen sind, verwendet, so sind die Schaltgeräte so auszubilden, daß diese Sicherungen in der Anlaufstellung des Schaltgerätes überbrückt sind. Ein dauerndes Verbleiben des Schaltgerätes in dieser Anlaufstellung muß aber durch eine automatisch wirkende Vorrichtung verhindert sein.

b) Wahlweise können bei solchen Motoren auch automatisch wirkende Schalter mit entsprechender Auslöseverzögerung oder Anlaufsicherungen verwendet werden.

c) Bei Motoren mit Kurzschlußläufer über 2·2 kW bis 7·5 kW sind entweder Statoranlasser oder Sterndreieckschalter vorzusehen.

d) Statoranlasser dürfen nur bei völlig unbelastet anlaufenden Motoren verwendet werden.

e) Ist der Statoranlasser derart ausgeführt, daß er in seiner Nullstellung alle drei Phasen ausschaltet, so kann von einem dreipoligen Hebelschalter abgesehen werden.

f) Sterndreieckschalter dürfen nur bei solchen Motoren verwendet werden, welche beim Anlauf in Sternschaltung 95 vH der am Leistungsschild angegebenen Vollastdrehzahl erreichen (Halblastanlauf).

g) Der Sterndreieckschalter muß so gebaut sein, daß der Motor in der Nullstellung in allen drei Phasen spannungslos ist und daß beim Einschalten die Wicklung zuerst in Stern geschaltet wird. Von einem separaten dreipoligen Hebelschalter kann abgesehen werden.

h) Bei Motoren mit Sterndreieckschaltern, die bei geringer Last dauernd in Sternstellung verwendet werden können, müssen die Betriebssicherungen in die unverketteten Stromzuleitungen des Motors gelegt werden.

i) Bei Verwendung einer selbsttätigen Anlaufkupplung, bei welcher der Motor im unbelasteten Zustande anläuft und erst bei Annäherung an die volle Motordrehzahl nach und nach belastet wird, kann von der Anbringung eines Statoranlassers oder Sterndreieckschalters abgesehen werden. Die Verwendung derartiger Spezialanlaufkupplungen unterliegt jedoch der Genehmigung der Städt. Elektrizitätswerke.

k) In Anlagen mit eigenen Primäranschlüssen sowie bei Verwendung von selbstätigen Anlaufkupplungen können nach vorherigem Einvernehmen mit den Städt. Elektrizitätswerken Kurzschlußläufermotoren gegebenenfalls auch mit Einzelleistungen über 7·5 kW angeschlossen werden (Zusicherungskarte).

Punkt 12: *a*) Motoren mit mehr als 7·5 kW müssen mit Ausnahme der im Punkt 11, Absatz *k*, erwähnten Fälle normal mit Schleifringläufern ausgestattet sein. Bei sämtlichen Dreiphasenmotoren mit Schleifringläufern müssen die Statorstromkreise dreipolig abschaltbar sein.

Das nächste Kapitel über Ausführung von Licht- und Kraftanlagen für den Anschluß an das Einphasen- bzw. Zweiphasen-Wechselstromnetz befaßt sich nach einigen Angaben über den Anschluß von Lichtanlagen, Bogenlampen, Heizkörpern und Schweißapparaten ebenfalls mit den Anschlußbedingungen von Motoren, welche je nach der örtlichen Lage Einphasen- oder Zweiphasenmotoren sein müssen und daher immer nur im Einverständnis mit den Städt. Elektrizitätswerken zum Anschlusse gelangen können. Aber auch hier erscheinen die Anschlußbedingungen für Kurzschlußläufermotoren erleichtert. Gegenüber von 0·25 PS dürfen nunmehr Kurzschlußankermotoren bis 0·4 kW mittels Hebelschalter direkt an Netz gelegt werden, während größere Motoren eine Anlaßvorrichtung erhalten müssen. Einphasenmotoren über 1·5 kW (früher 1·5 PS) müssen Schleifringanker erhalten und müssen außerdem mit Voll- und Leerscheibe ausgestattet sein, sofern ihre Leistung 4 kW (früher 5 PS) überschreitet. Zweiphasenmotoren dürfen bis 2·2 kW Kurzschlußläufer besitzen, müssen aber von 0·4 kW aufwärts mit Statoranlasser oder einer selbsttätigen Anlaufkupplung versehen sein. Zweiphasenmotoren über 2·2 kW müssen dann ebenfalls mit Schleifringläufern ausgerüstet werden. Ebenso wie bei den Dreiphasenmotoren dürfen auch hier Anlaufkupplungen verwendet werden, sofern diese von den Städt. Elektrizitätswerken genehmigt werden. Während schließlich früher Einphasenmotoren über 1 PS nicht an Sekundäranschlüsse gelegt werden durften, welche gleichzeitig auch Lichtleitungen speisten, können nunmehr auch Motoren selbst über 1·1 kW an solche Niederspannungsanschlüsse geschaltet werden, soferne die Bewilligung der Städt. Elektrizitätswerke rechtzeitig eingeholt wird.

In den Vorschriften über den Anschluß von Spezialapparaten werden außer einigen unwesentlichen Änderungen in den Anschlußbestimmungen von Klingeltransformatoren, Starkstromglocken, Schwachstromklingeln und Hochspannungsanlagen für Vakuumleuchtröhren etc. vorzugsweise die neuen Vorschriften über den Anschluß von Elektro-Heißwasserspeichern, Durchlauferhitzern und Speicheröfen gebracht. Darnach sind nunmehr Elektro-Heißwasserspeicher und Speicheröfen bis zu einem Anschlußwert von 2·5 kW an Außen- und Nulleiter bzw. an eine Phase und bei mehr als 2·5 kW Energieaufnahme an beide Außenleiter bzw. an alle drei Phasen anzuschließen, während diese bisher nur bis 2 kW als Zweileiteranlagen ausgeführt werden durften. Es können schließlich auch Speicherapparate mit mehr als 10 kW in den Gleich- und Drehstromnetzen bzw. mehr als 5 kW in den Wechselstromnetzen angeschlossen werden, soferne sie mit Stufenschaltern ausgestattet sind. Mit diesen Bestimmungen wurde im Vergleich zu früher den derzeitigen Bestrebungen weitgehendst Rechnung getragen und es ist zu erwarten, daß sich besonders der Installierung von Elektro-Heißwasserspeichern keine größeren Schwierigkeiten mehr entgegenstellen werden.

Im letzten Kapitel beschäftigen sich die neuen Vorschriften mit der Ausführung von Installationen; es zerfällt in drei Teile: Allgemeine Bestimmungen, Hauptleitungen sowie Zuleitung, Sicherungen und Gangverteiler.

Einleitend wird betont, daß die Installationen außer den vorliegenden Bestimmungen naturgemäß den jeweiligen Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" sowie den einschlägigen Bestimmungen der „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien zu entsprechen haben. Wichtig ist ferner die Bestimmung, daß für Wohnungsinstallationen als Grundlage zur Festlegung des Verteilsystems und Leitungsquerschnittes 50 vH des tatsächlichen Installa-

Digitized by Google

tionsumfanges für Beleuchtung angenommen werden kann, während alle anderen Stromverbraucher voll einzusetzen sind. Mit Rücksicht auf die stets zunehmende Verwendung von elektrischen Haushaltapparaten ist aber im Interesse der Stromabnehmer dringend zu empfehlen, die Leitungen mit größeren Querschnitten zu verlegen, als sich rechnungsmäßig für die Lichtinstallation ergibt. Unbeschadet aller sonstigen Vorschriften muß der Leitungsquerschnitt jeweils so bemessen sein, daß der Spannungsabfall vom Hausanschluß bis zum entlegensten Zähler unter 2 vH bleibt.

Auch die Vorschriften über die Installation und Verlegung von Hauptleitungen haben einige wesentliche Abänderungen erfahren. Von nun an müssen diese mindestens 4 mm² Kupfer (statt 2·5) bei Netzen mit 220 V bezw. 6 mm² Kupfer (statt 4·0) bei Netzen unter 220 V stark sein. Zu betonen ist Punkt 41 b der Vorschriften, wonach vor Herstellung einer separaten Hauptleitung für Haushaltungszwecke unbedingt das Einvernehmen mit den städtischen Elektrizitätswerken zu pflegen ist. Wie schon des öfteren vorher ausgeführt, sind die städtischen Elektrizitätswerke wegen der eminenten Bedeutung der Elektrizität für Haushaltungszwecke an deren Verbreitung ganz außerordentlich interessiert, weshalb kein Mittel unversucht gelassen wird, überall, wo nur irgend möglich, Kraftstrom für diese Zwecke zur Verfügung zu stellen. Geerdete Mittelleiter, bezw. Nulleiter (Hauptleitungen) von Mehrleitersystemen dürfen nicht gesichert werden, müssen bezüglich der Isolation wie die Außen- bezw. Phasenleiter beschaffen sein und brauchen nur bis zu einem Querschnitt von 10 mm² Kupfer wie diese dimensioniert sein. Nicht geerdete Mittelleiter müssen gesichert werden und müssen in allen Fällen gleich stark wie die Außenleiter dimensioniert sein. Bezüglich Zweiphasenanlagen muß in jedem einzelnen Falle angefragt werden. Die weiteren Bestimmungen beziehen sich dann auf die Verlegung der Leitungen, was hier nicht weiter besprochen werden soll. Wichtig für Elektro-Haushaltgeräte ist noch, daß an Hauptleitungen,welche gleichzeitig auch zur Energieabgabe für Lichtzwecke bestimmt sind, Kraftstromverbraucher in Wohnungen als Zweileiter bis 2 kW pro Außenleiter bzw. Phase und bis 6 kW an die beiden Außenleiter bei Gleichstrom bezw. dreiphasig an Drehstrom angeschlossen werden können, gegenüber von 1 kW bei den außer Kraft gesetzten Bestimmungen. Der Anschluß von Kraftanlagen für gewerbliche Zwecke ist jedoch nur bis zu einem Anschlußwert von 1·2 kW an Hauptleitungen für Lichtzwecke zulässig.

Der Mindestquerschnitt der Zuleitungen ist von 1 mm² bzw. 1·5 mm² auf 2·5 mm² Kupfer erhöht worden, soferne nicht schon durch Verlegungsart, Belastung und Spannungsabfall ein größerer Querschnitt bedingt ist. Die vorhin genannten Bestimmungen betreffs Dimensionierung, Sicherung und Verlegung von Mittelleitern und Nulleitern finden auch hier sinngemäße Anwendung. Wenn der Gesamtanschlußwert der Licht- und Kraftanlage in Wohnungen 1·2 kW nicht übersteigt und der Querschnitt der vorhandenen Zuleitung ausreicht, kann die Zuleitung für den Kraftzähler in der Wohnung abgezweigt werden, was wieder der Anwendung der Elektrizität im Haushalt weitgehend entgegenkommt.

Die restlichen Punkte der besprochenen Bestimmungen behandeln schließlich noch die näheren Details der Leitungsverlegung, der Anordnug von Verteilern und Zählern.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, waren die städtischen Elektrizitätswerke bemüht, ihre Vorschriften im Interesse einer weitgehenden Popularisierung der Elektrizität in Haushalt, Gewerbe und Industrie im Einklang mit den technischen Erfordernissen eines geregelten, störungsfreien Betriebes umzuarbeiten und es kann angenommen werden, daß sie den heutigen Bedürfnissen vollauf Rechnung tragen.

Dr. techn. Adolf Velisek, Wien.

Die elektrische Zugförderung auf den italienischen Eisenbahnen.

Die Einführung des elektrischen Betriebes auf den italienischen Eisenbahnen, in ihren Anfängen auf das Jahr 1902 zurück gehend, schreitet dank dem auf die planmäßige Elektrisierung gerichteten Interesse der Staatsbahnverwaltung seit 1910, dem Eröffnungsjahr des elektrischen Betriebes der Giovi-Linie, in großzügiger Weise fort. Sie erreichte im abgelaufenen Jahre 1927 eine Ausdehnung von 1150 km in Betrieb, bzw. rund 1600 km einschließlich der in Bau stehenden Staatsbahnlinien mit einem Lokomotivbestand von 580 in Betrieb, bzw. rund 700 einschließlich der in Auftrag stehenden Lokomotiven. Wenn man weiters berücksichtigt, daß die elektrisierten Strecken hauptsächlich verkehrsreiche zweigeleisige Hauptlinien, darunter schwierige Gebirgsstrecken, sind, so zählt Italien, das außerdem über mehr als 1000 km elektrisch betriebener Nebenbahnen verfügt, nach wie vor zu den in der Einführung des elektrischen Betriebes der Eisenbahnen meist fortgeschrittenen Ländern. Es dürfte daher von Interesse sein, den gegenwärtigen Stand der Elektrisierung der italienischen Staatsbahnen an Hand des jüngsten Berichtes der Staatsbahnverwaltung und eines früheren Berichtes von Bianchi festzuhalten[1]).

Tabelle I.

Entwicklung des elektrischen Betriebes auf den italienischen Staatsbahnen.

	Im Betriebsjahre 1906–07	1916–17	1926–27
Streckenlänge, km	179	454	1150
Gleislänge, km	270	775	2400
Lokomotivbestand, Stück	8	163	580
Verkehrsleistung, angehängte tkm virtuell*) (Mill.)	243	2613	7300
Energieverbrauch ab Kraftwerk, kWh (Mill.)	8·4	83·6	243
Kohlenersparnis, t	16 000	170 000	475 000

*) Die bei den italienischen Eisenbahnen gebräuchliche Zählung der Verkehrsleistung in virtuellen tkm beruht auf der virtuellen Streckenlänge (L_{virt}), die sich aus der in km gezählten wirklichen Streckenlänge (L_{reell}) durch Zuzählung einer dem Steigungs- und Krümmungswiderstand äquivalenten Weglänge nach der Formel:

$$L_{virt} = L_{reell} + \frac{\Sigma h + k l}{5}$$

ergibt, wobei

h die überwundene Höhe in m

k den Krümmungswiderstand in kg/t, und zwar

für $R =$ 1000 500 400 300 250 180 m

$k =$ 0·5 1·5 2·0 2·8 3·4 4·5 kg/t

l die Länge der Krümmungen in km

bedeutet.

[1]) Siehe L'Energia Elettrica Bd. 4, H. 11, 1927 sowie El. Ry. Journal, Bd. 67, H. 24, 1926. Über die ältere Entwicklung der elektrischen Vollbahntraktion vgl. L. v. Verebely, E. u. M. 1919, H. 20, 21, 22, S. 209 ff; über die neuere Entwicklung vgl. a. E. u. M. 1923, S. 498; 1927, S. 557.

Digitized by Google

Der Hauptanteil der elektrisch betriebenen Linien, über deren Stand am 1. September 1927 die Tabelle II eine Übersicht gibt, entfällt auf das norditalienische Netz mit den Liniengruppen um Genua, um Florenz und nördlich von Mailand, die (bis auf die Gleichstromlinie Mailand-Varese) sämtlich mit Drehstrom niedriger Frequenz (3700 V, 16⅔ Per/s) betrieben werden, mit dem auch die im Bau stehende Südrampe der Brennerbahn betrieben werden wird. Die ausgedehnteste der angeführten Gruppen ist die erste, die, aus der Elektrisierung der Giovi-Linie hervorgegangen, die längste Durchgangslinie Modane-Livorno (457 km) in sich schließt und 788 km Streckenlänge umfaßt; die zweite ist die Apennin-Querlinie Bologna-Pistoja-Florenz (132 km) mit der gegenwärtig im Bau stehenden Parallellinie durch den neuen Apennintunnel. Die Energieversorgung der norditalienischen Linien erfolgt teils unmittelbar, teils mit Frequenzumformung aus mehreren bahneigenen und bahnfremden Kraftwerken, zu denen die Wasserkraftwerke Bardonecchia (Jahresleistung 50 Mill. kWh), Morbegno (35 Mill. kWh) und die im Ausbau stehende Kraftwerksgruppe Reno (135 Mill. kWh) sowie die Dampfkraftwerke Savona, Chiapella und Torre del Lago[2]) gehören.

Tabelle II.

Übersicht der elektrisch betriebenen und der in Elektrisierung begriffenen Linien der italienischen Staatsbahnen nach dem Stande vom 1. September 1927.

	Im Betrieb		Im Bau	
	Streckenlänge in km	Gleislänge in km	Streckenlänge in km	Gleislänge in km
a) Norditalienisches Netz mit Drehstrom 3700 V, 16⅔ Per/s:				
Monza—Lecco—Sondrio—Chiavenna	142·9	188·2	—	—
Modane—Turin—Genua—Livorno samt den Linien Turin—Torre Pellice, Alessandria—Tortona—Voghera, Novi—Tortona, Arquata—Tortona, Genua—Ronco (Parallellinie), Genua—Savona—Ceva, Sempierdarena—Ovada—Alessandria	788·0	1775·1	73·7	95·0
Bologna—Pistoja—Florenz	131·8	250·0	—	—
Bozen—Brenner	—	—	89·3	224·0
	1062·7	2213·3	163·0	319·0
b) Sonstige Linien:				
Mailand—Varese—Ponte Ceresio (Gleichstrom 650 V)	72·6	146·0	—	—
Rom—Sulmona (Drehstrom 10 000 V, 45 Per/s)	—	—	171·8	235·0
Foggia—Benevento (Gleichstrom 3000 V)	—	—	101·4	140·0
Neapel—Pozzuoli—Villa Literno (Gleichstrom 650 V)	14·5	40·0	21·0	50·0
	87·1	186·0	294·2	425·0
Summe *a)* und *b)*	1149·8	2399·3	457·2	744·0

zusammen im Betrieb und Bau:
1607·0 km Streckenlänge
3143·3 „ Gleislänge

Nebst dem angeführten oberitalienischen Netz, dessen von der bekannten Elektrisierung der Valtellinabahn (1902) übernommenes Stromsystem bisher auf mehr als 1000 km Streckenlänge Anwendung gefunden hat, führen bekanntlich die italienischen Staatsbahnen zwei groß angelegte Versuchsbetriebe durch[3]): die mit hochgespanntem Drehstrom industrieller Frequenz (10 000 V, 45 Per/s) betriebene Strecke Rom-Sulmona und die für hochgespannten Gleichstrom (3000 V) ausgerüstete süditalienische Linie Foggia-Benevento. Hiezu kommt die als Anfangsstrecke einer elektrischen Schnellverbindung Rom-Neapel gedachte, mit Gleichstrom (650 V) und dritter Schiene betriebene Strecke Neapel—Pozzuoli—Villa Literno.

An Lokomotiven[4]) besaßen die italienischen Staatsbahnen am 30. Juni 1927 511 Drehstromlokomotiven niedriger Frequenz (16⅔ Per/s), 18 Drehstromlokomotiven von industrieller Frequenz (45 Per/s) sowie 18 Lokomotiven und 33 Triebwagen für die beiden mit Gleichstrom (650 V) und dritter Schiene betriebenen Strecken (Mailand-P. Ceresio und Neapel-Pozzuoli), das sind zusammen 580 Triebfahrzeuge. Weitere 129 Lokomotiven für Drehstrom und für Gleichstrom, darunter 14 Lokomotiven für hochgespannten Gleichstrom (3000 V), standen im Bau und in Vorbereitung. Eine Übersicht über die Typen und deren Hauptangaben gibt die Tabelle III.

Tabelle III.

Lokomotivbestand der italienischen Staatsbahnen nach dem Stande vom 30. Juni 1927.

Reihe	Anzahl		Achsfolge	Reibungs-Gewicht t	Gesamt-Gewicht t	Einstund.-leistung PS	Fahrgeschwindigkeit km/h
a) Lokomotiven für Drehstrom niedriger Frequenz (3700 V, 16⅔ Per/s)							
E-330	16	56	1 C 1	45	73	2720	37—50—75—100
—333	40					2170	25—37—50—75
E-331	18	34	2 C 2	48	92	2720	37—50—75—100
—332	16						
E—431	37		1 D 1	65	91	2720	37—50—75—100
E—550	186	384	E	63	63	2040	25—50
—551	183			75	75	2720	25—50
—552	15			75	75	2720	16—25—33—50
	511						
b) Lokomotiven für Drehstrom industrieller Frequenz (10 000 V, 45 Per/s)							
E—470	4	14	1 D 1	65	91	2720	37—50—75—100
—472	10			66	94	2720	37—50—75
E—570	4		E	76	76	2720	25—50
	18						
c) Lokomotiven und Triebwagen für Gleichstrom (650 V) mit dritter Schiene (18 Lok. und 33 Triebwagen im Betrieb, Rest im Bau)							
E—320	5	22	1 C 1	47	72	1630	max. 95
—321	17			45	67		
E-620	5		C_0-C_0	52	52	1350	„ 80
E— 10	12	33	4 achs. Triebwagen	41	41	600	„ 95
— 15	5			52	52	600	„ 60
— 20	16			24	45	300	„ 95
	60						
d) Lokomotiven für hochgespannten Gleichstrom (3000 V), (im Bau)							
E—625	8		C_0 C_0	86	86	2440	norm. 45
—626	6		C_0-C_0	93	93	2440	„ 75
	14						

Von den 529 Drehstromlokomotiven niedriger und industrieller Frequenz[5]) entfallen 388 Stück auf die Achsfolge E für den Güterzug- und Bergdienst[6]) während sich der Rest von 141 Stück auf die Personenzugtypen 1 C 1, 2 C 2 und 1 D 1 verteilt. Von diesen ist die Type E-431 (1 D 1) aus der Type E-330 (1 C 1) und mit deren elektrischer Ausrüstung entstanden, während andererseits mit derselben Leistung und Geschwindigkeit (2720 PS, 37—100 km/h) auch die 2 C 2-Typen E-331 und 332 nachgebaut wurden. Die neue 1 C 1-Type (E-333) hingegen wurde nur mehr für 2170 PS und 25—75 km/h gebaut. Alle 529 Drehstromlokomotiven sind zweimotorig und besitzen, ausgenommen die 34 Maschinen der Type 2 C 2, Dreieckantrieb, der bei den neueren Ausführungen in Verbindung mit Gelenkgeradführungen nach Kando und Bianchi (an Stelle der früher ausgeführten Kulissen-

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 160.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 557.
[4]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 499.
[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 145, 679.
[6]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 264.

Digitized by Google

geradführung) verwendet wird. Einzelachsantriebe fehlen vollständig, auch bei den über Zahnradvorgelege angetriebenen Lokomotiven für industrielle Frequenz, was um so mehr auffällt, als gerade bei Drehstrom die Kupplung der Achsen durch die starre Charakteristik parallel arbeitender Induktionsmotoren vollkommen ersetzt werden könnte.

Von den Gleichstromlokomotiven für 650 V besitzen die beiden 1 C 1-Typen E-320 und 321 Stangen- bzw. Dreieckantrieb, während die Güterzugtype E-620 in der Achsanordnung $C_0 - C_0$ von sechs Tatzenlagermotoren angetrieben wird. Dieselbe Achsanordnung und denselben Antrieb erhalten die beiden mit verschiedener Vorgelegeübersetzung ausgerüsteten Typen E-625 und 626 für hochgespannten Gleichstrom.

Die Lokomotivausbesserungen erfolgen nach mindestens 12 und höchstens 24 Monaten, die mittlere Laufstrecke von einer Ausbesserung zur nächsten beträgt etwa 60 000 km für Güterzug- und 100 000 km für Personenzuglokomotiven, die Dauer einer solchen Ausbesserung 40 bis 80 Tage. Im Betriebsjahre 1926—27 wurden 258 Lokomotiven in bahneigenen und 18 in bahnfremden Werkstätten ausgebessert.

Aus der Statistik für das Betriebsjahr 1925—26 ergeben sich für den Verkehr und die Betriebskosten der elektrisch betriebenen Linien die folgenden Werte (100 Lire = 27·58 öst. Schillinge zum Durchschnittskurse des Berichtsjahres):

Tabelle IV.

Elektrisch betriebene Streckenlänge	
am 30. Juni 1925	855 km
„ 30. „ 1926	914 „
Elektrisch beförderter Verkehr im Betriebsjahre 1925—26:	
Zugskilometer	13 044 857 km
Lokomotivkilometer	16 684 899 „
angehängte Tonnenkilometer, reell	4 609 Mill. tkm
„ „ virtuell	6 604 „ „
Energieverbrauch ab Kraftwerk	223·6 „ kWh
durchschnittlich pro tkm, reell	48·5 Wh/tkm
„ „ „ virtuell	3·38 „
Energiekosten der fremdbezogenen und eigenerzeugten Energie ab Kraftwerk bezw. Strombezugspunkt	Lire 33 400 000
durchschnittlich pro kWh	„ 0·15 (S 0·04)
Betriebs- und Unterhaltkosten der festen Anlagen (Übertragungsleitungen, Unterwerke, Speisepunkte, Fahrleitungen, Fernsprechanlagen):	
Personalkosten	„ 18 007 212
Materialkosten	„ 7 133 342
Betriebs- und Unterhaltkosten der elektrischen Lokomotiven:	
Personalkosten (Führung u. Depotdienst)	„ 26 662 216
durchschnittlich pro Lokomotiv-km	„ 1·60 (S 0·44)
Unterhaltkosten einschl. Matertal und Geräten	„ 23 983 922
durchschnittlich pro Lokomotiv-km	„ 1·44 (S 0·40)

Im gleichen Jahre 1925—26 betrugen die durch elektrische Ursachen hervorgerufenen Zugsverspätungen, für 1 Mill. reeller tkm berechnet; 7 min 43 sec infolge Ausbleibens des Stromes, 5 min infolge Schäden an der Fahrleitung, 13 min 43 sec infolge Schäden an Lokomotive und Stromabnehmer, 3 min aus verschiedenen Ursachen, zusammen rd. 30 min für 1 Mill. tkm, d. i. rd. 1 min für 100 Zugs-km.

Dr. Winkler.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Wahl der Maschinengröße in Kraftwerken[1]). Von H. Schlicke. Die bis vor kurzem allgemein übliche Bestimmung der Maschinengröße für Kraftwerke gewährleistete trotz großer und teuerer Reserve nicht ausreichende Betriebssicherheit. Man wählte zum Beispiel bei 15 000 kW Höchstbelastung des Werkes drei Sätze zu 7500 kW oder vier Sätze zu 5000 kW, wobei also ein Reservesatz vorgesehen ist. Ein Ausfall einer der im Betrieb stehenden Maschinen bei Vollast ist dann immer mit einer Störung im Netze verbunden, bis der Reservesatz in Betrieb genommen ist. Besteht ein solches Kraftwerk aus einer größeren Zahl von Maschinensätzen verschiedener Größe, die nach und nach entsprechend der Entwicklung des Stromverbrauches aufgestellt wurden, so sind zwar große Reserven vorhanden (oft bis zur vollen Belastung des Werkes), aber der Ausfall einer Maschine macht sich hier noch ungünstiger bemerkbar, weil die Reserve dann aus mehreren kleineren älteren Sätzen besteht, die meist nur langsam in Betrieb gesetzt werden können, mehr Betriebspersonal erfordern und häufig auch einen viel höheren Dampfverbrauch aufweisen als die neueren, gewöhnlich im Betriebe stehenden Stäze. Faßt man alle aufzustellenden Sätze in Gruppen gleicher Leistung (N') zusammen, so kann bei der verlangten Kraftwerksleistung L und einer Reservegruppe die Gruppenzahl n' nach der Formel $n' - 1 = \frac{L}{N'}$ bestimmt werden.

Stellt man nicht die Wirtschaftlichkeit an die erste Stelle, sondern die Betriebssicherheit (der amerikanische Grundsatz beim Bau von Kraftwerken und deren Maschinenanlagen), so muß man bei dem ersterwähnten Beispiele für 15 000 kW Höchstbelastung vier Maschinensätze von je 5000 kW ständig in Betrieb halten, damit der Ausfall einer Maschine sich im Netz nicht bemerkbar macht. (Ob man dabei alle im Betrieb stehenden Sätze gleich belastet oder einen bei stärkerer Belastung der anderen leer mitlaufen läßt, ist praktisch ziemlich gleichwertig). Der vierte Satz wird erst dann abgeschaltet, wenn die Belastung auf 10 000 kW gesunken ist. Die Gruppenzahl n ist dann nach der Formel $n - 2 = \frac{L}{N}$ zu bestimmen, welche sowohl für Mittel- als auch für Großkraftwerke zu verwenden ist. Die Wahl der Maschinengröße (bei Mittel- und Großkraftwerken ist in der Regel jeder Satz für sich eine Gruppe) läßt sich bei gegebener Höchstleistung aus wirtschaftlichen Erwägungen bestimmen. Besonders bei Großkraftwerken, die erst im Kriege entstanden, kommen vorhandene veraltete Maschinen und Kesselanlagen nicht in Betracht, sondern es ist im Vorhinein eine bestimmte Höchstleistung des Werkes gegebenenfalls in Teilausbauten festgelegt. Die Zunahme des Kraftbedarfes ist dann nicht auf den Bauplan selbst, sondern nur auf den Zeitpunkt der einzelnen Ausbauten von Einfluß. Daß nun nicht gerade die größten Maschineneinheiten die wirtschaftlichsten sind (ein Satz, der in Europa in letzter Zeit vielfach vertreten wurde) zeigt Schlicke an zwei Beispielen. Für ein Großkraftwerk mit 150 000 kW Höchstleistung werden Betriebskosten je kWh (unter Berücksichtigung der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals und für verschiedene Dampfpreise) unter Zugrundelegung von Maschineneinheiten von 15 000 kW (12 Sätze) bis 75 000 kW (4 Sätze) berechnet. Für diese Maschinengrößen ist praktisch der Dampfverbrauch je kWh derselbe, so daß wärmetechnische Vorteile mit einer bestimmten Maschinengröße nicht verbunden sind. Es ergibt sich dabei die Aufstellung von acht 25 000 kW Sätzen als die beste Lösung. In ähnlicher Weise wird für ein Werk von 30 000 kW Höchstleistung bei Annahme von Maschinensätzen von 5000 kW (acht) bis 15 000 kW (vier) die Verwendung von sechs 7500 kW-Sätzen oder fünf 10 000 kW-Sätzen als am wirtschaftlichsten festgestellt. Mit Rücksicht auf die bei Werken dieser Größe wohl immer gegebenen Erweiterungsmöglichkeiten werden die 10 000 kW-Sätze vorzuziehen sein. Beim Ausbau von Werken in mehreren Bau-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 15, S. 342.

Digitized by Google

abschnitten wird man zweckmäßig auf die beim ersten Ausbau meist noch vorhandenen älteren Werke keine Rücksicht nehmen, sondern sofort damit rechnen, daß das Werk allein volle Betriebssicherheit gewähren muß. Beim zweiten Ausbau kann selbstverständlich der erste Ausbau des Werkes berücksichtigt werden und man kann dann gegebenenfalls für diesen Ausbau größere Maschineneinheiten wählen. J.

(ETZ, Jg. 49, Heft 14, 1928).

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Die Electromersible-Pumpe von T. L. Cooper, konstruiert von I. S. White & Co., London, stellt eine Vereinigung von Elektromotor und Kreiselpumpe dar. Sie ist in Abb. 1 dargestellt. Durch das Saugrohr (Suction), das mit einer Füllschraube (Priming Plug) versehen ist, fließt das Wasser durch ein umlaufendes Rohr (Water Passage) zum Laufrade, von welchem es über das Spiralgehäuse zur Druckleitung (Discharge) gedrückt wird. Die mit den umlaufenden Teilen leicht demontierbare Welle ist in leicht zugänglichen Rollenlagern (Hoffman Roller bearings) gelagert, der Achsschub wird durch ein zweiseitig wirkendes Kugelspurlager (Hoffman Double Thrust Washer) aufgenommen. Die Lagerstellen sind je durch einen Lubricator geschmiert. Die Rotorwicklung (Rotor Lamination) ist eine Kurzschlußwicklung, die im Leckwasser der Pumpe

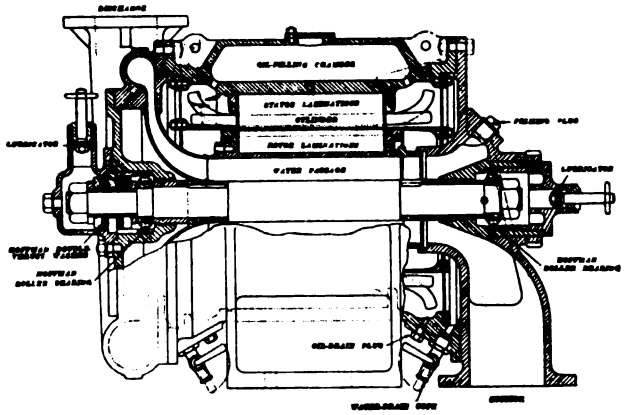


Abb. 1. Schnitt durch eine Electromersible-Pumpe.

läuft. Die Statorwicklung (Stator Lamination), eine Dreiphasenwicklung, wird durch ein wasserdichtes, zylindrisches Gehäuse (Cylinder) vor dem Wasserzutritt gesichert. Dieses Gehäuse wird von einem Ölbehälter (Oil-filling Chamber) aus mit Transformatorenöl gekühlt. An den tiefsten Stellen wird durch Ölablaßschrauben (Oil-Drain plugs) und durch Entwässerungshähne (Water-Drain cocks) für die Entleerungsmöglichkeit des Öl- und Leckwasserraumes gesorgt. Für die britischen Schlachtschiffe „Nelson" und „Rodney" wurden derartige Pumpmotoren für eine Stundenleistung von 100 m³ bei 22·5 m Förderhöhe geliefert. Sie sind befähigt, auch unter Wasser unter einem Außendruck von 12 m Wassersäule zu arbeiten. Die Pumpmotoren werden auch fahrbar ausgeführt. *β.*

(The Electrical Review, Bd. 102, Nr. 2627, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Der SBIK-RWE Stationsschalter (Konstruktion Besag) hat den Zweck, die von Transformatorenstationen abgehenden Leitungen gegen Überstrom der Phasenleiter und gegen unzulässige Spannungserhöhungen des Nulleiters zu schützen, wie sie durch Erdschlüsse im Netz und in den Anschlußanlagen, durch Kurzschlüsse zwischen Phasenleiter und Nulleiter, insbesondere am Ende einer langen Stichleitung, usw. entstehen. Gegen die Spannungserhöhungen im Nullpunkt des Transformators schützt eine im Stationsschalter eingebaute RWE-Fehlerstromspule, gegen die Spannungserhöhungen, die durch Kurzschlüsse zwischen Phasen- und Nulleiter entstehen, ein im Nulleiterpol des Schalters eingebauter Wärmeauslöser.

Die Antriebsachse des Schalters ist durch einen Gußrahmen seitlich herausgeführt und ein langer Antriebshebel mit isoliertem Griff ermöglicht ein leichtes Betätigen des Schalters. Statt des Handhebels kann auch ein Hebel für Stangenantrieb angeordnet werden. Die Freiauslösung besteht aus einem kräftigen Dreifach-Kniehebelschloß, dessen letztes Sperrknie an der Ein- und Ausschaltbewegung nicht teilnimmt und im Notfall von der Auslösewelle gelüftet wird. Nach vollzogenem Abschalten fällt der Kniehebel herab, wodurch die innere Schalterstellung kenntlich wird. Mit dem Herabfallen des Griffs kommen die Kniehebel wieder in ihre Sperrlage. Das Schloß nimmt bei seiner Bewegung die starke Isolierwelle mit, auf der die Kniehebel für die Hauptkontakte aufgeschellt sind.

Die drei Phasen werden in der Einschaltstellung durch schwere Kupferklotzkontakte eingeschaltet. Diese sind durch Vermittlung starker Stahlfederpakete mit den Kniehebeln der Antriebswelle unter höchsten Kontraktdruck gesetzt. Zum Schutze der Kontakte, die für Dauerstrom von 200 A bemessen sind, dient eine stufenweis wirkende Zwischen- und Hauptabreißung. Der entstehende Flammbogen wird durch kräftige magnetische Blasfelder abgeblasen. Die Blaskästen sind nach oben ausschwenkbar, so daß sämtliche Kontakte bequem zugänglich sind.

Jede Phase und auch der Nulleiter sind mit thermischen Zeitauslösern nach dem Bimetallprinzip versehen. Diese Auslöser werden in vier Abstufungen für verschiedene Auslösebereiche hergestellt. Eine Kompensationseinrichtung ermöglicht das Auswechseln der verschiedenen Wärmeauslöser am Ort der Verwendung ohne besondere Nacheichung.

Der Stationsschalter besitzt eine elektrodynamische Schnellauslösung. Parallel zu den Bimetallauslösern sind zu diesem Zwecke Nebenschlüsse mit den Bimetallstreifen selbst zusammen gebaut. Bei schweren Kurzschlüssen findet eine elektrodynamische Anziehung oder Abstoßung zwischen dem im Bimetallstreifen und dem im Nebenschluß fließenden Strom statt, wodurch der Bimetallstreifen gegen den darüber und darunter befindlichen Nebenschlußstreifen durchfedert und eine Schnellauslösung herbeiführt. Da jedoch die thermische Charakteristik der Bimetallauslöser an sich schon sehr kurze Auslösezeiten bei schweren Kurzschlüssen ermöglicht, wird die Schnellauslösung derart gewählt, daß nur bei allerschwersten Kurzschlüssen die elektrodynamische Wirkung eintritt (bei etwa 1500 bis 3000 A). Eine Einstellbarkeit dieser elektrodynamischen Schnellauslösung hat sich nicht als notwendig erwiesen. Die Ausschaltdauer bei schweren Kurzschlüssen beträgt etwa 1½ bis 2 Perioden.

Die eingebaute RWE-Fehlerstromspule, welche nach dem Heinisch-Riedl-Prinzip arbeitet[1]), besteht aus einem Elektromagneten, der beim Überschreiten von 40 V einen auf Stahlschneiden gelagerten, sehr trägen Masseanker bewegt. Die entstehende Verzögerung verhindert eine Auslösung, wenn der im Netz vorhandene Fehler nur ganz kurzfristig ist. Auch die Fehlerstromspule wirkt, wie die anderen Auslöseorgane, ohne Hilfskontakte unmittelbar auf das Auslöseschloß. Die geringe Stromstärke (15 mA bei 40 V) muß sowohl für den Antrieb des Fehlerstrom-Zeitrelais wie auch für die direkte hilfskontaktfreie Auslösung des Kniehebelschlosses ausreichen. Da die Fehlerstromspule einerseits am Nulleiter, andererseits an einen Hilfserder angeschlossen wird, so ist die Auslösegrenzspannung von der Größe des Erdübergangswiderstandes des Hilfserders abhängig. Da indessen der Hilfserder nur mit 15 mA belastet wird, so verändert sich die Auslösegrenzspannung für je 100 Ohm des Übergangswiderstandes nur um 1·5 V. Die Güte des Hilfserders spielt infolgedessen nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Der SBIK-RWE-(Heinisch-Riedl)-Stationsschalter, Konstruktion Besag, ist für die drei Phasenauslöser, den Nulleiterauslöser und den Fehlerstromauslöser mit je einem, also insgesamt mit fünf kleinen Zählwerken ausgestattet. Diese Zählwerke ermöglichen, bei jedem selbst-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 892.

Digitized by Google

tätigen Abschalten des Stationsschalter festzustellen, in welcher Phase der Fehler liegt, was zur raschen Beseitigung von Störungen wesentlich beiträgt.

Elektrische Meßkunde.

Über die Fernmessung elektrischer Einzel- und Summenwerte berichtet W. Stern, Berlin. Bei vermaschten Kraftversorgungsnetzen ist eine Fernmessung von Strom, Spannung und Leistung nach einer zentralen Stelle erwünscht. Das von den Aronwerken ausgebildete Verfahren, System Telewatt, benützt folgende Anordnung. Es soll zum Beispiel die von einem Werke an das Netz abgegebene Drehstromleistung an einer weit entfernten Zentralstelle fortlaufend gemessen werden. Hiezu wird in dem Werke an die Strom- und Spannungswandler ein als Telewattsender bezeichneter Apparat angeschaltet, der im Wesen ein Drehstromzähler ist, dessen Triebwerk einen kleinen eingebauten Gleichstromgenerator antreibt. Der Strom dieses Generators in der Größe von wenigen mA wird durch eine Schwachstromleitung, etwa eine vorhandene Telephonleitung, zu der Zentralstelle geleitet und bringt dort ein Drehspulinstrument zum Ausschlag. Ist dieses Drehspulamperemeter mit Registrierung versehen, so kann fortlaufend die Energieabgabe aufgezeichnet werden. In der Empfangsstelle können auch mehrere Instrumente in Reihe geschaltet werden. Handelt es sich um Fernmeldung von Strom oder Spannung allein, so wird der Sender entsprechend nur mit Strom oder Spannungsspulen gebaut. Es lassen sich nach diesem System auch Summationen von Meßgrößen vornehmen, wobei mehrere Sender in Reihe geschaltet sind, deren Spannungen sich addieren. Es kann so die Summe der Einzelleistungen der Generatoren und Umformer eines Werkes mit einem Instrument an einer beliebigen Stelle abgelesen werden. Derartige Einrichtungen wurden bereits mit Erfolg in der Zentralkommandostelle Friedrichsfelde-Ost der Elektrowerke A.-G. (Kraftwerk Rummelsburg) und im Kraftwerk der Bewag (Kraftwerk Moabit) installiert. Co.

(ETZ, Bd. 49, Heft 8, 1928.)

Röntgentechnik.

Das „Radiophot", ein Apparat zur Beseitigung der Verschleierung von Röntgenbildern durch sekundäre Röntgenstrahlen und zur Erhöhung ihrer Lichtstärke wird von A. Dauvillier beschrieben. Die deutliche Wahrnehmung der Röntgenbilder auf dem Fluoreszenzschirm wird durch ihre geringe Lichtstärke arg beeinträchtigt. Während das Auge seine volle Sehschärfe erst bei einer Helligkeit von 1 Millilumen/cm² erreicht, ist die Helligkeit der Röntgenbilder auf dem Fluoreszenzschirm kaum höher als 3 Mikrolumen/cm². Da ferner die fluoreszierenden Stoffe wie Baryumplatinzyanür, Kadmium- oder Kalziumwolframat für Röntgenstrahlen durchlässiger sind als für Licht, könnte selbst durch Schichten dieser Stoffe bis zu 1 cm Dicke nur eine Leuchtdichte von höchstens 10^{-4} Lumen/cm² erreicht werden. Eine weitere Bildbeeinträchtigung entsteht durch das Auftreten sekundärer Röntgenstrahlung. Jeder von direkten Röntgenstrahlen getroffene Punkt des durchleuchteten Körpers wird zum Ausgangspunkt einer diffusen Sekundärstrahlung und die Gesamtheit dieser durch einen breiten direkten Strahlungskegel erzeugten Sekundärstrahlungen wirkt derart bildverschleiernd, daß Röntgenaufnahmen zum Beispiel von dickeren Tierkörpern zur Unmöglichkeit werden. Man hat sich bisher einigermaßen durch die Blende von Bucky geholfen, das heißt man hat den Fluoreszenzschirm in einiger Entfernung vom durchleuchteten Körper am Grunde eines Bleirohres angebracht, das wenigstens die Sekundärstrahlung seitlich gelegener Punkte abhielt, oder man hat vor dem Fluoreszenzschirm ein wabenförmiges Gitter aus solchen passend orientierten Röhren angebracht. Ein solches Gitter verlangt aber sorgfältige Herstellung und ist daher, obwohl es seinen Zweck nur unvollkommen erfüllt, ziemlich teuer. Der Verfasser versuchte daher, dem Problem mittels der für das Fernsehen entwickelten Apparate beizukommen und dabei auch die Lichtstärke entsprechend zu erhöhen.

Abb. 1 stellt die gewählte, „Radiophot" benannte Einrichtung dar: *N* ist eine mit zwei Lochspiralen versehene, durch den Motor *M* angetriebene Nipkowscheibe. (Von Nipkow zur Bildzerlegung beim Fernsehen vorgeschlagene, rasch umlaufende Metallscheibe, die nahe am Rande spiralig in gleichen Abständen Löcher trägt.) Die beiden Lochspiralen sind in einem Bleikranze angebracht, und zwar jene für die Analyse des Bildes mit Papier verdeckt und jene für die Synthese durch Bleiglasscheibchen verschlossen, die zur Erhöhung der Lichtstärke zweckmäßig als Linsen ausgebildet werden. *T* ist die Röntgenröhre mit ihrer Bleihülle, *O* der zu durchleuchtende Körper und *C* ein Detektor von großer Flächenausdehnung, also eine Selenzelle oder besser eine Ionisationskammer. Der im Detektor entstehende Strom wird im Verstärker *A* passend verstärkt und steuert eine trägheitslose Lichtquelle, zum Beispiel eine Neonlampe, deren Licht mit dem Kondensator *O* auf die mit Bleiglas verschlossene Lochspirale der Nipkowscheibe geworfen wird. Zur Projektion wird eine konstante starke Lichtquelle in *L* verwendet, deren Lichtstrom durch die Kerrzelle *K* und die zugehörigen Nikolprismen *P* und *A* gesteuert wird. Das Projektionsobjektiv *S* wirft dann ein scharfes Bild der Lochspirale auf den Schirm *E*. Die Sekundärstrahlung erscheint dadurch, daß das Objekt in jedem Augenblicke nur von einem schmalen Röntgenstrahle und nicht vom vollen, der Bildgröße entsprechenden

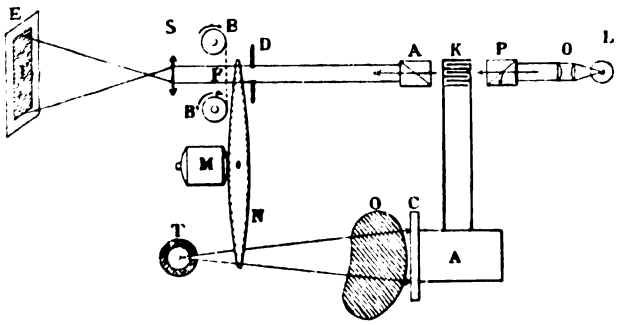


Abb. 2

Strahlungskegel erleuchtet wird, auf ein Mindestmaß herabgesetzt.

Die Ionisationszelle besteht aus einem flachen Gehäuse aus Aluminiumguß, das mit einer 1 mm starken Aluminiumplatte verschlossen ist. In der Mitte des Gefäßes ist eine plattenförmige Elektrode aus 0·2 mm starkem Aluminium angebracht, die von einem mit einer nach außen führenden Zuleitung versehenen Metallstabe gehalten wird. Um den unmittelbaren Stromübergang von der Zuleitung zum Gehäuse zu verhindern, ist zwischen beide ein von ihnen isolierter, geerdeter Schutzring eingeschaltet. Die Innenwände der Ionisationskammer sind mit Ausnahme der Deckplatte nach dem Schoopverfahren verbleit, wodurch der Ionisationsstrom von $12 . 10^{-9}$ A auf $120 . 10^{-9}$ A gesteigert wurde. Die Kammer wurde mit dem gesättigten Dampf von Brommethyl (CH_3Br) gefüllt, das die Röntgenstrahlen möglichst absorbiert. Bei gewöhnlicher Temperatur beträgt der Druck etwa 1 at. Die Wirkung ist $11^1/_2$ mal stärker als in Luft. Ebensogute Ergebnisse lieferten die Edelgase, von denen Argon bei Atmosphärendruck entsprechend dem Atomgewicht schwächer, Krypton ebenso stark und Xenon stärker als Brommethyl wirkten. Als Entladungswiderstand der Ionisationskammer diente eine Gleichrichterröhre; an den beiden Elektroden der Kammer lag eine Spannung von 2 kV, die Trägheit war geringer als 10^{-5} sec bei den Edelgasen und $7 . 10^{-4}$ sec bei Brommethyl. Die Innenelektrode der Kammer war mit dem Gitter einer Elektronenröhre verbunden, die zur Aufhebung der Gitter-Anodenkapazität mit einem Schutzgitter zwischen Steuergitter und Anode versehen war. Auf diese Röhre folgte in Widerstandsverstärkerschaltung eine zweite von geringem inneren Widerstande (R 125), deren Anodenstrom der Neonlampe oder der Kerrzelle zugeführt wurde. Die Neonlampe ist eine käufliche

Digitized by Google

Signaltype von Philips, die bei 75 V anspricht und 80 mm² Glimmfläche besitzt. Das von ihr mit Hilfe des Kondensators auf die Nipkowscheibe geworfene Licht besitzt eine Helligkeit von 1 Phot, womit das aus 30 Streifen zusammengesetze Bild eine Helligkeit von 1 Milliphot erlangt. Wenn dagegen die Nipkowscheibe mit kleinen Linsen von zehnfachem Lochdurchmesser ausgerüstet wird, steigt die Bildhelligkeit auf das Hundertfache, das ist auf 0·1 Phot und wirkt blendend. Zu Projektionszwecken wurde eine Kinolampe von Philips von 7000 Kerzen (30 A, 30 V) verwendet, deren Faden eine gleichmäßige Leuchtdichte von 3600 Kerzen/cm² besaß. Die scheinbare Oberfläche betrug 75 mm². Die Kerrzelle[1]) bestand aus einem Kondensator mit etwa 30 Stahlblechen von je 0·04 mm Dicke, die durch Glimmerscheibchen von 0·2 mm Dicke voneinander isoliert waren und in ein Glasgefäß mit Nitrobenzol eingetaucht wurden. Dieser Stoff besitzt die größte Kerrkonstante $K = 3 . 10^{-5}$ für die *D*-Linie. Das käufliche Nitrobenzol wurde hiezu durch Destillation über Baryumoxyd entfärbt und gereinigt. Die von der Kerrzelle mit den beiden Nicols durchgelassene Lichtintensität ist

$$I = A . \sin^2(a V^2),$$

worin A und a Konstante und V die an die Zelle angelegte Spannung bezeichnet. Die Kurve, welche die Beziehung zwischen I und V ausgedrückt, ähnelt einer $\sin^2$-Kurve und hat vor dem 1. Maximum einen Wendepunkt, in welchem die Änderungen von I und V einander ziemlich proportional sind. Dieser wird als Arbeitspunkt gewählt, er entspricht einer Potentialdifferenz von etwa 200 V.

Die beschriebene Methode besitzt viele Vorteile. Da das Objekt nach dem punktförmigen Verfahren von Ekström beleuchtet wird, ist die gesamte Röntgendosis, die ihm appliziert wird, 1000 mal geringer als die bei solchen Aufnahmen bisher übliche. Die Stärke der Röntgenröhren und damit die Kosten der Betriebsinstallation können durch einen empfindlichen Verstärker sehr herabgesetzt werden. Die im Betrahlungsfelde hantierenden Personen sind viel geringeren Schädigungen ausgesetzt. Die Bilder erscheinen heller und ohne Schleier; sie können nicht nur in der wahren Größe beobachtet, sondern auch projiziert und sogar auf einem Filmband *F* (Abb. 1), dessen absatzweise Verschiebung durch *B*, *B* mit dem Antriebe der Nipkowscheibe gekuppelt ist, photographisch aufgenommen werden. Die Metallographie erfordert Röntgenstrahlen von hohem Durchdringungsvermögen, die aber zugleich stärkere Sekundärstrahlung liefern; auch hier wird also die Methode des Verfassers Vorteile bieten; vielleicht wird sie es auch einmal möglich machen, die Röntgenröhre durch ein γ-Strahlen lieferndes kleines Radiumpräparat zu ersetzen. Die vorläufigen Erfolge des Radiophots sind ermutigend. Mit einer Ionisationskammer von 1 dm² und Nipkowscheiben von zehn Löchern in jeder Spirale und 600 U/min erschien das Bild sehr hell, die Schatten metallischer Gegenstände zeigten sich kräftig, jedoch wegen der zu groben Bildzerlegung mit gezähnten Rändern. Die Abstufung in den Halbtönen bei der Durchleuchtung von Holz oder Aluminium war sichtbar, die Trägheit unmerklich. Apparate mit feinerer Bildzerlegung in 3600 Elemente und mit einer Ionisationskammer von 4 dm² sind im Bau.

R. H.

(Revue générale de l'Electricité, Bd. 23, N. 3, 1928.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 63.

Patentbericht.

Elektrisches Schweißen und Schneiden.

Lichtbogenschweißung.

Nach einer Erfindung von P. P. Alexander (Marblehead, Staat Massachusetts) soll die Lichtbogenschweißung in einer Wasserstoffatmosphäre durchgeführt werden, um geschmeidige Schweißstellen zu erhalten. Die Kosten des Wasserstoffes werden durch die Ersparnisse beim Vorbereiten der Schweißung und die viel größere Schweißgeschwindigkeit reichlich aufgehoben. Allerdings ist dabei für Gleichstrom eine Zündspannung von mindestens 120 V und eine Schweißspannung von mindestens 38 V erforderlich, für Wechselstrom noch höhere Spannungen. Das Verfahren ist besonders zweckmäßig bei Verwendung von Metallelektroden[1]). (Brit. P. Nr. 245090.)

Die beim Schweißen in einer Wasserstoffatmosphäre erforderliche hohe Zünd- und Schweißspannung kann nach einer Erfindung der General Electric Co. beträchtlich herabgesetzt werden, wenn man in einer Atmosphäre schweißt, die aus einem Gemisch von Kohlenmonoxyd und Wasserstoff besteht. Hiezu können die beiden Gase entweder unmittelbar der Schweißstelle zugeführt werden, oder statt dessen ein Gas, insbesondere ein Kohlenwasserstoff, zum Beispiel Propan, oder eine Flüssigkeit zum Beispiel Methylalkohol, welche sich unter der Einwirkung der Hitze des Lichtbogens in die erwähnten Gase zersetzt. (Brit. P. Nr. 272067.)

Das Schweißen von Legierungen, die porös werden, soll schließlich nach einer Erfindung von J. Langmuir (Schenectady) und P. P. Alexander (Patentinhaberin British Thomson-Houston Co.) in einer Stickstoffatmosphäre mit einem so großen Zusatz von Wasserstoff vorgenommen werden, daß die bei alleiniger Anwendung von Stickstoff infolge der Gegenwart von Sauerstoff auftretenden schädlichen Wirkungen, die sich in der Brüchigkeit der Schweißstellen äußern, hintangehalten werden. Als Mindestzusatz von Wasserstoff ist 6 vH gefunden worden. Das Verfahren ist auch vorteilhaft beim Schneiden mittels des Lichtbogens anwendbar. Das Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff kann durch Zersetzung von Ammoniak oder einer ähnlichen Verbindung, zum Beispiel Trimethylammoniak gebildet werden. Gegebenenfalls kann der Wasserstoff dieses Gemisches zum Teil verbraucht werden, um den Stickstoffgehalt zu erhöhen, wobei dann zweckmäßig der Wasserdampf abgeschieden wird. Enthält die zu zersetzende Verbindung auch Kohlenstoff, so muß dieser neutralisiert oder in Kohlenoxyd umgewandelt werden, da sonst die gleichen unangenehmen Erscheinungen an den Schweißstellen auftreten wie beim Schweißen in Luft. (Brit. P. Nr. 257955 und 259590.)

In weiterer Ausgestaltung dieses Verfahrens soll nach einer gleichfalls der British Thomson-Houston Co. gehörenden Erfindung von H. M. Hobart (Schenectady, N. Y.) die Schweißung in einer Heliumatmosphäre stattfinden, weil dabei Nitride und Oxyde — die Ursache der Brüchigkeit der Schweißstellen — nicht entstehen können. Besonders vorteilhaft ist die Anwendung dieses Verfahrens, wenn mit Kohlenelektroden geschweißt wird. (Brit. P. Nr. 273705.)

Zum Zünden des Lichtbogens und zu dessen Aufrechterhaltung bei niedriger Schweißspannung werden sowohl bei Gleichstrom als auch niedrigfrequentem Wechselstrom Hochspannungsentladungen zwischen den Elektroden erzeugt, wobei auch die Stromstärke genügend groß sein soll, um den Zwischenraum zwischen den Elektroden genügend stark zu ionisieren. Während bisher mit steigender Spannung des hochgespannten Stromes eine Verminderung der Stromstärke, also eine Verminderung der Wirkung, verbunden war, werden nach einer Erfindung von J. Bethenod, Paris, (Sté. Alsacienne de Constructions Mecaniques, Belfort) die Entladungen mit hoher Frequenz mittels eines unmittelbar zwischen die Elektroden geschalteten Kondensators erzeugt, der einem geschlossenen Schwingungskreis angehört, der von einer Hochfrequenzstromquelle, gegebenenfalls einem weiteren Schwingungskreise, erregt wird. Die Einrichtung kann auch von Ungeschulten verwendet werden und ist leicht transportabel.

(Brit. P. Nr. 208165 und Am. P. Nr. 1555547.)

Um den Lichtbogen bei niedriger Spannung zu zünden und aufrecht zu halten, wird nach einer Erfindung von F. L. Walker jr. (Westwood, Kalifornien)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 623.

Digitized by Google

ein schwacher, hochgespannter und hochfrequenter Strom dem Schweißstrom überlagert, der mit Hilfe einer Funkenstrecke, eines Poulsenbogens oder einer Vakuumröhre erzeugt wird. Durch Einschaltung von Kondensatoren und großen Widerständen in den Schweißstromkreis bzw. zwischen die Zuleitungen vom Netz kann dabei verhindert werden, daß der Hochfrequenzstrom den Schweißtransformator beeinflußt. Die Erfindung kann auch bei elektrischen Öfen mit Vorteil verwendet werden. (Am. P. Nr. 1570803 und 1570804.)

Nach einem Vorschlage von H. A. Brown und A. M. Bennett (Erie, Pennsylvanien) sollen beim Zünden des Lichtbogens zwei hintereinandergeschaltete Stromerzeuger verwendet werden, die dann für das Schweißen selbsttätig parallel geschaltet werden. Besonders zweckmäßig ist die Verwendung eines einzigen Stromerzeugers mit zwei Kommutatoren und einem einzigen Anker und nur einer Feldwicklung. Statt der Stromerzeuger können auch in gleicher Weise geschaltete Transformatoren verwendet werden.
(Am. P. Nr. 1532680.)

Bei einer Zündvorrichtung für Lichtbogenschweißung, durch welche die Generatorerregung für das Lichtbogenzünden erhöht und nachher auf einen für das Schweißen passenden Wert herabgesetzt wird, geschieht nach einer Erfindung von Brown, Boveri & Cie., Baden, die Verstärkung der Generatorerregung durch einen Kontakt, der einen Teil des Widerstandes im Erregerstromkreis kurzschließt und der an dem Werkzeug angebracht ist, das der Schweißer in der Hand hält.
(Ö. P. Nr. 100169, D. R. P. Nr. 394598, Schweiz. P. Nr. 105045, Brit. P. Nr. 202991.)

Um bei der Lichtbogenschweißung während der Schweißpausen (zum Beispiel zum Auswechseln der Elektrode) möglichst wenig Energie zu verbrauchen, schlagen die Siemens-Schuckert-Werke vor, den Energiefluß während dieser Pausen möglichst zu drosseln (zum Beispiel bei einer die Schweißdynamo antreibenden Verbrennungskraftmaschine die Brennstoffzufuhr so einzustellen, daß die Maschine langsamer läuft) oder ganz abzusperren. So kann mittels eines in den Elektrodenhalter eingebauten Schalters beim Erfassen des Halters das Einschalten des Stromes des die Schweißdynamo antreibenden Elektromotors oder das Schließen des Primärstromes des Schweißtransformators bewirkt werden. Ferner kann die Einrichtung so getroffen werden, daß mittels eines beim Aufsetzen der Elektrode auf das Werkstück geschlossenen Hilfsstromkreises ein Widerstand im Stromkreis des Antriebsmotors der Schweißdynamo kurzgeschlossen wird, so daß der Motor auf volle Drehzahl kommt, oder es wird auf die gleiche Weise ein Teil der Primärwicklung des Schweißtransformators kurzgeschlossen. Um diese Einrichtungen nicht auch schon bei ganz kurzen Pausen wieder außer Tätigkeit zu setzen, können Zeitschalter oder andere Verzögerungsmittel verwendet werden.
(Brit. P. Nr. 232598.)

(Fortsetzung folgt.)

Chronik.

Österreichisches Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz. Die in der Sitzung des Komitees am 5. Juni d. J. satzungsgemäß durchgeführte Wahl des Vorstandes ergab die Wiederwahl des Herrn Sektionschefs a. D. Ing. Rudolf Reich zum Vorsitzenden und der Herren Direktor Ing. Oskar Taussig, Generaldirektor Ing. Friedrich Brock und Direktor Ing. Eugen Karel zu Vorsitzendenstellvertretern. Als Mitglieder gehören dem Komitee weitere 27 Vertreter der verschiedenen Behörden und Körperschaften an. Der Mitgliedsbeitrag des Komitees für das Londoner Bureau wurde auch für das Jahr 1928 in der bisherigen Höhe von 20 Pfd. belassen. Der Vorsitzende berichtete weiter, daß die für die Londoner Brennstofftagung[1]) eingelangten österreichischen Referate in zwei Sitzungen des Vorstandes durchgesehen und approbiert wurden; die vorgeschriebenen Übersetzungen der Auszüge aus diesen Referaten ins Englische wurden veranlaßt und die Berichte dem Londoner Bureau eingeschickt. Wegen Namhaftmachung der Delegierten, die an der Londoner Tagung persönlich teilzunehmen beabsichtigen, wird vorerst noch eine Umfrage an die dem österreichischen Komitee angehörenden Behörden und Körperschaften gerichtet werden.

Zur Erledigung der beim Komitee anhängigen sonstigen Angelegenheiten wurde am 12. Juni d. J. im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft neuerlich eine Vollversammlung abgehalten, in der zunächst beschlossen wurde, dem Londoner Bureau über seine diesbezügliche Anfrage jene in Österreich erscheinenden technischen Blätter — darunter auch die Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien „Elektrotechnik und Maschinenbau" — anzugeben, denen die Berichte über die Tagungen der Weltkraftkonferenz kostenfrei zuzuschicken wären.

Der Unterausschuß für Staubeckenangelegenheiten hat über den Stand der Staubeckenfrage in Österreich einen Bericht vorgelegt, der unter Angabe der wichtigsten Daten Zusammenstellungen über jene Staubeckenanlagen enthält, die zur Zeit des politischen Umsturzes in den Gebietsteilen des heutigen Österreich bereits bestanden haben, dann über jene, die während des zehnjährigen Bestandes der Republik gebaut und in Betrieb genommen wurden, ferner über die gegenwärtig in Bau befindlichen Staubeckenanlagen und endlich über die bestehenden einschlägigen Projekte, soweit sie zur behördlichen Genehmigung vorgelegt worden sind oder diese bereits erhalten haben. Dabei sind nicht bloß die der Speicherwirtschaft bei der Wasserkraftnutzung dienenden Staubeckenanlagen berücksichtigt, sondern auch die mitunter schon sehr alten Anlagen für Zwecke der Fischzucht, der Holztrift, der Wasserversorgung, der Schotterrückhaltung und des Hochwasserschutzes. Anschließend an diese Zusammenstellungen wird in dem Berichte auch auf den im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft ausgearbeiteten Entwurf eines Bundesgesetzes, betreffend besondere wasserrechtliche Bestimmungen über Staubecken und Teichanlagen (Staubeckengesetz) hingewiesen, das eine Begriffsbestimmung der im Sinne des Gesetzes als Staubecken und Teiche zu bezeichnenden Anlagen enthält und die gesetzliche Grundlage für die im Verordnungswege zu erlassenden, ebenfalls bereits ausgearbeiteten Vorschriften und Verfügungen gibt, die die Entwurfsverfassung, die Durchführung der Bauarbeiten, den Betrieb, die Erhaltung und die Überwachung der fertiggestellten Anlagen und schließlich die besondere fachliche Begutachtung der einschlägigen technischen Fragen im Zuge oder außerhalb des wasserrechtlichen Bewilligungsverfahrens in einer die möglichste Sicherheit gegen Wassergefahren gewährleistenden Weise regeln sollen. Eine auch für weitere Interessentenkreise sehr wertvolle Beigabe zu dem Berichte bilden die für jede Staubeckenanlage Österreichs angelegten Merkblätter, die einen Lageplan der Anlage und eine schematische Querschnittsdarstellung enthalten, so wie alle jene Daten, die zur möglichst erschöpfenden Kennzeichnung des Staubeckens dienen sollen. Das Nationalkomitee hat den Bericht genehmigend zur Kenntnis genommen und seine Weiterleitung nach London beschlossen; gleichzeitig wurde der Unterausschuß ersucht, auch noch Vorschläge darüber zu erstatten, in welcher Weise das Komitee dazu beitragen könnte, daß die Merkblätter mit ihren überaus wertvollen graphischen Darstellungen in entsprechender Auflage den interessierten Kreisen zugänglich gemacht werden können.

Da unsere Regierung seitens der französischen Regierung eingeladen wurde, an der Gründung eines internationalen Komitees für Staubeckenangelegenheiten teilzunehmen, dessen Konstituierung bereits im Juli d. J. gelegentlich des Kongresses der Elektrizitätserzeuger und -Verteiler in Paris stattfinden soll, wurde mit Beziehung auf ein diesbezügliches Schreiben des Vorsitzenden des Londoner Exekutivrates, wonach die Angelegenheit im Schoße der Weltkraftkonferenz erst ge-

[1]) Vgl. Heft 11 d. J., S. 255.

Digitized by Google

legentlich der Londoner Brennstofftagung im September d. J. beraten werden soll, beschlossen, eine Anfrage nach London zu richten, welche Stellung unsererseits hinsichtlich der französischen Einladung einzunehmen sei, wobei jedenfalls die Auffassung zum Ausdruck gebracht werden soll, daß eine Behandlung der Staubeckenangelegenheiten in zwei internationalen Komitees als eine überflüssige Doppelarbeit unter allen Umständen vermieden werden müßte.

Bezüglich des seinerzeit vom Wasserkraftausschuß des Elektrotechnischen Vereines in Kanada an das Österreichische Nationalkomitee gestellten Ersuchens, ihm behufs einer zusammenstellenden Bearbeitung nähere Daten über den österreichischen Wasserturbinenbau, und zwar sowohl hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung der Turbinen als auch hinsichtlich vorliegender Betriebserfahrungen zukommen zu lassen, wurde vom kanadischen Nationalkomitee anher mitgeteilt, daß es mit dieser Angelegenheit zwar in keinem Zusammenhange stehe, dessenungeachtet aber die möglichst eingehende Beantwortung des Fragebogens befürworte; es wurde sohin beschlossen, den Fragebogen an die heimischen Erzeugerfirmen von Wasserturbinen und an die wichtigsten Besitzer von Turbinenanlagen weiterzuleiten und es ihnen anheim zu stellen, die gewünschten Daten dem kanadischen Vereine unmittelbar einzusenden.

Die Beratung über die Stellungnahme des Österreichischen Nationalkomitees zu der Frage des Austausches von elektrischer Energie zwischen den Staaten und der tunlichsten Beseitigung aller in diesem Belange bestehenden Erschwernisse wurde neuerdings aufgeschoben, da die Angelegenheit mit dem gerade jetzt in Verhandlung stehenden Elektrizitätsförderungsgesetz eng verknüpft ist und mehrere Körperschaften hiezu noch nicht Stellung genommen haben.

Kz.

Die Tätigkeit der Gesellschaft für Wärmewirtschaft in Wien im Jahre 1927/28. Nach dem in der „Sparwirtschaft" veröffentlichten Tätigkeitsberichte hat die Gesellschaft im vergangenen Jahre wieder zwei wärmewirtschaftliche Fortbildungskurse für Heizer von Dampfkesselanlagen in Wien und einen Kurs in Graz abgehalten. In Graz wurde auch gemeinsam mit dem Handelsministerium ein Kurs über Energiewirtschaft für Gewerbeschullehrer veranstaltet. Die Gesellschaft hat sich an den Vorbereitungen für die Energiewirtschaftsausstellung in Graz beteiligt und für die Aufrechterhaltung der ständigen Ausstellung wärmetechnischer Meßgeräte bei der Lehrkanzel für Technologie der Brennstoffe an der Wiener Technik Sorge getragen. Aus der Tätigkeit der Arbeitsausschüsse ist zu erwähnen: Die Arbeiten des Ausschusses für feste Brennstoffe zur Aufstellung eines österreichischen Kohlenkatasters haben durch die Beistellung einer umfangreichen Sammlung von Analysen seitens des Vereines der Bergwerksbesitzer Österreichs einen namhaften Fortschritt zu verzeichnen. Das Material soll aber erst dann veröffentlicht werden, wenn die entsprechenden Daten auch für die Auslandskohlen auf dem österreichischen Markte zur Verfügung stehen. Der Arbeitsausschuß für industrielle Feuerungen hat die Bearbeitung des Merkblattes für Verminderung der Rauchentwicklung bei Feuerungsanlagen fortgesetzt, ebenso der Unterausschuß für Dampfkesselbetrieb die Vorbereitung einer Sammlung von Anhaltsdaten über das Verhalten fester Brennstoffe in Dampfkesselrostfeuerungen. Der Arbeitsausschuß für Wärmeschutz hat sich mit der Aufstellung von Regeln für die Abnahme von Wärme- und Kälteschutzstoffen befaßt, die Gesellschaft wird auch bei den einschlägigen Arbeiten in Deutschland mitwirken. Der Arbeitsausschuß für Meßwesen hat insbesonders die Sammlung von Anhaltswerten über die Fehlergrenzen wärmetechnischer Meßgeräte ausgestaltet. Von den Merkblättern der Gesellschaft, von welchen bisher 65 000 Stück abgesetzt wurden, mußten drei in Neuauflagen aufgelegt werden. Die Auskunfts- und Beratungstätigkeit der Geschäftsstelle umfaßte 33 Fälle. Der Bericht enthält ferner noch eine allgemeine Übersicht über die wärmewirtschaftliche Entwicklung im letzten Jahre, in der man leider einen Hinweis auf die gerade in Österreich recht bedeutende Zahl von Hochdruckdampfanlagen vermißt.

Literaturberichte.

3687 **Interrupteurs et disjoncteurs dans l'huile.** Von P. Pagnon und L. Barbillion. 298 Seiten mit 219 Abb. Verlag Albin Michel, Paris 1927. Preis Fr. 30·—.

Das Buch soll eine allgemeine Übersicht über den Ölschalterbau geben. Lange theoretische Erwägungen werden vermieden, doch genügen die gegebenen Rechnungen und Überlegungen, um die zu erwartenden Verhältnisse, das sind die Beanspruchungen und die dadurch bedingten Abmessungen der einzelnen Teile in mechanischer und elektrischer Hinsicht, übersehen und beurteilen zu können. Das Buch gliedert sich in drei Teile: Allgemeine Überlegungen, Aufbau der Schalter und Schaltanlagen. Die Ausführungen über den Aufbau der Ölschalter, denen der größte Teil des Buches gewidmet ist, sind gut gegliedert, die einzelnen Schalterelemente ausführlich besprochen und durch eine große Anzahl gut gewählter Abbildungen, Zeichnungen und Schaubilder dem Verständnis näher gebracht. Bemerkt sei, daß auch deutschen Bauarten ein entsprechender Raum zugeteilt ist. Die Verfasser vermeiden es, Vor- und Nachteile der nach unserer Ansicht noch umstrittenen Bauarten der Ölschalter näher herauszuarbeiten; sie sind vielmehr der Ansicht, daß die gegenwärtigen Formen im wesentlichen bleibende sein werden. Dem Lebenselement des Schalters, dem Öle, sind, seiner Bedeutung entsprechend, mehrere Seiten gewidmet, die auch die Vorschriften der einzelnen Länder beinhalten. Der letzte Abschnitt, der die Ausführung und Einrichtung der Schaltanlagen einschließlich der Verständigungsmittel der Kraftwerke untereinander behandelt, ist etwas kurz geraten. Während die Freiluftanlagen noch ausführlich und recht hübsch behandelt sind, läßt sich von anderen Unterteilungen wie den Schutzeinrichtungen kaum eine halbwegs unterrichtende Übersicht gewinnen. Doch ist gerade dieser Abschnitt für den Ölschalterbau gar nicht von wesentlicher Bedeutung und mindert daher den Wert des Buches in keiner Weise herab. Wer sich also über die Grundsätze des Ölschalterbaues, dessen Ausführung in Frankreich von der uns gewohnten gar nicht viel verschieden ist, durch eine unvoreingenommene Darstellung unterrichten will, und das dürfte ja der Großteil der bauenden und den Betrieb leitenden Ingenieure sein, dem kann dieses Buch bestens empfohlen werden.

Ing. V. Horwatitsch.

3543 **Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgegeben von Prof. Dr. W. Auerbach und Prof. Dr. W. Hort. Band VI, Lieferung 1 mit 311 Abbildungen im Text. Leipzig. 1927. Verlag von Johann Ambrosius Barth. 460 Seiten. 18 × 25 cm. Subskr. Preis, geh. M. 36·—. Einzelpreis M. 45·—.

Der vorliegende, die Mechanik der Gase umfassende Band schließt an den in dieser Zeitschrift besprochenen Band V des Handbuches, der die Mechanik der Flüssigkeiten enthält, an[1]). Wieder hat W. Auerbach selbst in bewährter gründlicher Weise die allgemeinen Kapital behandelt: Eigenschaften der Gase, Aerostatik, Aerodynamik. Die speziellen Teile: Luftpumpen und Vakuumtechnik von Wolfgang Gaede, Atmosphärische Bewegungen von Felix M. Exner, Technische Messungen von Walter Block, Innere Reibung der Gase von Leo Graetz und Karl Stöckel, Explosion und Explosionswellen von Erwin Bollè, Feste und flüssige Körper in Gasen von Walther Deutsch zeichnen sich durch die gleiche Gründlichkeit aus. Es liegt in der Natur der Sache, daß gerade in diesem Band mehr noch als in den anderen auf Nachbargebiete, insbesondere aus der Thermodynamik, oft übergegriffen wird. Es liegt die Stetigkeitstheorie der Materie zu Grunde. Die atomistische kinetische Theorie soll an anderer Stelle

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 24, S. 602.

Digitized by Google

behandelt werden; ebenso wohl auch die speziellen der Flugtechnik angehörenden Fragen der Aerodynimak.

A. Basch.

1041 **Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Bd. IV: Elektrolyse.** Von Dr. Heinrich Danneel, Sammlung Göschen, Bd. 980. 144 S. mit 41 Fig. u. mehreren Tabellen. Verlag: Walter de Gruyter & Co, Berlin und Leipzig, 1928. Preis in Leinen geb. M. 1·50.

Dem Bd. III, der an dieser Stelle bereits besprochen wurde[1]), folgt nun der der Elektrolyse gewidmete Band IV. Wenn auf 144 Seiten ein so ungeheurer Stoff gemeistert werden soll, so kann es ohne einige Gewaltsamkeiten nicht abgehen. Es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht die Beschränkung auf ein oder einige Kapitel der Elektrolyse vorteilhafter gewesen wäre. Die ersten zwei Kapitel bringen die theoretischen Grundbegriffe, Kapitel III die Metallabscheidung samt Metallurgie und Schmelzelektrolyse auf rund 50 Seiten, Kapital IV die elektrolytische Oxydation und Reduktion, Kapital V Alkalielektrolyse und schließlich bringt ein kurzer Anhang eine Aufzählung an sich interessanter Daten und Erscheinungen über Kontaktelektrizität und Strömungsströme. Zur Definition der Elektrolyse wäre die Heranziehung des Aggregatzustandes besser gewesen als das Merkmal der elektrolytischen Stromleitung. Auf Seite 11 scheint der Ausdruck Struktur nicht glücklich gewählt, die Überspannung hängt lediglich von der Beschaffenheit der Oberfläche ab. Über die technisch wichtige Chromabscheidung wären einige Ausführungen am Platze gewesen. Ebenso wäre die Hinweglassung der Angaben über die Stromgleichrichter und die Passivitätserscheinungen dem Werkchen nur förderlich. Beschränkung in den Beispielen wäre für eine nächste Auflage dringend empfehlenswert. Auch den auf Seite 66 beschriebenen Bedingungen für spiegelnde Nickelflächen wäre wohl die Tatsache anzufügen gewesen, daß im allgemeinen glatte Unterlagen notwendig sind. Warum für die Natriumelektrolyse Öfen gezeichnet sind und nicht für die viel wichtigere Aluminiumherstellung, ist unerfindlich.

Trotz der hier gezeigten Mängel hat das Buch manchen Vorzug, es enthält zum Beispiel auf engem Raum eine Fülle von Tatsachen usw. Für den Anfänger ist es aber ungeeignet. Die starke Konzentration des Stoffes macht es aber zur Wiederholung eines schon beherrschten Stoffes sehr brauchbar. L. Tavs.

3685 **Die indirekten Bundesabgaben in Österreich.** Von Dr. Rudolf Müller. Verlag J. A. Kitzler, Wien, Februar 1928. 720 Seiten. Preis S 17·80.

Das umfassende Werk setzt sich die Aufgabe, die geltenden Vorschriften auf dem Gebiete der indirekten Steuern, wie sie nach Neuordnung des Staatsgefüges in ihrer Kodifikation einander gejagt haben, einheitlich und systematisch zusammenstellen. Das Buch will derart die Kenntnis der finanzwirtschaftlichen Anordnungen in faßlicher Darstellung verallgemeinern. Es behandelt jene Abgaben, welche der Staat und die unterstehenden Gebietskörperschaften auf die Erzeugung und den Umsatz von Waren sowie auf den Rechtsverkehr legen und deren Eigenheit als indirekte Steuer darin besteht, daß sie vom Abgabepflichtigen auf andere Schultern überwälzt werden können. Es werden sohin die Grundbegriffe des Abgabenwesens und die Behördenorganisation erörtert. Hieran schließt sich die Besprechung der Regale und Monopole, ferner der Getränkesteuern, der Steuern auf Zucker und Süßstoffe, Thermalwässer, Zündhölzchen. Dann folgt die Behandlung des weiten Gebietes der Rechtsgebühren, Stempel und Taxen, mit denen wir zum Übermaß beglückt sind, weiters der Spielkartensteuer, der Punzierungsgebühren, des neubelegten Bereiches an verschiedenen Umsatzsteuern, der verwickelten Materie des Zoll- und Gefällsverfahrens und des Systems der Abgabenteilung zwischen Bund und Ländern. Den Schlußpunkt bildet die Übersicht über die Landes- und Gemeindeabgaben. Diese Aufzählung macht die Fülle des dargebotenen Stoffes erkennbar, und es verbietet sich hier der Versuch, auf Einzelheiten einzugehen. Die Beurteilung muß sich auf Stichproben beschränken.

Es zeugt von der Vollständigkeit der Bearbeitung, daß auch die Elektrotechnik hier Berücksichtigung findet. Vornehmlich ist hervorzuheben, daß die unterschiedlichen Energieabgaben nicht ausgelassen sind, die eine Errungenschaft der letzteren Zeit sind und so hart die Elektrizitätswirtschaft belasten. Diese Abgaben werden in zwei Teilen vorgeführt, deren einer die ausschließliche Abgabe des elektrischen Stromes (Elektrizitätssteuer) aufführt, während der zweite Abschnitt die kombinierte Abgabe vom Verbrauch mechanischer, kalorischer und hydraulischer Energie behandelt. Freilich ist die Materie, das soll nicht unerwähnt bleiben, ziemlich kursorisch besprochen. Im Interesse der Elektrizitätswirtschaft wäre schon eine eingehendere Erläuterung oder gar eine Kritik, wie sie ihr auf der Seele brennt und am Herzen liegt, willkommen gewesen. Vielleicht entspricht dies aber nicht dem Zwecke eines Handbuches. Wenn noch etwas ausgestellt werden soll, mag es der Hinweis sein, daß das Patentwesen und seine Gebühren, welche für die Elektrizitätsindustrie, wie für jede am technischen Fortschritt interessierte Produktion von Bedeutung sind, bloß mit kargen Andeutungen gestreift werden. Vollends dürfte der Elektroingenieur es vermissen, daß das Gebührenwesen in betreff der Eichung und Stempelung der Elektrizitätsverbrauchsmesser nicht aufgenommen ist, was zum Nutzen der sonst rühmlichen Vollständigkeit des Buches bei einer nächsten Auflage nachzuholen wäre. Es bleibt aber noch genug des Guten an dieser respektablen Leistung, die es verstanden hat, die vielfach zersplitterte Materie unter die Decke eines übersichtlichen und erschöpfenden Systems zu bringen, um dem Sammelwerke und seinem beflissenen Verfasser dafür alle Anerkennung zu zollen. In jedem Teile und unter jedem Schlagworte des reichhaltigen Registers erweist sich das Handbuch als ein verläßlicher Führer und Ratgeber in den vielfach verschlungenen Gängen des Abgabenwesens und der Vielfältigkeit seiner fiskalischen Anordnungen. Wo immer für den Kaufmann, sei er Industrieller, Gewerbetreibender oder Händler, sich der Anlaß ergibt, sich in dem Wirrsal der indirekten Steuern, die ihm aufgehalst werden, zurecht zu finden, er braucht bloß den Index aufzuschlagen und den Text im Buche nachzulesen und er wird auf die Frage, vor die er sich gestellt sieht, Bescheid erhalten und für die Zweifel, die ihn bedrängen, die Lösung vor sich haben.

Dr. Heinrich Schreiber.

[1]) E. u. M. 1927, S. 356.

Eingelaufene Bücher.

3675 Wärmedurchgang bei einfachen Körpern und Maschinen. (Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure. Heft 300.) IV, 71 Seiten mit 108 Abb. und 22 Zahlentafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis Mk. 9·—.

Das Heft enthält die Wiedergabe von sechs Vorträgen, die auf der 2. Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung im VDI im Jänner 1926 gehalten wurden und den Temperaturverlauf und die Wärmeströmungen in periodisch bewegten Körpern (Dr. Ing. Gröber), den Wärmeübergang bei kondensierendem Dampf (Dr. Ing. Jakob), den Wärmeübergang zwischen Arbeitsmedium und Zylinderwand in Kolbendampfmaschinen (Dr. Ing. Nußelt) und desgleichen bei der Gleichstromdampfmaschine (Dr. Ing. Nägel), ferner den zeitlichen Verlauf der Wärmeübertragung im Dieselmotor (Dr. Ing. Eichelberg) und schließlich Kühlungsfragen bei Fahr- und Flugzeugen (Dr. Ing. Richter) behandeln. Die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen sind zum Teile über deren engeres Gebiet hinausgehend auch in anderen Fällen von Wert, so wurde auf der Tagung mehrfach auf die Übertragung der Forschungsergebnisse auf die Kühlung großer elektrischer Maschinen durch Wasserstoff hingewiesen. Das Heft verdient daher auch die Aufmerksamkeit der Konstrukteure elektrischer Großmaschinen. —k.

Digitized by Google

Wirtschaftliche Nachrichten.

Emag Elektrizitäts-A.-G. Frankfurt am Main. (Aus dem Bericht über das Geschäftsjahr 1927.) Die zu Anfang des Jahres 1927 noch ziemlich langsam einsetzende Aufwärtsbewegung wurde im Laufe des Geschäftsjahres recht lebhaft und das Unternehmen war im Betriebsjahre dauernd gut beschäftigt. Auch im Jahre 1928 sind bis jetzt die Aufträge reichlich eingegangen. Bei einem Bruttogewinn von 2·15 Mill. M. verbleibt ein Reingewinn von 78 000 M., aus welchem 7 vH Dividende auf das Aktien-Kapital von 1 048 000 M verteilt werden. Die Anlagen sind in der Bilanz nach reichlichen Abschreibungen mit rund 500 000 M. bewertet, das Lager mit 1·2 Mill.

Vereinigte Aluminium-Werke A.-G. zu Lautawerk (Lausitz). (Aus dem Geschäftsbericht für 1927.) Das Geschäftsjahr 1927 zeichnete sich durch fast ununterbrochen starke Nachfrage nach Aluminium aus. Der starke Verbrauch ist auf die sich ganz allgemein für die verschiedensten Zwecke einbürgende Verwendung des Aluminiums zurückzuführen. Die Preisherabsetzung um M. 260·— pro t im September 1926 hat neben der Erkenntnis, daß Aluminium ein ausgezeichneter Werkstoff, besonders für Konstruktionsbauten aller Art, für Freileitungshochspannungen usw. ist, einen Antrieb für eine große Anzahl von weiterverarbeitenden Industrien zum Bezuge des Metalles gegeben. Die Stabilität der Preise ist durch die europäische Aluminiumvereinigung herbeigeführt worden, deren Aufgabe es ist, sobald die Verhältnisse es zulassen, durch Verbilligung des Aluminiumpreises den Verbrauch weiter anzureizen.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Herstellung brauchbarer Aluminiumlegierungen gerichtet und im Interesse zu erreichender Höchstleistungen auf diesem Gebiet wurden die Metallbank und Metallurgische Gesellschaft A. G. in Frankfurt am Main, die Berg-Heckmann-Selve A.-G. und die Th. Goldschmidt A.-G. an der früher der Erftwerk A.-G. (Tochtergesellschaft der V. A. W.) und den Aluminium-Werken gehörigen Lautal-Walzwerk G. m. b. H., Bonn, beteiligt, so daß dieses Werk, nunmehr Vereinigte Leichtmetall-Werke G. m. b. H., Bonn, für gemeisame Rechnung betrieben wird. Dabei haben sämtliche Firmen ihre Patente und Erfahrungen in die Bonner Gesellschaft eingebracht, so daß für jeden technischen Zweck die jeweils günstigste der zur Verfügung stehenden Legierungen (Aeron, Lautal, Montegal, Skleron) zur Verwendung kommt. Der Absatz dieser Produkte hat sich ebenso wie der Absatz der gemeinsam mit der Metallbank hergestellten und vertriebenen Gußlegierung Silumin mehr als verdoppelt. Die Ferro-Vanadin-Preise konnten entsprechend der durch technische Verbesserungen herbeigeführten Selbstkostenermäßigung weiter gesenkt werden. Eine neue Beteiligung geschah im laufenden Jahre an der von der Società Italiano Dell'Alluminio, Mailand, in Marghera bei Venedig und in Mori errichteten Tonerde- bzw. Aluminiumfabrik. Es ist daselbst die Verwendung des den Al.-Werken für Europa zustehenden Haglund-Patentes zur Herstellung reiner Tonerde auf elektrothermischem Wege (Ö. P. Nr. 103895 und das Schweiz. P. Nr. 104333) gegen Lizenzzahlung vorgesehen. Die nunmehr seit Jahren fortgesetzten Versuche mit dem Haglund-Prozeß haben zur Überzeugung geführt, daß dieser elektrothermische Prozeß technisch dem bisher angewandten chemischen Verfahren gleichwertig, ihm aber wirtschaftlich überlegen ist. Es wird daher in den nächsten Jahren mit einer allmählichen Umstellung der Tonerdefabrik gerechnet. Der Rohgewinn für 1927 beträgt rund 9·6 Mill. Mk., der Reingewinn 4·56 Mill., die Dividende auf das A.K. von 24 Mill. 9 vH (8 vH i. J. 1926). In der Bilanz werden die Anlagen (Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Apparate, Geräte usw., Bahnanlagen und Fuhrpark) nach 2·5 Mill. Mk. Abschreibungen mit 18·6 Mill. bewertet, die Vorräte mit rund 7 Mill.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg

	12. VI. 1928	15. VI. 1928	18. VI. 1928	20. VI. 1928	21. VI. 1928	22. VI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139½	139¾	139½	139½	139½	139½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . .	350	350	350	350	350	350
Antimon-Regulus	94—100	90—95	90—95	90—95	89—94	89—94

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 15. Juni 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	69	0	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	63	15	0	63	17	6
Standard 3 Monate .	63	15	0	63	17	6
Zinn:						
Engl. ingots	220	10	0	221	10	0
Standard Kassa . .	221	0	0	221	5	0
Standard 3 Monate .	218	12	6	218	17	6
Blei:						
Engl. pig common . .	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	15	0	25	8	9
Remelted	25	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

(Nach „Mining Journal" vom 22. Juni 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	10	0	69	0	0
Wire bars	69	0	0	—	—	—
Standard Kassa . . .	63	1	3	63	3	9
Standard 3 Monate .	63	1	3	63	3	9
Zinn:						
Engl. ingots	206	0	0	208	0	0
Standard Kassa . . .	207	15	0	208	0	0
Standard 3 Monate .	204	15	0	205	0	0
Blei:						
Engl. pig common . .	22	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	12	6	25	3	9
Remelted	25	15	0	—	—	—
English Swansea . .	26	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 export
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 8. Juli 1928 | Heft 28

Der Doppelkäfigankermotor.

Von Dr. Ing. R. **Baffrey**, Českomoravská-Kolben A.-G., Prag-Vysočany.

Zusammenfassung: Es wird das Betriebsverhalten des Boucherotmotors untersucht und gezeigt, daß bei einer vorgeschriebenen n-fachen Überlastungsfähigkeit in der Leistung und einem m-fachen Anzugsmoment ein minimaler Anlaufstrom zugelassen werden muß, dessen Größe angenähert gegeben ist durch die Beziehung

$$J_{Anlauf} \approx J_{normal} \sqrt{(2n)^2 + m^2}.$$

In einfacher Weise wird das Stromdiagramm des Boucherotmotors aus seinen charakteristischen Größen entwickelt und schließlich darauf hingewiesen, daß bei entsprechender Dimensionierung es möglich ist, einen vollbelasteten Boucherotmotor statorseitig anzulassen, ohne daß die Stromstöße um vieles größer werden als bei einem Schleifringankermotor mit Rotoranlasser.

Der im Nachfolgenden behandelte Motor ist ein von Boucherot schon vor ungefähr 20 Jahren angegebener Kurzschlußankermotor mit großem Anzugsmoment[1]). Die einfache und robuste Bauart, der Entfall von Schleifringen und Anlasser machen diesen Motor recht geeignet für alle groben Betriebe, wo Betriebssicherheit die erste Forderung ist. Leider hat sich der Boucherot-Motor noch nicht die Aufnahme verschafft, welche er verdient. Es liegt dies zum Großteil an der Unkenntnis seiner Betriebseigenschaften, ohne deren genaue Kenntnis sich der Betriebsleiter nur schwer zur Anschaffung dieses Motors entschließen wird. Ist dieses Hindernis überwunden, so wird, wie die Erfahrung lehrt, gerade von seiten des Kunden ein Druck auf den Lieferanten nach immer allgemeinerer Verwendung des Boucherotmotors ausgeübt. Es hängt dies mit der Preisfrage zusammen, da die Kosten einer Anlage mit Doppelkäfigankermotor, beispielsweise in schlagwettersicherer Ausführung, nur einen Bruchteil jener Kosten ausmachen, welche sich bei Verwendung eines Schleifringankermotors mit Anlasser ergeben.

Der von Boucherot angegebene Doppelkäfigankermotor ist ein Drehstromasynchronmotor mit einem Spezialkäfiganker, welcher zwei Käfigwicklungen trägt, eine mit großem metallischen Leitungswiderstand am äußeren Umfang des Rotors, also nahe am Luftspalt, und eine zweite mit kleinem Leitwiderstand, aber recht tief in das Eisen eingebettet, was eine große Induktivität dieser Wicklung bedingt. Den schematischen Schnitt nahekommendes Bild ergibt sich dadurch, daß der beiden Käfige sind durch Schlitze s, deren Größe die Induktivität der inneren Käfigwicklung bestimmt, miteinander verbunden.

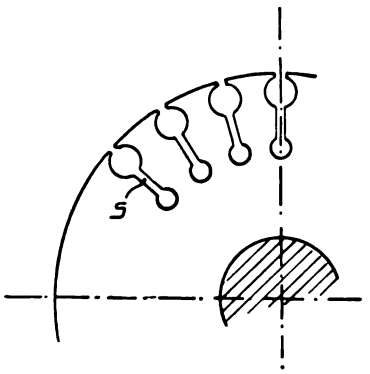


Abb. 1.

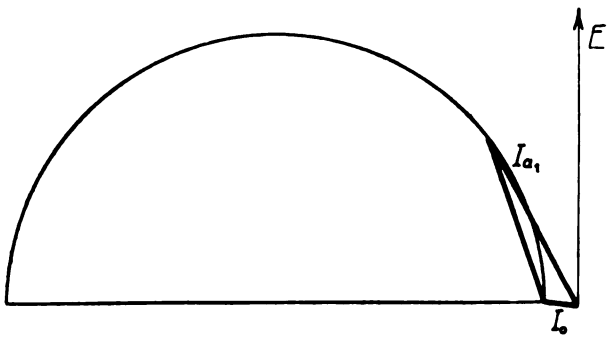


Abb. 2.

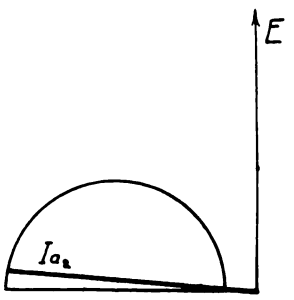


Abb. 3.

Ein recht anschauliches und der Wirklichkeit nahekommendes Bild ergibt sich dadurch, daß der Doppelkäfigankermotor ersetzt wird durch zwei starr gekuppelte, das heißt auf dieselbe Welle arbeitende Käfigankermotoren, von welchen der eine recht großen Rotorwiderstand bei kleiner Induktivität, der zweite recht große Induktivität bei kleinem Rotorwiderstand besitzt.

Betrachten wir zuerst den ersten Motor, das heißt jenen mit großem Leitwiderstande im Rotor. Das Verhalten desselben ist aus dem Kreis-

[1]) Über den Boucherotmotor ist eine Reihe von Veröffentlichungen erschienen, von denen einige hier angeführt seien: Alexanderson, General Electric Review, April 1919. — Miles Walker, Electrician 1923. — R. Mayer, ETZ 1924, Heft 8. — R. Baffrey, Elektrotechnický Obzor 1924, S. 281 und 1925, S. 705. — C. F. Kincaid und Dr. F. Alexander, Electric Journal, Jänner 1926. — Lund, Archiv für Elektrotechnik, Bd. 15, 1926, S. 121. — Vgl. ferner E. u. M. 1924, S. 385; 1926, S. 87, 355.

Digitized by Google

diagramm, Abb. 2, ersichtlich. Die ganze an den Motor angelegte Spannung wird praktisch im Rotorleitwiderstande aufgezehrt. Der Motor nimmt einen nur wenig phasenverschobenen Strom I_{a1} auf, dessen Größe für das Anzugsmoment maßgebend ist. Es wird beispielsweise bei zweifachem Strom ungefähr das zweifache Moment an der Welle entwickelt. Mit zunehmender Umdrehungszahl nimmt der Strom annähernd proportional ab. Bei normaler Tourenzahl wird dieser Motor also nahezu stromlos und wird nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Wellenleistung liefern.

Ganz anders verhält sich der zweite Motor mit kleinem Leitwiderstand und großer Induktivität, wie das Kreisdiagramm dieses Motors, Abb. 3, zeigt. Der Anlaufstrom I_{a2} ist stark phasenverschoben, die aufgenommene Leistung ist klein. Mit zunehmender Umdrehungszahl durchläuft der Endpunkt des Stromvektors die Kreislinie und erreicht bei ungefähr 2 bis 5 vH Schlupf den höchsten Punkt, womit auch die auf die Welle übertragene Leistung ein Maximum wird.

Die beiden auf die gleiche Welle arbeitenden Motoren zeigen also ein grundverschiedenes Verhalten. Während der eine durch die Größe des von ihm im Anlauf aufgenommenen Stromes die Größe des Anzugsmomentes bestimmt, ist der Anlaufstrom des zweiten Motors maßgebend für die Größe der maximalen Leistung, welche diese Maschinengruppe abgeben kann, und zwar ist die

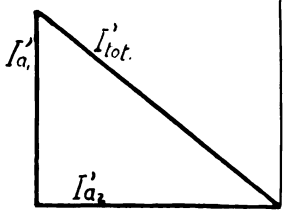


Abb. 4a.

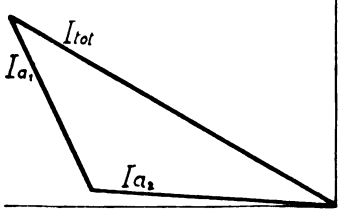


Abb. 4b.

Größe der Überlastungsfähigkeit durch das Verhältnis des halben Anlaufstromes zum Normalstrom (eigentlich zur Wattkomponente des Normalstromes, doch kann diese, wenn ein guter cos φ vorausgesetzt wird, durch den Normalstrom selbst ersetzt werden) gegeben, weil ja der halbe Kurzschlußstrom als Kreisradius (vgl. Abb. 3) die Höhe des Scheitelpunktes im Kreisdiagramm ergibt. Der Anlaufstrom im äußeren Käfig bestimmt somit die Größe des Anzugsmomentes, jener im inneren Käfig die Größe der Überlastungsfähigkeit und wir sind damit in der Lage, im vorhinein anzugeben, welcher Kurzschlußstrom zugelassen werden muß, falls ein bestimmtes Anzugsmoment und eine bestimmte Überlastungsfähigkeit erzielt werden sollen; denn der Netzstrom wird gleich sein der Vektorensumme der beiden Motorströme, die sich unter zirka 90° addieren (Abb. 4 *a*). In Wirklichkeit addieren sich die Ströme unter einem etwas größerem Winkel, wie Abb. 4 *b* andeutet.

Einem *m*-fachen Anzugsmoment entspricht ein Strom $I_R = m \times$ Normalstrom im ersten Motor; einer *n*-fachen Überlastungsfähigkeit in der Leistung ein Strom von der Größe $I_s = 2n \times$ Normalstrom im zweiten Motor. Der totale von der Gruppe aufgenommene Strom wird somit (Abb. 4*a*)[2]):

$$J_k \approx \sqrt{(m \,.\, J_{norm})^2 + (2n \,.\, J_{norm})^2} \approx$$
$$\approx J_{norm} \sqrt{m^2 + (2n)^2} \quad \ldots\ldots (1).$$

Verlangt man also zum Beispiel ein dreifaches Anzugsmoment bei 1·5-facher Überlastungsfähigkeit in der Leistung, so muß ein Anlaufstrom von der Größe

$$J_k \approx J_{norm} \sqrt{3^2 + (2 \,.\, 1{\cdot}5)^2} \approx 4{\cdot}2 \times J_{norm},$$

also ein ungefähr vierfacher Stromstoß, zugelassen werden.

Ein Vorteil gegenüber dem gewöhnlichen Kurzschlußankermotor ergibt sich erst bei großen Anzugsmomenten. Will man beispielsweise bei 3 vH Schlupf ein dreifaches Anzugsmoment mit einem gewöhnlichen Kurzschlußanker erzielen, so müßte ein neunfacher Kurzschlußstrom zugelassen werden, also mehr als doppelt soviel wie beim Boucherotmotor. Ist dagegen das gewünschte Anzugsmoment klein, etwa gleich 50 vH des normalen, so wird der Vorteil des Boucherotmotors bezüglich Reduzierung des Anlaufstromstoßes immer mehr verschwinden und man wird dann meist besser mit einem gewöhnlichen Kurzschlußankermotor fahren.

Recht empfindlich wird die Größe des Anlaufstromes beeinflußt von der vorgeschriebenen Überlastungsfähigkeit in der Leistung. Es liegt also im Interesse des Kunden, bei der Bestellung eines Boucherotmotors stets die Leistungsüberlastungsfähigkeit anzugeben und diese auf das minimalste Maß zu beschränken. Es wäre verfehlt, hier übermäßig vorsichtig zu sein. Man muß sich stets vor Augen halten, daß das Überschreiten der Kippleistung beim Boucherotmotor keineswegs mit unangenehmen Folgen verbunden ist wie beim normalen Asynchronmotor, welcher beim Überschreiten der Kippgrenze das Drehmoment verliert und zum Stillstand kommt, wobei die Sicherungen durchgehen, bzw. der Automat den Stromkreis unterbricht. Ein gut entworfener Doppelkäfigankermotor dagegen ist bei allen Belastungen stabil, vom Leerlauf über alle Belastungen bis in den festgebremsten Zustand nimmt das auf die Welle übertragende Drehmoment zu. Man begnüge sich daher bei Bestellungen mit der kleinsten Leistungsüberlastungsfähigkeit, mit welcher man gerade noch auszukommen hofft. Im Anzugsmoment sei man dagegen nicht sparsam, es erhöht nur wenig die Typengröße und den Kurzschlußstrom.

Praktisch vielfach bewährt haben sich folgende Verhältnisse: 2·5 faches Anzugsmoment bei 1·5-facher Überlastungsfähigkeit in der Leistung. Hiebei muß allerdings schon mit einem fast vierfachen Anlaufstrom gerechnet werden. Bei Verwendung eines Stern-Dreieckschalters entwickelt ein solcher Motor im Anlauf zirka 80 vH des nor-

[2]) Vgl. Elektrotechnický Obzor, 1924, S. 281.

Digitized by Google

malen Drehmomentes bei zirka 1·5-facher Stromentnahme im Netze.

Die aus der Beziehung (1) errechneten Annäherungswerte des Anlaufstromes sollen nur als Richtschnur dienen, für das, was durchschnittlich erzielt werden kann. Manchmal gelingt es, diese Werte zu unterschreiten. Das hängt damit zusammen, daß man in Formel (1) als normalen Strom nicht den aktiven Strom in Rechnung setzt, sondern den mehr oder weniger phasenverschobenen Statorstrom. Es ist dies natürlich nur ein Scheinerfolg; denn der effektive Kurzschlußstrom wird durch Vergrößerung des Normallaststromes (schlechter $\cos\varphi$!) nicht kleiner, wohl aber das Verhältnis Kurzschlußstrom zu Vollaststrom. Obige Formeln setzen Maschinen mit annehmbarem $\cos\varphi$ ($\cos\varphi = 0{\cdot}9 \div 0{\cdot}7$) voraus, was sich meist erzielen läßt und vom Kunden auch verlangt werden darf. Wenn also — wie in Arnolds Buch „Die Wechselstromtechnik", 5. Bd., S. 251 — gesagt wird, daß ein 8 PS Boucherotmotor mit doppeltem Volllastmoment und 2·1- bis 2-fachem Normalstrom anläuft, so geschieht dies entweder auf Kosten eines recht schlechten Betriebs-$\cos\varphi$, oder der Motor hat keine Überlastungsfähigkeit, oder arbeitet mit einem unzulässig schlechten Wirkungsgrad. Gesunde Verhältnisse lassen sich nur erzielen mit Anlaufströmen von der Größenordnung, wie sie aus der Beziehung (1) resultiert. Jede starke Abweichung von diesem Werte muß mit Vorsicht aufgenommen werden.

Die rechnerische Behandlung des Doppelkäfigankermotors ist ziemlich umständlich. Die Schwierigkeiten dürfen nicht noch dadurch erhöht werden, daß Feinheiten berücksichtigt werden, die praktisch bedeutungslos sind. Im weiteren wird möglichste Übersichtlichkeit durch möglichste Vereinfachung angestrebt und ein Rechnungsgang entwickelt, der sich auch beim Entwurf der speziellsten Ausführungen bewährt hat. Während des Entwurfes entgeht dem Berechner nicht der Überblick über den Einfluß der einzelnen Größen auf das Betriebsverhalten und ermöglicht ihm dadurch, das Diagramm des Motors entsprechend den vorgeschriebenen Garantien zu formen.

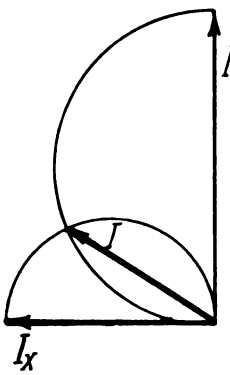


Abb. 5.

Bei der Entwicklung des Stromdiagrammes wird folgende elementare graphische Behandlung eines Stromkreises, in welchem eine Induktivität X und ein reiner Leitwiderstand R in Serie geschaltet sind, benützt werden (Abb. 5): Legt man an einen solchen Stromkreis eine Wechselspannung E, so findet man den Stromvektor I als Schnittpunkt zweier Kreise, die über den aufeinander senkrecht stehenden Strecken $I_X = \frac{E}{X}$ und $I_R = \frac{E}{R}$ errichtet werden.

Das Schema des Ersatzstromkreises eines Doppelkäfigankermotors ist nun in Abb. 6 wiedergegeben. Beiden Käfigwicklungen werden von dem sie durchsetzenden, gemeinschaftlichen magnetischen Fluß gleiche Spannungen aufgedrückt. Der im oberen Käfig zum Fließen kommende Strom wird durch den Leitwiderstand des Käfigs und durch seine Streureaktanz begrenzt. Es ist nun zu berücksichtigen, daß die magnetischen Streufelder dieses oberen Käfigs praktisch in ihrer vollen Größe auch die untere Käfigwicklung umfassen und somit eine beiden Käfigen gemeinschaftliche Reaktanz schaffen. Ebenso induzieren bei gleicher Nutenzahl die Oberwellen in gleicher Weise den

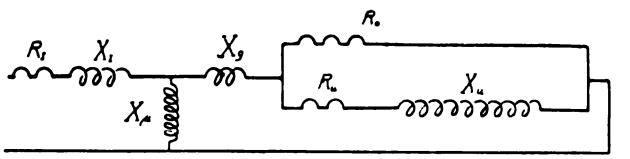


Abb. 6.

oberen und den unteren Käfig. Die Stromfelder um die Stirnringe gehören allerdings nicht im vollen Maße auch dem unteren Käfig an; der Unterschied ist jedoch praktisch vernachlässigbar und wir wollen auch hier annehmen, daß diese Streuung beiden Stirnringen in voller Größe gemeinschaftlich ist. Die Größe des im unteren Käfige zum Fließen kommenden Stromes wird weniger durch den wirklichen Leitwiderstand als durch die große Induktivität begrenzt, welche von der großen magnetischen Leitfähigkeit der Verbindungsschlitze zwischen den oberen und unteren Nuten herrührt. Dieser magnetische Streufluß schließt sich nur um die Nuten des unteren Käfigs. Wir erkennen somit im Ersatzschema, Abb. 6, R_o als reinen Leitwiderstand des oberen Käfigs, R_u als Leitwiderstand des unteren Käfigs, X_u als seine Reaktanz und X_g als eine beiden Käfigen gemeinsame Reaktanz, welche durch die sie gemeinschaftlich umschließenden magnetischen Streuflüsse geschaffen wird. Der

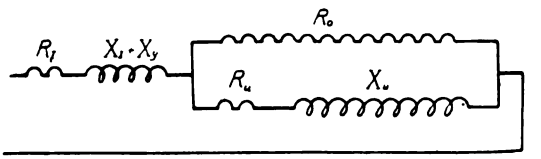


Abb. 7.

Summenstrom der in beiden Käfigen fließenden Ströme muß durch ungefähr amperewindungsgleiche Statorströme gedeckt werden. Die Statorwicklung hat aber natürlich auch einen gewissen Leitungswiderstand R_1 und eine gewisse Reaktanz X_1, die im Ersatzschema (Abb. 6) sinngemäß den Rotorwiderständen vorgeschaltet wird. Überdies werden die Statorwiderstände noch von dem Magnetisierungsstrom des Motors durchflossen, was im Ersatzschema (Abb. 6) durch die parallel geschaltete Magnetisierungsreaktanz X_u berücksichtigt wird. Bei praktischen Entwürfen kann man jedoch im allgemeinen von dieser direkten Berücksichtigung des Magnetisierungsstromes absehen und das Stromdiagramm auf Grund des in Abb. 7

Digitized by Google

wiedergegebenen Schemas bestimmen. Der Magnetisierungsstrom muß dann natürlich nachträglich sinngemäß addiert werden. Bei dieser Vereinfachung vernachlässigt man die belanglosen Spannungsabfälle, welche durch den Magnetisierungsstrom bedingt werden.

Das Ersatzschema in Abb. 7 gilt für den Anlauf des Motors. Mit zunehmender Tourenzahl sinken die in den beiden Käfigen induzierten Spannungen proportional der Schlupffrequenz. Die auf den Stator reduzierte scheinbare Rotorreaktanz bleibt hierbei unverändert, nachdem die wahre Rotorreaktanz ja in demselben Verhältnis wie die dem Rotor aufgedrückte Spannung sinkt, die Frequenz der in ihm fließenden Ströme und damit der induktive Widerstand abnimmt, was also keine Änderung der Stromstärke nach sich zieht. Ganz anders steht es mit dem auf den Stator reduzierten scheinbaren Leitwiderstande der Rotorwicklung; dieser steigt mit der Umderhungszahl. Bei 10 vH Schlupf ist die von dem Rotor aufgedrückte Spannung nur 10 vH jener bei Stillstand und kann daher durch den unveränderlichen Rotorwiderstand auch nur 10 vH des Stromes im Stillstand treiben. Der auf den Stator reduzierte scheinbare Rotorwiderstand ist also bei 10 vH Schlupf zehnmal größer als im Stillstand. Das Ersatzschema in Abb. 7 gilt also

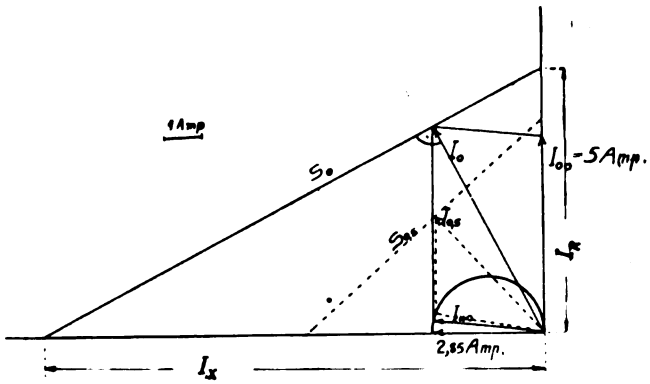


Abb. 8.

nicht nur für den Kurzschluß, sondern für jede beliebige Tourenzahl, wenn die Rotorleitwiderstände umgekehrt proportional dem jeweiligen Schlupf erhöht werden.

An Hand eines praktischen Beispiels soll nun die Bestimmung des Stromdiagrammes eines Doppelkäfigankermotors erläutert werden. Ein Boucherotmotor (Erzeugung Česko-moravská - Kolben - Daněk - Akt.-Ges., Prag-Vysočany), 20 kW (27 PS), 960 U/min, 500 V, 50 Per/s) wurde so dimensioniert, daß seine einzelnen Widerstände in Ohm im Ersatzschema der Abb. 7 folgende Werte haben: $R_0 = 2$; $R_u = 0{\cdot}4$; $X_u = 3{\cdot}5$; $R_l = 0{\cdot}18$; $X_l + X_g = 1{\cdot}3$. Diese Anordnung von in Serie und teilweise parallel geschalteten effektiven und induktiven Widerständen wollen wir auf einen einzigen Ersatzleitwiderstand in Serie mit einer einzigen Reaktanz zurückführen.

Denken wir uns zunächst an die beiden parallel liegenden Widerstandszweige (Abb. 7) eine 50 periodige Wechselspannung E gelegt, etwa 10 V, um im gewählten Beispiel günstige Maßstabverhältnisse zu erzielen, so kommt im oberen Zweig ein mit der Spannung phasengleicher Strom von der Größe

$$I_{00} = \frac{E}{R_0} = \frac{10}{2} = 5\,\text{A}$$

zum Fließen (Abb. 8). Der von derselben Spannung durch den unteren Zweig getriebene Strom I_{u0} findet sich nach dem vorhergehenden als Schnittpunkt der Kreise über

$$I_{X_u} = \frac{E}{X_u} = \frac{10}{3{\cdot}5} = 2{\cdot}85\,\text{A}$$

und

$$I_{R_u} = \frac{E}{R_u} = \frac{10}{0{\cdot}4} = 25\,\text{A}.$$

Die beiden Ströme I_{u0} und I_{00} setzen sich zu einem Summenstrom I_0 zusammen, welcher ohne weiteres gestattet, den Leitwiderstand und die Reaktanz aufzufinden, welche, in Serie geschaltet, die parallel geschalteten Stromkreise vollkommen ersetzen. Denn der Endpunkt des Stromvektors I_0 kann aufgefaßt werden als Schnittpunkt zweier Kreise über den Strömen I_R und I_X, welche die ge-

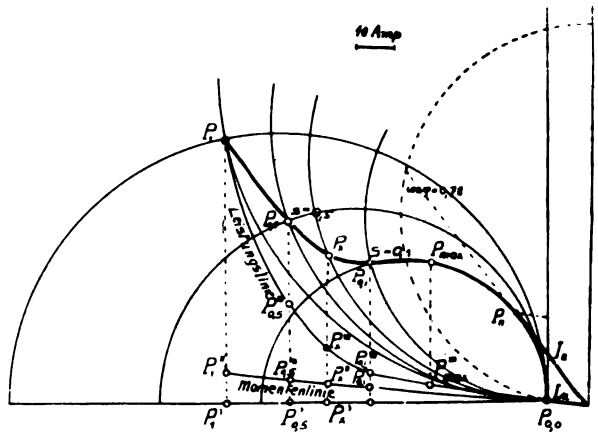


Abb. 9.

suchten Ersatzwiderstände beinhalten, und zwar ist $R = \frac{E}{I_R}$ und $X = \frac{E}{I_X}$, Graphisch lassen sich diese beiden Kreisdurchmesser I_R und I_X als Abschnitte finden, welche die Senkrechte S_0 im Endpunkte des Stromvektors I_0 auf dem Koordinatenkreuz abschneidet (Abb. 8). In unserem Falle wird $I_X = 13$ A, $I_R = 6{\cdot}8$ A und daraus $X = \frac{10}{13} = 0{\cdot}77$, $R = \frac{10}{6{\cdot}8} = 1{\cdot}47$. Addieren wir die Statorwiderstände hinzu, so ergibt sich für die totale Kurzschlußreaktanz des Motors in Ohm:

$$X_{tot} = X + (X_l + X_g) = 0{\cdot}77 + 1{\cdot}3 = 2{\cdot}07$$

und für den totalen Kurzschlußleitwiderstand in Ohm:

$$R_{tot} = R_l + R = 0{\cdot}18 + 1{\cdot}47 = 1{\cdot}65.$$

Die rein rechnerische Behandlung bestätigt die Resultate dieser, halb graphischen, Methode.

Der Kurzschluß(Anlauf-)strom des Motors findet sich nach früherem als Schnittpunkt der Kreise

Digitized by Google

über den Strömen

$$I_{XI} = \frac{E}{X_{tot}} = \frac{289}{2{\cdot}07} = 140\,A$$

und

$$I_{RI} = \frac{E}{R_{tot}} = \frac{289}{1{\cdot}65} = 175\,A,$$

wo für E die Phasenspannung $E = \frac{500}{\sqrt{3}} = 289$ V eingesetzt ist, weil die Widerstandswerte pro Phase berechnet wurden. Damit ist der Kurzschlußpunkt P_1 des Stromdiagrammes (Abb. 9) bestimmt.

Bei ungefähr halber Tourenzahl $n = 500$, also einem Schlupf $s = 0{\cdot}5$, werden die scheinbaren Rotorwiderstände in Ohm $R_o = \frac{2}{0{\cdot}5} = 4$, $R_u = \frac{0{\cdot}4}{0{\cdot}5} = 0{\cdot}8$ und mit Verwendung dieser Werte (in Abb. 8 strichliert angedeutet) erhält man den Punkt $P_{0{\cdot}5}$ in Abb. 9.

In ähnlicher Weise findet man $P_{0{\cdot}1}$, wenn man für $n = 900$ U/min, also $s = 0{\cdot}1$, $R_o = \frac{2}{0{\cdot}1} = 20$, $R_u = \frac{0{\cdot}4}{0{\cdot}1} = 4$ setzt. Durch wiederholte Anwendung dieser Operation wurde das in Abb. 9 wiedergegebene Stromdiagramm gefunden.

Es soll nun an Hand dieses Diagrammes (Abb. 9) das Betriebsverhalten des Motors beurteilt werden. Einem kVA entsprechen $\frac{1000}{\sqrt{3}.500} = 1{\cdot}15$ A oder einem kW 1·15 A mit der Spannung phasengleicher Strom. Die mit der Spannung phasengleiche Komponente des Kurzschlußstromes $\overline{P_1 P_1'}$ beträgt 68 A; somit wird vom Motor beim Anlauf eine Leistung von 59 kW dem Netze entnommen. Das Anzugsmoment erhält man nach Abzug des Statorverlustes, was am einfachsten durch Teilung der Strecke $\overline{P_1 P_1'}$ durch den Punkt P_1'' im Verhältnis

$$\frac{R_I}{R_{tot} - R_I} = \frac{0{\cdot}18}{1{\cdot}65 - 0{\cdot}18}$$

geschieht. Der Statorverlust $\overline{P_1'' P_1'}$ beträgt 6 kW, der Rotorverlust $\overline{P_1'' P_1}$ 53 kW; das Anzugsmoment ist daher das $\frac{53}{20} = 2{\cdot}65$-fache vom normalen.

Die „Momentenlinie" des Stromdiagrammes findet sich angenähert als Verbindungsgerade der Punkte P_1'' und $P_{0{\cdot}0}$. In Wirklichkeit ist die keine Gerade, sondern eine etwas nach abwärts gekrümmte Kurve, was aber für praktische Rechnungen vernachlässigt werden kann. Die Ordinatenabschnitte $\overline{P_x P_x''}$ zwischen der Strom- und der Momentenlinie geben somit sehr angenähert das bei einem jeweiligen Schlupf X an der Rotorwelle wirksame Moment an.

Die „Leistungslinie" läßt sich beim Boucherotmotor nicht mehr durch eine Gerade ersetzen, sie ist meist eine stark gekrümmte Linie. Die auf dem Rotor bei irgendeinem Schlupf x übertragene Leistung ist durch $\overline{P_x P_x''}$ gegeben. Nachdem von dieser Leistung der dem Schlupf x entsprechende Anteil in dem Rotorwiderstand vernichtet wird, verbleibt nur der Rest als an der Welle nutzbar gemachte Arbeit. Es wird beispielsweise beim Schlupf $x = 0{\cdot}5$ die Hälfte $(\overline{P_{0{\cdot}5}'' P_{0{\cdot}5}'''})$, beim Schlupf 0·1 ein Zehntel $(\overline{P_{0{\cdot}1}'' P_{0{\cdot}1}'''})$ der auf den Rotor übertragenen Energie Rotorverlust sein. Die Verbindungslinie der so erhaltenen Punkte P'',

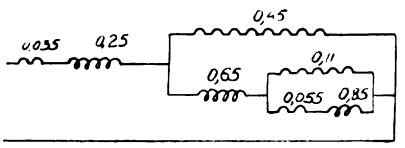


Abb. 10.

ist die Leistungslinie; denn es geben ja die jeweiligen Ordinatenabschnitte zwischen ihr und der Stromlinie die an der Welle nutzbar gemachte Leistung an. Der normale Belastungspunkt P_n liegt in der 20 kW entsprechenden Ordinatenhöhe über der Leistungslinie. Die größte Leistungsordinate ist im Punkte P_{max}. Dieselbe entspricht der maximalen Leistung, welche der Motor herzugeben imstande ist. Es ist somit (Abb. 9) die Leistungüberlastungsfähigkeit

$$\frac{\overline{P_{max} P_{max}'''}}{\overline{P_n P_n'''}} = \frac{33}{23} = 1{\cdot}45.$$

Das vollständige Stromdiagramm ergibt sich durch Hinzufügung des Leerlaufstromes J_μ im Punkte $P_{0{\cdot}0}$ (Abb. 9). Es wird bei $J_n = 32$ A (Normallaststrom), $J_k = 120$ A (Kurzschlußstrom, Anlauf) und $\cos\varphi = 0{\cdot}78$ bei normaler Last.

Das Verhältnis $\frac{J_k}{J_n} = 3{\cdot}8$ aus dem Stromdiagramm, ist also fast gleich groß wie nach der unter (1) angegebenen Beziehung, welche

$$\frac{J_k}{J_n} = \sqrt{m^2 + (2n)^2} = \sqrt{2{\cdot}65^2 + (2 - 1{\cdot}45)^2} = 3{\cdot}9$$

ergibt.

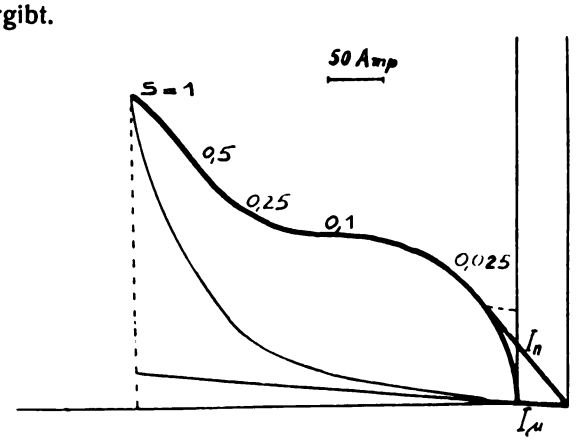


Abb. 11.

Das Stromdiagramm des Boucherotmotors ist, wie aus Abb. 9 ersichtlich, kein Kreisdiagramm wie beim gewöhnlichen Asynchronmotor, sondern neigt

Digitized by Google

mehr oder weniger zur Sattelbildung. Insbesondere bei größeren Maschinen tritt diese Sattelbildung immer stärker hervor, falls nicht die Erwärmung des Rotors oder zumindest der Wirkungsgrad leiden soll. Diese Sattelbildung läßt sich durch Verwendung eines dritten Käfigs bekämpfen.

Die rechnerische Behandlung des Tripelkäfigankermotors bietet auf Grund des Angeführten keine Schwierigkeiten. Abb. 10 zeigt das Ersatzschema (Widerstände im Ohm) eines solchen Motors für 60 PS, 970 U/min, 380 V in △, 50 Per/s und Abb. 11 das zugehörige Stromdiagramm. Die Sattelbildung und damit das Absinken des Momentes vor Erreichung der vollen Tourenzahl ist hier vollkommen vermieden.

Zum Schluß sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß es in den meisten Fällen möglich ist, Boucherotmotoren so zu entwerfen, daß die Phasenverschiebung des dem Netze entnommenen Stromes vom Anlauf bis zur Vollast nicht unter $\cos\varphi \approx 0{\cdot}5$ absinkt. Es wird daher die Leistungskomponente des Stromes während des ganzen Anlaufvorganges mindestens 50 vH des aufgenommenen Stromes betragen. Da der Statorkupferverlust bei gut entworfenen Motoren vernachlässigbar ist, folgt daraus, daß ungefähr die Hälfte des zufließenden Stromes zur Drehmomentbildung beiträgt. Wir kommen damit zu dem für die Verwendungsmöglichkeit des Boucherotmotors überaus wichtigen Resultat: Boucherotmotoren können bei entsprechender Dimensionierung durch statorseitige Spannungsregulierung (Anzapftransformatoren oder entsprechende sonstige Änderung der Netzspannung) bei Vollast angelassen werden[3]), ohne daß der Anlaßstrom mehr als doppelt so groß wird als der Vollaststrom. Es läßt sich also bei Boucherotmotoren meist ein Anlaßstromwirkungsgrad von ungefähr 50 vH erzielen, das heißt es muß zirka doppelt so viel Strom zugelassen werden, als dem entwickelten Drehmoment entspricht. Man erreicht somit beim Boucherotmotor durch statorseitiges Anlassen praktisch nahezu dasselbe wie beim Schleifringankermotor durch Widerstandsregulierung im Rotor.

[3]) Auf dem Kriegsschiff „New-Mexiko" (Vgl. General Electric Review, April 1919) werden beispielsweise 6700 PS Motoren, allerdings unter etwas ungünstigen Drehmomentverhältnissen, durch Erregung des sie speisenden Turbogenerators angelassen. (Vgl. a. E. u. M. 1918, S. 304; 1919, S. 158.)

Elektrizitätswirtschaft in der tschechoslowakischen Republik.

Vom Deutschen Verbande der Elektrizitätswerke, Karlsbad.

Übersicht: Die nachfolgenden Ausführungen können bloß eine Übersicht über die wichtigsten Vorgänge in der Elektrizitätswerkewirtschaft der tschechoslowakischen Republik seit der Gründung der letzteren und am Schlusse nur einige Zahlen über die Betriebsergebnisse der im „Deutschen Verbande der Elektrizitätswerke" organisierten Elektrizitätsunternehmungen bringen.

Bekanntlich sind bald nach dem Umsturze die sogenannten „gemeinnützigen Elektrizitätsunternehmungen" gegründet worden, und zwar in der Weise, daß das Gebiet der Republik in eine Anzahl von Versorgungsbezirken eingeteilt wurde, die diesen neugegründeten Elektrizitätsunternehmungen für die Energiebelieferung zugewiesen wurden, wobei auf die damals bereits bestandenen privaten und kommunalen Elektrizitätswerke nur äußerst wenig Rücksicht genommen wurde. Heute bildet das Verhältnis der nicht gemeinnützig erklärten, aber gemeinnützig schaffenden Elektrizitätswerke, die jetzt mitten im Kampfe um ihre wohlerworbenen Rechte stehen, zu den „gemeinnützigen Elektrizitätsunternehmungen" den Gegenstand von Streitfällen, die vor den obersten Behörden und zum großen Teile vor dem Obersten Verwaltungsgerichte zur Austragung gelangen.

Über die Elektrizitätswirtschaft der „gemeinnützigen Elektriziätsunternehmen", an denen dem Staate und den Ländern eine Beteiligung von bis 60 vH des Aktienkapitales zusteht, können wir hier keine Ausführungen bringen.

Hinsichtlich der nicht gemeinnützig erklärten, aber gemeinnützig schaffenden Elektrizitätswerke besteht heute nachfolgende Organisation: die deutschen Elektrizitätswerke sind im „Deutschen Verband der Elektrizitätswerke" vereinigt, welcher heute 80 Mitgliedswerke zählt; die tschechischen Werke sind in zwei Vereinigungen zusammengeschlossen, und zwar in der „Sektion der im ESČ (Elektrotechnický Svaz Československý) vereinigten privaten und Gemeinde-Elektrizitätswerke" und in der „Vereinigung der tschechoslowakischen öffentlichen und privaten Elektrizitätsunternehmungen"; die slowakischen Werke endlich in der „Sektion der im ESČ organisierten slovenskoer städtischen und privaten Elektrizitätswerke".

Die genannten vier deutschen, tschechischen und slowakischen Verbände arbeiten durch ein Spitzenorganisationskomitee Seite an Seite an allen Belangen, die zum Schutze der wohlerworbenen Rechte der nicht gemeinnützig erklärten, aber gemeinnützig schaffenden Elektrizitätswerke ohne Unterschied der Nationalität erforderlich sind.

Im Nachstehenden sollen die wichtigsten Vorgänge in der Elektrizitätswirtschaft nur in großen Zügen geschildert werden:

Die ersten Nachkriegsjahre waren dadurch charakterisiert, daß eine große Anzahl von Gemeinden, die günstige Gelegenheit der leichten Erlangung von Krediten ausnützend, ihre Gemeindegebiete elektrifizierte. Die Elektrizitätsversorgung nahm daher in der tschechoslowakischen Republik in diesen Jahren einen sehr großen Aufschwung. Besonders in den industriereichen Gebieten wurde sie derart schnell durchgeführt, daß heute nur noch wenige Gemeinden nicht elektrifiziert sind. Auf der diesjährigen „Ausstellung für

Digitized by Google

zeitgenössische Kultur" in Brünn werden seitens des Arbeitsministeriums zwei Karten der elektrischen Hochspannungsleitungen ausgestellt werden, von denen die eine den Stand vom Jahre 1918, die zweite den Stand vom Jahre 1928 darstellt. Schon aus den in der Geschäftsstelle des „Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke" gesammelten Detailunterlagen der Mitgliedswerke dieses Verbandes für diese Karten ist der enorme Aufschwung der Elektrifizierung aus den ersten Nachkriegsjahren zu ersehen, welche in dem Industriegebietsstreifen von Asch (Eger) bis Trautenau, dann in Schlesien und in den übrigen vorwiegend deutsch besiedelten Gebieten der Republik zu verzeichnen ist. An diesen enormen Fortschritten haben besonders die nachfolgenden größten Überland-Elektrizitätswerke das Hauptverdienst: die Westböhmischen Elektrizitätswerke in Asch, die Elektrizitätswerke in Eger, die Überlandwerke in Unterreichenau bei Falkenau, in Neusattl, in Kaaden, die Brüxer Straßenbahn- und Elektrizitäts-Gesellschaft, die Nordböhmischen Elektrizitätswerke in Bodenbach[1]), die Überlandzentrale in Reichenberg, die Elektrizitätswerke in Gablonz und in Tannwald-Schumburg, weiters die Zentralen und Elektrizitätsunternehmungen in Grottau, Mildenau, Nixdorf, Warnsdorf, Plan in Böhmen, die Kreiselektrizitätsgenossenschaft in Sternberg in Mähren, die Elektrizitätswerke Freudenthal und Jägerndorf in Schlesien u. a., dann außerhalb des genannten geschlossenen Industriegebietsstreifens eine namhafte Anzahl kleinerer, zumeist städtischer Elektrizitätswerke. Eine beträchtliche Anzahl größerer Städte im vorwiegend deutsch besiedelten Gebiete hat ihre elektrischen Anlagen in ausgiebigster Weise vergrößert und den zeitlichen Anforderungen angepaßt, allen voran Teplitz-Schönau, Aussig, Reichenberg, Troppau und viele andere.

Große eigene elektrische Industriezentralen, die ebenfalls dem „Deutschen Verbande der Elektrizitätswerke" angehören, sind die der Georg Schicht A. G. in Aussig, der Papierfabriken Spiro in Böhmisch-Krumau, des Vereines für chemische und metallurgische Produktion in Falkenau a. d. Eger, der Poldihütte in Komotau, des Westböhmischen Bergbau-Aktien-Verein in Pilsen, der Britannia-Gewerkschaft in Königswerth bei Falkenau a. d. Eger, Josef Riedel in Polaun bei Tannwald-Schumburg u. a.[2]).

Die ungemein großen Fortschritte der Elektrifizierung kamen nicht nur den Städten, den Gemeinden und der Industrie zugute, sondern auch der Landwirtschaft und dem Gewerbe. Großen Vorteil hatten durch die Bauten die elektrotechnischen Fabrikationsunternehmungen und der Handel mit elektrotechnischen Maschinen und Artikeln; es gab Zeiten, in denen es schwer war, das nötige Material für den Bau und für den Betrieb zu erhalten, da die Firmen den zahlreichen Bestellungen nicht nachkommen konnten.

Leider vollzieht sich derzeit die weitere Elektrifizierung aus den bereits eingangs genannten Gründen unter großen Schwierigkeiten, da der Unternehmergeist der Elektrizitätswerke durch die Ungewißheit hinsichtlich der weiteren Elektrizitätsgesetzgebung beziehungsweise der Novellierung des heute geltenden Elektrizitätsgesetzes nahezu vollkommen gelähmt ist. Nichtsdestoweniger trachten alle nicht gemeinnützig erklärten, aber gemeinnützig schaffenden Elektrizitätswerke privater und kommunaler Verwaltung, ihre Versorgungsbereiche und Anlagen den Ansprüchen der modernen Technik und den Konsumanforderungen entsprechend beständig zu vervollständigen. Auch wird von ihnen das möglichste getan, um den Konsum zu heben und die modernen Anwendungen der Elektrizität in der Landwirtschaft, im Gewerbe und im Haushalte zu propagieren und bei der Bevölkerung zu verbreiten, wobei jede Gelegenheit, besonders Ausstellungen und Vorträge, eifrigst ausgenützt werden.

Den größten Teil des Stromkonsumes weisen die Industrien auf; daneben steigt der Konsum der Städte und Gemeinde von Jahr zu Jahr, wenn auch noch nicht in jenem Maße, das die angestrebte, namhafte Herabminderung der Strompreise ermöglichen würde; immerhin ist aber der weiter unten angeführte Durchschnittsstrompreis für Kleinkonsum der Mitgliedswerke des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke von tsch. Kr. 2·79/kWh für hiesige Verhältnisse mäßig zu nennen. Der Strompreis von tsch. Kr. 0·65 für die kWh im Großkonsum ist äußerst mäßig und beweist, daß die Großkraftwerke ihr möglichstes tun, um den Industrien und den übrigen Großabnehmern tunlichst entgegenzukommen.

Für die weitere Elektrifizierung in der tschechoslowakischen Republik besteht das Bestreben, große Wasserkraftwerke zu errichten und durch sie sodann die bereits begonnene Elektrifizierung der Bahnen und den weiteren Bedarf der Industrien zu decken. Es steht ganz außer Zweifel, daß die Bahnen und die Industrien sehr starke Abnehmer für die projektierten großen Wasserkraftwerke sein werden.

Viel wurde bereits von der Landes-Sammelschiene mit Höchstspannung gesprochen, welche das Ziel der systematischen Elektrifizierung darstellen würde[3]); die Verwirklichung dieser Sammelschiene liegt aber sicherlich noch in weiter Ferne; die derzeitige Lage in dieser Hinsicht würde es aber mit nicht allzu großen Mühen und finanziellen Mitteln möglich erscheinen lassen, Verbindungen der einzelnen Großkraftwerke durch Verbundleitungen mit Hochspannung zur gegenseitigen Aushilfe herzustellen; es liegen hiefür bereits durchgeführte Verbundleitungen benachbarter Großkraftwerke stellenweise vor.

Hinsichtlich der Schaffung von Fernheizwerken ist zu berichten, daß solche in einigen Städten bestehen, beziehungsweise in Errichtung begriffen sind.

Die nachfolgenden Zahlenangaben beziehen sich auf die dem „Deutschen Verbande der Elektrizitätswerke" angehörenden Mitgliedswerke und Unternehmungen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 941.
[2]) Vgl. Heft 1, d. J., S. 22.
[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 444; 1928, H. 9, S. 200.

Digitized by Google

Im Jahre 1926 betrugen:

Die gesamte Leistungsfähigkeit der Generatoren bei 51 Mitgliedern des Verbandes rund 112000 kW;

die Jahreserzeugung in Mill. kWh: bei 21 Wasserkraftwerken (bei einer Gesamtleistungsfähigkeit von 30 Mill. kWh) 18
bei 39 kalorischen Zentralen 219
die Gesamterzeugung also 237

der Jahresabsatz
bei 42 Zentralen im Großkonsum 186
bei 50 Zentralen im Kleinkonsum 47

die Strompreise in Kč/kWh
im Großkonsum durchschnittlich . . . . . 0·65
im Kleinkonsum durchschnittlich . . . . . 2·79

die Anzahl der stromversorgten Städte und Gemeinden bei 53 Elektrizitätswerken, welche rund 2 Mill. Einwohner zählen, ... 1043,

die Gesamtlänge der von 52 Elektrizitätswerken betriebenen Hochspannungsleitungen rund 4000 km,

die gesamten Investitionssummen in 52 Unternehmungen rund 710 Mill. Kč.

Unter großen Mühen wurde im Vorjahre auf eine Rundfrage hin festgestellt, daß bei 192 nicht gemeinnützig erklärten, aber gemeinnützig wirkenden Elektrizitätswerken der Republik im Jahre 1926 ein Gesamtabsatz von 465 Mill. KWh zu verzeichnen war, und daß weiters in 227 solcher Werke rund 860 Mill. Kč investiert waren; schätzungsweise gibt es aber in der tschechoslowakischen Republik 800 bis 1000 dieser nicht gemeinnützig erklärten Elektrizitätswerke, und wir gehen daher nicht fehl, wenn wir die gesamten in den nicht gemeinnützig erklärten Werken investierten Summen mit weit über eine Milliarde Kč beziffern; die „gemeinnützigen" Unternehmungen gaben vor kurzem ihre Gesamtinvestitionssummen mit einer Milliarde Kč an; die nicht gemeinnützigen Werke überwiegen also in ihrer diesbezüglichen Bedeutung ganz beträchtlich.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß im vorwiegend deutsch besiedelten Gebiete in den Städten Marienbad, Teplitz-Schönau, Brüx, Aussig, Gablonz, Reichenberg und Troppau elektrische Bahnen betrieben werden. Einige Städte, darunter Eger und Karlsbad, beabsichtigten schon vor dem Kriege die Errichtung elektrischer Straßenbahnen, mußten aber wegen des Krieges und später wegen der Nachkriegsverhältnisse davon Abstand nehmen und führten zumeist Autobusbetrieb ein.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß die tschechoslowakische Republik bestrebt ist, hinsichtlich der modernen Elektrifizierung technisch auf den Standpunkt eines modernen Staates zu gelangen; unserer Ansicht nach würde es nur der Schaffung eines gerechten Elektrizitätsgesetzes und einer gerechten Auslegung und Handhabung desselben bedürfen, um den technischen Unternehmergeist in seinen aufrichtigen Bestrebungen zu unterstützen, bei dem vorliegenden besten Willen aller Kreise, ohne Unterschied der Nationalität, den angestrebten, besten, modernen Zustand im Elektrizitätswesen herbeizuführen.

Verbundswirtschaft amerikanischer Großkraftwerke.

Ein anschauliches Bild über den hohen Grad der Entwicklung, den die Verbundwirtschaft von Großkraftwerken in den V. St. A. in verhältnismäßig kurzer Zeit erreicht hat, gewinnt man aus den diese Frage betreffenden Erörterungen, die im Rahmen der diesjährigen, in New York abgehaltenen Winterversammlung des American Institute of Electrical Engineers stattgefunden haben[1]). Denselben kann entnommen werden, daß der Gedanke des Zusammenschlusses sich allenthalben durchgesetzt hat und die hieraus sowohl für die Allgemeinheit als die einzelnen Unternehmungen erhofften Vorteile sich auch tatsächlich eingestellt haben. Deshalb bildet auch die Frage der Zweckmäßigkeit solcher Maßnahmen keinen Gegenstand des Meinungsaustausches mehr; nur die mit der praktischen Durchführung zusammenhängenden technischen und administrativen Vorkehrungen wurden einer eingehenden Besprechung unterzogen.

W. E. Mitchell hat über die Ergebnisse des zwischen den Kraftwerken der südöstlichen Staaten eingerichteten Verbundbetriebes berichtet. Der Energieaustausch findet dort in der Hauptsache über ein 154 kV Netz statt. Ein aus Vertretern aller beteiligten Gesellschaften bestehender Betriebsausschuß bespricht in jährlich etwa achtmal stattfindenden Sitzungen alle Fragen von gemeinsamem Interesse, wie Belastungs- und Niederschlagsverhältnisse, Energiespeicherung, Betriebsprogramm usw., wodurch Gelegenheit gegeben wird, die Verhältnisse in den einzelnen Betrieben kennen zu lernen und in dringenden Fällen rasch die zweckmäßigsten Maßnahmen zur gegenseitigen Aushilfe zu treffen. Eine besonders wichtige Voraussetzung für den anstandslosen Betrieb bildet die genaue Einhaltung der einem jeden Werk vorgeschriebenen Periodenzahl, wodurch die Lastverteilung bedingt ist. Als taktgebend wirkt jeweils jenes Werk, welches den überwiegenden Teil der Belastung übernimmt. Die Kraftmaschinenregler werden überall mit möglichst größter Genauigkeit eingestellt, damit jedes Kraftwerk die ihm zugeteilte Last richtig übernimmt. Die Spannungsregelung wird durch Synchronphasenschieber bewirkt[2]), deren Leistung insgesamt bereits 130000 kVA beträgt. Überdies werden auch zu Zeiten reichlicher Wasserführung, wo sie zur Krafterzeugung nicht benötigt werden, die von den Dampfturbinen abgekuppelten Generatoren gleichfalls als Phasenschieber verwendet, ebenso die Generatoren der Wasserkraftanlagen, wenn sie frei sind. Reguliertransformatoren sind in den Verbindungspunkten bis jetzt nicht notwendig gewesen, doch dürften solche mit der Zeit ebenfalls in Frage kommen.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet noch die Relaisfrage, da die bisher in Einfachleitungen verwendeten Überstromrelais einigemale bei Störungen die fehlerhafte Strecke nicht genügend rasch abgetrennt haben, was zu ernsten Betriebsunterbrechungen geführt hat. Die in Doppelleitungen eingebauten Differenzrelais arbeiten dagegen zufriedenstellend. Die Vorteile des Verbundbetriebes kommen mit dem Wachsen der Belastung und Ausdehnung des Versorgungsgebietes in stets steigendem Maße zur Geltung, da derselbe die günstigste Ausnützung der Kraftquellen, Einschränkung der Reserven, Ausführung von Erweiterungsbauten in der wirtschaftlich günstigsten Weise und dergleichen mehr gestattet. Derart wird es möglich, die spezifischen Anlagekosten zu verringern und den Belastungsfaktor der Kraftwerke zu erhöhen.

Den empfindlichsten Punkt im ganzen System bilden noch die Freileitungen, deren Ausführung mit größter Sorgfalt zu erfolgen hat. Auf Grund dieser Erkenntnis werden derzeit schon sämtliche wichtigen Leitungen mit Erdseilen ausgerüstet und stark isoliert. In Fällen, wo die elektrische Festigkeit der Leitung größer ist als

[1]) Siehe: Electrical World, Bd. 91, Heft 8, 1928.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 70.

Digitized by Google

jene der angeschlossenen Transformatorenstation, wird zum Schutze der letzteren ein kurzes Stück der Leitung in der Nähe der Station schwächer ausgeführt, indem die Isolatorketten um 1 bis 2 Glieder kürzer gemacht werden. Eine möglichst betriebssichere Verständigungsmöglichkeit zwischen den einzelnen Werken wird durch eigene Fernsprechleitungen geboten; auch von der leitungsgerichteten Hochfrequenz-Telephonie wird neuerdings mit bestem Erfolg Gebrauch gemacht.

H. B. Gear hat den von den drei Chicago und Umgebung versorgenden Gesellschaften[3]) eingerichteten Verbundbetrieb beschrieben. Am meisten bemerkenswert ist hier die Disposition über die Maschinenreserve. Die für die Spitzenleistung der Gesamtheit der drei Betriebe notwendige Maschinenreserve wird einvernehmlich bestimmt; jede Gesellschaft stellt ihre eigene Reserve zur Verfügung und wird hiefür von den anderen entschädigt, oder hat diese zu entschädigen, je nachdem ihr Beitrag den allgemein geltenden Prozentsatz über- oder unterschreitet. So galten zum Beispiel in einem Sommermonat des Jahres 1927 folgende Ziffern in kW:

	Gesellschaft A	B	C	Summe
Spitzenleistung	864 300	139 800	44 700	1 041 000
Maschinenreserve . . .	101 245	97 980	2 075	201 300
Quotenmäßig beizustellende Maschinenres. .	165 875	26 240	8 585	201 300
Überschuß oder Fehlbetrag	—64 639	71 740	—6 510	

Die Gesellschaften A und C hatten daher in diesem Monat B für die seitens dieser beigestellte Maschinenreserve zu entschädigen; während derselben Zeit hat aber auch Gesellschaft A an die beiden anderen über 35 Mill. kWh geliefert, wofür ihr ein entsprechendes Entgelt gezahlt wurde und als Endergebnis war außer dem Vorteile, daß unnütze Aufwendungen für Maschinenreserve erspart werden konnten, noch eine der wirtschaftlicheren Betriebsführung zuzuschreibende erhebliche Brennstoffersparnis zu buchen.

Nach den bisher gemachten Erfahrungen bietet der Parallelbetrieb der Kraftwerke keine besonderen Schwierigkeiten, falls die Verbindungsleitungen nicht zu lang und genügend leistungsfähig sind, wogegen im Falle von langen Leitungen bei verhältnismäßig niedriger Übertragungsspannung schon der normale Betriebszustand nahe zur Stabilitätsgrenze liegen kann und jede auch nur vorübergehende Störung ein vollständiges Umfallen herbeizuführen pflegt. Aus demselben Grunde sollte eine mehr als zweimalige Transformierung vermieden werden, da jeder Transformator vermöge seiner hohen Impedanz einem beträchtlichen Stück Leitung entspricht.

Das interessanteste und auch in der Größenordnung hervorragendste Beispiel eines großzügigen Verbundbetriebes dürfte der in Ausführung begriffene Zusammenschluß der Dampf- und Wasserkraftwerke in den Oststaaten, südlich von New York, bilden, der über einen 220 kV-Ring bewerkstelligt wird. Es handelt sich hier, wie aus der Beschreibung von W. C. L. Eglin hervorgeht, um die Anlagen der Philadelphia Electric Co.[4]), der Pennsylvania Power & Light Co. und der Public Service Electric & Light Co. of New Jersey[5]). Als wesentlichen Vorteil aus dieser Verbindung erwartet man außer der bereits früher erwähnten insbesondere, daß die kombinierte Belastungsspitze vermöge der Verschiedenheit der Absatzgebiete nicht unerheblich geringer ausfallen wird als die Summe der einzelnen Spitzen, daher an Maschinenleistung gespart werden kann. Im Pennsylvania-Netz tritt die tägliche Höchstlast in den Morgenstunden, die Jahresspitze im Oktober auf, wogegen in den beiden anderen Netzen die Spitze im Laufe des Nachmittags, die Jahreshöchstlast im Dezember zu erwarten ist. Überdies ermöglicht natürlich der Verbundbetrieb auch in diesem Falle eine Verringerung der Maschinenreserve, restlose Ausnützung der Flußwasserkräfte und Erzielung größtmöglicher Betriebsökonomie. Wie das in Abb. 1 dargestellte Netzbild zeigt, speisen in den 220 kV-Ring außer einer Reihe von Dampfwerken, auch die in Fertigstellung begriffenen Großwasserkraftanlagen Conowingo und Wallenpaupack[6]). Als Mittelpunkt des ganzen Betriebes wurde das Siegfried-Unterwerk gewählt, wo der Lastverteiler seinen Sitz hat. Als besonderer Vorteil muß auch noch gewertet werden, daß nur durch diesen Zusammenschluß der wirtschaftliche Ausbau der Conowingo-Anlage ermöglicht wurde, wo ein sehr kostspieliger Staudamm zu errichten war, der sich nur dann bezahlt machen konnte, wenn schon der erste Ausbau eine möglichst große Maschinenleistung umfaßt, zu deren Ausnützung aber nur der gegenständliche Verbundbetrieb zu verhelfen vermochte.

Eine etwas abweichende Richtung hat die Entwicklung des Verbundbetriebes an der Westküste, der eigentlichen Geburtsstätte der Großkraftübertragung genommen, wo ursprünglich die ein und derselben Unternehmung gehörenden, im Innern des Landes gelegenen Wasserkraftanlagen mit im Absatzgebiet selbst errichteten Dampfzusatzanlagen zusammengefaßt wurden. Aus der Darstellung von P. M. Downing geht hervor, daß die Gesellschaften nach und nach auch die Erzeugung der kleineren, im Zuge der Kraftübertragungsleitung gelegenen Wasserkraftanlagen aufgenommen, ferner neue Werke selbst erbaut haben, wodurch die Bedeutung der Dampfwerke immer geringer wurde, so daß zum Beispiel von der Jahreserzeugung der Pacific Gas & Electric Co. in der Höhe von 2·38 Milliarden kWh mit 440 000 kW Spitze nicht ganz 1 vH derzeit aus Dampf gewonnen wird. Als unerläßlich für einen anstandslosen Betrieb gelten eine vollständig sichere Verständigungsmöglichkeit, Zentralisierung der ganzen Betriebsleitung an einer Stelle, tadellose Spannungs- und Periodenzahlregelung, sowie rascheste Lokalisierung etwaiger Fehler. Es hat sich gezeigt, daß bei Leitungsstörungen auch die im Störungsbereich gelegenen Fernsprechleitungen zufolge Fernwirkung unbrauchbar werden, weshalb man bestrebt sein muß, derartige Leitungen in möglichst großer Entfernung von den Starkstromleitungen zu führen; auch die leitungsgerichtete Telephonie verspricht hier Abhilfe. Die Raschheit der Fehlerlokalisierung ist eine von der Verwendung eines geeigneten Relaissystems und von Ölschaltern ausreichender Leistung abhängige Frage. Die Spannungsregelung wird mittels Synchronphasenschieber bewirkt, die Periodenzahlregulierung in der Weise vorgenommen, daß ein Kraftwerk zur Führung bestimmt wird, welches sämtliche Lastschwankungen aufzunehmen hat, wogegen die anderen mit möglichst gleichbleibender Belastung arbeiten. In der Regel wird hiefür ein möglichst nahe zum Belastungsmittelpunkt

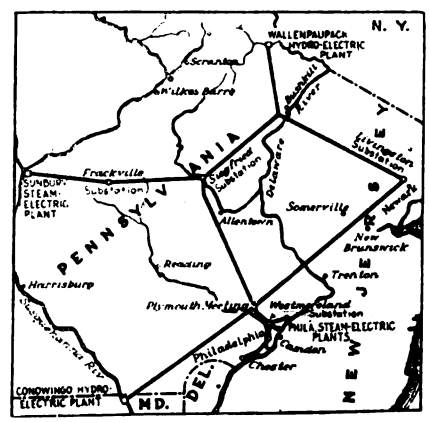


Abb. 1.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 63.

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 751; 1927, S. 1065.

[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 209.

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, 406.

Digitized by Google

gelegenes Werk gewählt; handelt es sich um eine Wasserkraftanlage, so muß dieselbe ausreichende Pufferungsmöglichkeit aufweisen. Die Regulatoren des führenden Werkes sind möglichst empfindlich einzustellen, damit sie schon den geringsten Drehzahlschwankungen folgen. Im übrigen sind die Lastschwankungen in großen, Abnehmer der verschiedensten Eigenart beliefernden Netzen verhältnismäßig gering, wodurch das Regulierungsproblem sehr vereinfacht wird.

Dr. Beck.

Die Ausnützung der Fernkabellinien.

Von Min.-Rat Ing. R. **Helder** Wien[1]).

Das Streben aller Telegraphenverwaltungen ist heute darauf gerichtet, die Telegraphen- und Fernsprechleitungen soviel als möglich zu verkabeln, da die ständig zunehmende Anzahl der Schwachstromverbindungen auf den schon vorhandenen Freileitungsgestängen wegen zu großer Belastung derselben nicht mehr untergebracht werden kann und die Unabhängigkeit des Kabelbetriebs von atmosphärischen und anderen Störungen große Vorteile bietet. Dem steht aber gegenüber, daß eine neue Kabelanlage bedeutende Investitionskosten erfordert, deren Amortisation nur durch möglichst vollkommene Ausnützung der Kabeladern gewährleistet werden kann. Man trachtet daher gegenwärtig, die einzelnen Adern für mehrere, von einander unabhängige Zwecke gleichzeitig nutzbar zu machen, ohne gegenseitige Störungen befürchten zu müssen. Bei den in Verwendung stehenden Systemen und Schaltungen, die im Folgenden besprochen werden sollen, werden dabei vor allem drei grundlegende Schaltelemente der Wechselstromtechnik benützt: Die Drosselkette zum Drosseln höherer Frequenzen, die Kondensatorkette zum Abschneiden niederer Frequenzen und die Siebkette zum Durchlassen (Aussieben) einer bestimmten Frequenz.

Die einfache Schaltung (Abb. 1) gestattet auf zwei Kabeladerpaaren gleichzeitig drei Ferngespräche abzuwickeln. Denn, während sich der Verkehr der Sprechstellen S_1, S_2, S_3, S_4 auf den beiden Stammleitungen in normaler Weise, das heißt wie auf einer Zweidrahtleitung, abwickelt, bilden für die dritte Sprechstelle (S_5 und S_6), welche an die Wicklungsmitte der Transformatoren T_1, T_2, T_3, T_4, angeschlossen ist, die beiden Drähte der einen Stammleitung die Hinleitung und die der anderen die Rückleitung, wie durch die punktierten Pfeile angedeutet wird. Statt der dritten Sprechstelle kann man auch Telegraphenapparate einschalten und so die beiden Fernsprechkreise durch einen Telegraphenbetrieb zusätzlich belasten (Simultantelegraphie).

Eine weitere Ausnützung der Kabeladern ist dadurch möglich, daß für die telegraphische und telephonische Übertragung auf derselben Leitung getrennte Frequenzbereiche benützt werden, und zwar für die Telegraphie der Bereich unter 300 Hertz (Unterlagerungstelegraphie) und für die Telephonie das Gebiet zwischen 300 und 2400 Hertz, welches für eine deutliche Sprachverständigung vollständig ausreicht[2]). Um in der Empfangsstation die Ströme verschiedener Frequenz vollkommen zu trennen, wird in die Zuleitung zum Telegraphenapparat eine Drosselkette und in die Zuleitung zum Telephon eine Kondensatorkette eingeschaltet. Der Nachteil dieser Schaltung, daß durch das Einschalten der Telegrapheneinrichtung höhere Spannungen in die pupinisierten Kabeln gelangen, kann leicht durch Zwischenschalten eines Transformators zwischen Telegraphensendeapparat und Kabelleitung behoben werden; es wird dann nur der induktive Stromstoß, der beim Schließen des Sendekreises entsteht, vom Transformator in die Kabelleitung übertragen und beim Zwischenempfang verwendet, während die Gleichstromquelle der Telegrapheneinrichtung von der Kabelader getrennt ist (Stromstoßtelegraphie). Eine solche Schaltung, die also alle bisher besprochenen Ausnützungsmöglichkeiten vereinigt, zeigt Abb. 2: Auf den beiden Stammleitungen wird gemäß der in Abb. 1 gezeigten Kunstschaltung ein dreifacher Telephonbetrieb vermittelt; außerdem ist aber an die beiden Adernpaare ein Telegraphenbetrieb angeschlossen, der die

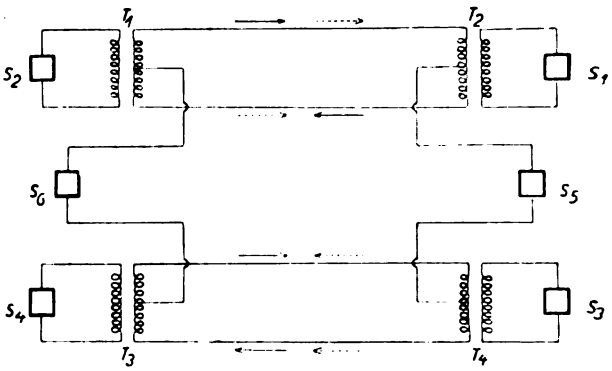


Abb. 1.

gleichzeitige Absendung von Telegrammen in beiden Richtungen gestattet, da in jede Kabelader immer nur ein Sender oder Empfänger eingeschaltet ist. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, ist die Sendeeinrichtung durch den Transformator T mit der Leitung verbunden und der Telephon- und Telegraphenempfang durch Kondensator- und Drosselketten vollkommen getrennt. Die Schaltung

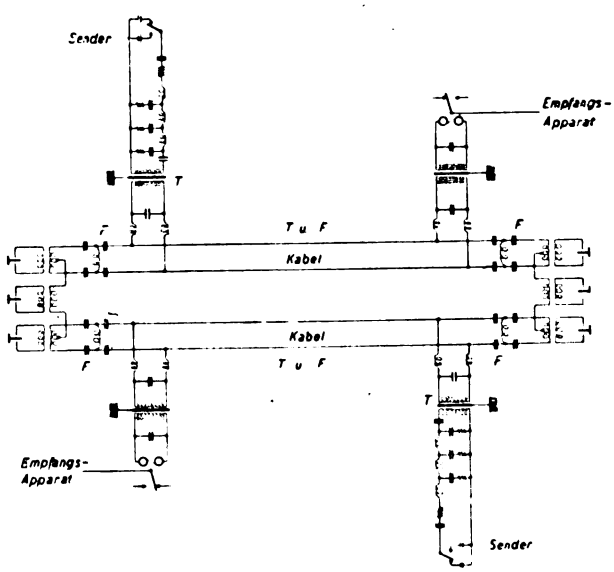


Abb. 2.

Abb. 2 ermöglicht also auf zwei Doppelleitungen die gleichzeitige Abwicklung von drei Telephongesprächen und einem beidseitigen Telegraphenbetrieb. Durch Anwendung der Duplex-Schaltung bei den Telegrapheneinrichtungen könnte sogar eine noch höhere Ausnützung, nämlich zwei Telegraphenbetriebe bei gleicher Zahl der Kabeladern, erzielt werden.

[1]) Auszug aus einem Vortrag, gehalten im Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein am 17. April 1928.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 55, 254; vgl. a. die Einteilung in Amerika E. u. M. 1925, S. 450.

Digitized by Google

Bei den bisher behandelten Systemen erfolgte die Zeichengebung des Telegraphenbetriebes mit Gleichstrom. Bei Verwendung dieser Stromart als auslösende Stromquelle — dies gilt auch für moderne Schnell- und Typendrucktelegraphen — ist aber bald trotz sinnreichster Kunstschaltungen eine Grenze der Ausnützungsmöglichkeiten der Fernkabellinien gefunden. Über diese Grenze hinaus gelangt man erst, wenn man zur Zeichensendung Wechselstrom verwendet und zum Mehrfachbetrieb mit Wechselströmen verschiedener Frequenz, die gleichzeitig durch eine Kabelader übertragen werden können, zur sogenannten Tonfrequenztelegraphie, übergeht[3]). Die Schwierigkeiten dieses Systems, dessen Anfänge auf Mercadier zurückreichen, der abgestimmte Stimmgabeln als Stromerzeuger und Monotelephone als Empfänger benützte[4]), liegen in der Empfangsstation, wo eine scharfe Trennung (Aussiebung) der verschieden frequenten Wechselströme durchgeführt werden muß. Wie dies gegenwärtig geschieht, ist aus Abb. 3, die eine moderne Schaltung für Tonfrequenztelegraphie wiedergibt, zu ersehen. Als Wechselstromgeneratoren der einzelnen Sendestellen — in Abb. 3 sind es sechs — dienen Hochvakuumröhren in Rückkopplungsschaltung, deren Sendefrequenz durch Veränderung der Selbstinduktion einer Spule im Schwingkreis einreguliert wird. Durch Niederdrücken der Telegraphentaste gelangen die so erzeugten Wechselspannugen an das Gitter einer gemeinsamen Verstärkerröhre; von deren Anodenkreis aus werden die Wechselströme durch einen Transformator auf die Kabelleitung übertragen. Da für letztere normale Fernsprechkabel in Verwendung kommen, müssen die ausgesendeten Frequenzen in dem Bereich von 300 bis 2400 Hertz liegen. Am Empfangsende der Leitung ist wieder ein gemeinsamer Verstärker, an den über eine gemeinsame Zuleitung die sechs Empfänger angeschlossen sind.

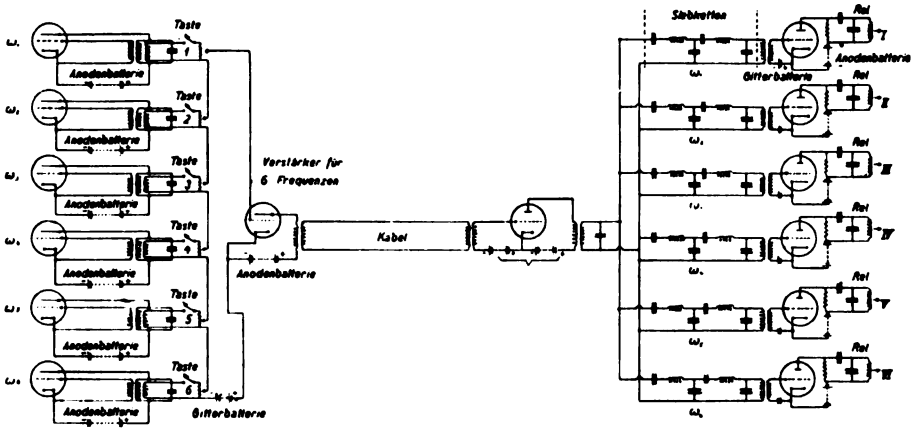


Abb. 3.

Vor jeden einzelnen Empfänger ist jedoch eine Siebkette, aus Selbstinduktionen und Kapazitäten bestehend, eingebaut[5]), welche nur die Frequenz des zum betreffenden Empfänger gehörenden Generators durchläßt, alle Ströme anderer Frequenz aber so stark dämpft, daß sie zur Betätigung des Empfangsrelais nicht mehr ausreichen. Auf diese Weise ist eine scharfe Trennung der einzelnen Betriebe möglich. Hinter jeder Siebkette befindet sich noch ein Gleichrichter, um die Verwendung normaler Telegraphenempfangsrelais' zu ermöglichen. Bei dem System der Abb. 3 ist also ein Ersatz von sechs Telegraphenleitungen durch zwei Kabeladern erreicht.

Schließlich sei als letzte und neueste Möglichkeit der Ausnützung der Fernkabel die Bildtelegraphie erwähnt, für deren empfindlichen Betrieb gerade die Kabelleitungen von besonderer Bedeutung sind, da bei ihnen die Störungen der übermittelten Stromimpulse durch Induktion aus Nachbarleitungen und durch atmosphärische Vorgänge in Wegfall kommen. Ein Eingehen auf die verschiedenen in Anwendung stehenden Systeme, besonders auf die zwischen Wien und Berlin bestehende Bildübertragung nach Telefunken-Karolus, erübrigt sich hier mit Rücksicht auf die in dieser Zeitschrift veröffentlichten ausführlichen Beschreibungen.[6])

Aus den verschiedenen, vorstehend angegebenen Methoden ist zu ersehen, daß die Schwachstromtechnik heute schon über zahlreiche Mittel zur besseren Ausnützung der teueren Kabeladern verfügt, doch sind noch weitere Fortschritte auf diesem Wege, besonders in Hinblick auf die vereinte Anwendung der grundlegenden Ausführungsformen, zu erhoffen, da manche schwierige Frage noch ihrer Lösung harrt.

[3]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 543; 1920, S. 583; 1922, S. 199; 1923, S. 275; 1924, S. 342; 1925, S. 450; 1926, S. 507; 1927, S. 896.

[4]) Vgl. E. u. M. 1915, S. 555; 1920, S. 583.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 511.

[6]) E. u. M. 1925, S. 181, 857; Die Radiotechnik 1925, S. 93; 1926, S. 50, 53, 61, 82; 1927, S. 32, 33. Es sei ferner auch auf einen in Heft 7 d. J. der Radiotechnik erscheinenden zusammenfassenden Bericht über Bildtelegraphie hingewiesen.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Unstabilitätserscheinungen bei Transformatoren. K. E. Gould versucht auf experimentellem und graphischem Weg, die von L. N. Robinson und anderen beobachtete Erscheinung aufzuklären, daß eine Gruppe aus drei in Stern geschalteten, drehstromgespeisten Einphasentransformatoren, welche sekundär auf drei gleichfalls in Stern geschaltete Kapazitäten bei geschlossener sekundärer und offener primärer Nullpunktsverbindung arbeitet, in einem gewissen Bereich der kapazitiven Last unstabile Schwankungen zeigt. Nach Versuchen von R. P. Shaw tritt das gleiche unstabile Verhalten auch ein, wenn, bei unveränderter Schaltung der Primärseite, die Sekundärseite der Transformatorengruppe in Dreieck verbunden ist und in eine Ecke des Dreiecks eine Kapazität eingeschaltet wird. Eine solche Unstabilität hängt offensichtlich mit der Spannungsverzerrung durch die dritte Harmonische und deren Vielfache zusammen, da sie bei Schließen der primären Nullpunktsverbindung verschwindet.

Der Autor erzeugt zunächst an drei gleichen Ein-

Digitized by Google

phasentransformatoren von 1·5 kVA, 100 V, 60 Per/s, Übersetzung 1 : 1, die unstabilen Erscheinungen in den beiden erwähnten Schaltungen. Es gelingt ihm sodann, die Unstabilität auch bei einphasiger Speisung eines Einphasentransformators hervorzurufen, der sekundär durch eine Kapazität belastet ist, während im primären Strom durch einen geeigneten, in die Zuleitung geschalteten Sperrkreis alle höheren Harmonischen unterdrückt werden. Schließlich erhält er qualititiv auch das gleiche Verhalten, wenn, bei offener Sekundärwicklung (Leerlauf), die Kapazität parallel zur Primärwicklung des Einphasentransformators geschaltet wird; damit ist die Erscheinung auf den einfachen Fall reduziert, daß eine Eisendrossel mit parallelgeschalteter Kapazität über eine Leitung, in der die höheren Harmonischen des Stromes unterdrückt sind, einphasig gespeist wird. (Der gleiche Fall liegt vor bei dreiphasiger Speisung dreier in Stern geschalteter Eisendrosseln mit zu jeder Drossel paralleler Kapazität.) In einem solchen Stromkreis gibt es also einen gewissen geschlossenen Unstabilitätsbereich, der durch bestimmte Werte von Kapazität, Frequenz und Spannung eingegrenzt ist.

Es wird nun vom Autor unter Benützung der Hysteresisschleife des Transformators ein graphischer Weg zur genaueren Erklärung eingeschlagen und gezeigt, daß es überhaupt nicht möglich ist, innerhalb eines gewissen Wertbereiches der parallelgeschalteten Kapazität für die dritte Harmonische der Phasenspannung Werte zu finden, für welche die dritte Harmonische des erregenden Magnetisierungsstromes gleich groß und in der Phase entgegengesetzt ist der dritten Oberwelle jenes Stromes, der durch die Kapazität fließt. In der Nichterfüllung dieser bei stationärem Betrieb notwendigen Bedingung soll also die Ursache des instabilen Verhaltens liegen. Wenn statt der Hysteresisschleife die einfache Magnetisierungslinie herangezogen wird, so ist die Bedingung korrekter Phasenlage der dritten Harmonischen des Stromes schon von selbst erfüllt und derjenigen gleicher Amplitude in Drossel und Kondensator kann durch einen geeigneten Wert der dritten Oberwelle der Phasenspannung immer Genüge geleistet werden, so daß bei jeder Kapazität Stabilität herrschen würde. Für die Erklärung der Unstabilität ist daher die Berücksichtigung der Hysteresis unerläßlich. Unter Benützung derselben zeigt nun die graphische Behandlung des Stromkreises Eisendrossel — Kondensator, daß nur ganz bestimmte Wertbereiche der dritten Oberwelle des Flusses (gemessen in Prozenten der Grundwelle) und der Phasenverschiebung derselben gegen die Grundwelle für eine Erfüllung der „Phasenbedingung" möglich sind, und gleichfalls nur ganz bestimmte, aber andere Wertbereiche der „Amplitudenbedingung" genügen. Kreuzen sich diese Bereiche nicht, so können beide Bedingungen nicht gleichzeitig befriedigt werden — das System ist instabil. Dies ist — wie der Autor an einem bestimmten Beispiel zeigt — für einen gewissen Wertbereich der Kapazität der Fall. (Bemerkenswert ist dabei, wie eng der Bereich ist, den die „Phasenbedingung" der Phasenverschiebung zwischen Grundwelle und dritter Harmonischer des Flusses vorschreibt; er liegt in dem behandelten Beispiel zwischen 59° und 67° und zwischen 116° und 118°. D. Ber.) Frd.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 11, 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, Form WVG und WVG₂. Der Induktionszähler, Form WVG, welcher zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstrom-Zweileiteranlagen bestimmt ist, und der analoge Dreileiterzähler, Form WVG₂, hergestellt von der Firma Herczka, Uxa & Cie., Elektrizitätszählerfabrik in Wien, wird in der Bauart ohne und in der Bauart mit Schutzblech für den Bremsmagneten für Stromstärken von 1·5 bis 50 A, für Spannungen bis 380 V und für Frequenzen von 25 bis 60 Per/s als Ausführungsform des Elektrizitätszählersystems IX zur eichamtlichen Beglaubigung zugelassen.

Der Zähler (Abb. 00) ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker *a* aus Aluminium durch einen Dauermagneten *b* gebremst wird. Das Spannungseisen *c* ist oberhalb, das Stromeisen *d* unterhalb der Ankerscheibe angeordnet. Der größte Teil der Kraftlinien des Spannungsflusses geht durch den magnetischen Nebenschluß *e*, ohne die Scheibe zu durchsetzen. Für den wirksamen, die Scheibe durchsetzenden Teil der Spannungskraftlinien dient ein unterhalb der Scheibe befindlicher Steg *f* als magnetischer Rückschluß. Der Steg ist mittels einer Schraube am magnetischen Nebenschluß befestigt. Zur genauen Abgleichung der 90° Verschiebung zwischen den wirksamen Feldern bei induktionsfreier Belastung ist auf dem Stromeisen eine achterförmige Schleife aus Kupferblech *h* aufgesetzt, welche durch einen verschiebbaren Drahtbügel *g* geschlossen ist. Durch Verschieben des Drahtbügels wird der Widerstand der Schleife geändert. Zur Überwindung der Reibung wird mit einem im Triebpol des Spannungeisens verschraubbaren Gewindebolzen *i* ein kleines Hilfsdrehmoment erzeugt. Zur Verhinderung des Leerlaufes dient ein am Spannungseisen angebrachter Streupol *k*, welcher auf die Bremsfahne *j* wirkt. Die Zählertype wird ohne und mit Schutzblech für den Bremsmagneten *b* gebaut. Das eiserne Schutzblech umgibt rechtwinkelig abgebogen die Ecke des Bremsmagneten, welche durch dessen äußere Seite und dessen Maul gebildet wird. Der Teil des Schutzbleches, welcher längs des Magnetmaules verläuft, ist zur Freigabe des

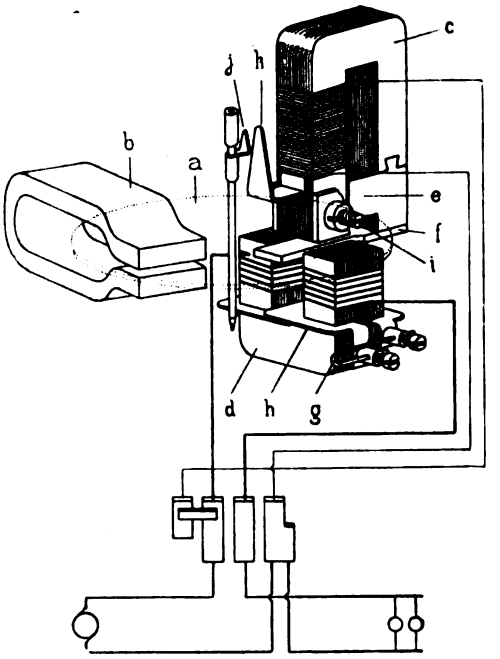


Abb. 1.

Raumes für die Ankerscheibe mit einem Schlitz versehen. Das Schutzblech ist mit einem nach unten verlaufenden Ansatz an dem Tragrahmen des Triebsystems so befestigt, daß es zur Justierung verdreht und verschoben werden kann. Die aus Eisen bestehende Kappe des Zählers wird mit zwei Schrauben an der Grundplatte befestigt. Die Schaltung der Zähler als Zweileiterzähler ist aus der Abbildung ersichtlich. Bei den Dreileiterzählern wird die auf dem einen Pol des Stromeisens befindliche Stromspule in den einen, die auf dem anderen Pol befindliche Stromspule in den anderen Außenleiter geschaltet. Die Spannungsspule ist hiebei zwischen die beiden Außenleiter geschaltet. Zur Justierung werden an dem Zähler nach halbstündiger Belastung der Spannungsspule mit der Nennspannung folgende Einstellungen vorgenommen: *a*) Bei unbelasteter Hauptstromspule wird bei Nennspannung durch Verstellen der Schraube *i* schwacher Vortrieb der Ankerscheibe eingestellt. Es ist darauf zu achten, daß die Bremsfahne *j* sich hiebei nicht in der Nähe des Streupoles *k* befindet. *b*) Die Einstellung der Phasenverschiebung zwischen den wirksamen Feldern erfolgt

Digitized by Google

bei Nennspannung und Nennstrom, während der Strom gegen die Spannung um 90° induktiv verschoben ist. Die Bremsfahne *j* darf hiebei wieder nicht in der Nähe des Streupoles *k* sein. Durch Verschieben des Drahtbügels *g* wird ein schwacher Vortrieb wie bei *a*) eingestellt. *c*) Bei induktionsfreier Nennbelastung wird bei Zählern mit Magnetschutzblech die Ganggeschwindigkeit durch Ändern der Lage des Magneten oder des Magnetschutzbleches so eingestellt, daß der Zähler einen Fehler von ungefähr — 0·75 vH zeigt. Bei Zählern ohne Magnetschutzblech wird die Ganggeschwindigkeit durch Ändern der Lage des Magneten so eingestellt, daß der Zähler einen Fehler von — 2 bis — 3 vH zeigt, je nachdem der Magnet nahe an die anzubringende Zählerkappe zu liegen kommt. *d*) Bei um 10 vH über der Nennspannung erhöhter Spannung wird bei unbelasteter Hauptstromspule die Stellung des Streupoles *k* und der Bremsfahne *j* gegeneinander so hergestellt, daß ein schwacher Leerlauf verbleibt. *e*) Bei aufgesetzter Zählerkappe soll der Anker bei 10 vH Überspannung keinen Leerlauf haben. Ist Leerlauf vorhanden, so wird mit Streupol und Bremsfahne nachreguliert. *f*) Bei $^1/_{10}$ der Nennstromstärke und $\cos\varphi = 1$ werden bei aufgesetzter Kappe die Zählerangaben nachgeprüft und wird erforderlichenfalls mit der Schraube *i* nachreguliert. *g*) Der Zähler muß bei 0·5 vH der Nennbelastung bei aufgesetzter Zählerkappe sicher anlaufen. Ist dies nicht der Fall, so muß mittels des Streupoles und der Bremsfahne eventuell auch mit der Schraube *i* nachreguliert werden. Am Schlusse wird nochmals der Leerlauf kontrolliert. An einem untersuchten Musterzähler ergab sich: Drehmoment bei Nennlast und der Frequenz 50 Per/s durchschnittlich 5·7 cmg, Anlauf bei induktionsloser Belastung mit vH des Nennstromes rund 0·2, Ankergewicht eines Zählers 27·9 g, Drehzahl bei Nennlast 45 bis 52 U/min, Eigenverbrauch im Spannungskreis bei 220 V Nennspannung und 50 Per/s rund 0·66 W.
(Aus Mitteilg. des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Eichschrift Nr. 44, v. 9. Februar 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die 15 kV Einphasenstrom-Fahrleitungen der Schweizerischen Bundesbahnen. H. W. Schuler, Zürich, beschreibt die Entwicklung des Fahrleitungsbaues in konstruktiver Hinsicht, die mit der als Versuchsstrecke gedachten Strecke Erstfeld-Bellinzona im Jahre 1913 begonnen hat[1]). Dieser Versuch, der die Bewährung der elektrischen Zugsförderung erweisen sollte, wurde insofern nicht zu Ende gebracht, als sich bekanntlich die S. B. B. im Kriege entschlossen haben, ohne das Ergebnis des Probebetriebes abzuwarten, die Elektrisierung in einem Tempo durchzuführen, daß am Ende dieses Jahres 60 vH der Strecken und 80 vH der Verkehrsleistung in elektrischem Betrieb stehen werden. Durch dieses rasche Tempo der Neubauten wird erklärlich, daß man zwischen der Bauart 1913 und jener der letzten Jahre eine Reihe von Zwischen-Bauarten vorfindet.

Die erste Gotthard-Fahrleitung[2]) ist durch 56 m Mastabstand und Zwischenseil gekennzeichnet. Das siebendrähtige Tragseil aus verzinktem Eisen hat 88 mm² Querschnitt, das Zwischenseil, ebenfalls aus verzinktem Eisen ist 19-drähtig mit 93 mm² Querschnitt und der Fahrdraht aus hartgezogenem Profilkupfer hat 107 mm² Querschnitt. Auf Nebengleisen sind die Querschnitte 50 mm², 73 mm² und 70 mm². In den weniger kurvenreichen Anschlußstrecken bis Luzern bzw. Chiasso[3]) wurde der Mastabstand auf 60 m erhöht. Der stellenweise verlegte Eisenfahrdraht mit 90 mm² hat sich nicht bewährt und wurde wieder entfernt. Der Fahrdraht ist in 7·5 m Abstand am Hilfsseil und dieses in offener Strecke alle 30 m und in Bahnhöfen alle 15 m am Tragseil aufgehängt. Nach vier Mastfeldern geht der Fahrdraht in das Tragseil über, so daß der Zug in beiden gleich ist. Die Sicherheit im Tragseil ist 7·3-fach bei tiefster Temperatur und 670 kg Zug. In den ersten Jahren, während welchen eine bleibende Dehnung des Kupferdrahtes auftrat, mußte an den eingebauten Spannschlössern nachgestellt werden. Die neuere Bauweise der Kette ohne Zwischenseil, mit in den Tragpunkten festem Tragseil und gewichtsgespanntem Fahrdraht, wurde mit 60 m und mit 100 m Spannweite ausgeführt. Der Hängedrahtabstand blieb zunächst 7·5 m, wurde aber später auf 12 m erhöht. Bei 600 kg Zug im Fahrdraht ist der Durchhang zwischen zwei Hängern 2·9 cm. Die Stromabnahme bei 90 km/h und 3·5 bis 4 kg Schleifstückdruck ist hiebei einwandfrei. Auf Nebengleisen werden die Hänger auf 15 m Abstand gesetzt. Der Tragseilzug bei — 20° ist 600 kg. Bei + 40° ist er auf 100 m Abstand 532 kg und bei 60 m noch 460 kg. Schneelast wurde bei der Kettenrechnung nicht berücksichtigt. Diese Annahme erwies sich als praktisch richtig, da nur an der Gotthardleitung mit Zwischenseil größere Schneeablagerungen beobachtet wurden.

Wegen der vielen, engen Tunnels ist die Baubreite der Stromabnehmer auf 1320 mm beschränkt. Die Schleifstücke sind 950 mm breit. Die Zickzack- bzw. Polygonverlegung des Fahrdrahtes weicht 20 cm aus der Gleisachse ab. Es werden daher Zwischenmaste nötig, bei 60 m Grundabstand bei $R < 1000$ m und bei 100 m Grundabstand in der Geraden und Bogen mit $R > 1000$ m einer, in kleineren Bogen zwei.

Die Entfernung vom Fixpunkt bis zum Spanngewicht ist höchstens 750 m, in Bogen maximal 600 m. Auf diese Entfernungen macht sich die Eigenreibung der Kette noch nicht schädlich fühlbar. An Fahrdrahtprofilen kommen vor: 57 mm² über Bahnhofgleisen, die mit weniger als 45 km/h befahren werden, bis auf die Strecke Luzern-Chiasso, wo 70 mm² verlegt ist. Alle übrigen Stations- und Streckengleise haben 107 mm². Die neueren Tragseile haben 50 mm² bei Stahl oder 63·6 mm² bei Bimetall. Auf Strecken mit normal elektrischem Verkehr wird verzinkter Stahl, sonst verbleitverzinkter Stahl verlegt. Bimetall (Kupferpanzerstahldraht)[1]) liegt in Tunnels und in Stationen, wo Dampfstrecken einmünden. Wo sich Bronzeseil, das größere Durchhangsänderungen ergibt, um mehr als 10 vH billiger stellt, wird dieses genommen. Die Sicherheiten schwanken beim Fahrdraht von 57 und 107 mm² zwischen 5·7 und 6·1, beim Stahl- und Bimetall ist sie 6, beim Bronzeseil 5. Die Hängedrähte haben 4 mm Durchmesser. Am Gotthard wurde verzinkter Eisendraht, später durchwegs Bimetalldraht verwendet. Die Drähte für seitliche Abzüge des Tragseiles sind ebenfalls aus Bimetall, der Fahrdraht wird durch eine Rohrstrebe mit einem eingesetzten, für die Klemme abgebogenen Eisenstab gehalten. Für die Umgehungsleitungen und Speiseleitungen werden Aluminium- oder Kupferseile verwendet.

Die Isolation der Gotthardleitung war durchwegs doppelt mit einem Diabolo- und zwei Standisolatoren an den Tragpunkten und einem an den seitlichen Haltepunkten. Diese Tragisolation wurde außer bei Luzern—Chiasso, wo sie allgemein ist, in der gleichen Bauperiode nur auf Bahnhöfen mit gemischtem Betrieb beibehalten. Im Bahnhof Zürich stehen die Standisolatoren mit 2 m Abstand außerhalb des Rauchstrahles der Dampflokomotiven. Eine Vereinfachung trat dadurch ein, daß der Diabolo-Isolator nicht mehr auf einem eigenen Bock zwischen den Standisolatoren verschiebbar, sondern fest angeordnet wurde. Die einfache Isolation in Bahnhöfen wurde später mit dem verstärkten Tunnel-Standisolator ausgeführt. Die einfache Isolation übernahm zunächst den Standisolator samt Stütze von der Gotthardleitung. Sie wurde nach und nach vereinfacht und verlängert und damit ein Schutz gegen Kurzschlüsse durch Vögel geschaffen. Auch bei der seitlichen Isolation mußte aus diesem Grunde die Ausladung von 250 mm auf 540 mm vergrößert werden. In zweigleisigen Tunnels ist im Scheitel ein Tragwerk

[1]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 395.
[2]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 258; 1922, S. 316; 1923, S. 496; 1924, 184.
[3]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 317.

[1]) Vgl. E. u. M. 1909, S. 1000; 1928, H. 17, S. 389.

Digitized by Google

eingemauert an dem die beiden Aufhängekonstruktionen gegeneinander in der Fahrtrichtung versetzt sind. Dadurch wird die Arbeit an einer Aufhängung ermöglicht, während die andere unter Spannung bleibt. In eingleisigen Tunnels wird die Kette durch ein gebogenes Gasrohrjoch getragen. Die Tunnel-Isolatoren haben größere Abmessungen und Überschlagsspannungen von 120 kV trocken, während diese bei Standisolatoren 90 kV, bei Diaboloisolatoren 60 kV und bei den beiden Formen von Abspannisolatoren mit Kappe und Klöppel 75 und 85 kV beträgt.

Die Tragwerke am Gotthard waren Breitflanschträgermaste mit Jochanschlüssen und einem verschiebbar eingeklemmten Mittelstück. Der Profileisenmast erwies sich im Unterhalt als günstiger und wurde später wieder bevorzugt. Stationsmaste werden als Fachwerk aus U-Eisen hergestellt, die Joche aus zwei U-Eisen oder Winkeleisen mit Diagonalverband mit Sprengwerken. Querseiljoche werden der größeren Übersichtlichkeit halber auf größeren Verschubanlagen, die mit verminderter Geschwindigkeit befahren werden, verwendet. Die Profileisenmaste werden in bis auf die Einsatzöffnung fertige Fundamente einbetoniert, Fachwerksmaste mittels Fundamentschrauben aufgeschraubt.

Die Tragwerke wurden bis 1923 mit vierfacher Sicherheit gerechnet. Dabei wird Wind mit 100 kg/m² auf Maste und mit 70 kg/m² auf Drähte eingesetzt. Der einseitige Leitungszug wird mit 10 vH des größten Fahrdrahtzuges angenommen. Ein derart gerechneter Mast hält den Stoß eines entgleisten Wagens nicht aus und braucht dies auch nicht zu tun. Man hat daher nach 1923 sich mit dreifacher Sicherheit begnügt, trotzdem die neuen Sicherheitsvorschriften damals noch nicht in Kraft getreten waren. Da die zu verwendenden Profile wegen Rostens bei Mastgurten nicht unter 50×50×5 und bei Diagonalen nicht unter 40×40×5 genommen werden dürfen, wird die Sicherheit stellenweise über drei bleiben. Während früher Fachwerkskonstruktionen genietet wurden, werden jetzt solche Teile elektrisch geschweißt, wodurch infolge Entfall der Überlappungen bis zu 10 vH am Gewicht gespart wird. Dabei fallen die Wassertaschen weg und können die ganzen Joche und Ausleger im Zinkbad verzinkt werden. Das Metallspritzverfahren wird wegen der großen Kosten nur bei kleineren Teilen angewendet. Bei der Berechnung der Fundamente wird aktiver und passiver Erddruck auf Grund von Versuchsergebnissen berücksichtigt. Im Mittel kommen auf einen Mast 1·55 m³ Beton.

Beim Bau der Schienenverbindungen wurde, da man erfahrungsgemäß Wechselstrom am Austritt aus der Schiene nur durch künstliche Mittel wie Saugtransformatoren und dergleichen verhindern kann, das Gewicht mehr auf Potentialausgleich an Stößen mit mangelhafter mechanischer Überbrückung der Stöße durch die Laschen als auf Leitfähigkeit gelegt. Das Bohren der Schienen wurde nie versucht, vielmehr ausschließlich angeschweißte Verbinder genommen. Zuerst wurden Rundeisen von 1 cm Durchmesser mit wellenförmig gebogenen Enden beiderseits der Lasche am Schienenfuß angeschweißt. Später nahm man Flacheisen 18×7 mm unter Beibehaltung der Form und Befestigungsart. Sie bewährten sich wohl besser als die Rundeisen, befriedigten aber immer noch nicht. Beim autogenen Schweißen mit Azetylen verbrannten oft die Enden der Verbinder oder die Schienen. Schließlich ging man zu einem Kupferverbinder über. Das in einer Schleife gelegene Cu-Seil ist an seinen Enden in verzinkte Eisenklötze eingepreßt, die am Schienenkopf elektrisch angeschweißt werden. Abgesehen davon, daß nunmehr Ausglühungen der Schienen nicht mehr vorkommen, ist dieses Verfahren auch billiger. Als Stromquelle zum Schweißen werden neuerdings die Lokomotiv-Transformatoren verwendet, die über den Depot-Stecker 220 V abgeben. Auf Stationsgleisen, wo die Verbinder am Kopf das Arbeiten mit Bremsschuhen stören würden, werden ähnliche Verbinder über die Laschen geführt und am Schienenfuß angeschweißt. Querverbinder liegen auf freier Strecke alle 300 bis 350 m, zweigleisige Strecken haben außerdem alle 1000 m eine Verbindung zwischen beiden Gleisen. An den Speisepunkten geht das Erdspeisekabel in zwei Metallbänder von der Leitfähigkeit von 120 mm² Cu über, die nach jeder Seite 100 m weit geführt werden. In dieser Zone von 200 m ist jede Schiene mit einem 6 mm-Draht an die Bänder angeschlossen.

Eine sorgfältige Entwicklung erfuhren auch die Streckenschalter und das Schaltsystem. Hierüber ist in dieser Zeitschrift bereits berichtet worden[1]). Als Schalter für normalen Stromdurchgang werden ausschließlich Ölschalter, zur Abtrennung von Verladegleisen usw. Hörnerschalter verwendet. Die Streckentrenner wurden zuerst mit einem Trennstück von 1 m unter Verwendung von vier Isolatoren gebaut, die neue Form ist nur 376 mm lang und hat bloß zwei Abspannisolatoren.

Den wirtschaftlichen Erfolg der Entwicklung des Fahrleitungsbaues erkennt man am besten an dem Vergleich der Kosten für 1 Gleis-km, in denen die Kosten für die Streckenschalteinrichtungen eingerechnet sind. Die Kosten der ersten Baujahre muß man im Verhältnis der damals herrschenden Teuerung auf die Preislage von 1925 beziehen, welche Rechnung von den S. B. B. durchgeführt wurde. Darnach kostete 1 Gleis-km auf der Strecke Erstfeld—Bellinzona 30 000 Frk. und auf der Strecke Zürich—Winterthur nur mehr 16 700 Frk. An diesem günstigen Ergebnis ist außer der angeführten Vereinfachung der Streckenausrüstung der Umstand beteiligt, daß die Bauausführung nicht mehr von den S. B. B. selbst in Regie erfolgte, sondern an Unternehmungen vergeben wurde. Wl.

(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 90, Nr. 15, 16 und 17, 1927.)

Installationstechnik.

Installations-Ölschalter (für 250 V, 6 A) für explosionsgefährliche Räume. In Autogaragen, Benzinkammern, Bergwerken mit Schlagwettern, Petroleumbohrtürmen, Gaswerken, sowie in allen Betriebsräumen chemischer Fabriken, in denen brennbare oder explosible Dämpfe oder Gase auftreten können, ebenso aber auch in Spinnereien, Webereien oder Mühlen, sowie Pulverfabriken, wo Staubexplosionen auftreten können, dürfen weder Schmelzsicherungen, noch Schalter verwendet werden, bei denen eine Lichtbogen- oder Funkenbildung möglich ist, wenn die explosiblen Gase zu den Gefahrstellen (Funken) gelangen können. Während nun die Unterbringung der Schmelzsicherungen außerhalb derartiger Betriebsräume jederzeit leicht möglich ist, wird die Verlegung der Schalter nach außen häufig als Betriebserschwerung empfunden, besonders dann, wenn mehrere Lampen an verschiedenen Stellen dieser Räume angeordnet sind, da man dann jedesmal den Raum verlassen muß, um die verschiedenen Lampen ein- oder auszuschalten. Die Verwendung vollständig luftdicht gekapselter Schalter verringert die Gefahren bedeutend; auch Schalter mit Schlagwetterschutz (nach dem Prinzip der Sicherheitslampe von Davy, oder mit Plattenschutz) setzen die Gefahren herab. Eine vollständige Sicherheit gewähren diese Einrichtungen jedoch nicht, weil sowohl durch das Lager der Schalterachse, als auch an den Einführungsstellen der Leitungen, wenn nicht die sehr

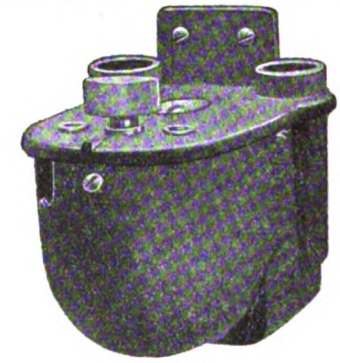


Abb. 2.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 301; 1926, S. 301.

Digitized by Google

kostspielige Verlegung in Stahlpanzerrohren gewählt wird, immer noch explosible Gase oder feiner explosibler Staub (zum Beispiel Ekrasit und dgl.) Zutritt zu den Funken finden können. Auch der Versuch, die Kapselung der Schalter so widerstandsfähig auszuführen, daß Explosionen im Innern des Schaltergehäuses nicht zur Zersprengung desselben führen, ist nicht ganz sicher, da die Dichtungen an der Achse oder an den Leitungseinführungen herausgeblasen werden können.

In vollständig sicherer Weise wird nun ein Abschluß der Gefahrstellen bei dem in den Abb. 2 bis 4 dargestellten Installations-Ölschalter der Firma Scheiber & Kwaysser G. m. b. H., Wien XIII, dadurch erreicht, daß alle stromführenden Teile des Schalters, einschließlich der Kontakte und der Anschlußklemmen für

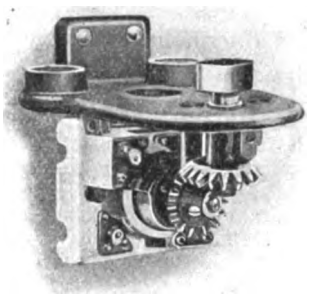


Abb. 3.

die Leitungen, unter Öl verlegt werden. Da nun so kleine Ölschalter, wie sie in den Lichtinstallationen Verwendung finden, einer besonderen Aufsicht und Wartung entbehren müssen, so ist zur weiteren Erhöhung der Sicherheit an dem Schalter eine Sperrvorrichtung angebracht, die das Schalten verhindert, falls der Ölspiegel zu tief gesunken sein sollte.

Das Schaltwerk (Handgriff, Kegelräderpaar, Schaltermuß und Schaltfedern, Anschlußklemmen, Sperrvorrichtung; vgl. Abb. 3) ist am Deckel angebracht, der mit Pratzen an der Wand befestigt wird und eine Mulde mit Schraubenverschluß zum Nachfüllen des Öles trägt. Die Sperrvorrichtung wird durch einen Schwimmer entriegelt, der nur dann eine Sperrklinke freigibt, wenn der

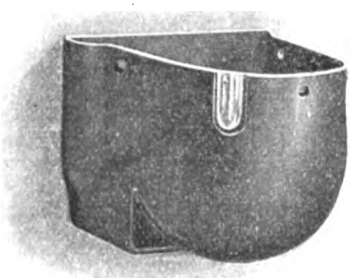


Abb. 4.

von unten aufgeschobene Öltopf, der mit drei Schrauben befestigt wird, so weit mit Öl gefüllt ist, daß der Ölspiegel etwa 12 mm höher liegt als die Kontaktstellen, an denen also die Funken nur unter Öl auftreten können. Die Sperrklinke greift ein, wenn der Ölspiegel um 2 mm sinkt. Da auch die Anschlußklemmen der Leitungen — und dies ist besonders bei Drahtbrüchen an den Klemmstellen wichtig — ganz unter Öl liegen, so ist eine Entzündung der explosiblen Gase oder des Staubes gänzlich ausgeschlossen.

Die periodische Revision des Schalters kann (nach Abheben der Schmelzsicherungen!) leicht vorgenommen werden, da dabei nur der Öltopf abzunehmen ist, während der Schalter samt den Zuleitungen vollständig montiert bleibt. Nach Reinigung des Öltopfes und nach Einfüllung frischen Öles wird der Schalter wieder betriebsbereit, sobald die an einer verglasten Schauöffnung kontrollierbare Höhe des Ölspiegels erreicht ist, da erst dann die Sperrung wieder ausgeklinkt wird. Der Schalter hat sich für alle oben erwähnten Zwecke in langjährigem Betriebe vielfach bewährt; er wird auch für die in jüngster Zeit vielfach angewendeten Benzinverkaufsstellen von den zuständigen Aufsichtsbehörden empfohlen bzw. sogar vorgeschrieben.

Prof. Ing. R. Edler, Wien.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die neuen Berliner Stadtbahnmotoren. H. Mecke. Diese Motoren wurden von den Firmen AEG und SSW gemeinsam als „Wasseg"-Konstruktion unter der Typenbezeichnung GBM 750 entworfen. Sie kommen in viermotorigen Triebwagen mit 900 mm Triebraddurchmesser zum Einbau, die zu zweit zusammen mit zwei Beiwagen einen Halbzug bilden. Zwei solche Halbzüge können in Vielfachschaltung zu einem Vollzug von etwa 350 t vereint werden. Die Leistung eines für eine Klemmenspannung von 375 V gebauten Motors ist 90 kW bei 800 U/min während 1 Stunde und 63 kW bei 920 U/min dauernd. Das Gewicht des Motors ist 1480 kg, das des Zubehörs 230 kg. Die Motoren werden von den beiden Firmen zwecks Austauschbarkeit aller Einzelteile nach dem Toleranzsystem der Einheitsbohrung nach abgeglichenen Meßbehelfen hergestellt.

Die achteckigen Stahlgußgehäuse sind einteilig und haben vier Haupt- und vier Wendepole. Oberhalb und unterhalb des Kollektors sind Deckel zur Bedienung der vier Bürstenhalter angebracht. Die Lüftung des Motors erfolgt nach einem gesetzlich geschützten System der Parallellüftung (DRP 357168): Der Lufteintritt liegt auf der Antriebsseite oben und ist durch eine Blechhaube abgedeckt, welche den Luftstrom vor dem Eintritt in das Innere zweimal ablenkt. Außerdem dient ein Sieb zur Abscheidung von Schmutz. Der Luftweg längs der Polspulen hat große Querschnitte und wird unter der Einwirkung eines einfachen Lüfters an der Außenseite des Kollektors direkt bestrichen. Zu den Längskanälen des Ankers und Kollektors gelangt die Luft erst nach Ablenkung um eine Kante am Lagerschild. Der sich dort ausscheidende Schmutz wird über die Feldspulen abgeführt, wo sich zum Unterschied von den engeren und unter dem Einfluß der Fliehkraft stehenden Ankerkanälen wenig Gelegenheit zur Ablagerung bietet. Die Verlegung eines Luftweges hat die erhöhte Wirksamkeit des anderen zur Folge. Der durch ein Sieb geschütze Luftaustritt liegt neben der oberen Kollektorklappe unmittelbar über dem Flügelrad. Der Anker läuft in Rollenlagern mit massigem Bronzekäfig. Das Kommutatorlager ist ein Führungslager, welches das axiale Spiel aufnimmt. Das andere Lager ist ein Außenbordlager mit festen Schultern an den Außenringen und, zwecks Ausgleich von Ungenauigkeiten beim Einbau, mit schwach balligem Innenring. Beim Ausbau bleiben beide Innenringe auf der Welle. Die bisherigen Erfahrungen lassen vermuten, daß die Schmierung sechs Monate aushält. Die zweiteiligen Tatzenlager haben Bronzeschalen mit Kissenschmierung. Die Hauptspulen werden aus zwei parallelgeschalteten Kupferbändern gewickelt und sind für Anzapfung in der Hälfte eingerichtet. Ähnlich sind die Hilfsfeldspulen gewickelt. Beide Spulenarten werden kompoundiert. Die Ankerbleche von 0·5 mm Stärke sitzen auf einer Buchse, die auch die Stahlgußnabe des Kollektors trägt. Der Anker wird mit 2600 U/min Schleuderdrehzahl geprüft und statisch und dynamisch ausbalanziert. Die vier Bürstenhalter für je zwei Kohlen werden mittels zweier Schrauben im Gehäuse von außen angeschraubt. Die wichtigen Messingteile des Motors sind aus Preßmessing hergestellt, das bei etwa doppelten Leitfähigkeit wie Guß auch die doppelte Reißfestigkeit und Dehnung hat[1]). Die Kohlentaschen sind auswechselbar. Die Zahnräder haben eine Übersetzung 16 : 68 mit Modul 9. Die Ritzel sind aus hochwertigem Chrom-Nickelstahl, die einteiligen Achsräder aus einem im Gesenk geschmiedeten Sonder-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1067.

Digitized by Google

stahl hergestellt. Die Ritzel werden in einen elektrischen Einsatzofen gehärtet und ihre Flanken nachher geschliffen. Die großen Räder werden ebenfalls ausgeglüht. Hiedurch wird ein gleichmäßiges Gefüge, hohe Zähigkeit im Kern und Beanspruchung senkrecht zur Schmiedefaser erreicht. Wl.

(El. Bahnen, 4. Jg., Heft 1, 1928.)

Die neuen 1CC1 Güterzugslokomotiven der Schweizerischen Bundesbahnen. Die Ausdehnung der Elektrisierung in die ebeneren Streckenteile veranlaßte die S.B.B. Ende 1924 zur Bestellung von 18 neuen Güterzugslokomotiven, welche in grundsätzlich gleicher Bauart wie die bisherigen[1]), jedoch für größere Zugslasten gebaut wurden. Die Bedingungen für die bei der M. F. Oerlikon und der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur bestellten Lokomotiven sind: Anhängelast 1400 t, Fahrgeschwindigkeit in 10 vT 35 km/h, in 5 vT 45 km/h, in 2 vT 55 km/h und in der Ebene 65 km/h. Für eine Anfahrt in 10 vT bis zu 30 km/h dürfen höchstens 6 min gebraucht werden. Die Hauptangaben dieser die Einheits-Bauart für Güterzugslokomotiven darstellenden Type sind:

Länge über Puffer	20 060 mm
Gesamter Radstand	17 000 „
„ „ im Drehgestell	6 650 „
Fester „ „	4 700 „
Drehzapfen-Abstand	6 320 „
Triebrad-Durchmesser	1 350 „
Zahnrad-Übersetzung	1 : 4·03

Leistungen am Rad nach S. B. B. Vorschriften:

Dauernd bei 35 km/h	1840 kW
1 Stunde „ 33 „	2000 „
Dauerzugkraft	19 000 kg
1 h-Zugkraft	22 000 „
Größte Anfahr-Zugkraft	32 000 „
Mechanischer Teil	77 t
Elektrischer „	53·4 „
Reibungsgewicht	108·4 „

Der mechanische Teil ist gegenüber der ersten Bauart etwas länger und auch schwerer ausgefallen. Die Bauart ist bis auf Änderungen am Getriebe im wesentlichen gleichgeblieben. Bei der elektrischen Ausrüstung sind die Vorschriften zur Vereinheitlichung berücksichtigt[2]). Bei diesen Ausrüstungen kam zum ersten Mal das inzwischen als Einheits-Ausführung vorgeschriebene Maximalstrom-Zeitrelais zur Anwendung. Die Anordnung der Auslösung ist auf sämtlichen S. B. B.-Lokomotiven derart, daß alle hinter der Sekundärseite des Transformators entstehenden Kurzschlüsse durch ein Momentanrelais den Hauptschalter öffnen. Das Maximalstrom-Zeitrelais des Hochspannungsstromkreises wird dagegen aus Sicherheitsgründen bei Strömen über etwa 2500 A Spitzenwert durch das Blockierrelais außer Betrieb gesetzt, so daß diese Kurzschlüsse erst im nächstgelegenen Speisepunkt abgeschaltet werden. Die Wirkungsweise des Blockierrelais besteht darin, daß bei diesen Grenzstromstärken der Auslösestromkreis des ungedämpften Nullspannungsrelais früher unterbrochen wird, als dieses unter der Einwirkung des primären Spannungsabfalls auslösen kann. Die Maximalstrom-Zeitrelais haben eine plombierbare Stromeinstellung. Das Hauptstrom-Zeitrelais ist auf zirka 2 sec fix eingestellt.

Der Transformator ist als Kerntype mit liegendem Blechkörper gebaut und hat Scheibenwicklung. Öl-Ablauf und Zulaufstutzen liegen unten in gleicher Höhe. Das Öl wird durch einen Kühler gepumpt, durch dessen Rohre die Kühlluft geblasen wird. Der Transformatorkessel ist glatt und durch aufgeschweißte T-Eisen verstärkt. Die Hochspannungs- und Zugsheizwicklung liegen in Sparschaltung, während die Niederspannungswicklung getrennt in der sogenannten Plus-Minus-Schaltung mit geerdetem Mittelpunkt angeordnet ist. Die beiden Stufenschalter können elektrisch oder von Hand angetrieben werden. Jeder hat 12 Stufen, die abwechselnd geschaltet werden, so daß 1 Vorstufe und 23 Fahrstufen gegeben sind. Da die Nutzbremsung nach Schaltung M. F. Oerlikon[1]) vorgesehen ist, enthalten die Wendeschalter die hiefür erforderlichen Kontakte.

Wl.

(Schweiz. Bauzeitung, Bd. 90, Nr. 20, 1927.)

Energiewirtschaft.

Elektrowärme im Haushalt. H. Smolinski zeigt, daß durch Einführung der Elektrowärme in Haushaltungen die Belastungsverhältnisse der Elektrizitätswerke um rund 25 vH bei gleichzeitig steigender Wirtschaftlichkeit verbessert werden können.

Zunächst wird festgestellt, wie teuer die Elektrizität sein darf, um ebenso wirtschaftlich wie mit Gas zu arbeiten. An Hand der für die Wasserkraftanlagen in der Schweiz und in Norwegen und für Dampfkraftanlagen in Deutschland errechneten Daten ergaben sich folgende Werte für die festen Kosten je kWh in Pfennigen:

	Benutzungsstunden 4000	5000	6000
Wasserkraftanlage	1·80	1·44	1·20
Dampfkraftanlage	1·20	0·96	0·80

Die Kohlenkosten einer modernen Dampfkraftanlage mit Kondensationsbetrieb bei einem Kohlenverbrauch von 0·60 kg/kWh und einem Kohlenpreis frei Kessel von 14 M./t stellen sich auf 0·8 Pf./kWh. Somit ist bei Vernachlässigung der Fortleitungskosten die mit Dampfkraft in Deutschland erzeugte kWh bei 4000 resp. 6000 Benutzungsstunden nur um 0·20 Pf. resp. 0·40 Pf. teurer als die Wasserkraft-kWh in Norwegen oder der Schweiz. Bedenkt man weiters, daß die kWh für den Verbraucher derzeit rund 46 Pf. kostet und die Kohlenkosten je kWh aber höchstens 2 bis 3 Pf. betragen, so erkennt man, daß weder durch Verwendung von Wasserkraft an Stelle von Dampfkraft noch durch die Preislage am Kohlenmarkt die Kosten der elektrischen Energie besonders beeinflußt werden können. Eine Senkung der Strompreise kann vielmehr einzig und allein nur durch organisatorisch-wirtschaftliche Maßnahmen herbeigeführt werden.

Nimmt man an, daß ein Gaspreis (4300 Kal./m³) von 18 Pf./m³ für Kochen wirtschaftlich ist, und daß der in mehreren Städten bezahlte Wärmepreis von rund 12 M./1 Mill. kg-Kal. bei Versorgung durch Fernheizung als normal gilt, so ergibt eine Durchrechnung bei verschiedenen Autoren folgende wirtschaftliche Koch- und Heizstrompreise (Tab. 1), wobei die eingeklammerten Werte einen geringfügigen Wertzuschlag von 1 Pf./kWh für die nicht erfaßbaren Vorteile der Elektrowärme einschließen[2]):

Tabelle 1.

Autor	Ely, Schäfer	Scheuer	Windel	Schweiz. Landesausschuß	Smolinski	E. E. W. Kanton Zürich	Kratochwill
Kochen	5—6 Pf./kWh	5·63	5·64	5·81	6 (7)	6—9	6·2
Heizen bei Vergleich mit							
a) Gas	—	—	2—1·5	—	4·5 (5·5)	—	—
b) Ferngasheizung	—	—	—	—	1·5 (2·5)	—	—
Heißwasserspeicher	—	—	8·35	—	—	—	—
Licht	—	21·7—7·2	—	—	—	—	—

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 319.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 807.
[1]) Vgl. E. u. M. 1918, S. 553.
[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, Heft 13, S. 279.

Digitized by Google

An zwei Beispielen, nämlich für eine deutsche Industriestadt mit 45 000 Haushaltungen und für eine deutsche Hafenstadt mit 42 000 Haushaltungen zeigt der Autor, wie sich die Belastungsverhältnisse, die Belastungskurven und die Benützungsstunden des stromliefernden Elektrizitätswerkes verbessern, wenn das Gas vollständig durch die Elektrizität für Lichtzwecke und Wärmeabgabe verdrängt wird. Hiebei wurde für Licht 1 m³ = 1 kWh und für Kochen 1 m³ = 3 resp. 4 kWh gesetzt, also äußerst vorsichtige Werte. Addiert man die in kW umgerechneten Gasverbrauchsdiagramme mit den Elektrizitätsverbrauchskurven, so ergibt sich ein ideelles Diagramm, welches das Elektrizitätswerk nach Einbeziehung aller Gasverbrauchsstellen aufweisen müßte. Es zeigt sich dann, daß in Industriestädten infolge des billigen Preises für Hausbrandkohle die im allgemeinen zu erwartende Mittagsspitze im Winter nicht auftritt und die höchste Belastung wie bisher während der Lichtbelastung in den Wintermonaten oder eventuell während der Kochspitze im Sommer zu erwarten wäre, wobei die Belastungsspitze um rund 65 vH (bei 4 kWh/m³), bzw. 50 vH (bei 3 kWh/m³) und die Benutzungsstundenzahl um über 25 vH, bzw. 20 vH zunehmen würde.

Weniger günstige Ergebnisse ergaben sich bei der Durchrechnung für die Hafenstadt. Hier weist das Summendiagramm (Gas + Elektrizität) im Gegensatz zur Industriestadt eine ausgesprochene Kochspitze in den Wintermonaten während der Mittagsstunden auf, da verhältnismäßig wenig auf Kohlenherden gekocht wird.

Die Winterspitze würde um 210 vH, bzw. 160 vH und die Benutzungsstundenzahl um 5 vH bzw. 10 vH steigen. Die hohe Mittagsspitze könnte noch durch Einführung von Warmwasserspeichern, Speicheröfen und Speicherherden entsprechend gesenkt werden.

Tabelle 2.

	Deutschld. RM/Verbraucher und Jahr	Holland RM/Verbraucher und Jahr	Amerika Doll./Verbraucher und Jahr
I. Feste Kosten			
a) Zentrale	5·2	4·59	3·68
b) Verteilnetz	10·0	5·33	2·48
c) Verwaltung	28·3	30·80	10·61
II. Bewegliche Kosten	3·6	3·90	—
Gesamtkosten	47·1	44·62	16·77
Einnahmen	60·0	—	—
Gewinn pro Jahr und Verbraucher	12·9 d. i. 21·5 vH	—	—

Rechnet man nun, um auf die Tariffrage näher einzugehen, für eine kleinere Industriestadt mit 16 000

Tabelle 3.

	Industriestadt		Hafenstadt	
	bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³	bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³
	Reichsmark			
I. Feste Kosten				
a) Zentrale	18·8	14·0	27·0	20·0
b) Verteilnetz	20·0	19·0	20·0	19·0
c) Verwaltung	60·0	60·0	60·0	60·0
II. Bewegl. Kosten bei Wanderrostfeuerung (Kohlenstaubfeuerung)	53·0 (29·0)	42·0 (23·0)	53·0 (29·0)	42·0 (23·0
Gestehungskosten pro Jahr und Abonnent	151·0 (127·0)	135·0 (116·0)	160·0 (136·0)	141·0 (122·0
Bisherige jährl. Kosten (130 kWh × 46 Pf./kWh Licht, 200 kWh × 20 Pf./kWh Kraft)	100·0	100·0	100·0	100·0
Rest	51·0 (27·0)	35·0 (16·0)	60·0 (36·0	41·0 (22·0)

Haushalten und einer maximalen Lichtspitze von 4800 kW in den Abendstunden des Monates Dezember die Rentabilität des stromerzeugenden kalorischen Werkes nach, so weit es den Kleinabnehmer betrifft, so ergibt sich Tabelle 2, in welcher auch holländische und amerikanische Vergleichswerte eingesetzt sind. Es ist zu ersehen, daß der Gewinn des Lieferwerkes je Kleinabnehmer nur gering ist.

Wird die gleiche Kostenrechnung mit Strompreisen durchgerechnet, welche auch einen Wärmeverbrauch ermöglichen, so ergibt sich für eine der Untersuchung zugrunde gelegte Industrie- bzw. Hafenstadt Tabelle 3 (Zahlen für Kohlenstaubfeuerung in Klammern).

Der in dieser Tabelle verzeichnete Restbetrag an Gestehungskosten ist nun noch mit dem Erlös für den Kochstrom hereinzubringen. Je Koch-kWh ergibt sich daher in Pfennig:

Industriestadt		Hafenstadt	
bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³	bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³
3·2 (1·7)	2·9 (1·4)	3·7 (2·9)	3·4 (1·8)

Selbst bei einem Preise von nur 6 Pf./kWh (3 kWh/m³) bzw. 5 Pf./kWh (4 kWh/m³) würde sich daher für Kochen und Heizen ein Gewinn pro Abonnent und Jahr ergeben von:

Industriestadt		Hafenstadt	
bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³	bei 4 kWh/m³	bei 3 kWh/m³
Reichsmark			
29·0 (53·0)	37·0 (55·0)	21·0 (43·0)	31·0 (50·0)

Es wurde noch der Einfluß des durch Elektrowärmeverbrauch gesteigerten Verbrauches an elektrischer Energie auf die Finanzen der Stadt, die ja meist auch die Gaswerke innehat, festgestellt. Der Erzeugerpreis für 1 m³ Gas stellt sich auf 13 Pf./m³ frei Verbraucher. Rechnet man mit 18 Pf./m³ als Verkaufspreis, so beträgt der Gewinn des Gaswerkes pro Konsument und Jahr 20 + 4 M. (Kochen und Licht) gegenüber 20 + 13 M. bei Kochen mit Gas und elektrische Beleuchtung resp. 34 — 50 M. (56 — 68 M. bei Kohlenstaubfeuerung) bei elektrischem Kochen und elektrischer Beleuchtung. Rechnet man mit den in Amerika und in der Schweiz wirklich aufgetretenen Werten (3 kWh/m³), so ergibt sich pro Jahr und Verbraucher für die Stadt folgender Mehrgewinn:

	Industriestadt	Hafenstadt
	Reichsmark	
Kettenrostfeuerung	17	11
Kohlenstaubfeuerung	35	30

Als Tarif schlägt der Autor eine feste, von der Zimmerzahl abhängige Grundgebühr und eine niedrige Arbeitsgebühr vor, beispielsweise für die im Vorigen behandelte Industrie- bzw. Hafenstadt 20 M./Zimmer für die ersten drei Zimmer und 15 M./Zimmer für jeden weiteren Raum bei angemessenem Gewinn. Dr. Vel.

(ETZ Bd. 49, H. 8, 1928.)

Die Elektrizitätssteuer in Österreich kritisiert Dr. H. Schreiber, Wien. Ausgehend von dem Beschluß des Kärntner Landtages zur Einführung einer Steuer auf den Verbrauch von elektrischem Strom (für Licht 7 g/kWh, für Kraft 0·3 g/kWh, für Koch- und Heizzwecke 2 g/kWh) charakterisiert der Autor die Elektrizitätssteuer[1]) als eine Steuer auf Arbeit, was wirtschaftlich unerträglich ist und die Anwendung des elektrischen Stromes in namhaften Industrien — wo er wie in den Montanwerken zur Urproduktion, in chemischen und metallurgischen Werken als Betriebs- und Rohstoff dient — überhaupt in Frage stellt. Es werden Steuersätze bis zu 30 und 50 vH vom Strompreis, von

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 624.

Digitized by Google

1 Goldheller bis zu 5 Goldhellern pro kWh gefordert. Dazu kommen noch Abgaben an Konsum- und Anschlußgemeinden, die — wie in Kärnten — bis zu 100 vH aufschlagen, endlich die Verschiedenartigkeit der Bemessung der Steuer von seiten der einzelnen Gemeinden, die bald nach der Konsummenge, bald nach dem Preis erfolgt. Auf diese Weise wird die Spannung zwischen dem jetzigen Strompreis und der höheren Friedensparität zugunsten der Landes- und Gemeindefinanzen aufgehoben. Eine rechtliche Grundlage zur Einhebung der Steuer besteht nach Meinung des Autors nicht, denn das Wiederaufbaugesetz vom Jahre 1922 hat die Norm aufgestellt, daß die Grundsätze für die Elektrizitäts-Besteuerung der Länder durch ein Bundes-Rahmengesetz (Grundsatzgesetz) festgelegt werden sollen. Bis heute fehlt aber ein solches Gesetz.

(VEW-Nachrichten, Heft 1, 1928.)

Patentbericht.

Elektrisches Schweißen und Schneiden.

Lichtbogenschweißung.

(Fortsetzung aus Heft 27, Seite 744.)

Bei der gemeinschaftlichen Speisung mehrerer Lichtbogenschweißvorrichtungen von einer Stromquelle aus werden beim Zuschalten einer neuen Vorrichtung die bereits im Betrieb befindlichen häufig so beeinflußt, daß die Gleichmäßigkeit der Schweißung darunter leidet. Dieser Übelstand soll bei der Verwendung von Wechselstrom nach einer Erfindung von B. Longbottom und E. Greenhalgh (Manchester) dadurch behoben werden, daß im Feldstromkreis des Stromerzeugers, oder des zugehörigen Erregers, bzw. im Primärstromkreis des den Schweißstrom lieferden Transformators ein Regelwiderstand vorgesehen wird, der in Abschnitte entsprechend der Zahl der angeschlossenen Schweißvorrichtungen geteilt ist. Die Widerstandsabschnitte werden durch elektromagnetische Schalter in den Schweißstromkreisen kurzgeschlossen, die beim Zünden der Lichtbogen in Tätigkeit treten und während des Schweißens geschlossen bleiben. Die Einrichtung soll insbesondere dann verwendet werden, wenn mit zwei Spannungen (einer höheren Zündspannung und der niedrigeren Schweißspannung) gearbeitet wird, die entweder von einem gemeinsamen Transformator für alle Schweißvorrichtungen geliefert werden oder von Einzeltransformatoren für jede Schweißvorrichtung, wobei die Transformatoren von einem gemeinsamen regelbaren Stromerzeuger gespeist werden. (Brit. P. Nr. 280070.)

Die Schwierigkeiten bei der Lichtbogenschweißung mit Wechselstrom, die vorwiegend auf das Abkühlen des Bogens während des Wechsels der Stromrichtung in jeder Periode zurückzuführen sind, werden nach einer Erfindung von J. E. Weed (General Electric Co., New York) bei Verwendung der üblichen Frequenzen dadurch vermieden, daß in den Lichtbogenstromkreis zwei in Reihe liegende Drosselspulen mit Eisenkernen eingeschaltet sind, die mit Gleichstrom bis über den Sättigungspunkt erregt werden. Die Wechselstromspulen liegen in Gegenschaltung. Die Wirkung dieser Reaktanzen wird an Hand von Oszillogrammen gezeigt. Beim normalen Bogen zeigen die Spannungskurven an den Stellen des Stromwechsels starke Spitzen, herrührend von dem hohen Widerstand zufolge Abkühlung des Bogens bei Stromumkehr; diese Spitzen verschwinden bei Einschaltung der Reaktanzen. Strom- und Spannungskurven haben Rechteckform mit steilem Abfall bei der Stromumkehr.

(Am. P. Nr. 1612084 und Brit. P. Nr. 272218.)

Die bei der Lichtbogenschweißung mittels Wechselstrom auftretende ungünstige Erscheinung, daß an beiden Elektroden die Wärmeentwicklung die gleiche ist und somit das Werkstück wegen zu geringer Erhitzung nicht zur positiven Elektrode gemacht werden kann, wird nach einer Erfindung der Bergmann Elektrizitätswerke A. G. dadurch unwirksam gemacht, daß der Wechselstrom über eine im Stromkreis der Schweißvorrichtung liegende Spule geführt wird, deren Eisenkern eine Gleichstrommagnetisierung erhält. Dadurch wird die eine Wechselstromhalbwelle (zweckmäßig jene, für welche das Werkstück die negative Elektrode bilden würde) mehr oder weniger stark unterdrückt, und da der Schweißstrom im Wesentlichen den Charakter eines abgehackten Gleichstromes hat, kann das Werkstück wie bei Gleichstrom zur positiven Elektrode gemacht werden. (D. R. P. Nr. 414922.)

Die bei der unmittelbaren Verwendung von Wechselstrom zur Lichtbogenschweißung auftretenden Übelstände, wie Abreißen des Lichtbogens, Unbeständigkeit desselben, starkes Knattern oder lautes Summen, können vermieden werden, wenn man für eine schnelle und genaue, jeder Stromstärke folgende Spannungsregelung sorgt, die das Hochschnellen der Spannung bei jedem Richtungswechsel vermindert. Nach der Erfindung von A. Sabiel in Neuendorf (AEG) dient zur Spannungsreglung ein im Schweißstromkreis eingebauter Vibrationsregler mit derart ausgebildeter schwingender Wicklung, daß bei plötzlichem Anschwellen der Stromstärke und bei darauf sich ergebender Drehung der Kernwicklung in der einen Richtung eine Gegen-EMK und bei plötzlich abnehmender Stromstärke und Drehung der Kernwicklung in der anderen Richtung eine zusätzliche EMK erzeugt wird. Der Regler besteht aus einem Ständer mit vier ausgeprägten Polen, von denen zwei gewickelt und zwei ungewickelt sind, und aus einem in diesem Ständer frei schwingenden Kern von geringer Eigenschwingungszahl. (D. R. P. Nr. 402402.)

Bei einer Lichtbogenschweißvorrichtung für Drehstrom nach einer Erfindung von H. A. W. Klinckhamer (Hengelo, Niederlande) befindet sich der Bogen zwischen drei Elektroden, die an die drei Phasen der Stromquelle angeschlossen sind, wobei das Werkstück eine der Elektroden bildet und der zweckmäßig konstante Abstand der beiden anderen Elektroden so klein ist, daß zwischen ihnen beim Bestehen eines Schweißbogens ein unmittelbarer Stromübergang stattfindet. Unsymmetrien in der primären Stromaufnahme durch Differenzen im Elektrodenabstand usw. werden durch verschieden große Elektrodenspannungen kompensiert. Die Vorrichtung bietet an Vorteilen einen besseren Leistungsfaktor gegenüber den üblichen Schweißtransformatoren und eine kleinere Leerlaufspannung (es genügen 35 V gegen 50 bis 150 V beim einphasigen Bogen).

(Schweiz. P. Nr. 121384.)

Einen Transformator zur selbsttätigen Stromregelung bei der Lichtbogenschweißung hat Ch. B. Waters in Montclair (V. St. A.) angegeben. Es ist dabei ein magnetischer Nebenschluß vorgesehen, in dem eine magnetomotorische Gegenkraft durch eine auf dem Nebenschlußeisenkern angebrachte Wicklung erzeugt wird, die mit den Sekundärwicklungen der Haupteisenkerne in Reihe geschaltet, und zu einer dieser Wicklungen gleichsinnig, zur anderen anderen entgegengesetzt gewickelt ist. Die Wicklung des einen Haupteisenkernes ist mit Anzapfungen versehen, um die Zahl der in den Schweißstromkreis eingeschalteten Windungen ändern zu können. Ferner kann auch der magnetische Widerstand des Nebenschlußkernes veränderlich gemacht werden, um den Schweißstrom zu verändern.

(D. R. P. Nr. 430973.)

Im Gegensatz zu den üblichen Ausführungen mit geschlossenem Kern weist ein einfacher und billig herzustellender Transformator für Lichtbogenschweißung nach einer weiteren Erfindung von Ch. B. Waters einen offenen zylindrischen Kern, am besten von linsenförmigem Querschnitt auf, auf welchem die Primär- und die Sekundärwicklung nebeneinander angeordnet sind. Als Mittel zur Regelung der Lichtbogenspannung und des Schweißstromes, bzw. zur Verminderung der Lichtbogenwirkung und deren teilweisen oder vollständigen Ersatz durch reine Wärme(Heiz-)wirkung für bestimmte Schweißarbeiten werden einzeln oder kombiniert vorgeschlagen: relative Verschiebung der Windungen gegeneinander, Abschalten eines Teiles der Sekundärwicklung, ein beweglicher Zusatzkern für die Sekundärwicklung, eine Kerneinschnürung zwischen Primär- und Sekundärwicklung sowie eine regelbare Sekundärnebenwicklung derart, daß die Primärwicklung zwischen den beiden Sekundärwicklungen liegt. (Am. P. Nr. 1582497.)

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Chronik.

Ehrendoktoren der Technischen Hochschule in Wien. Das Professorenkollegium der Wiener Technischen Hochschule hat kürzlich vier hervorragende Fachmänner der verschiedenen technischen Gruppen durch Verleihung des Ehrendoktorates ausgezeichnet, darunter Ing. Alfred Collmann, für seine Arbeiten auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues, den em. Professor der Hochschule Hofrat Ing. Karl Hochenegg und den Professor der Technischen Hochschule in Charlottenburg Dr. Ernst Kraft.

Die Technische Hochschule Braunschweig hat alle ihre Elektrotechnischen Institute neu errichtet und rüstet sich, sie im kommenden Wintersemester feierlich einzuweihen. Im besonderen Maße würde sich die Hochschule freuen, wenn die Feier, die ein bedeutsames Stadium in der Entwicklung der Carolo-Wilhelmina kennzeichnet, einen großen Kreis früherer Schüler vereinigte. Damit die Hochschule persönliche Einladungen ergehen lassen kann, bittet sie alle ihre ehemaligen Schüler, sowie Freunde, die an der Festlichkeit teilnehmen möchten und nicht Mitglieder des Braunschweigischen Hochschulbundes sind, ihre Anschrift an das Sekretariat gelangen zu lassen.

Jubiläum. Ing. Alois Lerch, Geschäftsführer der Firma Scheiber & Kwaysser, Ges. m. b. H., Fabrik elektrischer Starkstromapparate, Wien XIII/1, Linzerstraße 16, hat kürzlich das 25jährige Arbeitsjubiläum bei dieser Firma gefeiert.

Ing. Otto Groag verschied am 6. Juni d. J. an den Folgen einer schweren Erkrankung.

Ing. Groag beendete seine Studien an der Technischen Hochschule in Wien im Jahre 1896 und trat hierauf nach Absolvierung seines Militärjahres in den Dienst der Kabelfabrik- und Drahtindustrie-A.-G., in welcher Stellung er bis zu seinem Tode, zuletzt als Direktor der Gesellschaft, wirkte.

Während seiner mehr als 30jährigen Tätigkeit in diesem Zweige der Elektrotechnik hat sich der Verstorbene durch seine großen Fachkenntnisse und sein einnehmendes Wesen die Achtung aller Kreise erworben, mit denen er in Berührung stand. Der Elektrotechnische Verein beklagt den Verlust eines eifrigen Mitgliedes, das nach besten Kräften zur Hebung der elektrotechnischen Industrie und seines Spezialzweiges beigetragen hat.

Literaturberichte.

3683 **The Propagation of Electric Currents in Telephone and Telegraph Conductors.** Von J. A. Fleming. 4. Auflage. Constable & Co. Ltd., London 1927. Preis S 21·—.

Das ausgezeichnet geschriebene Buch enthält 1. eine mathematische Einführung in die symbolische Methode unter besonderer Berücksichtigung der Hyperbelfunktionen; 2. die allgemeine Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs Drähten; 3. die spezielle Theorie der Ausbreitung einfach periodischer Ströme in Telephonkabeln; 4. Telephonie und Telephonkabel mit besonderer Berücksichtigung der akustischen Verhältnisse und die Verbesserung der Wellenfortleitung durch die Pupinisierung der Kabel; 5. die Ausbreitung der Ströme im Unterseekabel ausgehend von der „Telegraphengleichung" Kelvins, Empfangsapparate, Praxis der Zeichengebung, Sendegeschwindigkeit usw.; 6. die Übertragung von Hochfrequenz und von sehr niedriger Frequenz auf Drähten; 7. elektrische Messungen und Konstantenbestimmung an Kabeln; 8. Kabelberechnungen und Vergleich der Theorie mit der Versuchsergebnissen; 9. Kabel mit künstlich erhöhter Induktanz in der Praxis; 10. neueste Fortschritte in der Konstruktion von Telephon- und Telegraphenkabeln, gleichförmige Beschwerung mit Induktanz durch Umwicklung der Leiter mit Permalloy- und Chrompermalloy-Bändern, Elektronenröhrenrelais, Trägerwellentelephonie, Wellenfilter, Vielfachtelephonie usw.; Anhang: Tabellen über Hyperbelfunktionen.

Die mit hervorragender Klarheit behandelten theoretischen Berechnungen beziehen sich nur auf periodische Ströme im Beharrungszustande; die Einschwingvorgänge, die allerdings weit schwieriger zu behandeln sind, finden keine Berücksichtigung. Ferner vermißt man die Behandlung der von Hoyt und Feldkeller eingeführten Endnetzwerke zur reflexionsfreien Verbindung von induktionsbeschwerten Leitungen, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß das Buch auf Vorlesungen beruht, die zuletzt im Jahre 1916 an der Universität in London gehalten wurden. Ungeachtet dieser unerfüllten Wünsche dürfte es eine der vorzüglichsten Einführungen in den Gegenstand darstellen, da auf anderen Gebieten, wie zum Beispiel bezüglich des Aufbaues der Telegraphen- und Telephonkabel, auch die neuesten Fortschritte berücksichtigt erscheinen. Dr. Rich. Hiecke.

Eingelaufene Bücher.

Der technische Zeichner. Von L. I. Kaiser. 64 Seiten mit 35 Tafeln, o. J. (1928). Alleinvertrieb Beuth-Verlag, Berlin. Preis Mk. 2·50.

Die Schrift enhält eine kurze Zusammenstellung von Richtlinien für die Herstellung von Zeichnungen für Klischees, Diapositive, Lehr- und Austellungsbücher usw. unter Berücksichtigung der Normen und der Regeln der technisch-wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale. Sie wird als Ergänzung zum DIN-Buch 8 (Zeichnungsnormen) sowohl in Betrieben als auch in Lehranstalten und bei wissenschaftlichen Arbeiten gute Dienste leisten. —k.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Elektrizitätsversorgung Bayerns. (Aus den Geschäftsberichten der Bayernwerk A. G., der mittleren Isar A. G. und der Walchenseewerk A. G. über das Geschäftsjahr vom 1. Oktober 1926 bis 30. September 1927.) Beim Bayernwerk wurden im 110 kV-Leitungsnetz die Umspannwerke Bamberg und Schweinfurt durch eine 55 km lange Einfachleitung verbunden, sowie die bestehende Verbindungsleitung Aschaffenburg-Dettingen zu einer Doppelleitung zum Zwecke des Zusammenschlusses mit dem Netz der Preußische El.-A.-G. ausgebaut und dadurch eine weitere Sicherung der Versorgung Nordbayerns mit elektrischer Energie erreicht. Für den Anschluß des Achenseewerkes der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. an das Bayernwerknetz[1]) wurde von der für die Belegung mit $6 \times 120\,mm^2$ Kupfer bemessenen Verbindungsleitung Walchenseekraftwerk[2])-Achenseekraftwerk das auf bayrischem Gebiet liegende Stück von rund 28 km Länge gebaut und zunächst mit einem dreidrähtigen System nebst einem Reserveleiter ausgerüstet. Ferner wurde die Doppelleitung vom Umspannwerk Passau beim Kachletkraftwerk[3]) der Rhein-Main-Donau A. G. bis zum Umspannwerk Regensburg (Gesamtlänge 110 km) gebaut und auf der Strecke Regensburg-Amberg-Nürnberg wurde zum Weitertransport der Kachletenergie nach Nürnberg das zweite System aufgelegt. Durch diese Leitungsbauten hat sich die Gesamtstreckenlänge des 110 kV-Netzes von 1006 km auf rund 1200 km erhöht. Das Umspannwerk Schweinfurt wurde im Zusammenhang mit der neuen Verbindungsleitung Schweinfurt-Bamberg erweitert. Im Umspannwerk Aschaffenburg waren wesentliche Erweiterungen für den Zusammenschluß des Bayernwerknetzes mit dem Netz der Preuß. El. A.-G. erforderlich. Außer den nötigen Schaltanlagen gelangte ein Regulier- und Trenntransformator von 20 000 kVA Leistung zur Aufstellung, um eine galvanische Trennung der Netze herbeizuführen und eine den beiderseitigen Betriebsverhältnissen entsprechende Spannungshaltung zu ermöglichen. Im Walchenseewerk wurden die Einrichtungen für den Anschluß der Verbindungsleitung nach dem Achenseewerk ausgeführt. Die elektrischen Einrichtungen im Hoch- und Niedervolthaus des Umspannwerkes

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 646.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1071; 1928, H. 18, S. 405.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 681, 717.

Digitized by Google

Passau sowie die Erweiterungen in den Umspannwerken Regensburg und Nürnberg, soweit sie dem Transport der Kachletenergie dienen, wurden fertiggestellt und mit Beginn der Stromerzeugung im Kachletkraftwerk im Spätherbst 1927 in Betrieb genommen. Die installierte Transformatorenleistung des Bayernwerkes beträgt zurzeit 411 000 kVA.

Das Zusammenarbeiten des Walchenseewerkes, der Werke der Mittleren Isar und des Achenseewerkes auf das Bayernwerknetz und die Stromübertragung vom Kachletkraftwerk nach Nürnberg im Parallelbetrieb mit dem Bayernwerk vollziehen sich reibungslos und ohne technische Schwierigkeiten. Der Gesamtabsatz an Drehstrom betrug im Berichtsjahr 332 Mill. kWh; außerdem wurden rund 20 Mill. kWh aus dem Kraftwerk Viereth[1]) der Rhein-Main-Donau A. G. transportiert. Eingespeist wurden einschließlich der Transportenergie rund 384 Mill. kWh. Die maximalen Drehstromleistungsspitzen lagen bei 115 000 kW. An die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft wurden rund 71 Mill. kWh Einphasenenergie verkauft. Der gesamte Energie-Brutto-Umsatz (Drehstrom + Einphasenstrom) belief sich auf rund 452 Mill. kWh, gegen 335 Mill. im Vorjahre. Im Berichtsjahr wurden auch die Energielieferung an die Mainkraftwerke A. G., Höchst am Main, und an die Württembergische Landes-Elektrizitäts-A. G., Stuttgart zum Zwecke der Stromversorgung der Überlandwerk Jagstkreis A. G., Ellwangen aufgenommen. Die Bestrebungen zum Zusammenschluß mit den großen Elektrizitäts-Unternehmungen der Nachbarländer führt im Juli 1927 zu einem langfristigen Energieaustausch-Vertrag mit der Preuß. Kraftwerke „Oberweser" A. G., Kassel (nunmehr Preuß. El. A. G., Berlin). Das Abkommen bezweckt die gegenseitige Ergänzung der bayrischen Wasserkraftanlagen und der auf Braunkohle stehenden Dampfkraftwerke der Preuß. El. A. G. Durch diesen Zusammenschluß ist eine durchlaufende Leitungsverbindung von den Alpen bis zur Nordsee geschaffen und damit die elektrowirtschaftliche Verbindung weiter Gebiete hergestellt. Im laufenden Geschäftsjahr nahm der Energieabsatz eine befriedigende Entwicklung. Die durch die allgemeine Steigerung des Strombedarfes veranlaßten Studien über die Beschaffung neuer, wirtschaftlicher Energiequellen für das Bayernwerk haben gezeigt, daß zur Vergleichmäßigung der Energiedarbietung der Wasserkräfte und zur Förderung des Ausbaues weiterer Wasserkräfte die Errichtung eines Dampfkraftwerkes auf die Dauer nicht zu umgehen ist. Das Bayernwerk hat sich deshalb das Kohlenvorkommen bei Schwandorf durch Erwerb der Aktienmehrheit der Bayr. Braunkohlen-Industrie A. G. gesichert. Bei rund 10·1 Mill. M. Einahmen, fast ausschließlich aus dem Stromverkauf und Stromtransport verbleibt ein Reingewinn von rund 255 500 M., aus welchem 4 vH Dividende, ebenso wie bei den beiden Tochtergesellten, auf das Aktienkapital von 6 Mill. M. verteilt werden. Die Anlagen, Grundstücke, Gebäude, Straßen, Brücken und Gleise, elektrische und maschinelle Einrichtung, einschließlich Fernsprechanlage, Leitungsnetz und Vorräte sind mit rund 31 Mill. M. bewertet, dazu kommen noch im Bau befindliche Anlagen mit 10·15 Mill. M.

Bei der Mittleren Isar arbeiten die Kraftwerke Finsing, Aufkirchen und Eitting praktisch störungsfrei[2]). Aus den als Einheit zu betrachtenden Werken der Mittleren Isar und des Walchenseewerks wurden im Geschäftsjahr insgesamt 336 kWh Drehstrom an die Bayernwerk A.-G. abgegeben. Hiervon wurden der Mittleren Isar 222 Mill. kWh zugerechnet, der Rest entfällt auf das Walchenseewerk. Von der gemeinsamen Einphasen-Wechselstromlieferung an die Deutsche Reichsbahngesellschaft entfallen 43 Mill. kWh auf die Mittlere Isar und 28 Mill. kWh auf das Walchenseewerk. Der zweite Ausbau der Anlagen schreitet gut vorwärts. Er umfaßt zwischen München und Finsing den Speicherweiher und den Abfanggraben, sowie die Fischteiche zur biologischen Reinigung der Münchener Abwässer, ferner das vierte Kraftwerk bei Pfrombach[1]) mit den dazu gehörigen Kanalstrecken und dem Ausgleichweiher. Die Bauarbeiten sind nun vollständig, die maschinellen und elektrischen Einrichtungen bis auf einen geringen Rest in Auftrag gegeben. Im Kraftwerk Eitting wurden auch die Arbeiten für den vierten Maschinensatz ausgeschrieben und vergeben. Die Einnahmen aus dem Stromverkauf betrugen rund 3·9 Mill. M., der Reingewinn 374 404 M. Die Anlagen der Mittleren Isar, in erster Linie die Wasserkraftanlagen, sind mit rund 54 Mill. M. bewertet, die im Bau befindlichen Anlagen mit 10·2 Mill. M.

Das Walchenseewerk berichtet u. a.: Im Kraftwerk selbst wurde der Einbau des Generator-Brandschutzes zu Ende geführt, ferner in der Drehstrom-Schaltanlage die Einrichtungen für die Verbindung der vom Bayernwerk gebauten Leitung nach dem Achenseewerk mit dem Bayernwerknetz erstellt. Die Einphasen-Schaltanlage erfuhr eine Erweiterung zum Anschluß der 110 kV-Reichsbahnleitung Walchenseekraftwerk-Holzkirchen. Die Steigerung des Energieabsatzes des Bayernwerkes sowie die günstigeren Wasserverhältnisse gestatteten eine bessere Wasserausnützung wie im Vorjahr; auch der im Rahmen des bestehenden Vertrages vermehrte Bedarf der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft trug dazu bei, die Ausnützungsverhältnisse zu verbessern. Die Einnahmen aus dem Betriebsführungsvertrag mit dem Bayernwerk betrugen 1·4 Mill. M., der Reingewinn rund 340 000 M. Die gesamten Werksanlagen sind mit 24 Mill. M. bewertet.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 463.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1013.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1019.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	25. VI. 1928	27. VI. 1928	29. VI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139½	139½	139½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	89—94	87—92	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 29. Juni 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	10	0	69	0	0
Wire bars	69	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	63	5	0	63	6	3
Standard 3 Monate .	63	5	0	63	6	3
Zinn:						
Engl. Ingots	211	10	0	213	10	0
Standard Kassa . .	213	15	0	214	0	0
Standard 3 Monate .	210	10	0	210	15	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	11	3	25	7	6
Remelted	25	10	0	—	—	—
English Swansea . .	26	1	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 15. Juli 1928 | Heft 29

Das Problem der Photo-Telephonie.

Von Prof. K. **Zickler**, Brünn.

Übersicht: Nach einer einleitenden Besprechung der bisherigen Erfolge auf dem Gebiete der Lichttelephonie wird eine neue, besonders wirksame Durchführungsform dieser drahtlosen Übertragungsart eingehend erläutert. Durch verschiedene an derselben vorgenommene Experimentaluntersuchungen wurde erreicht, daß für irgend einen Fall der lichttelephonischen Übertragung die ganze Anlage vorausberechnet und für irgend eine durchgeführte Übertragung der zurzeit vorhandene Grad der Absorption in der Atmosphäre annähernd bestimmt werden kann.

Die Phototelephonie hat die Aufgabe, einen von einer Sendestelle ausgehenden Lichtstrom nach dem Rhythmus von Schallschwingungen zu modulieren und diese Lichtmodulationen an der Empfangstelle wieder in Schallschwingungen umzuwandeln. Dabei bildet sowohl bei der Umwandlung von Schallschwingungen in Lichtschwankungen, als auch umgekehrt, die Elektrizität das Bindeglied.

Es sei hier bemerkt, daß an der Sendestelle nicht immer die Elektrizität zu dieser Umwandlung benutzt wurde, sondern bei derselben rein mechanische Mittel in Anwendung kamen. So wurden bei den allerersten Versuchen über Lichttelephonie von Bell und Taitner (1880) mit ihrem „Photophon" von einer Bogenlampe aus Licht mittels Spiegels und Linse auf eine spiegelnde Membran geworfen, welche von der Rückseite her durch ein Rohr mit Mundstück in Schallschwingungen versetzt wurde. Dadurch erfolgte die Veränderung der Divergenz des von der Membran reflektierten Lichtes im Rhythmus der Schallschwingungen und in demselben auch die Modulation des Lichtstromes in der Senderichtung. Auch bei der Phototelegraphie mit ultravioletten Strahlen, mit welcher ich mich vor drei Jahrzehnten[1]) befaßt habe, geschah die Abgabe der Morsezeichen durch die von einer Bogenlampe ausgehenden ultravioletten Strahlen ebenfalls rein mechanisch mit Hilfe eines das Gehäuse der Lampe abschließenden pneumatischen Moment-Glasverschlusses.

Nach der eingangs angeführten Kennzeichnung des Vorganges bei der Lichttelephonie besteht der wichtigste grundsätzliche Unterschied zwischen dieser und der Telephonie mit elektrischen Wellen nur in dem Mittel des Trägers (Lichtwellen oder elektrische Wellen) der Modulationen von Ort zu Ort, das heißt das Mittel des Trägers der Übertragung unterscheidet sich nur in der Wellenlänge. Dieser graduelle Unterschied ist allerdings ein sehr großer; denn während die Wellenlängen bei den ultravioletten und sichtbaren Strahlen zwischen 10^{-4} und $7{\cdot}6 \cdot 10^{-4}$ mm liegen, benutzt man bei der Telephonie mit elektrischen Wellen (einschließlich der Telegraphie) Wellen von 11 m bis 20 000 m Länge, so daß sich ein Unterschied von $7 \cdot 10^{-8}$ bis $5 \cdot 10^{-12}$ mal kleineren Längen der Trägerwellen bei der Lichttelephonie und Lichttelegraphie gegenüber jenen bei Übertragungen mit elektrischen Wellen ergibt. Dieser große Unterschied in den Wellenlängen der Übertragungsmittel bedingt auch die Verschiedenheiten der beiden Übertragungsarten.

Bei der Übertragung mit Lichtwellen hat man es mit einer reinen Luftraumstrahlung zu tun. Wenn von einer Spiegelung in gebrochener Linie abgesehen wird, müssen Sende- und Empfangsort sich in einer ungehinderten Luftlinie befinden. Durch Einschluß der Lichtquelle in ein Gehäuse und Anwendung von Hohlspiegeln, Linsen usw. kann man den modulierten Lichtstrom in bestimmter Richtung zusammenfassen. Besonders bei Scheinwerfern mit Parabolspiegeln wird die Streuung des Lichtstromes sehr gering. So beträgt zum Beispiel bei den Goerz-Scheinwerfern mit Parabolglasspiegeln und einem Lichtbogen mit Goerz-Kohlen, System Beck, der Streuwinkel bis herab zu $^1/_{10}$ der maximalen Lichtstärke nur $1{\cdot}6^0$. Es ist also hier mit einfachen Mitteln möglich, eine drahtlose Übertragung mit einer Richtstrahlung herzustellen, die bei sichtbarem Lichtstrom die Geheimhaltung der Übertragung in bestmöglichster Weise wahrt.

Bei Übertragungen mit den unsichtbaren elektrischen Wellen hingegen sind die Verhältnisse, besonders durch den als Oberflächenstrahlen bezeichneten Anteil der gesamten, von der Sendestelle ausgehenden Wellen infolge Beugung, Interferenz und Reflexion, unter Einwirkung der mehr oder weniger gut leitenden Erdoberfläche, noch ziemlich ungeklärt. Man muß berechtigte Zweifel hegen, daß man hier jemals ebenfalls zu einer so großen Vollkommenheit der Richtstrahlung, wie bei den Lichtwellen, gelangen wird.

[1]) „Lichtelektrische Telegraphie", ETZ 1898, S. 474, 487 und 826.

Digitized by Google

Was die Reichweite anbelangt, so liegen die Verhältnisse umgekehrt. Bei der Übertragung mit Lichtwellen ist einerseits durch die verhältnismäßig starke Absorption dieser Wellen im Luftraum über der Erde und anderseits durch die Erdkrümmung die Reichweite dieser Übertragungsart eine beschränkte. So müßte infolge der letzteren der Höhenunterschied der beiden Stationen schon 3 km sein, um eine Reichweite von 200 km (entsprechend etwa 2 Erdgraden) zu erhalten. Bei der Übertragung mit elektrischen Wellen auf der Erde läßt die Reichweite nichts mehr zu wünschen übrig, da man mit ihr fast bis zum halben Erdumfang (180 Erdgrade) gelangt ist. Die Hauptunterschiede beider Übertragungsarten sind also in der Richtstrahlung und der Reichweite gelegen.

Zur Umwandlung der Lichtmodulationen in modulierte Ströme dienen die Seelenzellen und die Photozellen.

Bei den Selenzellen wird die Eigenschaft des metallischen Selens, mit dem Grade der Belichtung seinen elektrischen Widerstand zu ändern,

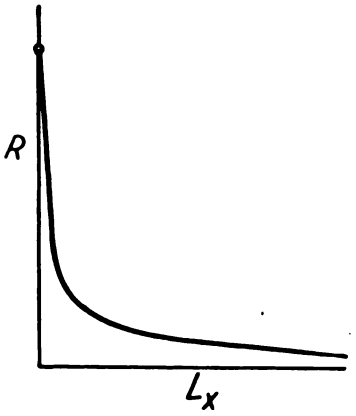


Abb. 1.

zur Umwandlung von Lichtschwankungen in modulierte Ströme benutzt. Der elektrische Widerstand R (Abb. 1) der Selenzellen fällt mit wachsender Beleuchtungsstärke vom Dunkelwiderstand an anfangs sehr rasch und weiterhin immer langsamer ab. Man kann daher nur zwischen kleinen oder großen Beleuchtungsstärken und den Strömen, welche in dem mit einer Stromquelle verbundenen Zellenkreis durch die Belichtung der Zelle auftreten, angenähert einen geradlinigen Verlauf annehmen. Der Wirkung der Selenzellen haftet eine gewisse Trägheit an.

Die Wirkung der Photozellen beruht auf der Erscheinung, daß ein Stromübergang zwischen Elektroden, an welche eine Spannung angelegt ist, ausgelöst wird, wenn die Kathode eine bestimmte Art und einen gewissen Grad der Belichtung erfährt. Hertz[2]) hat diese Erscheinung zuerst an den Elektroden eines Induktionsapparates beobachtet, bei welchem die Spannung noch nicht groß genug war, um einen Funkenstrom zwischen den Elektroden zu erzeugen. Als zufällig von einer benachbarten Bogenlampe Licht auf die Elektroden fiel, wurde durch die ultravioletten Strahlen dieser Lampe der Funkenstrom sofort ausgelöst, der wieder verschwand, als die ultraviolette Strahlung durch eine Glasplatte abgeblendet wurde. Ich habe seinerzeit diesen Photoeffekt im Empfangsapparat (Abb. 2) bei der schon früher erwähnten Lichttelegraphie[3]) benutzt. Da sich gezeigt hatte, daß der Photoeffekt um so leichter auftritt, wenn der Luftdruck um die Elektroden vermindert wird, schloß ich die Elektroden in ein Glasrohr r ein und verminderte in demselben den Luftdruck auf 200 mm. Zur Verstärkung der Wirkung der von der Sendestelle kommenden Ultraviolett-Strahlung wurde dieselbe auf der scheibenförmigen Kathode mittels der Quarzlinse l durch das Quarzfenster p in einem kleinem Lichtfleck gesammelt. Man kann diese Empfangseinrichtung als eine der ersten primitiven Photozellen ansehen[4]).

Durch das seither eingehende Studium des Photoeffektes und die Bestrebungen zur Verbesserung der Photozellen haben sich die Alkalimetalle als Kathodenmaterial am brauchbarsten erwiesen. Kalium zeigt einen maximalen selektiven Photoeffekt durch Strahlen im sichtbaren Spektrum. Bei einer solchen Photozelle ist der Alkalimetallbelag in einem luftleer gemachten Glaskolben die Kathode, in welchem ein entsprechend ge-

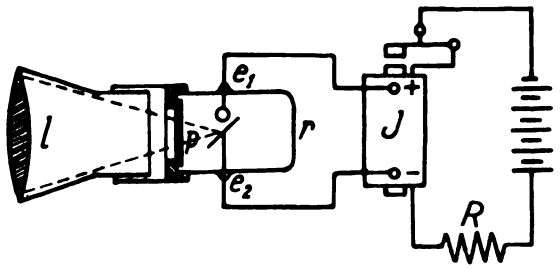


Abb. 2.

formter Metalldraht als Anode dem Belage gegenübersteht. Der Dunkelwiderstand der Photozellen ist praktisch unendlich groß. Innerhalb sehr weiter Grenzen besteht, wie schon Elster und Geitel nachgewiesen haben, bei derselben Elektrodenspannung Proportionalität zwischen der Beleuchtungsstärke und dem Photostrome, wenn im Außenwiderstand der Photostrom keinen nennenswerten Spannungsabfall hervorbringt. Es findet eine trägheitslose Umwandlung der einwirkenden Lichtmodulationen in modulierte Photoströme von gleichem Rhythmus statt. Bei der Vakuum-Photozelle steigt (Abb. 3) bei gleicher Belichtung der Photostrom mit der Spannung zuerst an bis zum sogenannten Sättigungsstrom, worauf eine weitere Steigerung der Spannung keine nennenswerte Steigerung dieses Stromes mehr zur Folge hat. Neben den Vakuum-

[2]) Wied. Ann., Bd. 31 (1887), S. 983.

[3]) Siehe Anmerkung 1.

[4]) Die durch die kürzeren oder längeren Funkenströme dargestellten Morsezeichen wurden entweder durch ein direkt in den Funkenstromkreis eingeschaltetes Telephon hörbar gemacht, oder indirekt durch die schwachen elektrischen Wellen der Funken mittels einer in der Nähe des Empfängers aufgestellten Frittröhre mit Klopfer auf einen Morseapparat übertragen.

Digitized by Google

zellen sind die erheblich wirksameren Gasphotozellen in Verwendung, welche nach der Evakuierung mit Edelgas (Neon, Helium) mit einer

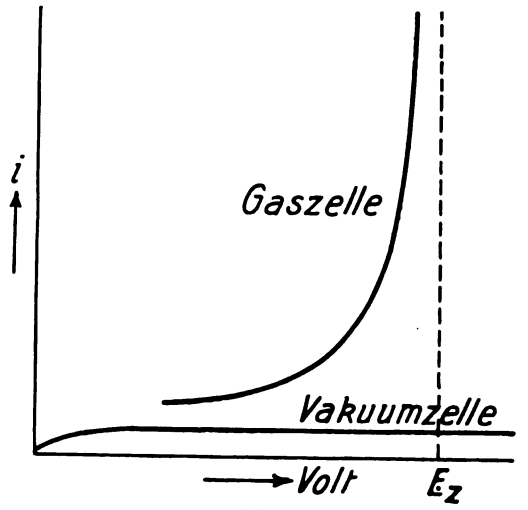


Abb. 3.

solchen Dichte gefüllt werden, daß sie eine größte Empfindlichkeit bei einer bestimmten Spannung (etwa 100 V) ergeben. Bei den Gaszellen steigt (Abb. 3) bei gleicher Belichtung der Strom annähernd nach einer Hyperbel mit der Spannung an und nähert sich einer Asymptote, welche der Zündspannung E_z entspricht. Bei der Annäherung an die Zündung tritt in der Zelle Glimmentladung auf, welche zur Schädigung der Zelle führt, wenn im Zellenkreis nicht ein entsprechend großer Sicherungswiderstand vorhanden ist.

Die Firma O. Preßler in Leipzig erzeugt Photozellen mit linsenförmigem Glaskörper (Abb. 4), welche als Maschenzellen bezeichnet werden, weil dem Kathodenbelag eine maschenförmige Drahtanode sehr nahe gegenüber gestellt ist. Die Preßler-Vakuumzellen mit hydriertem Kalium haben einen Sättigungsstrom für ein Lux Beleuchtungsstärke

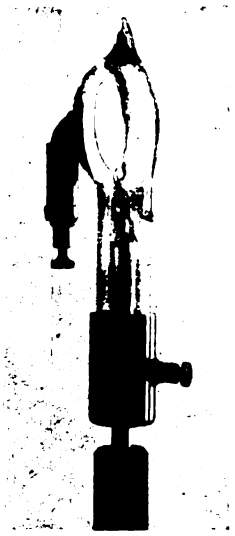


Abb. 4.

bei Vakuumglühlampen-Licht

$$i/\mathrm{Lx} \approx 9 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{A},$$

bei Goerz-Beck-Kohlen-Licht

$$i/\mathrm{Lx} \approx 16{\cdot}5 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{A}.$$

Für die Kalium-Gaszellen dieser Firma kann man von einer Spannung von etwa 40 V an annähernd

$$i/\mathrm{Lx} = \frac{A}{E_z - E} \quad . \quad (1)$$

setzen, wobei A eine Konstante, E_z die Zündspannung und E die Elektrodenspannung bedeutet. Für eine solche Preßler-Zelle mit einer Zündspannung von etwa 110 V wurde

bei Vakuumglühlampen-Licht $A \approx 1{\cdot}3 \cdot 10^{-7}$,
bei Reinkohlen-Bogenlicht $A \approx 3{\cdot}4 \cdot 10^{-7}$,
bei Goerz-Beck-Kohlen-Licht $A \approx 12 \cdot 10^{-7}$

gefunden.

Die Erzeugung von Lichtmodulationen im Rhythmus von Schallschwingungen auf elektrischem Wege wurde erst durch die Entdeckung des sprechenden Lichtbogens durch H. Th. Simon[5]) und damit überhaupt die praktische Durchführung der Lichttelephonie ermöglicht. Dabei werden nach dem Schema in Abb. 5 dem Stromkreise eines Gleichstrom-Lichtbogens L die von einem Mikrophone M erzeugten Ströme durch einen Transformator Tr überlagert. Die überlagerten Mikrophonströme bringen im Lichtbogen im Rhythmus der auf M übertragenen Schallschwingungen Volums- und Wärmeänderungen hervor, so daß der Lichtbogen die Schallschwingungen wiedergibt und sein Lichtstrom im Sinne dieser Schwingungen ebenfalls verändert wird. Simon war auch der erste, der den sprechenden Lichtbogen zur Phototelephonie in Anwendung brachte,[6]) indem er mittels der beiden Hohlspiegel S_1, S_2 den modulierten Lichtstrom an der Empfangsstelle auf einer Selenzelle Z sammelte und dadurch die Schallschwingungen im Telephon T des Zellenstromkreises wieder hörbar machte.

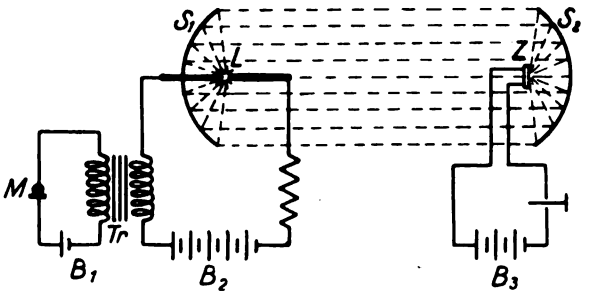


Abb. 5.

E. Ruhmer[7]) hat durch die Anwendung einer kräftig wirkenden Kombination von Mikrophonen und besonders durch die Konstruktion seiner empfindlichen Selenzellen in Zylinderform im Vakuum bei seinen Versuchen nach dem Schema von Simon Reichweiten bis zu 15 km erzielt. Allerdings war dabei die Optik eine sehr starke, da beim Sender ein Scheinwerfer mit Spiegel von 60 cm Durchmesser und beim Empfänger gar ein Spiegel von 90 cm Durchmesser benutzt wurde.

Weiters sind Versuche von H. Thirring[8]) zu nennen, welche er zuerst allein und später gemeinsam mit Simon während des Weltkrieges durchgeführt hat. Dabei wurden im Empfänger die vom Erstgenannten hergestellten Selenzellen von sehr geringer Bestrahlungsfläche angewendet, um den auf eine Plankonvexlinse auffallenden Lichtstrom in möglichst wirkungsvoller Weise auf der kleinen Selenzelle zu sammeln. Der dadurch im Zellenkreis entstandene Modulationsstrom wurde durch einen Vierröhrenapparat verstärkt. Auch sollen Versuche durchgeführt worden sein,

[5]) Wied. Ann. Bd. 64 (1898), S. 233.
[6]) Physik. Zeitschr., 2. Jahrg. (1901), S. 253. Vgl. E. u. M. 1902, S. 312.
[7]) E. T. Z., 1902, S. 859 u. 1904, S. 1029. Vgl. E. u. M. 1903, S. 621.
[8]) Physik. Zeitschr. Bd. 19 (1920), S. 67. Vgl. E. u. M. 1922, S. 30.

Digitized by Google

um beim Sender den Mikrophonstrom durch Elektronenröhren zu verstärken. Die praktische Reichweite für guten Empfang wird bei Verwendung eines Scheinwerfers mit einem Spiegel von 35 cm Durchmesser ohne elektrische Verstärkung zum Senden und einem Empfänger mit einer Sammellinse von 22 cm Durchmesser und einem Vierröhrenverstärker auf 8 bis 9 km angegeben.

Vor etwa einem Jahre ging durch die Tageszeitungen die Nachricht von Versuchen durch Qu. Majorana (Bologna) über eine drahtlose Telephonie mit ultravioletten Strahlen. Aus späteren Mitteilungen hierüber[9]) geht hervor, daß sich Majorana zum Senden einer Quecksilberdampflampe mit einem Spiegel- und Linsensystem, als Empfänger einer Photozelle mit Sammellinse bedient und beiderseits eine Verstärkung durch Elektronenröhren vorgesehen ist. Bei einer Empfängerlinse von 50 cm Durchmesser war die Reichweite 16 km. Die auf die Photozelle wirksamen ultravioletten Strahlen grenzen an das sichtbare Spektrum. Durch ein Filter aus Nickeloxydglas kann die sichtbare Strahlung abgeblendet werden.

Abgesehen von den Verschiedenheiten der elektrischen und optischen Verstärkung bei allen diesen Versuchen kann eine Vergleichung der erzielten Ergebnisse besonders deshalb nicht vorgenommen werden, weil die bei Vornahme derselben vorhandenen Absorptionsverhältnisse in der Luft nicht bekannt sind. Denn bezeichnet für eine Übertragungsanordnung a die Lichtabsorption vH je km, r die zugehörige Reichweite in km und ist r_i die ideelle[10]) Reichweite in km, das ist die Reichweite, wenn keine Absorption vorhanden wäre, so besteht die Beziehung:

$$\frac{r}{\sqrt[r]{\left(1-\frac{a}{100}\right)^r}} = r_i \quad \ldots\ldots (2).$$

Wenn also zum Beispiel bei einer bestimmten Übertragungsordnung $r_i = 60$ km wäre, dann ergeben sich nach vorstehender Gleichung für

die Absorptionen	$a =$	5,	10,	20,	30 vH/km,
die Reichweiten	$r =$	29,	20,	14,	10 km.

Schon dieses Beispiel zeigt die große Abhängigkeit der Reichweite von der Absorption und daher die Notwendigkeit der Angabe der letzteren bei einer erzielten Reichweite[11]).

Seit etwa zwei Jahren befasse ich mich ebenfalls mit der weiteren Ausgestaltung der Lichttelephonie. Mein Bestreben dabei war, neben der Erzielung einer wirksamen elektrischen Verstärkung durch Elektronenröhren[12]) beim Sender und Empfänger, besonders dahin gerichtet, die verschiedenen Vorgänge bei der Durchführung der Aufgabe so viel als möglich auch messend zu verfolgen, um eine bessere Einsicht in dieselben zu gewinnen und das Problem der Lichttelephonie einer technischen Durchbildung in dem Sinne zuzuführen, daß eine Vorausberechnung für irgend einen gegebenen Fall möglich ist.

Was zunächst den Lichtbogen anbelangt, so entschied ich mich bei der Wahl zwischen dem offen brennenden Bogen und dem Quecksilberdampf-Lichtbogen für den ersteren, weil bei ihm die reine Scheinwerferkonstruktion für den Sender aufrecht erhalten werden kann, also die beste Konzentration des Lichtstromes gewährleistet ist. Auch ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Anwendung des Lichtfernsprechens daß jeder bereits andern Zwecken dienende Scheinwerfer

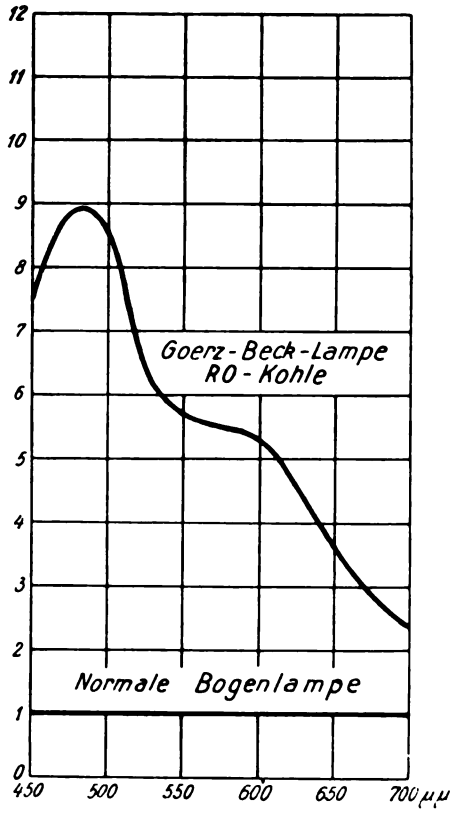


Abb. 6. Spektrale Verteilung der Leuchtdichte der Goerz-Beck-Bogenlampe, RO-Kohle, (obere Kurve) im Verhältnis zur normalen Bogenlampe (untere Kurve).

durch die Hinzufügung der entsprechenden Einrichtungen auch für die Zwecke der Lichttelephonie Anwendung finden kann.

Bezüglich der für den Lichtbogen zu verwendenden Kohlen soll, wenn der Empfang mit Photozellen bewirkt wird, bei welchen Proportionalität zwischen der Beleuchtungsstärke und dem Photostrome besteht, und dieselben in ihrer spektralen Empfindlichkeit den Wellenlängen des schwingenden Lichtes angepaßt sind, jenen Kohlen der Vorzug gegeben werden, welche bei gleicher Stärke des Gleichstromes eine größere maximale Lichtstärke ergeben; denn es werden bei gleichem überlagerten Wechselstrom die Lichtschwankungen und der Photostrom in der Zelle im selben Maße größer sein. Meine Wahl fiel daher auf die

[9]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 24, S. 591.

[10]) Nach den Leitsätzen für die Bewertung von Scheinwerfern, aufgestellt von der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. Vgl. „Die Lichttechnik" 1925, S. 13.

[11]) Siehe die Kurven in Abb. 15.

[12]) Erst vor wenigen Monaten ist mit bekannt geworden, daß Thirring und Majorana bereits von diesem Mittel Gebrauch gemacht haben.

Digitized by Google

Goerz-Kohlen System Beck[13]), da sie bei gleicher Stromstärke je nach diesem Strome eine um 43 bis 75 vH größere maximale Lichtstärke als die Reinkohlen ergeben. Diese Goerz-Beck-Kohlen sind besonders hergestellte Effektkohlen in einer Kupferhülse, welche durch Stromüberlastung auf eine hohe Temperatur gebracht sind und große Leuchtdichten ergeben (Metalldampfbogen). Neben der großen Leuchtdichte haben diese Kohlen eine verhältnismäßig kleine Leuchtfläche, was die Scheinwerferwirkung erheblich erhöht. Die Kurve[14]) in Abb. 6 zeigt die spektrale Verteilung der Leuchtdichte des Goerz-Beck-Lichtbogens im Verhältnis zu jener des Reinkohlenbogens. Dieses Verhältnis hat ein Maximum im blauen Lichte (480 $\mu\mu$).

Für eine lichttelephonische Übertragung ist von Wichtigkeit, daß sich die spektrale Lichtverteilung der Lichtquelle in möglichster Übereinstimmung mit der spektralen Empfindlichkeitsver-

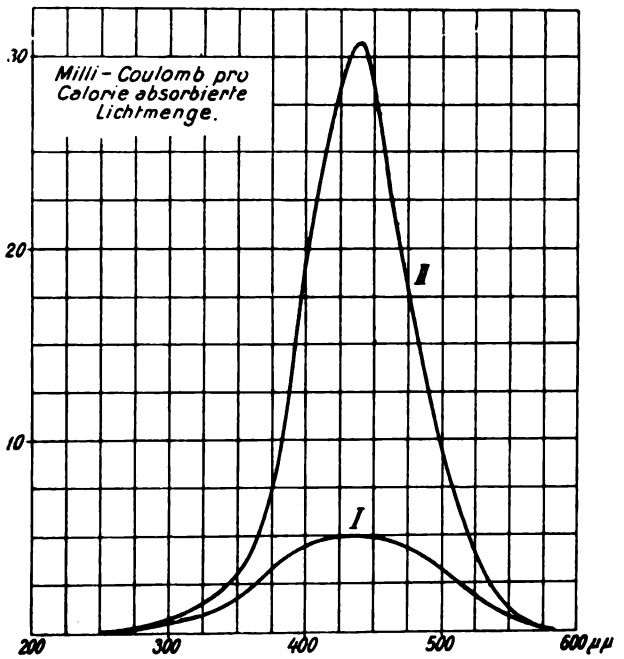


Abb. 7. Spektrale Empfindlichkeitsverteilung der Zellen G. K. V. (I) und G. K. E. (II).

teilung der Zelle befindet. Abb. 7 enthält die spektralen Empfindlichkeitskurven[15]) der Preßlerschen Kalium-Maschenzellen aus Glas, und zwar gilt die Kurve I für die Vakuum- und Kurve II für die Gaszelle. Das Maximum der Empfindlichkeit ist auch hier im blauen Lichte (438 $\mu\mu$). Ich habe daher stets in Verbindung mit dem Goerz-Beck-Bogenlicht beim Sender solche Kaliumzellen beim Empfänger angewendet, und zwar bei den eigentlichen Übertragungsversuchen die wirksamere Gaszelle. Die Überlegenheit dieser Kombination

[13]) Von Beck zuerst hergestellt und später von Gelhoff, Schering und Thilo verbessert. Vgl. a. „Die Lichttechnik" 1925, S. 104.

[14]) Entnommen dem Abschnitt „Leuchtgerät und Optik" von Gelhoff aus L. Bloch „Lichttechnik" (Besprechung in E. u. M. 1921, S. 543).

[15]) Die Kurven wurden mir von der Firma Pressler zur Verfügung gestellt.

gegenüber der Verwendung von Licht anderer spektraler Zusammensetzung hat sich schon früher bei den angeführten Sonderwerten der Konstanten A für Gleichung 1 gezeigt.

Die benutzten prinzipiellen Schaltungen beim Sender und Empfänger sind aus Abb. 8 zu ersehen. Beim Sender wird der Mikrophonstrom über den Eingangstransformator durch die Senderöhre S verstärkt und dieser verstärkte Strom über den

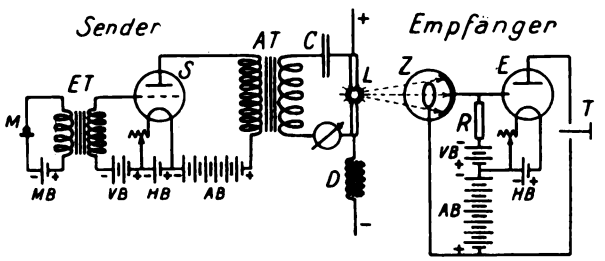


Abb. 8. Prinzipielle Schaltung des Senders und Empfängers. L Bogenlampe; D Drosselspule; C Blockkondensator; S Senderöhre; ET Eingangstransformator; AT Ausgangstransformator; M Mikrophon; Z Photozelle; E Elektronenröhre; R Kopplungswiderstand; T Telephon.

Ausgangstransformator dem Schwingungskreis des Gleichstrom-Lichtbogens L überlagert. Die Drosselspule D versperrt dem Steuerstrome den Übergang in den Kreis der Gleichstromquelle, der Kondensator C blockiert den Übergang des Gleichstromes in die Sekundärwicklung des Ausgangstransformators. Im Empfänger wird zur Verstärkung des im Rhythmus der Lichtschwankungen im Kreis der Photozelle Z auftretenden Stromes durch den großen Widerstand R mit der Verstärkerröhre E gekoppelt.

Als Lichtquelle benutzte ich bei meinen Versuchen eine Spiegellampe[16]) (Abb. 9) mit Handregulierung und einem kleinen Glasspiegel von 20 cm Durchmesser, die mir von der Zeiß Ikon-A. G. in Berlin zur Verfügung gestellt wurde. Mit Goerz-Beck-Kohlen von 6 mm Durchmesser wurde bei einem Strome $I_g = 30$ A und einer Spannung

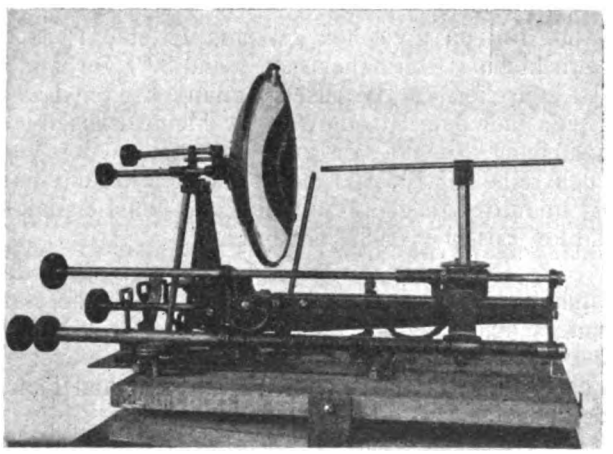


Abb. 9.

$E_{gl} = 40$ V der Lichtbogen erzeugt. Die von der Spiegellampe in der Spiegelachse erzeugte Lichtstärke J_g betrug rund 10^6 Hefner-Kerzen.

[16]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 46, 119.

Digitized by Google

Um über die elektrischen Verhältnisse im Schwingungskreis des Lichtbogens nähere Aufschlüsse zu erhalten, wurden zunächst diesem Kreise Wechselströme verschiedener Stärke und solcher Frequenzen, wie sie bei den Sprechströmen vorzukommen pflegen, überlagert und dabei neben der Stromstärke I_w mit einem Thermovoltmeter die Wechselspannungen am Lichtbogen (E_{wl}), am Kondensator (E_{wc}), am Lichtbogen und Kondensator zusammen ($E_{w(l+c)}$) und mit einem astatischen Wattmeter die zugehörigen Leistungen N_{wl}, N_{wc}, $N_{w(l+c)}$ gemessen. Dabei lieferte eine kleine Hochfrequenzmaschine über einen entsprechenden Transformator die Wechselströme in den Schwingungskreis. Bei der Frequenz $f = 500$ wurden die überlagerten Wechselströme beispielsweise bis auf 18 A gesteigert. Ohne die Versuchsreihen selbst anzuführen, seien nur die Ergebnisse aus denselben namhaft gemacht.

1. Die Wechselspannung $E_{w(l+c)}$ hat sich stets etwas kleiner als die Wechselspannung E_{wc} am Kondensator allein ergeben, daß heißt, es besteht

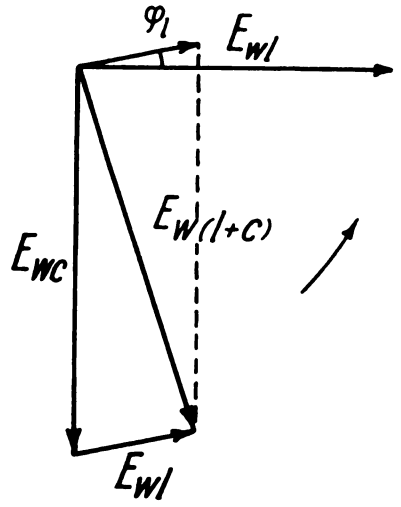


Abb. 10.

(Abb. 10), da zwischen E_{wc} und I_w eine Phasenverschiebung von nahezu 90° (rund 89°) vorhanden ist, zwischen der Wechselspannung E_{wl} am Lichtbogen und dem Strome I_w eine kleine Phasenverschiebung. So hat sich zum Beispiel bei der Versuchsreihe für $f = 500$ dieser kleine Phasenwinkel φ_l Im Mittel gleich 12° ergeben, was dem Leistungsfaktor $\cos\varphi_l = 0{\cdot}987$ entspricht.

2. Da dieser Leistungsfaktor sich von der Einheit nur um einen sehr geringen Hundertsatz unterscheidet, kann man bei Goerz-Beck-Kohlen bei technischen Rechnungen ohne nennenswerten Fehler den Wechselstrom-Scheinwiderstand gleich dem Wechselstrom-Wirkwiderstand

$$\frac{E_{wl}}{I_w} = \frac{N_{wl}}{I_w^2} = R_{wl}$$

setzen, also bei solchen Kohlen annehmen, daß für den überlagerten Wechselstrom der Gleichstromlichtbogen sich nahezu wie ein induktions- und kapazitätsfreier Widerstand verhält.

3. Eine Abhängigkeit dieses Wechselstromwiderstandes von der Frequenz konnte nicht festgestellt werden.

4. Die Wechselstromwiderstände der Goerz-Beck-Lichtbogen sind klein. Bei den stets benutzten 6 mm-Kohlen, dem Strome von 30 A und der Spannung von 40 V ergab die Messung im Mittel

$$R_{wl} = 0{\cdot}36\,\Omega.$$

R_{wl} wird kleiner mit wachsendem Kohlendurchmesser und wachsender Gleichstromstärke und nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Gleichstromspannung zu.

Messungen an Kohlen von anderen Durchmessern oder anderen Strömen und Spannungen ergaben:

9(+) u. 8(−) mm Kohlen, 60 A, 60 V ... $R_{wl} = 0{\cdot}134\,\Omega$,
6 „ 6 „ „ 30 „ 55 „ ... $R_{wl} = 0{\cdot}70$ „,
3 „ 3 „ „ 15 „ 45 „ ... $R_{wl} = 0{\cdot}99$ „.

Die Wechselstrom-(Steuer-)Leistung im Lichtbogen

$$N_{wl} = I_w^2 R_{wl} \quad \ldots\ldots (3).$$

Für den Versuchslichtbogen ($R_{wl} = 0{\cdot}36$) ist für $I_w = 6$ A

$$N_{wl} = 13\text{ W}.$$

Um bei gegebener Senderöhrenleistung die Steuerleistung möglichst groß zu machen, muß der überlagerte Wechselstrom I_w, also der Leistungsfaktor für Lichtbogen + Kondensator

$$\cos\varphi_{(l+c)} = \frac{R_{wl}}{\sqrt{R_{wl}^2 + \left[\frac{10^6}{2\pi f C_{(\mu F)}}\right]^2}} \quad \ldots (4)$$

möglichst groß sein. Für dieselbe Frequenz f muß also die Kapazität des Kondensators groß gewählt werden. Bei allen Versuchen war

$$C = 208\,\mu\text{F}.$$

Weitere Versuche wurden zur Bestimmung des prozentuellen Verhältnisses der maximalen Lichtstärkeschwankungen $\overline{J_w}$ zur Gleichlichtstärke J_g bei verschiedenen dem Lichtbogen überlagerten Wechselströmen von bestimmter Frequenz vorgenommen.

Zu diesem Zwecke wurde in der Flucht mehrerer Laboratoriumsräume, 50 m von der Spiegellampe entfernt, eine Preßler-Vakuumzelle in Verbindung mit einem Röhrenvoltmeter aufgestellt. Ohne auf diese Röhrenvoltmeter-Anordnung hier näher einzugehen, sei nur bemerkt, daß dieselbe nach einer besonderen, von meinem Assistenten Ing. J. Jaumann angegebenen Differentialschaltung ausgeführt war.

Die durch die überlagerten Wechselströme im Lichtbogen erzeugten Lichtschwingungen brachten mittels der Schwingungen des Photostromes im Zellenkreise am Anzeigeinstrument des Röhrenvoltmeters Ausschläge hervor. Um aus diesen Relativwerten der Ausschläge Verhältniszahlen zwischen den maximalen Lichtschwingungen und dem Gleichlichte zu erhalten, wurde bei einem weiteren Versuch für das Gleichstromlicht (ohne Wechsel-

Digitized by Google

stromüberlagerung) eine entsprechend gelochte und mit der Frequenz der Wechselströme angetriebene Scheibe vor der Photozelle angebracht. Es waren dann die Schwankungen der Gleichlichtstärke ± 50 vH um ihren Mittelwert. Bei gleicher Frequenz der Wechselströme ergab sich nahezu Proportionalität zwischen dem prozentuellen Verhältnis der maximalen Lichtstärkeschwankungen $\overline{J_w}$ zur Gleichlichtstärke J_g und dem prozentuellen Verhältnis des Wechselstrom-Maximalwertes $\overline{I_w}$ zum Gleichstrom I_g, also

$$\frac{100\,\frac{\overline{J_w}}{J_g}}{100\,\frac{\overline{I_w}}{I_g}} = k \quad \ldots\ldots (5)$$

oder

$$100\,\frac{\overline{J_w}}{J_g} = \frac{100\sqrt{2}\,k}{I_g}\,.\,I_w = k_1\,I_w \quad \ldots (6).$$

Es ist also für einen bestimmten Lichtbogen und Wechselströmen derselben Frequenz das prozentuelle Verhältnis der maximalen Lichtstärkeschwankungen zum Gleichlichte auch nahezu proportional dem überlagerten Wechselstrome.

Bei $f = 500$ ergab sich für die Spiegellampe mit dem Versuchslichtbogen ($I_g = 30$ A, $E_{gl} = 40$ V) im Mittel $k = 1{\cdot}09$, daher $k_1 = 5{\cdot}17$. Bei $I_w = 6$ A ist also $100\,\frac{\overline{J_w}}{J_g} = 31$ vH. Der direkte Versuch bei $f = 500$ und $I_w = 6$ ergab 31·7 vH.

Es ist bei diesem durch den Versuch bestimmten prozentuellen Verhältnis der maximalen Lichtstärkeschwankungen zur Gleichstromlichtstärke immer zu beachten, daß dabei nur jener spektrale Anteil des Bogenlichtes zur Wirkung gelangte, welcher von der Kalium-Photozelle empfunden wurde. Weiters bleibt die Frage, ob und inwieweit sich der Faktor k bzw. k_1 mit der Frequenz der überlagerten Wechselströme ändert, einer weiteren Untersuchung vorbehalten.

Für den ersten Augenblick mag es auffallend sein, daß bei einer Gleichstromleistung $E_{gl}\,I_g = 1200$ W und bei $I_w = 6$ A mit einer Wechselstromleistung $N_{wl} = 13$ W im Versuchs-Lichtbogen das Verhältnis $100\,\overline{J_w}/J_g$ so groß ist (31 vH). Es findet aber dieses Verhalten aus dem prozentuellen Verhältnis der maximalen Blindleistung zur Wirkleistung im Lichtbogen seine Aufklärung. Die Augenblickswerte von Spannung und Strom im Lichtbogen sind:

$$e = E_{gl} + \overline{E}_{wl}\sin(\omega t),$$

$$i = I_g + \overline{I}_w \sin(\omega t - \varphi_l),$$

daher ist

$$ei = E_{gl}\,I_g + E_{gl}\,\overline{I}_w \sin(\omega t - \varphi_l) + I_g\,\overline{E}_{wl}\sin(\omega t) + \frac{\overline{E}_{wl}\,\overline{I}_w}{2}\,[\cos\varphi_l - \cos(2\omega t - \varphi_l)].$$

In dieser Gleichung entspricht das erste Glied und der erste Teil des vierten Gliedes Wirkleistungen und man erhält die gesamte Wirkleistung ($\cos\varphi_l$ wie früher statt 0·978 gleich 1 gesetzt)

$$N_{l(wirk)} = E_{gl}\,I_g + E_{wl}\,I_w = E_{gl}\,I_g + I_w^2\,R_{wl}.$$

Die Glieder 2, 3 und der zweite Teil des 4. Gliedes der Gleichung für ei entsprechen den Leistungsschwankungen. Es ist daher der Maximalwert der gesamten Blindleistung

$$\overline{N}_{l(blind)} = E_{gl}\,\overline{I}_w + I_g\,\overline{E}_{wl} + \frac{\overline{E}_{wl}\,\overline{I}_w}{2}.$$

Dabei ist zu beachten, daß der letzte Teil dieser maximalen Blindleistung mit der doppelten Frequenz schwingt, weshalb es störend bei der Umwandlung von Schall in Licht und umgekehrt wirken würde. Es ist aber dieses Glied gegenüber den Werten der beiden ersten Glieder klein, so daß es ohne nennenswerten Fehler vernachlässigt werden kann. Es ist also annähernd

$$\overline{N}_{l(blind)} = E_{gl}\,\overline{I}_w + I_g\,\overline{I}_w\,R_{wl} = \overline{I}_w\,[E_{gl} + I_g\,R_{wl}]$$

und weiter

$$100\,\frac{\overline{N}_{l(blind)}}{N_{l(wirk)}} = 100\,\frac{\overline{I}_w\,[E_{gl} + I_g\,R_{wl}]}{E_{gl}\,I_g + I_w^2\,R_{wl}}.$$

Setzt man die für den Versuchslichtbogen geltenden Werte und für $I_w = 6$ in die vorstehende Gleichung ein, so gelangt man zu dem prozentuellen Verhältnis der maximalen Blindleistung zur Wirkleistung von 35·4 vH, welches von dem durch die Kalium-Photozelle festgestellten Verhältnisse der prozentuellen maximalen Lichtstärkeschwankung zur Gleichstromlichtstärke nur wenig abweicht. Es muß also im vorliegendem Falle angenommen werden, daß jener Anteil der Blindleistung, welcher zur Erzeugung der auf die Photozelle wirkenden spektralen Lichtschwankungen dient, zur gesamten Blindleistung im Lichtbogen nahezu in demselben Verhältnis steht, wie jener Anteil der Wirkleistung, der zur Erzeugung des auf die Zelle wirkenden spektralen Gleichlichtes erforderlich ist, zur gesamten Wirkleistung. Ob diese gleichen Verhältnisse bei jeder elektrischen Lichtquelle kombiniert mit jeder Zelle vorhanden sind, bedarf erst einer weiteren Untersuchung.

Jedenfalls kann man für die Goerz-Beck-Lichtbogen beim Sender und die Kalium-Maschenzellen beim Empfänger die Beziehung

$$100\,\frac{\overline{J_w}}{J_g} = 100\,\frac{\overline{I}_w\,[E_{gl} + I_g\,R_{wl}]}{E_{gl}\,I_g + I_w^2\,R_{wl}} \quad \ldots (7)$$

als angenähert giltig ansehen.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Die gemeinsame Tagung der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Berlin, und des Verbandes der Elektrizitätswerke, Wien.

Die 25. Tagung des österreichischen Verbandes der Elektrizitätswerke fand gleichzeitig mit derjenigen der deutschen Vereinigung der Elektrizitätswerke vom 26. bis 30. Juni l. J. in Wien statt. Nicht nur äußerlich wurde das Gemeinsame der beiden Vereinigungen betont, es wurde auch für ein weiteres engeres Zusammenarbeiten beschlossen, gegenseitig Vertreter in die Vorstände zu entsenden.

In der nur den Mitgliedern zugänglichen Vortagung wurden die getrennten Geschäftsversammlungen der beiden Vereinigungen abgehalten. In der Versammlung der Vereinigung erstattete Dr. Passavant den Geschäftsbericht. Nach der Rechnungslegung und Entlastung wurde die bedeutsame Entschließung angenommen, die Beziehungen zum österreichischen Verbande durch eine Entsendung von Mitgliedern in die Vorstandschaften noch enger zu gestalten. Der Leiter der städtischen Elektrizitätswerke Wien, Direktor Ing. E. Karel, trat in den Vorstand der deutschen Vereinigung ein, Generaldirektor Schlosser, Linz a. Donau, und Gen.-Dir. Egger, Wien, wurden in den Vorstandsrat aufgenommen. Dr. Passavant wurde in den Vorstand und Generaldirektor Lange und Direktor Pirrung, Biberach, wurden in den Ausschuß des österreichischen Verbandes entsendet.

Der Vorsitzende des Verbandes der sächsischen Elektrizitätswerke, Direktor Camozzi, berichtet sodann über die Erfolge der Eltgas-G. m. b. H., die vor einem Jahre zur Förderung des Elektrizitäts- und Gasabsatzes gegründet worden ist. Die großen Erfolge zeigten sich in einer bedeutenden Erhöhung des Umsatzes der angeschlossenen Werke und, als Folge der aufgestellten Zulassungsbedingungen, durch Ausscheidung minderwertiger Geräte und einer damit verbundenen Förderung der Güte der in Umlauf befindlichen Apparate. Dr. Ing. Adolph, Berlin, berichtete über die Bestrebungen nach Vereinheitlichung der Anschlußbedingungen, nach Festlegung der Bedingungen für die Haftpflicht bei Anlagen in Versorgungsgebieten der Elektrizitätswerke, die soweit als möglich dem Abnehmer und Installateur zufallen sollen. Die Installateure im Versorgungsgebiete der „Bewag" haben eine einjährige Gewährleistung für die von ihnen ausgeführten Anlagen übernommen, wodurch das Prüfungswesen der „Bewag" ganz außerordentlich eingeschränkt werden konnte.

In den Begrüßungsansprachen der gemeinsamen Haupttagung, eingeleitet von Dir. Karel, Wien, wurde neuerlich die Bedeutung der gemeinsamen Tagung hervorgehoben, die in der Schicksalsgemeinschaft der beiden Völker begründet ist, und insbesonders auf die Verbindung der österreichischen Wasserkräfte mit der deutschen Kohle hingewiesen. Sowohl der Vorsitzende der deutschen Vereinigung Gen.-Dir. Lange, wie auch der österreichische Bundesminister Dr. Schürff hoben hervor, daß sich die Elektrizitätswirtschaft frei von fremden Einflüssen und Zwangsgesetzen entwickeln muß, was durch die bisherigen Erfahrungen voll gerechtfertigt ist. Im Bundespräsidenten Dr. Hainisch fanden die Wasserkräfte einen beredten Anwalt; er erklärte, daß trotz der Fortschritte der Kohlenveredelung der Ausbau der Wasserkräfte fortschreiten müsse. Man müsse eben auch außerhalb ihrer unmittelbaren Wirkung liegende Erscheinungen berücksichtigen. Er verwies auf die Schädigungen, die der Dampfbetrieb der Bahnen in der Waldwirtschaft und auf den Feldern verursacht, deren Kalkdüngung durch die Rauchgase sehr ungünstig beeinflußt wird. Vizebürgermeister Emmerling, der die Versammlung im Namen der Gemeinde Wien begrüßte, hob den Dienst am Verbraucher, die Förderung des öffentlichen Wohles, als die vornehmste Aufgabe der Elektrizitätswirtschaft hervor.

Der Geschäftsbericht der Vereinigung, von Dr. Passavant erstattet, stellte die schweren Bedenken gegen eine staatliche Bevormundung, wie sie von mehreren Behörden geplant ist, in den Vordergrund und wies auf die Gefahr hin, daß die Regelung in die Hände wenig sachverständiger Stellen gelegt würde, die mit einer ganz ungeheuren Verantwortung belastet würden. Er wies in seinem Bericht ferner darauf hin, daß dank dem Entgegenkommen der Telegraphenverwaltung es gelungen ist, durch Überlassung bestimmter Raumwellen, die Eingliederung des Nachrichtenwesens der Elektrizitätswerke in den allgemeinen Nachrichtendienst zu erreichen. Die statistischen Arbeiten sind gemeinsam mit denen des Reichsamtes und des deutschen Städtetages auf die gleiche Grundlage gestellt worden, wodurch die Arbeiten dieser drei Stellen für verbindlich erklärt sind. Große Bedeutung erfordert die Festlegung der Haftpflicht für die Werke. Insbesonders in der Landwirtschaft sollen für den Zustand der Anlagen die Besitzer und nicht die Werke verantwortlich gemacht werden. Pflicht der Werke ist hingegen, für die Zulassung nur erstklassiger Geräte und Werkstoffe zu sorgen. Für das Zusammenarbeiten mit den Installateuren und den Elektro-Großhändlern sind Richtlinien aufgestellt worden, die ein Zusammenarbeiten der Werke mit diesen Gruppen für wünschenswert erklären; wo von den Werken Installationsarbeiten selbst ausgeführt werden, muß dies in den Umständen begründet sein, nicht aber Selbstzweck sein, weshalb Monopole auf diesem Gebiete abgebaut werden sollen. Der Anschluß von Kurzschlußmotoren soll unter Berücksichtigung der Netzverhältnisse möglichst gefördert werden. Verhandlungen mit der „Osram" Glühlampen-Gesellschaft wegen Typisierung der Lampen haben in Bezug auf die Festlegung einer längeren Lebensdauer zu Erfolgen geführt, was insbesonders für die Straßenbeleuchtung von Bedeutung ist. Die starke Inanspruchnahme der Kräfte innerhalb der Vereinigung läßt es rätlich erscheinen, sich in der Beteiligung an internationalen Körperschaften und Beratungen auf das Notwendigste zu beschränken; für derartige Fragen hat sich beim Verband der technisch-wirtschaftlichen Vereine das deutsche nationale Komitee gebildet, das solche Fragen zusammenfassend behandelt. Für die zweite Haupttagung der Weltkraftkonferenz, die 1930 in Berlin stattfinden soll, wird von der Vereinigung insbesonders die Besprechung der Elektrisierung der Landwirtschaft vorbereitet. Neue Gebiete der Landwirtschaft sollen erschlossen werden, wobei zuerst an die Molkereien gedacht ist; die Einrichtung eines derartigen Musterbetriebes ist schon begonnen worden. Die Werbetätigkeit der Vereinigung will besonders auf dem Gebiete der Elektrowärme vordringen; sie veranstaltet hiezu Werbefeldzüge und Kurse für Werbeleiter. Der Vereinheitlichung der Tarife und Anschlußbedingungen wird durch Aufstellen von Musterbedingungen und Richtlinien besonderes Augenmerk zugewendet. Schließlich wies Dr. Passavant gegenüber Angriffen auf die Strompreispolitik der Werke an Hand von Tafeln nach, daß bei wesentlich geänderten Stromerzeugungsbedingungen die Strompreise gegenüber der Friedenszeit sich nicht wesentlich geändert haben.

Der Geschäftsbericht des österreichischen Verbandes der Elektrizitätswerke, erstattet von Dir. Ing. Karel, gab eine ausführliche Übersicht über die Entwicklung des Verbandes während der vergangenen 25 Jahre. Der Verband führt einen Kampf gegen eine Reihe von Verordnungen und Gesetzen, insbesonders auf dem Gebiete der Steuergesetzgebung. Die Vielfachheit und Höhe der Landes- und Gemeindezuschläge auf die Strompreise bereiten der Elektizitätswirtschaft ernstliche Hindernisse, ihre Unübersichtlichkeit erschwert die Einführung von einheitlichen Tarifen und Preisgestaltungen. Wenn auch das Bundesministerium die Schädlichkeit dieser Bestrebungen, auf Kosten der Werke sich Einnahmsquellen zu schaffen, erkennt, so ist doch wegen der Finanznot der Länder und Gemeinden mit einer Milderung in der nächsten Zeit nicht zu rechnen. Über die Frage der Höhe des Anerkennungszinses bei Benutzung von Bahngrund durch Übertragsleitungen der Werke herr-

Digitized by Google

schen zwischen dem Verbande und der Generaldirektion der Bundesbahnen ziemliche Meinungsverschiedenheiten, deren Beseitigung noch nicht gelungen ist. Die Gültigkeit der Schiedsgerichtsverordnung, die eine halbwegs tragbare Form der Strompreisgestaltung ermöglichte, wurde trotz aller Bemühungen nicht mehr verlängert. Die neue Fassung des Elektrizitätsförderungsgesetzes dürfte manchen Wünschen der Werke Rechnung tragen.

Einige Zahlen über die Entwicklung des Verbandes der Elektrizitätswerke sind von allgemeinerem Interesse. Im Jahre der Gründung des Verbandes, das ist im Jahre 1903, hatten die dem Verbande angehörenden Mitglieder in Wasserkraftwerken eine Leistung von 22 630 PS, in Wärmekraftanlagen eine solche von 82 747 PS, zusammen 105 377 PS zur Verfügung. Ende 1927 betrug die Leistung der im Besitze der Verbandsmitglieder befindlichen Wasserkräfte 469 700 PS und der Wärmekraftanlagen 320 700 PS, die gesamte zur Verfügung stehende Leistung betrug 790 400 PS. Im Jahre 1903 betrug die Jahreserzeugung der angeführten Wasserkräfte 24 Mill. kWh, der Wärmekraftwerke 56·4 Mill. kWh, zusammen 80·4 Mill. kWh. Im Jahre 1927 lieferten die Wasserkräfte des Verbandes 882 Mill. kWh, die Wärmekraftanlagen 439 Mill. kWh, alle zusammen 1322 Mill. kWh. Der Anteil der Wasserkräfte an der Stromerzeugung im Jahre 1903 betrug 30 vH, im Jahre 1927 67 vH der Gesamterzeugung. Die Benutzungsdauer der Werksanlagen stieg von 1200 Stunden im Jahre 1903 auf 2500 Stunden im Jahre 1927.

An die Erstattung der Berichte schließen sich eine Reihe interessanter Vorträge, die hier in ihrem wesentlichen Inhalt angegeben werden mögen.

Herr Ob.-Ing. Gleichmann, Berlin, hielt seinen Vortrag über den „Aufbau von Großkraftwerken für Höchstdruckdampf unter besonderer Berücksichtigung des Bensonkessels". Die Planung von Höchstdruckanlagen muß von dem Endzustand des Dampfes hinter der letzten Turbinenstufe ausgehen, wofür der Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes an dieser Stelle maßgebend ist. Damit keine unzulässigen Schaufelanfressungen stattfinden, wird als höchstzulässiger Feuchtigkeitsgehalt 8 vH angegeben. Der Turbinenwirkungsgrad bestimmt im IS-Bild den Linienzug, welcher zum Eintritts-Dampfzustand führt, der durch diesen Linienzug und die höchstzulässige Eintrittstemperatur festgelegt wird. Da aus diesem Grunde meist die heute in der Dampftechnik möglichen Drücke nicht erreicht werden können, wird die Zwischenüberhitzung erforderlich, deren verschiedene Ausführungen und Anwendungsarten für verschiedene Kessel im Vortrag näher behandelt werden. Eingehend wird auch der Einfluß des Ausfallens der Vorschaltturbinen auf den Wärmefluß geprüft. Die Frage, ob Einwellen- oder Mehrwellenturbine, muß mit Rücksicht auf die baulichen Möglichkeiten, die Betriebssicherheit und die Belastungsverhältnisse gründlich untersucht werden. Neben den Kondensationsanlagen gewinnen die Gegendruckanlagen mit Abgabe von Heizdampf für Städteheizung oder Industrieanlagen immer mehr an Bedeutung. An Hand von Schaltbildern erläuterte der Vortragende den Verlauf einer Gegendruckheizanlage mit und ohne Wasserrücklauf. Für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage eignet sich das Bensonverfahren[1]) ganz besonders. Während bei den üblichen Drücken, unter Berücksichtigung der Belastungsbilder von Kraft- und Heizbedarf, die Kosten eines Heizkraftwerkes auf 500 RM/kW sich belaufen, sinken diese bei 100 at auf etwa 300 RM/kW und bei 180 at auf rund 220 RM/kW. Zur baulichen Ausführung einer Bensonanlage weist der Vortragende darauf hin, daß zum Anfahren eine besondere Kraftquelle, wie beim Verfahren nach Prof. Löffler[2]), notwendig ist. Ein Versagen der Speisepumpen kann, wie oft gegen den Bensonkessel eingeworfen wird, wohl verhängnisvoll werden; sie ist aber beim gewöhnlichen Kessel ebenso gefährlich. Die Werkstoffrage kann für diese hohen Drücke als gelöst gelten. Es wird Stahl von 38 bis 40 kg/mm² Festigkeit und 27 vH Dehnung verwendet; Verbindungen werden, soviel als möglich geschweißt, wobei das Thermitschweißen dem elektrischen Stumpfschweißen vorgezogen wird. Flanschen werden nur bei Armaturen verwendet. Die Wirtschaftlichkeit einer Höchstdruckanlage läßt sich aus dem Entropiebild berechnen; gegenüber einer 35 at-Anlage wird eine Wärmeersparnis von 15 bis 20 vH erwartet. Die Herstellungskosten einer solchen Anlage dürfen ohne Gefährdung der Wirtschaftlichkeit nicht wesentlich höher kommen als die einer 35 at-Anlage, was nach den vorliegenden Ergebnissen durchaus möglich erscheint. Mit dem Erreichen dieser höchsten Drücke ist die Ausnutzungsfähigkeit des Dampfes auf diesem Wege erschöpft. Weitere Verbesserungen in der Kohlenwirtschaft lassen sich nur auf anderen Gebieten erzielen, wie bei der Kohlenstaubeinspritzung in Dieselmotoren oder beim Zweistoffdampfverfahren.

Professor Dr. Petersen sprach über die „Technische und wirtschaftliche Entwicklung der Hochspannungskabeltechnik". Die Entwicklung des Kraftbedarfes in den großen Städten verlangt die Beförderung immer größerer Energiemengen in die Verbrauchsgebiete. Die vorhandenen Kabelnetze mit den Spannungen bis 35 kV reichen aber hiefür nicht mehr aus. Um nun doch noch diese Netze benützen zu können, wird man die Energie den Verbrauchsschwerpunkten mit 100 kV zuführen und mit den vorhandenen 35 kV-Netzen weiter verteilen. Die Wirtschaftlichkeit der 100 kV-Kabelleitungen ist in solchen Fällen immer gegeben. 100 kV-Kabel stehen schon seit Jahren in Deutschland in Probebetrieb. Als Einleiterkabel verlieren sie aber in den Städten wegen des notwendigen gegenseitigen Abstandes von 30 cm, wodurch sehr breite Kabelgräben erforderlich werden, an Bedeutung. Es muß daher an die Herstellung verseilter Höchstspannungskabel geschritten werden.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse für die Vergleiche zwischen Kabel und Freileitungen bei niedrigeren Spannungen im freien Gelände. Den folgenden Betrachtungen wurden nichtbewehrte Kabel zugrundegelegt. Da nämlich für den Schutz der verlegten Kabel ohnehin Abdecksteine verwendet werden, für die Verlegung selbst aber immer mehr die zuverlässig und schonend arbeitenden Maschinen genommen werden, erscheint die Bewehrung nicht mehr notwendig. Den Preisvergleichen wurden jeweils die Gesamtkosten einer Leitung, bei Kabel zum Beispiel also die Verlegungskosten, die Abdecksteine, die Muffen und ihre Anbringung usw. berücksichtigt. Die Kabel sind als Höchstadterkabel mit Bleimantel und Juteumhüllung gedacht[3]). Bei einer 15 kV-Übertragung, die Freileitung zuerst mit 3 × 25 mm² Cu-Leitern auf Holzmasten, im zweiten Falle mit 3 × 70 mm² Cu-Leitern auf Tragmasten aus Holz und Abspannmasten auf Eisen geführt, das Kabel dreiadrig, im Falle *a*) mit Hand, im Falle *b*) maschinell verlegt, stellt sich das Preisverhältnis zwischen Kabel und Freileitung:

bei 25 mm² und *a*) auf 1·74, bei *b*) auf 1·43;
bei 70 mm² und *a*) auf 1·68, bei *b*) auf 1·49.

Da das Kabel aber einen viel höheren Sicherheitsgrad als die Einfachfreileitung aufweist, ist der Vergleich für das Kabel zu ungünstig, weshalb für den weiteren Vergleich eine Doppelfreileitung herangezogen wird. Das entsprechende Preisverhältnis ist dann bei 25 mm² und Fall *a*) 0·83, bei 70 mm² und *b*) 0·80. Dieser Fall ist aber wieder für das Kabel zu günstig, da die Doppelfreileitung eine höhere Reservemöglichkeit beinhaltet.

Das tatsächliche Verhältnis wird man, wenn man die niedrigeren Abschreibungs- und Erhaltungskosten berücksichtigt, mit Eins annehmen können, das heißt, daß Kabel und Freileitung gleich hoch zu stehen kommen.

Bei 60 kV- und 100 kV-Kabel erhält man folgende Verhältniszahlen:

60 kV, 100 bis 150 mm² . . . . . 2·7 bis 2·8,
100 kV, 150 bis 185 mm² . . . . . 2·5 bis 2·6.

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 502; 1927, S. 360, 762; 1928, Heft 1, S. 19.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 584, 738; 1926, S. 63; 1927, S. 367; 1928, Heft 1, S. 19 und Heft 26, S. 700.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 878.

Digitized by Google

Bei Doppelfreileitungen, welche man in diesen Fällen wegen der Wichtigkeit solcher Leitungen wohl annehmen muß, ergeben sich die Werte des Verhältnisses:

60 kV, 100 bis 150 mm² . . . . . 1·5 bis 1·6,
100 kV, 150 bis 185 mm² . . . . . 1·4 bis 1·5.

Will man beim Kabel eine der Doppelfreileitung gleichwertige Reserve haben, so muß man zum Vierleiterkabel, dessen vierte Ader in der Regel tot ist, greifen. Die Zahlen stellen sich dann bei 60 kV auf 2 bis 2·1 und bei 100 kV auf 1·9 bis 2·1, was einem mittleren Verhältnis von rund Zwei entspricht, das heißt, die Kabelleitung ist doppelt so teuer als die gleichwertige Freileitung.

Für die Preisvergleiche muß man aber auch die Belastbarkeit der Übertragungsleitungen berücksichtigen. Ein Einleiterkabel kann mit 1·8 bis 2·4 A/mm², ein Dreileiterkabel mit 1·5 bis 2 A/mm², längere Freileitungen aber können wegen des damit verbundenen großen Spannungsabfalles mit nicht mehr als höchstens 1·5 A/mm² belastet werden. Es beträgt nämlich der Scheinwiderstand eines Kabels rund 20 Ohm je 100 km, der einer Freileitung hingegen rund 40 Ohm je 100 km. Bei einer Freileitung ergibt sich bei einer Belastung von 1·5 A/mm², 60 kV und 150 mm² Cu, 100 km Länge ein Spannungsabfall von 26 vH, bei 100 kV, 150 mm² Cu ein solcher von 19 vH und bei 100 kV, 185 mm² Cu einer von 15 vH. Aus diesem Grunde sind die Zahlen für das Kabel etwas zu ungünstig. Für kurze Übertragungsleitungen, wo praktisch fast kein Spannungsabfall eintritt, gilt diese Überlegung nicht. Bei der Frage, ob Einleiter- oder Dreileiterkabel, ist zu bedenken, daß sich beim Dreileiterkabel die Muffen leichter setzen lassen, daß aber die Verlegungskosten höher sind. Beim Einleiterkabel treten auch Verluste im Mantel auf, die bei Vollast 20 bis 25 vH der Kupferverluste betragen. Berücksichtigt man jedoch die Belastungsverhältnisse während eines ganzen Jahres, so ergibt sich nur ein sehr geringer Betrag für diese Verluste. Das Einleiterkabel ist aber hingegen bis zu 30 vH höher belastbar. Die Umschaltung von einer fehlerhaften Ader auf die vierte Reserveader wird sich bei Vorhandensein von Kompensationseinrichtungen ohne die geringste Störung vollziehen lassen.

Die Frage ist nun: sind diese Mehrkosten der Kabelübertragung tragbar? Es ist dazu folgendes zu überlegen. Die Haltbarkeit der Kabel ist nach den Erfahrungen praktisch eine nahezu unbegrenzte, die Tilgungskosten können daher mit 1 bis 1·5 vH niedriger als bei Freileitungen angenommen werden, die, kapitalisiert, rund 15 vH höhere Anlagekosten zugunsten des Kabels gestatten. Die mit 10 vH der Unterhaltungskosten der Freileitung angenommenen Kabelunterhaltungskosten erlauben wieder einen Mehrpreis von rund 20 vH. Insgesamt darf also das Kabel 30 bis 40 vH mehr als die Freileitung kosten. Dagegen stehen wieder die dielektrischen Verluste mit 1·4 kW/km bei 60 kV- und 4·0 kW/km bei 100 kV-Kabeln, noch dazu fast unabhängig von der Belastung, gegen 0·4, bzw. 1·0 kW/km, einer Einfachleitung. Bei 150 km Länge ergibt das gegenüber der Doppelleitung ein Mehr von rund 1·5 Mill. kWh. Das verursacht bei einem Strompreis von 1·5 Pf/kWh und der angegebenen Strombelastung eine Stromverteuerung um 4 bis 8 vH, weshalb der angegebene zulässige Mehrpreis höchstens 30 vH betragen darf. Andererseits hat das Kabel wieder einen geringeren Spannungsabfall als die Freileitung und ermöglicht dadurch eine leichtere Spannungsregelung. Wegen der rund zwanzigfach größeren Kapazität verliert die Regelung der nacheilenden Blindleistung in Kabelleitungen an Bedeutung, es lassen sich somit auch Phasenschieber ersparen. Da die Generatoren vom nacheilenden Blindstrom entlastet werden, lassen sie sich auch billiger bauen. Das Preisverhältnis von 1·5 bei Dreileiter- und 2 bei Vierleiterkabel erscheint demnach wirtschaftlich tragbar. Die Entwicklungsmöglichkeit der Freileitungen erscheint abgeschlossen, die für Kabel dagegen noch groß, Verbesserungen sind zu erwarten bei der Isolation, in der maschinellen Verlegung und in der maschinellen Anbringung der heiklen und teuren Muffen am verlegten Kabel. Große Erfolge werden sich durch Herstellung sogenannter kurzschlußsicherer Kabel erzielen lassen. Man hat nämlich erkannt, daß die meisten Kabeldurchschläge nicht Folgen von Überspannungen sind, sondern von Kurzschlüssen. Die in kürzester Zeit auftretende Kabel-Erwärmung bewirkt zwischen Leiter und Isolation Drücke, die in der Höhe von mehr als 100 at nachgewiesen werden konnten, wodurch natürlich die Zerstörung eingeleitet wird.

Privatdozent Dr. Gauster, Wien, sprach über „Erdschlußschutz parallel geführter Hochspannungsleitungen". Leitungen, die auf gemeinsamem Gestänge geführt werden und an ihren Endpunkten über Sammelschienen zusammengeschlossen sind, erleiden natürlich keine gegenseitige kapazitive Beeinflussung. Werden sie jedoch unabhängig voneinander betrieben, wie es etwa bei zwei fremden Leitungen der Fall ist, so tritt bei Erdschluß auf der einen Leitung infolge der gegenseitigen Kapazität auch in der gesunden Leitung eine Spannungsverlagerung auf, die bis zu einem Viertel der Betriebsspannung der anderen betragen kann[4]). Das wird nur dann gefährlich, wenn zum Beispiel eine 60 kV- und eine 15 kV-Leitung auf gemeinsamem Gestänge geführt werden. Wesentlich gefährlicher sind die Verhältnisse, wenn zwei Leitungen, auch der gleichen Spannung, unabhängig am gleichen Gestänge geführt werden, die jede durch eine Erdschlußstrom-Löscheinrichtung geschützt sind. Diese Einrichtungen stellen nämlich eine zur Erdkapazität der Leitung parallel geschaltete Induktivität dar. Diese kann, wenn die Drossel auf Löschung bei geerdeter zweiter Leitung abgestimmt ist, im Erdschlußfalle Resonanzspannung in der gesunden Leitung von theoretisch unendlicher Größe bewirken. Ist die Drossel nur für die eine Leitung allein abgestimmt, so wird in der gesunden Leitung eine Spannung von der Höhe der Betriebsspannung hervorgerufen werden. Die Dämpfung der Leitung und die Sättigung der Drossel mildern diese Verhältnisse wesentlich. Eine wirkliche Abhilfe schafft jedoch beispielsweise eine zwischen die beiden Leitungen geschaltete Drossel, deren Induktivität auf die gegenseitige Kapazität der beiden Leitungen abgestimmt ist, so daß der Verschiebungsstrom zwischen den beiden Leitungen aufgehoben wird (Ausgleichsdrossel nach Petersen). Hiedurch werden Verhältnisse geschaffen, als ob die Leitungen unendlich weit voneinander entfernt wären, die kapazitive Kopplung der beiden Leitungen wird aufgehoben, daher auch der Name Entkoppelungsspule. Bei den Wiener Städt. Elektrizitätswerken bedingen es die vorliegenden Verhältnisse, daß sowohl die beiden parallel laufenden Stränge der 70 kV-Freileitung Ebenfurth—Wien, als auch die der 110 kV-Freileitung Gresten—Wien voneinander vollständig unabhängig, also ohne gemeinsame Hochspannungssammelschienen, betrieben werden können. In beiden Fällen werden Polerdschluß-Löscheinrichtungen hoher Streuung verwendet, welche für kurzzeitige Löschung bestimmt sind. Da man dann also eine Entkoppelungseinrichtung vorsehen muß, welche sowohl bei eingeschalteten Löscheinrichtungen beider Leitungen, als auch nach dem Auslösen einer der beiden Löscheinrichtungen richtig arbeiten muß, so war es hier notwendig, sich einer neuen Lösung zu bedienen. Der Vortragende beschreibt die von der Elin A.-G. gelieferten Entkopplungseinrichtungen[5]), welche im Kraftwerk Ebenfurth, bzw. Umspannwerk Wien-Nord aufgestellt wurden und die alle gestellten Bedingungen restlos befriedigen.

Professor Matthias, Berlin, sprach über „Neue Wege zur experimentellen Klärung von Ölschalterfragen und verwandten Problemen". Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft mit dem Streben nach fortwährender Vergrößerung der Kraftwerksleistungen und nach Zusammenschluß der Versorgungsgebiete bringt auch ein ungeheures Anwachsen der Kurzschlußströme mit sich, deren Wirkungen noch nicht voll beherrscht werden

[4]) R. Willheim, E. u. M. 1921, S. 152.
[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 633.

Digitized by Google

können. Sie äußern sich bekanntlich in mechanischen, in Wärme- und Lichtbogenwirkungen, letztere im Öl der Ölschalter. Mechanische Wirkungen können sich an eingespannten Stäben, wie sie die Wicklungsköpfe darstellen, durch Schwingungen in Resonanz mit der der Wechselzahl des Stromes äußern, was sehr schädigend auf die Isolation einwirkt. Wesentlich längere Zeit brauchen die Wärmewirkungen, die aber zusammen mit der elektrischen Beanspruchung nachteilig auf den Werkstoff einwirken können. Am gefährlichsten sind die Lichtbogenwirkungen im Öl. Hier wirkt eine Reihe von Erscheinungen in kürzester Zeit zusammen, so daß das Trennen und Verfolgen der einzelnen Erscheinungen sehr schwierig ist. Es ist leider vielfach nicht möglich, aus Kleinversuchen auf Großversuche zu schließen. Die Prüfung der Schalter in betriebsmäßigen Verhältnissen erscheint daher notwendig. Solche Versuchsanlagen erfordern aber für die einzelnen Erzeuger übergroße Mittel, weshalb der Vortragende zur Aufbringung der Gelder durch alle beteiligten Kreise auffordert. Der vorgeschlagene Versuchstand umfaßt zwei Maschinen, die durch $^1/_{10}$ sec eine Leistung von 1 Mill. kVA hergeben können. Die Kosten werden auf 3·5 Mill. M geschätzt. Die Einrichtung ist so geplant, daß eine möglichst vielseitige Ausnützung der Anlage gewährleistet ist.

Ob.-Ing. Quack, Bitterfeld, sprach über „Materialfragen beim Bau von Turbodynamos". Explosionen, die in den letzten Jahren bei Läufern von großen, rasch laufenden Generatoren aufgetreten sind, erschienen zunächst in ihren Ursachen unerklärlich, da die Festigkeitsproben und Rechnungen stimmten. Die Zähne und Windungsklappen, denen man anfänglich auch die Schuld zuschob, erwiesen sich als einwandfrei. Erst bei der Prüfung des Inneren des Schmiedekörpers fand man, daß Überbeanspruchungen des im Inneren nicht ganz homogenen und gleichfesten Werkstoffes die Ursache waren. Man bohrt daher jetzt die großen Werkstücke der ganzen Achse nach durch und vergütet sie sodann, wodurch man ein homogenes Stück erhält. Die Proben werden nun nicht mehr bloß von einem Ende genommen, sondern auch vom Innern des Stückes aus Bohrlöchern, die von der Oberfläche bis zum Kernloch gebohrt werden. Die Achsbohrung wird mit sechsfacher Vergrößerung abgesucht, verdächtige Stellen photographiert. Weitere Untersuchungen betreffen das Wachsen des Gußeisens, das man auf Gaseinschlüsse im Innern zurückführt, man sucht es durch besondere Legierungen (Kasseler Legierung) zu vermeiden. Man befaßt sich auch mit der Auffindung eines Graugusses an Stelle des teuren Stahlgusses. Große Sorge macht den Turbinenbauern die Auffindung eines erosionsfesten Stahles für die letzten Stufen der Turbinen. Untersuchungen von Hönninger in Baden, Schweiz, zeigten, daß Dampfgeschwindigkeiten von rund 1000 m und ein Feuchtigkeitsgehalt von 5 vH die kritische Grenze darstellen, unter der die Anfressungen sehr mäßig sind, über der sie aber außerordentlich rasch zunehmen. Eine Geschwindigkeitsvermehrung von nur 4 vH bewirkt bereits ein Vielfaches an Anfressung. Die besten Ergebnisse dürften nichtrostende Stähle mit 14 bis 16 vH Chromgehalt und harter Oberfläche (0·3 vH Kohlenstoffgehalt) haben[6]). Der Vortragende wünscht, daß die Besteller der Haltbarkeit der Schaufeln in den Gewährleistungsbedingungen größeres Augenmerk zuwenden und auch beim Vergleich der Angebote diesen Punkten besondere Aufmerksamkeit schenken sollten. Es wurden weiters Anfressungen am Laufzeug der zu den Turbinen gehörigen Pumpen beobachtet, die auf unrichtige Bauart zurückzuführen sein dürften. Es lösen sich nämlich an diesen Stellen, infolge eines Unterdruckes, Dampfblasen aus dem Wasser ab, die dann wieder auf die Schaufeln zusammenstürzen, mit Drücken, die Parsons auf über 1000 at schätzt. Das schwammartige Aussehen der Anfressungen dürfte aber auch auf chemische Einflüsse des entstehenden Sauerstoffes zurückzuführen sein. Schließlich richtet der Vortragende an alle Werke die Aufforderung, rückhaltslos die Erfahrungen in Werkstoffragen und -schäden mitzuteilen, da nur so eine Klärung dieser Gebiete erfolgen könne.

Von den an die Vorträge anschließenden Aussprachen seien nur die wichtigsten erwähnt. Zu den Ausführungen von Gleichmann wies Margolis, Hamburg, auf die hohe Bedeutung des Zusammenarbeitens von Kraft- und Heizwerken hin. Er stellte einen Stromfaktor auf, der durch das Verhältnis im Heizbetriebe erzeugten Abfallstromes und der erzeugten Heizwärmemenge gegeben ist. Bei 6 Mill. kWh Abfallstrom wurden vergangenes Jahr in Hamburg 75 Milliarden WE erzeugt, die Kennzahl beträgt demnach 80 kWh/Mill. WE. Beim Übergang von 11 at auf 100 at bei gleichem Wärmebedarf und gleichem Gegendruck von 1·5 atü läßt sich diese Zahl auf 200 kWh/Mill.WE steigern. Im ersten Falle beträgt der Kohlenverbrauch 5·3 kg/kWh, im zweiten nur 3·8 kg/kWh. Einer Ersparnis von 40 vH steht eine Erhöhung des Stromfaktors von 150 vH gegenüber. Die Anlagekosten des Kraft-Heizwerkes einschließlich des Rohrnetzes und der Anschlüsse (200 M/kW für das Kraftwerk und 65 000 M für die Heizungsanlage je 1 Milliarde WE gerechnet) stellen sich bei einem Betriebsdruck von 11 at auf 750 M/kW, bei 30 at auf 500 und bei 100 at auf nur 400 M/kW. Nähere Rechnungen ergaben, daß unter diesen Umständen der Abfallstrom sehr billig, fast kostenlos abgegeben werden kann, so daß mit einer weitestgehenden Ausnutzung desselben für Elektrowärmeheizung gerechnet werden kann. Der Vorteil für die Elektrizitätswerke wird darin liegen, daß sie die Kondensationsturbinen nur mehr für die Sommerspitze, statt wie bisher, für die Winterspitze bemessen müßten, da im Winter die Gegendruckturbinen für den restlichen Kraftbedarf aufkommen würden. Das Belastungsbild wird sich von der wilden Zickzacklinie zu einer gleichmäßigen Wellenlinie wandeln.

Zum Vortrag Petersen bemerkte Smit-Kleinen, Bloemendal, Holland, daß die Umschaltung einer schadhaften Ader auf die vierte Reserveader nach seinen Erfahrungen nicht so leicht vonstatten gehen dürfte. Auf die Bewehrung will man in leichtem Boden, wie in Holland, nicht verzichten, da die Kabel durch ihre eigene Schwere von 1 m Tiefe auf 2·5 m absinken können. Die Verlegung von Kabeln ist aber wegen der sachlichen und ideellen Schäden, die ein Leitungsbruch zur Folge haben kann, und wegen der Entlastung der Grundbesitzer von den Stangen in ihren Feldern sicher zu begrüßen.

Zum Vortrag von Prof. Matthias bemerkte Prof. Thoma, Karlsruhe, daß Modellversuche an Schaltern doch sehr viele Erkenntnisse zeitigen können und Rückschlüsse auf die Ausführungen im Großen zulassen, insbesonders, was die Strömungserscheinungen im Öle, betrifft. Dr. Kopeliowitsch, Baden, Schweiz, wies gleichfalls auf die Bedeutung von Kleinversuchen hin, die das Erkennen von einzelnen Vorgängen wesentlich erleichtern. Ferner zeigte er die große Bedeutung von Zeitlupenaufnahmen von Schaltvorgängen, die in Modellglasschaltern gemacht wurden[7]). Er erwähnte, daß die Bestimmung des Gasdruckes im Schalter außerordentlich schwierig ist, da im angeschlossenen Gasometer nur mehr die kalten Ölgase gemessen werden und daß die Bauersche Konstante, das ist die je kW Abschaltleistung entwickelte Gasmenge, eine von der Schaltleistung und Schalterausführung abhängige Größe ist. So wurden in Löschkammerschaltern bei 15 000 kVA eine Gasmenge von 200 cm³/kWsec, bei 20 000 kVA ohne Löschkammer, aber Fünffach-Unterbrechung, nur 60 cm³/kWsec.

Den Abschluß der Tagung bildete die Besichtigung einer Reihe von industriellen Anlagen, wie derjenigen der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, der AEG-Union und der Glühlampenfabrik Kremenezky, sowie der elektrischen Anlagen der Wiener städtischen Elektrizitätswerke. Von diesen wurden die 110 kV-Freiluftanlage des Umspannwerkes Wien-Nord, die Gleichrichterstation Thury, der Umformerwagen der elektrischen Stadtbahn und das Umspannwerk Schmelz besichtigt.

[6]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 301 ff.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 399 ff.

Digitized by Google

Zum Schlusse vereinigte die Teilnehmer der Tagung ein Festessen im Großen Konzerthaussaal. In warmen Abschiedsworten erinnerte Generaldirektor Lange nochmals an die Bedeutung dieser gemeinsamen Tagung, die neue persönliche Beziehungen zwischen den Teilnehmern und neue Bande zwischen den beiden schicksalsverwandten Völkern geschaffen habe, deren Zusammenschluß unbehindert von äußeren Hindernissen immer enger werde. Im ähnlichen Sinne sprach der Bundesminister für Finanzen Dr. Kienböck, dessen Anwesenheit das lebhafte Interesse der Finanzverwaltung an dem Gedeihen der Elektrizitätswerke und der Elektrizitätswirtschaft bekundete.

Ing. V. Horwatitsch.

Rundschau.

Verbrennungskraftmaschinen.

Leistungsversuche an einem Dieselmotor mit Büchischer Aufladung[1]). Von A. Stodola. Der von der schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur gebaute, stehende, einfachwirkende Sechszylindermotor (560 mm Zylinderdurchmesser und 640 mm Hub, 167 U/min) ist mit einem zweistufigen Turbogebläse mit Abgasturbine, das von BBC geliefert wurde, verbunden. Die Abgase werden aus je drei Zylindern, deren Auspuffstöße um 240° voneinander abweichen, durch ein gemeinsames Rohr der Abgasturbine mit zwei getrennten Beaufschlagseiten zugeführt. Ein Kühler wurde für die Ladeluft nicht verwendet. Der Motor leistet ohne Aufladung normal 850 PSe. Unter Verwendung des Gebläses war die Leistung bei 4/4 Belastung 1270 PSe, sie konnte ohne merkliche Trübung des Auspuffs auf 1652 PSe (4/3 Belastung) gesteigert werden. Der Verbrauch an Brennstoff von 10 135 kcal/kg u. Hw. betrug bei 4/4 Last 177·6 g/PSeh, bei 4/3 Last 184·17 g/PSeh, der mechanische Wirkungsgrad war 80·2 bzw. 83·9 vH, der thermische Wirkungsgrad 35·13 bzw. 33·88 vH. Die Drehzahl der Abgasturbine war bei 1/4 Last 2306, bei 4/4 Last 4793 und bei 4/3 Last 6178 U/min, die Temperatur der Abgase hinter den Auspuffventilen des Motors 202°, 388° und 445°, vor der Turbine 237·7°, 461° und 544°, der Druck der Abgase vor der Turbine 1·05, 1·226 und 1·389 ata und nach der Turbine bei allen Belastungen 0·973 bis 0·976 ata, das gesamte Abgasgewicht 5430, 8051 und 9734 kg/h. Das Gebläse förderte bei den angegebenen Belastungen 5350, 7825 und 9430 kg/h, bzw. 4630, 6380 und 8230 m³/h von einem Druck von 0·97 ata auf 1·0044, bzw. 1·228 und 1·4776 ata. Dem angeführten Brennstoffverbrauch bei 4/4 Last steht ein solcher von 185 g/PSeh bei Motoren ähnlicher Größe ohne Aufladung gegenüber, die auch nur etwa 72 vH mechanischen Wirkungsgrad aufweisen. Bemerkenswert ist ferner der hohe mittlere Kolbendruck bei größter Belastung von 9·39 kg/cm² (nutzbar) und 11·20 kg/cm² (indiziert), ebenso die geringe, an das Kühlwasser übergehende Wärmemenge von 408·5 kcal/PSeh bei 4/4 Last. Die Höchsttemperaturen bleiben unter denen des gewöhnlichen Dieselmotors, woraus das gleiche auch für die Wärmespannungen folgt. Durch die Aufladung wurde die Höchstleistung des Motors um 100 vH erhöht, die Leistung bei Normalbelastung um etwa 50 vH, womit eine ganz außergewöhnliche Elastizität der Maschine gegeben ist.

(Z. V. D. I., Bd. 72, H. 13, 1928.)

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt am Rhein, dessen Vorarbeiten bis zum Jahre 1909 zurückgehen[2]), wird nunmehr von einem zwischenstaatlichen (deutsch-schweizerischen) gemischtwirtschaftlichen Unternehmen ausgebaut. Bei einem Gefälle von 8 bis 12 m und 1000 m³/s, die in vier Kaplanturbinen von je 250 bis 300 m³/s Schluckfähigkeit verarbeitet werden, wird das Werk zu den bedeutendsten Laufwerken Deutschlands und der Schweiz zählen. Die vier Turbinen wurden von der Ryburg-Schwörstadt A. G. in Rheinfelden an die Arbeitsgemeinschaft Turbinenbau Ryburg-Schwörstadt vergeben, die durch die drei Firmen Até-liers des Charmilles in Genf, Escher-Wyss u. Co., Zürich und Ravensburg, und J. M. Voith, Heidenheim an der Brenz, gebildet wird. Die Bauleitung liegt in den Händen der A. G. Motor-Columbus in Baden, die auch das Projekt des Kraftwerkes ausgearbeitet hat. Die Lieferung der Turbinenanlage gelangt durch diesen Vorgang je zur Hälfte in Deutschland und in der Schweiz zur Ausführung, da die genannten Firmen an der Ausführung mit ungefähr gleichen Lieferungsumfängen beteiligt sind. Alle Turbinen werden über Wunsch der Auftraggeberin in ihrer Konstruktion genau gleich hergestellt. Sie erhalten stehende Welle, werden in Betonspiralen eingebaut und sind für eine Leistung von je 39 500 PS unter 11·5 m Gefälle bei 75 U/min bemessen. Die Einheitsleistung jeder Turbine beträgt 1000 PS (gegenüber 676 PS in Lilla-Edet[1]), der bisher größten Ausführung gleichartiger Turbinen). Die Laufräder erhalten einen Durchmesser von 7 m, die Leitschaufeln eine Höhe von 2·6 m. Entsprechend der Wasserführung des Rheins ergeben sich Leistungen zwischen 30 000 und 90 000 kW und Jahresleistungen von 650 Mill. kWh. Bei einem Bauaufwande von 60 Mill. Frk. stellt sich der Strompreis auf etwas über 1 Cent/kWh. *β.*

(Mit Benützung einer Arbeit in Z. V. D. I., Bd. 72, H. 3, 1928.)

Allgemeiner Maschinenbau.

Die Reibung in Gleitlagern kann nach Ing. G. Duffing, Hamburg, mit Hilfe der Reibungswage der Rhenania-Ossag, Mineralölwerke, Hamburg, ermittelt werden. Dieselbe besteht (Abb 1) aus einem Bügel *a*, auf welchem das zu untersuchende Lager ruht. Dieser

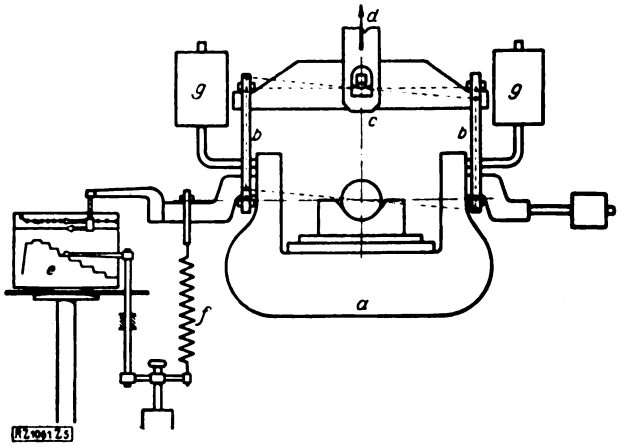


Abb. 1. Reibungswage zur Messung der Lagerreibung in Gleitlagern.

Bügel bildet die untere Seite eines Parallelogrammes, dessen übrige Seiten das in Pfeilrichtung *d* belastete Querstück *d* und die beiden Hängstangen *b* darstellen. Wenn der Mittelpunkt des Lagers genau in der Mitte der Verbindungslinie der unteren Schneiden der Hängstangen *b* liegt, kann der Zug auf die Mittelschneide von *c* kein Moment im Bügel *a* hervorufen, so daß mittels der Feder *f* auf der Schreibtrommel *e* das reine Reibungsmoment des Lagers gemessen werden kann. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit der Wage sind Ausgleichsgewichte *g* angebracht, derart, daß der Gesamtschwerpunkt des Bügels *a* auf die Lagermitte fällt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 813; 1928, H. 20, S. 457.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 266, 660; 1925, S. 820; 1926, S. 398 und „Das El.-Werk" 1926, S. 131.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 791.

Digitized by Google

Ist μ die absolute Zähigkeit des Schmieröles in Poisen (c. g. s.), u die Gleitgeschwindigkeit des Lagers in cm/s, L die Lagerbelastung je cm Lagerbreite in Dynen, R die Reibungskraft je cm Lagerbreite in Dynen, so kann der Reibungskoeffizient $f = \frac{R}{L}$ als Funktion von $\frac{\mu u}{L}$ für verschiedene Öle mit der Vorrichtung ermittelt werden. So ergibt sich der Reihe nach *a*) für Russisches Raffinat, *b*) für amerikanisches Raffinat, *c*) für Shell-Voltol, Marke F, folgende Zusammenstellung:

$10^6 \frac{\mu u}{L}$		0·25	0·50	0·75	1·00	1·25	1·50	1·75
$f = \frac{R}{L}$	*a)*	0·0039	0·0045	0·0054	0·0066	0·0075	—	—
	b)	0·0030	0·0040	0·0050	0·0059	—	—	—
	c)	—	0·0042	0·0048	0·0051	0·0059	0·0063	0·0069

Die absolute Viskosität dieser Schmiermittel beträgt bei 20, 50 und 100° C der Reihe nach *a*) 3·0, 9·42 und 0·069 Poisen; *b*) 2·14, 0·29 und 0·050 Poisen; *c*) 12, 1·35 und 0·162 Poisen. *β.*

(Z. V. D. I., Bd. 72, H. 15, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Abdichtung wasserstoffgekühlter Generatoren. Für Generatoren mit Wasserstoffkühlung ist die Abdichtung jener Stelle, wo die Welle aus dem Gehäuse tritt, ein wichtiges Konstruktionsproblem, da vom Gasaustritt und Lufteindringen an der Welleneinführung die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Betriebes abhängt. Voruntersuchungen von H. G. Reist, E. H. Freiburghouse, E. Knowlton, Ch. W. Rice und anderen hatten angedeutet, daß eine befriedigende Lösung des Problems durch Konstruktion einer „Flüssigkeitsdichtung" (liquid film seal) erreicht werden könnte, die im Prinzip folgendermaßen aufgebaut ist: Die Welle tritt durch einen mit dem Maschinengehäuse fest verbundenen Dichtungsring, der gegen die Welle ein kleines radiales Spiel hat, aus der Wasserstoffatmosphäre des Gehäuseinneren in die Außenluft. Der Dichtungsring besitzt in der Mitte eine ringförmige Eindrehung (Zuflußnut), in die von außen unter Druck stehendes Öl — oder eine andere dichtende Flüssigkeit — gepreßt wird, welches von der Zuflußnut aus längs der Welle nach beiden Seiten in axialer Richtung strömt; auf diese Weise entsteht, sowohl bei ruhender als bei rotierender Welle, zwischen dieser und dem Dichtungsring ein abdichtender Ölfilm, welcher durch die Zuflußnut eigentlich in zwei getrennt wirkende Hälften, eine wasserstoffseitige und luftseitige geteilt wird.

Ch. W. Rice veröffentlicht nun über eine nach diesem Prinzip gebaute, speziell für niederen Wasserstoffdruck (0·035 atü) bestimmte Flüssigkeitsdichtung ausführliche Versuche und Berechnungen, welche die notwendigen Bedingungen und Einrichtungen für zufriedenstellendes Arbeiten klarlegen sollen. Abb. 2 zeigt einen Längsschnitt durch die untersuchte Dichtung. Die 305 mm starke Welle wird mit 0·305 mm Spiel vom Dichtungsring I umschlossen, welcher durch die 12·7 mm lange, 25·4 mm tiefe Zuflußnut II in zwei Abschnitte geteilt ist. Das Öl fließt durch das am Boden der Zuflußnut einmündende Rohr III in diese und von da in axialer Richtung nach links und rechts bis zu den Abflußnuten IV (jede 12·7 mm lang, 8 mm tief); die beiden abdichtenden Ölfilme liegen also zwischen I und II und haben eine axiale Länge von je 19 mm und eine Dicke von 0·305 mm. Aus radialen Löchern V in der unteren Hälfte der wasserstoffseitigen Abflußnut strömt nun das Öl durch das Rohr VII in einen Behälter, wo es vom gelösten Wasserstoff befreit wird; in gleicher Weise gelangt es auch auf der Luftseite aus der Abflußnut durch das Rohr VI in ein Gefäß, in dem es seinen Gehalt an Luft abgibt. Zum Abschleudern und Auffangen des längs der Welle über die Abflußnuten hinausdringenden Öles sind bei VIII in der üblichen Weise Vorkehrungen getroffen. Um ein plötzliches Versagen der Dichtung beobachten zu können, ist an das obere Ende der Zuflußnut II ein Standrohr mit Schauglas angeschlossen, welches bei Undichtwerden die aufsteigenden Gasblasen sammelt. Die Verflanschung des Maschinengehäuses mit dem Dichtungsring ist durch die Ölnut X, welche mit II in Verbindung steht, abgedichtet; in gleicher Weise wurden auch andere abzudichtende Stellen des Gehäuses von der Zuflußnut II aus gespeist. Der Wasserstoffgehalt der Trommel XI diente als Maß für jenen des Generators. IX sind Hilfslager der Welle und XII ist eine Kupplung.

Die Reinigung des Öles von den Gasen läßt sich als Schwerebewegung kleiner Gasblasen in einer Flüssigkeit nach dem Stokes'schen Gesetz rechnerisch behandeln und bestimmt den notwendigen Querschnitt des Reinigungsbehälters in cm² zu:

$$A = \frac{9}{2.981} \cdot \frac{\mu}{\varrho a^2} \cdot Q \quad \ldots\ldots (4);$$

hier ist μ die Viskosität des Öles in c. g. s.-Einheiten, ϱ dessen Dichte in g/m³, a der Radius der Gasblasen in cm und Q die durch eine Hälfte der Dichtung fließende Ölmenge in cm³/s, welche aus dem Strömungsdruck p und den Dimensionen des Ölfilmes (Länge L, Dicke t, Umfang U) durch die Formel

$$Q = \frac{U t^3 p}{12 \mu L} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

berechnet werden kann. Künstlich kann die Ölreinigung noch beschleunigt werden durch Erhitzen des Öles im

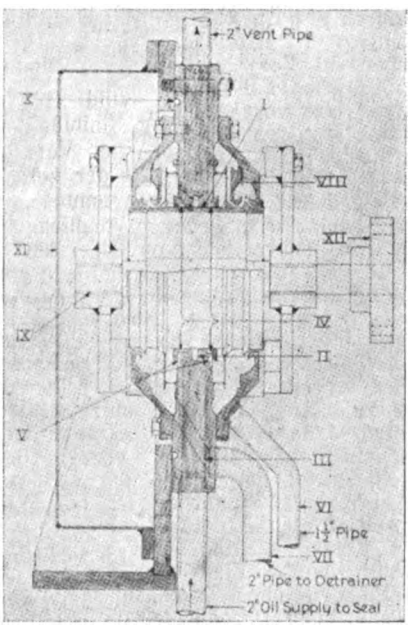


Abb. 2.

Reinigungsgefäß, durch Vakuumbehandlung und durch Zentrifugieren.

Der Leistungsverbrauch in W durch den abdichtenden Ölfilm ist

$$W = \frac{U^3 n^2 L \mu}{t} \cdot 10^{-7} \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

und erhöht durch vollständige Umsetzung in Wärme die Temperatur des Ölfilmes um

$$\Delta t = \frac{W}{4{\cdot}18\, Q \varrho c}\,^{\circ}\mathrm{C} \quad \ldots\ldots\ldots (11),$$

wobei n die Umdrehungszahl der Welle je sec und c die spezifische Wärme des Öles in cal/g, °C ist.

Wird der Druck des Öls in der Dichtung durch Drosseln der Zuleitung allmählich herabgesetzt, so gelangt man zu einem kritischen Wert, bei dem die Dichtung plötzlich versagt, was an den aufsteigenden Gasblasen im Standrohr zu erkennen ist. Um dann die Dichtung wieder arbeitsfähig zu machen, muß die Druckhöhe des Öles um mehr als 500 mm über ihren ursprünglichen Wert gesteigert werden. Die Berechnung dieser Vorgänge stützt sich auf das Gleichgewicht zwischen Zentrifugal- und Öldruck in der Zuflußnut und

Digitized by Google

führt, durch experimentelle Messungen unterstützt, zu folgender Formel für den kritischen Druck (gemessen in cm Öl):

$$h_b = h_p + \frac{\pi^2 . n^2}{2.981} . [(r_1 + 0{\cdot}46\, w)^2 - r_1^2] \quad . \quad (19);$$

(h_p Gasdruck im Generator, gemessen in cm Öl; r_1 Wellenradius in cm; w Breite der ringförmigen Zuflußnut am Wellenumfang in cm).

Aus den drei Gleichungen (5), (9), (11) kann man die Größen Q, W, μ zahlenmäßig berechnen: die so gefundenen Werte waren in guter Übereinstimmung mit den gemessenen, wodurch die theoretischen Annahmen eine nachträgliche Bestätigung erfuhren.

Von wesentlicher Bedeutung für den ganzen Dichtungsvorgang ist ein geschlossener Ölkreislauf. Das Öl fließt aus einem Hochbehälter, dessen erhöhte Lage den notwendigen Druck erzeugt, in die Dichtung; hier teilt sich sein Weg und führt, wie bereits erwähnt, in die beiden Reinigungsbehälter; der Wasserstoffreiniger ist ein geschlossenes Gefäß, in welchem die aufsteigenden Gasblasen eine Wasserstoffatmosphäre bilden, welche durch ein Rohr mit der Trommel XI der Abb. 1 in Verbindung steht; im Luftreiniger entweichen die Luftblasen direkt ins Freie. Aus den beiden Reinigungsbehältern gelangt das Öl in einen gemeinsamen Speisebehälter, aus dem es durch eine Zahnradpumpe in den Hochbehälter zurückbefördert wird; letzterer steht außerdem durch ein Überfallrohr mit dem Luftreiniger in Verbindung.

Die meisten Versuche und Berechnungen des Autors bezogen sich auf den Einfluß des Ölkreislaufes auf den Abdichtungsvorgang. Der Verlust des Generators an Wasserstoff wurde an der zeitlichen Abnahme des Wasserstoffgehaltes der Trommel XI (Abb. 1) gemessen. Es ergab sich, daß stündlich infolge Undichtheit bei Stillstand 0·68 dm³ und bei 3000 U/min 6·8 dm³ Luft in den Generator eindrangen; die Durchrechnung des ganzen Kreislaufsystemes von Öl, Wasserstoff und Luft bestätigte diese Werte. Während der kleine Verlust an Wasserstoff bedeutungslos ist, muß wegen des Eindringens von Luft in das Gehäuse eine beträchtliche Menge reinen Wasserstoffs (für das untersuchte System 0·65 m³/h) im Betrieb zugesetzt werden, um den prozentuellen Wasserstoffgehalt auf seiner ursprünglichen Höhe zu halten. Die hiefür aufzuwendenden laufenden Kosten sind beträchtlich, betragen jedoch, wie ein wirtschaftlicher Vergleich ergab, bei einem 30 000 kW-Generator nur ein $^1/_6$ der Ersparnisse, die durch die geringeren Kupferverluste bei Wasserstoffkühlung erzielt werden. Trotzdem schien es wünschenswert, diese Kosten weitmöglichst zu verringern. Es wurde deshalb, da das Eindringen der Luft von Luftteilchen herrührt, welche vom Öl auf seiner Wanderung mitgeführt und beim Durchfließen in die Wasserstoffatmosphäre der Trommel abgegeben werden, der Ölkreislauf so abgeändert, daß das Öl nach Verlassen des Luftreinigers einer Vakuumbehandlung unterworfen wird, indem es durch eine feine Zerstäuberdüse in ein luftleeres ($^1/_{60}$ at) Gefäß eintritt; von jeder Luftbeimengung befreit, gelangt es dann in eine Kolbenpumpe, welche einen Teil zurück in die Zerstäuberdüse und den Rest in den Hochbehälter fördert; auch in letzterem ist das Öl durch ein schwimmendes Brett gegen Luftabsorption geschützt. Durch dieses verbesserte Kreislaufsystem wurde die stündlich eindringende Luftmenge auf 0·11 dm³ bei Stillstand und 0·28 dm³ bei 3000 U/min herabgesetzt, während der Wasserstoffverlust 0·71 bzw. 7·1 dm³ betrug. Diese Werte, welche für Betriebsanfang gelten — ein dauernder Gleichgewichtszustand stellt sich erst nach mehreren Tagen ein — und mit den vorgenommenen Berechnungen übereinstimmen, sind für den wirtschaftlichen Betrieb zufriedenstellend.

Eine andere Möglichkeit, den Kreislauf zu verbessern, ist die vollkommene Trennung der Wasserstoff- und der Luftseite der gesamten Ölführung. Die Flüssigkeitsdichtung wird mit zwei benachbart liegenden, aber getrennten Zuflußnuten ausgeführt, die von je einem geschlossenen Hochbehälter mit Drucköl gespeist werden. Ein Drosselventil in einer der Zuleitungen, welches von einem Schwimmer im Luftreiniger betätigt wird, regelt den Druckausgleich zwischen den beiden Dichtungshälften so, daß kein Ölaustausch zwischen den Zuflußnuten stattfinden kann. Dieses System benötigt keine Vakuumbehandlung des Öls. Vorläufige Versuche von E. G. Gilson ergaben ein stündliches Eindringen von 0·08 dm³ bei Stillstand des Generators und 1·1 dm³ bei 3000 U/min, also ein günstiges Resultat. Frd.

(General Electric Review, Bd. 30, Nr. 11, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Generator-Differentialschutz System ASEA. Bei den bekannten, weit verbreiteten Differentialschutzschaltungen werden die Sekundärwicklungen der am Generator-Sternpunkt und an den Ausführungsklemmen bzw. beim Anschluß an die Sammelschienen angeschlossenen gewöhnlichen Stromwandler in Serie geschaltet[1]). Zum Differentialrelais ist an der Verbindungsleitung abgezweigt. Im normalen Betrieb sind die Ströme am Sternpunkt und an den Generatorklemmen in derselben Phase gleich groß; im Abzweig zum Differentialrelais kann also kein Strom fließen. Bei einem Phasenschluß innerhalb des Schutzbereiches fließt der Differenzstrom durch das Relais und veranlaßt dadurch das Ansprechen des Relais unter gleichzeitiger Abschaltung des Generator-Ölschalters und der Feldschwächung. Bei dem von I. Herlitz beschriebenen System der ASEA werden Spezialstromwandler verwendet, welche zwei Sekundär-Wicklungen auf demselben Kern besitzen. Von den Stromwandlern ist wie beim gewöhnlichen Differentialschutz in jeder Phase einer beim Sternpunkt und einer an der Ausführung des Generators eingebaut. Die Sekundärwicklungen zusammengehöriger Stromwandler sind auch hier miteinander verbunden, und zwar in dem einen Sekundärkreis in Hintereinanderschaltung, im zweiten in Gegenschaltung. Der Kreis der gegengeschalteten Wicklungen enthält das Differentialrelais. Bezeichnet man in einer Phase den Primärstrom an der Ausführungsseite mit $\mathfrak{J}_1$, den am Sternpunkt derselben Phase mit $\mathfrak{J}_2$, den Strom in den in Serie geschalteten Wicklungen mit i, den Strom in den in Differenz geschalteten Wicklungen mit i' und nimmt an, daß sämtliche Wicklungen eines Wandlers die gleiche Windungszahl haben, so gelten folgende Gleichungen:

$$\mathfrak{J}_1 = i + i', \quad \mathfrak{J}_2 = i - i'.$$

Daraus folgt:

$$i = \frac{1}{2}(\mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_2), \quad i' = \frac{1}{2}(\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_2).$$

Im normalen Betrieb ist $\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2$. Durch das Relais fließt kein Strom ($i' = 0$); im Kreis der hintereinander geschalteten Wandler fließt der dem Übersetzungsverhältnis der zugehörigen Wicklung entsprechende Strom ($i = \mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_2$). Tritt jedoch ein Schluß zwischen zwei Punkten verschiedener Phasen auf, so wird $\mathfrak{J}_1 \neq \mathfrak{J}_2$ und der nunmehr zustande kommende Strom i' bewirkt das Ansprechen des Differentialrelais. (Die am Beispiel des Differentialschutzes der ASEA erläuterte Schaltung ist ein Spezialfall der bekannten Mittelwertschaltung, die für verschiedene Zwecke, beispielsweise Kompoundierung bei Spannungsregulierung mehrerer Aggregate, Stromregulierung, Polygonschutz und ähnliche verwendet werden kann. Man erhält nämlich ganz allgemein als Strom der hintereinandergeschalteten Wicklungen den Wert

$$i = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^{r=n} \mathfrak{J}_r$$

und für den in jeder der untereinander parallel geschalteten Wicklungen fließenden Strom i_r die Differenz zwischen dem Mittelwert und dem Primärstrom ($i_r = i - \mathfrak{J}_r$). Bei der tatsächlichen Ausführung ist das Windungsverhältnis nicht 1, sondern im allgemeinen wesentlich größer. Die Sekundärströme sind dann entsprechend zu verkleinern. D. Ber.) E. Gr.

(ASEA-Journal, Bd. 4, Nr. 12, 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 935.

Digitized by Google

Leuchtschaltbilder. In letzter Zeit werden in größeren Schaltanlagen immer häufiger Rückmeldetafeln, lebende Schaltbilder und ähnliche Einrichtungen benützt, welche dazu dienen sollen, dem Schaltenden den Zusammenhang der Leitungen in übersichtlicher Weise zu vergegenwärtigen und den Erfolg seiner Schaltmaßnahmen im Wege der Rückmeldung sofort kenntlich zu machen. Für die Rückmeldung werden verschiedentlich Merklampen oder Stellungszeiger verwendet. Es liegt nun der Gedanke nahe, die Steuerschalter, welche zur Fernbetätigung von Ölschaltern (mitunter auch Trennschaltern) dienen, in den Leitungszug des Rückmeldeschemas an der ihnen zukommenden Stelle einzufügen und mit Rückmeldeelementen irgendwie zu kombinieren. Solche „Steuer-Quittungs-Schalter" werden von M. Schleicher[1]) und von F. Lindenstruth[2]) beschrieben. Beide zeigen vorne einen ganz oder teilweise erleuchteten Handgriff; bei dem einen System (S. & H.) ist der Griff ständig beleuchtet, im normalen Zustand mit ruhigem Licht, wenn aber seine Stellung nicht mit der des zugehörigen Schalters übereinstimmt, mit Blinklicht. Das andere System (Voigt & Haeffner) läßt den Handgriff nur in letzterem Falle leuchten, während er im normalen Zustand dunkel bleibt. Sind nun bei richtiger Rückmeldung der Schalterstellung für den Beschauer der elektrische Zusammenhang der Anlage und die möglichen Stromwege auch sofort zu überblicken, so ist es doch vorteilhaft, die tatsächlichen Stromwege, oder wenigstens die unter Spannung befindlichen Leitungsteile besonders zu kennzeichnen. Das von Schleicher beschriebene System[3]) verwendet hiezu an Stelle der sonst üblichen Metallbänder für die Darstellung der Leitungszüge Leisten aus durchscheinenden farbigen Formaldehydharzen, wie sie zur Herstellung von Schmuckgegenständen dienen. Die Leisten werden von hinten erleuchtet, die Schaltung der Lampen ist dabei von den Schalterstellungen in solche Abhängigkeit gebracht, daß die möglichen Stromwege hell erscheinen. Unter der Voraussetzung, daß die Stromquellen arbeiten, gibt das Leuchtschaltbild dann den wirklichen Zustand wieder. Werden noch weitergehende Ansprüche gestellt, so kann man im Schaltbild auch noch Instrumente anordnen, welche die Größe der in den erleuchteten Leitungen fließenden Leistung erkennen lassen. Das beschriebene System verwendet dazu „Lichtbandinstrumente". Bei diesen bewegt das Meßwerk nicht einen Zeiger, sondern eine zylinderförmige Blende; die Skala ist als Rundprofilskala ausgeführt und von hinten erleuchtet, der Teil von ihr, der den Meßwert übersteigt, wird von der Blende verdunkelt.

Elektrische Meßkunde.

Instrument zur Messung des Kurzschluß-Drehmomentes. Von G. W. Penney. In den Betrieben kommen öfters Maschinenbrüche infolge von Kurzschlüssen vor, die darauf schließen lassen, daß das gewaltige Kurzschluß-Drehmoment weit unterschätzt wurde. Es wurde auch versucht, die Beschleunigung des Rotors durch die Aufnahme einer Weg-Zeitkurve mittels des Torsiographen[4]) zu ermitteln, jedoch der Schluß von einer solchen Kurve auf ihre zweite Ableitung ist zu unsicher. Die Messung der Spannung eines kleinen, direkt gekuppelten Generators ist besser, aber wegen der Notwendigkeit, die erste Ableitung der erhaltenen Spannungs-Zeitkurve zu bilden, ebenfalls nicht ganz befriedigend. Der Verfasser trachtete daher, mittels Schwungscheiben oder -ringen, die sich gegen die Rotorachse frei oder elastisch verdrehen konnten, unmittelbar die Beschleunigung zu messen. Das zu diesem Zwecke gebaute Instrument sollte für Drehmomentfrequenzen nicht über 120 Per/s und Winkelbeschleunigungen von 500 Bogeneinheiten/s²[5]) und darüber, bei niedrigeren Momentfrequenzen auch für geringere Beschleunigungen dienen. Es enthält sowohl eine Reihe frei um einen auf die Kupplungsscheibe der Maschinenwelle aufgesetzten Achsstummel drehbarer Schwungscheiben, als auch einen mit seiner auf diesem Stummel festsitzenden Nabe durch federnde Speichen verbundenen Schwungring. Die Scheiben dienten zur Aufnahme einzelner Punkte der Beschleunigungs-Zeitkurve, der elastisch verdrehbare Ring zur Aufnahme des kontinuierlichen Verlaufes dieser Kurve.

Die letztere Anordnung stellt Abb. 3 dar. Der durch vier Speichen mit der Nabe verbundene Ring a ist von einem äußeren, mit der Achse fest verbundenen Rahmenstück umgeben. Er trägt einen lamellierten Anker, der zwischen zwei U-förmigen, auf dem Rahmen befestigten, ebenfalls lamellierten Polkernen mit einem geringen Spiel von $\pm 0{\cdot}25$ mm pendeln kann. Die Wicklungen der Polkerne sind mit drei Schleifringen verbunden und bilden zwei Zweige einer Wheatstoneschen Brücke mit einer Oszillographenschleife in der Brücke und den beiden Abschnitten einer Kompensationsspule mit Schleifkontakt in der Mitte als dritter und vierter Brückenzweig. An den Enden der Kompensationsspule

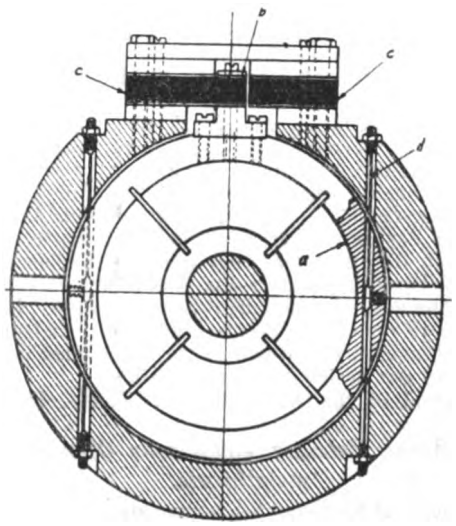


Abb. 3.

liegt eine Wechselspannung von 800 Per/s. Die elastische Eigenfrequenz des Ringes beträgt 400 Per/s; die Verschiebung des Ankers zwischen den beiden U-Kernen beträgt bei einer Winkelbeschleunigung von 1000 Bogeneinheiten/s² nur 0·0125 mm, die bei einem ungefähren Halbmesser von 76 mm etwa 0·00016 Bogeneinheiten entsprechen. In einem besonderen Anhange der Arbeit wird die Beziehung zwischen dieser Verschiebung und der Eigenfrequenz des Ringes berechnet. Ist $b = A \cdot \sin \dot{\omega} t$ die Winkelbeschleunigung des Rotors, b' die des Ringes, ferner D das Direktions- und J das Trägheitsmoment des letzteren, δ die Winkelverschiebung des Ringes und ω_c seine Eigenkreisfrequenz, so ergibt die Rechnung

$$\omega_c = \sqrt{D/J}; \quad \delta = b'J/D = b'/\omega_c^2; \quad b' \backsim b \cdot \omega_c^2/(\omega_c^2 - \omega^2).$$

Ist also $\omega/\omega_c = 1/4$, so mißt das Instrument eine um 6·5 vH zu hohe Beschleunigung. Ferner ergibt sich aus der Gleichung für δ, wie schon erwähnt,

$$\delta = 1000/(400 \times 2\pi)^2 = 0{\cdot}00016 \text{ Bogeneinheiten.}$$

Die Eigenfrequenz von 400 Per/s erwies sich fast immer als ausreichend und mußte nur, wenn Nutenvibrationen von nahezu gleicher Frequenz vorhanden waren, verändert werden. Hiezu dienten passende, leicht auswechselbare Klaviersaitendrähte d (Abb. 1), die eine zusätzliche elastische Kopplung des Ringes mit dem Körper und der Welle herstellten.

Die außer dem Ringe vorhandenen acht freibeweglichen Schwungscheiben von je 133 mm Durchmesser und 9·5 mm Dicke besaßen jede eine Nase, die durch eine auf einen passenden Druck einstellbare Schraubenfeder gegen einen Kontakt gepreßt wurde. Die acht

[1]) Siemens-Zeitschrift, 7. Jg., Heft 9, 1927.
[2]) ETZ, Bd. 49, Heft 15, 1928.
[3]) Siemens-Zeitschrift, 8. Jg., Heft 2, 1928.
[4]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 40; 1923, S. 682.
[5]) Ein voller Kreis entspricht 2π Bogeneinheiten. Die sogenannte Kreisfrequenz $\omega = 2\pi\nu$ ist die Winkelgeschwindigkeit in Bogeneinheiten/s, wenn ν die Umlaufsfrequenz bezeichnet. Die Winkelbeschleunigung in Bogeneinheiten/s² ist dann $d\omega/dt = 2\pi\, d\nu/dt$.

Digitized by Google

Scheiben bildeten eine Stufenreihe derart, daß jede weitere ihren Kontakt bei einem um eine Stufe höheren Beschleunigungsdrucke öffnete. Die Kontakte lagen parallel zu Ohmschen Widerständen, die in einer Reihe einer im Stromkreise an Gleichspannung liegenden Oszillographenschleife vorgeschaltet waren. Jedes Öffnen eines Kontaktes lieferte also eine Stufe im Oszillogramm, deren Zeitpunkt an gleichzeitig aufgenommenen Zeitmarken abgelesen werden konnte. Bei der Eichung wurden die zur Öffnung der Kontakte erforderlichen Drehmomente statisch mit Hilfe einer Federwage bestimmt. Die Eichung des Ringes mit federnden Speichen erfolgte derart, daß man die leicht drehbar gelagerte Welle durch einen schwachen Faden in Drehung versetzte und in den Weg einer an ihr vorspringenden Nase plötzlich eine Schraubenfeder schob. Der Faden riß ab und beim Zusammendrücken und Wiederausdehnen der Feder trat eine sinusförmige Verzögerungshalbwelle von voraus berechenbarer Größe auf. War ω_0 die ursprüngliche Winkelgeschwindigkeit in Bogeneinheiten/s, ferner J_1 das Trägheitsmoment des Instrumentes und D_1 das Direktionsmoment, das die Eichfeder ausübte, so war die Winkelbeschleunigung

$$d^2\vartheta/dt^2 = d\omega/dt = \omega_0 \sqrt{D_1/J_1} \cdot \sin\left(\sqrt{D_1/J_1} \cdot t\right).$$

Der bei den eigentlichen Kurzschlußversuchen die Statorwicklung kurzschließende, selbsttätig einfallende Schalter wurde durch eine Nase an der Rotorwelle betätigt, die gegen einen leichten, an einem geteilten Kreise verschiebbaren und durch einen Stahldraht mit dem Schalter verbundenen Auslösestift schlug. Wurde der Oszillographenschalter geschlossen, so wurde durch einen gleichzeitig geschlossenen Hilfsstrom ein dünner Draht abgeschmolzen, der den erwähnten Auslösestift außerhalb der Bahn der Nase gehalten hatte, und der Kurzschluß trat genau bei der auf dem Kreisbogen eingestellten Spannungsphase ein. Aus einem in dieser Art aufgenommenen Drehmoment-Zeitdiagramm bei einphasigem Kurzschluß ergab sich eine befriedigende Übereinstimmung der Angaben des federnden Schwungringes und der freien Schwungscheiben. R. H.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 11, 1927.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Neuere elektrische Kochapparate. Von der Firma Joh. Kremenezky in Wien wurden kürzlich einige Neukonstruktionen von elektrischen Kochapparaten auf den Markt gebracht, von welchen hier zwei beschrieben werden sollen.

Die Rapid-Kochplatte (Abb. 4) ist ein elektrischer Rechaud, der aus einer Heizplatte *a* besteht, dessen Gestell *b* aus emailliertem Eisenblech in Form einer Schale mit drei Füßchen ausgebildet ist. Außerdem ist

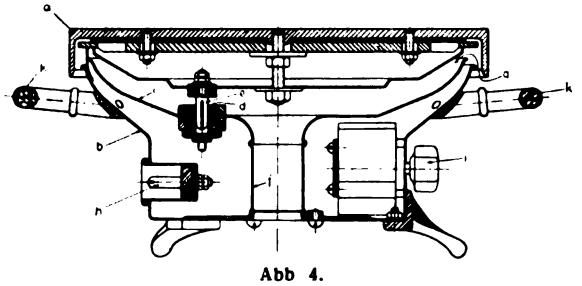


Abb 4.

noch eine innere Schale *c* mit Kontakthülsen *d* vorhanden, in welche die Kontaktstifte *e* der Heizplatte eingesteckt werden; letztere ruht somit auf der inneren Schale, die unten die Form eines offenen Rohres *f* erhält. Durch diese Konstruktion wird ein Luftzug zwischen dem durchlöcherten Boden der Außenschale sowie der unteren offenen mittleren Schale und dem saugenden Kreisschlitz *g* unter der Heizplatte hergestellt, der das ganze Untergestell und die Füßchen abkühlt und andererseits durch die beim Austritt bereits erhitzte Luft den äußeren Rand der Heizplatte vor Abkühlung schützt. Außerhalb erhält das Gestell Steckkontakte *h* mit Doppelschutzhülse zum Anschluß des Apparates mittels Schnur und Stecker an eine Wandsteckdose. Innerhalb der Außenschale ist ein Stufenschalter *i* eingebaut, der je nach der Stellung, der Heizplatte vier verschiedene Hitzegrade mitteilen kann, beispielsweise zum Ankochen 1100 oder 800 W, zum Nachkochen 300 oder 220 W. Die Heizplatte ist aus Gußeisen, schwarz gebrannt, 220 mm im Durchmesser. Der Heizkörper ist aus reinem Glimmer mit Chromnickeldraht umwickelt und besteht aus zwei Teilen, für 800 und 300 W, die durch entsprechende Drehung des Stufenschalters parallel geschaltet 1100 W oder hintereinander 220 W Energie gewährleisten können. Oben ist das Gestell mit zwei Griffen *k* aus wärmeisolierender Masse versehen. Zum Aufkochen von 1 kg Kartoffel beträgt der Energieverbrauch der Rapidkochplatte zirka 2·5 hWh und der Kochprozeß dauert 10 bis 12 min.

Die Rapid-Bratpfanne (Abb. 5) dient zur unmittelbaren raschen Bereitung von Schnitzeln, Omeletten u. dgl. ohne ein anderes Gerät benützen zu müssen. Sie ist aus Aluminium mit aufgebogenem Rand hergestellt, mit drei Aluminiumfüßchen versehen und besitzt entweder einen hölzernen Griff oder zwei Bügel aus wärmeisolierender Masse. Der Heizkörper, gleichfalls aus reinem Glimmer mit aufgewickeltem Chromnickeldraht, ist für die kleinere Type mit 600, für die größere mit 900 W berechnet, der innere Durchmesser der Pfanne

Abb 5.

ist 180 bzw. 220 mm. Für die Stromzuführung geht bei der mit Holzgriff versehenen Pfanne, die Leitungsschnur zum Heizkörper; bei der anderen Ausführung sind an einem der Füßchen doppelt geschützte Kontaktstifte angebracht und mittels Schnur und Stecker wird die Verbindung mit dem Leitungsnetz hergestellt. Zum Ausbacken eines Schnitzels von 20 dkg Rohgewicht in der kleinen Bratpfanne sind 0·9 hWh an Energie erforderlich und der Vorgang dauert ungefähr 10 min. Die größere Type ist für eine doppelte Menge Speisen in ungefähr derselben Zeit bestimmt.

Ing. A. Brauner.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über elektrische Felder in der Umgebung lebender Wesen. F. Sauerbruch und W. O. Schumann beschäftigen sich seit etwa drei Jahren mit der Frage, ob in der Umgebung lebender Wesen elektromagnetische Wirkungen festzustellen sind, die mit dem Lebensprozeß zusammenhängen. Die Versuche, magnetische Felder nachzuweisen, führten zu keinem Resultat; dagegen wurde das Auftreten elektrischer Felder beobachtet.

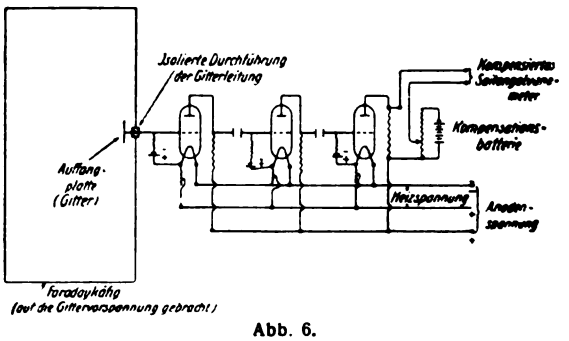


Abb. 6.

Die Untersuchungsanordnung (Abb. 1) bestand im wesentlichen aus einem hochempfindlichen Dreiröhren-Verstärker, dessen erstes Gitter an eine Platte ange-

Digitized by Google

schlossen war, die in einen Faradayschen Käfig hineinragte und dessen letzte Röhre auf ein kompensiertes Saitengalvanometer geschaltet war. Auch nach Elimination aller möglicher Fehlerquellen zeigten sich elektrostatische Einwirkungen, welche durch Muskelkontraktionen im Faradayschen Käfig befindlicher Versuchspersonen oder -Tiere auf die Platte ausgeübt wurden, so daß Photogramme der elektrischen Feldwirkung charakteristische Kurven registrierten. Bei Benetzung der sich bewegenden Körperteile mit leitendem Wasser verschwanden die Effekte. K.-M.
(Zeitschrift für Technische Physik, 9. Jahrg. Nr. 3, 1928.)

Patentbericht.

Elektrisches Schweißen und Schneiden.

(Schluß aus Heft 28, Seite 766.)

Widerstandsschweißung.

Bei der Verwendung von Transformatoren für Widerstandsschweiß- und Erwärmungsmaschinen, bei welchen die Primärwicklung mit abschaltbaren Teilen, also als Stufentransformator ausgeführt ist, macht das Schweißen dünner Bleche Schwierigkeiten, ebenso auch das Erhitzen kleiner Nieten usw. Nach einer Erfindung von E. Schröder (Berlin) wird zur Vermeidung der erwähnten Übelstände und zur Erreichung eines guten Leistungsfaktors bei einem Transformator der angegebenen Art mit veränderbarer Streuung derart gearbeitet, daß die Streuung durch stufenweises Zuschalten von Windungen einer fest auf dem nicht von der Sekundärwindung umschlossenen Nebenkern angeordneten Hilfsspule unter gleichzeitiger Abschaltung entsprechender Windungen der Hauptspule geregelt wird. Die Anlaufspannung ist auf allen Stufen gleich, die Arbeitsspannung verschieden, insbesondere bei kleinen Arbeitsstücken kleiner, so daß eine Überhitzung nicht eintritt. Das Überschreiten einer bestimmten Stromstärke wird durch die Wahl der Streuung verhindert. Nach einer Ausbildung dieser Erfindung kann durch eine besondere Anordnung der Kontakte der einzelnen Schaltstufen mit wenig Anzapfungen eine weitgehende Regelbarkeit der Lastspannung erreicht werden (zum Beispiel mit je vier Anzapfungen und fünf Kontakten 13 Regelstufen).
(D. R. P. Nr. 404602 und 408820, Brit. P. Nr. 227706.)

Bei allen transformatorisch gespeisten Erwärmungsmaschinen, wie Punkt-, Naht- und Stumpfschweißmaschinen, Nietwärmern usw., wird der zu erwärmende, bzw. zu schweißende Gegenstand in den Stromkreis der Unterspannungswicklung des Transformators geschaltet. Die Stromstärke wird durch Änderung der Zahl der an die Oberspannung angeschlossenen Windungen der Primärwicklung geregelt, welch letztere mit Anzapfungen versehen ist. Die höchste sekundäre Stromstärke tritt auf, wenn auf der Oberspannungsseite die kleinste Windungszahl an die Primärspannung angeschlossen ist. Der angeschlossene Teil der Primärwicklung ist dabei überlastet, ein großer Teil des Wickelkupfers ist aber gleichzeitig unverwendet. Dieser Übelstand wird nach einer Erfindung von Ing. J. Herrmann (AEG-Union, Wien) dadurch vermieden, daß beim Betrieb mit höchster Unterspannung der zur Spannungserzeugung nicht erforderliche Teil der Oberspannungswicklung zu dem eingeschalteten Teil parallel geschaltet wird, wodurch die Strombelastung dieses Teiles eine Verminderung erfährt. (Ö. P. Nr. 106961.)

Die gleichwertige Belastung der drei Phasen eines Drehstromnetzes durch eine Widerstandsschweißmaschine wird nach einer Erfindung der Siemens-Schuckertwerke durch eine solche Schaltung des Schweißtransformators erreicht, daß dieser nur zwei Paar Elektroden speist, von denen jede eine Schweißstelle bearbeitet. In Betracht kommen für den Transformator die Scottsche Schaltung oder bei normaler Schaltung der gemeinsame Anschluß zweier Elektroden an eine Sekundärphase, während die Gegenelektroden je an einer der beiden anderen Phasen liegen.
(D. R. P. Nr. 397139.)

Bei Nachtschweißmaschinen wird zur Vermeidung des Einbrennens von Löchern in zundrige Bleche der der Primärwicklung des Schweißtransformators zugeführte Strom in schneller Folge periodisch unterbrochen. Um beim Unterbrechen mittels eines Schalters das Funken zu vermeiden, müssen die Unterbrechungen in einem bestimmten Verhältnis zur Schweißgeschwindigkeit und zur Blechstärke stehen, das Schweißen geht also nur sehr langsam vor sich. Bei Funkenbildung am Unterbrecher kann eine saubere Schweißnaht überhaupt nicht erzielt werden. Nach einer Erfindung von P. Fässler (Bridgeport, V. St. A.) tritt an die Stelle der Stromkreisunterbrechung nur eine periodische Herabminderung der Schweißtemperatur dadurch, daß zwischen dem Netz und dem Transformator eine Drosselspule eingeschaltet wird, deren Selbstinduktion mechanisch periodisch geändert wird. Eine Funkenbildung kommt dabei überhaupt nicht in Betracht. (D. R. P. Nr. 442851.)

Das Schwanken des Schweißstromes bei Nahtschweißungen derart, daß periodisch die Stromstärke unter den zum Schweißen erforderlichen Wert sinkt, kann nach einer Erfindung von E. M. Hewlett, Schenectady (General Electric Co.) dadurch erreicht werden, daß zwei hintereinander geschaltete Generatoren Strom von zwei Frequenzen erzeugen, die sich voneinander nicht sehr unterscheiden, zum Beispiel 60 und 66 Per/s. Statt dessen können auch zwei Frequenzwandler verwendet werden. (Am. P. Nr. 1604449.)

Schweißen von Aluminium.

Zum Zusammenschweißen von Aluminiumstücken werden diese nach einer Erfindung von R. D. Mershon (New York) und P. A. Ross (Norwalk) aneinandergelegt und an den offenen Stromkreis eines geladenen Kondensators angeschlossen. Wird der Strom geschlossen, so tritt bei den Entladungen des Kondensators über die Berührungsstelle der beiden Aluminiumstücke an dieser eine solche Temperaturerhöhung auf, daß das Aluminium daselbst schmilzt und damit die Schweißung bewirkt. (Am. P. Nr. 1489093.)

Zur Aluminiumschweißung wird nach einer Erfindung von Dr. W. Peukert (Braunschweig) das bekannte elektrolytische Schweißverfahren verwendet. Die zu schweißenden Stücke werden zum Beispiel mit dem negativen Pol einer Gleichstromquelle verbunden, sie bilden also die Kathode, während die Anode eine beliebige Elektrode sein kann. Als Elektrolyt dient zum Beispiel Wasser, dessen Leitfähigkeit durch Zusätze erhöht werden kann. Das Verfahren erfordert weder besondere Geschicklichkeit, noch eine kostspielige Einrichtung und schafft eine allen Anforderungen genügende Schweißstelle. (D. R. P. Nr. 413090.)

Bei der Widerstandsschweißung von Aluminium oder anderen gutleitenden Metallen soll nach einer Erfindung von Dipl.-Ing. O. Schenk (Nürnberg, SSW) zur Erhöhung des Widerstandes der Schweißstelle zwischen die Schichten der gutleitenden Metalle eine oder mehrere schlechter leitende Schichten etwa in Form von Blechen oder Folien schlechter leitender Metalle wie Eisen, Zink, Nickel usw. gebracht werden. Das Verfahren soll das Schweißen stärkerer Bleche, bei Aluminium zum Beispiel von über 4 mm Gesamtdicke, bei Kupfer von über 2·5 mm, möglich machen.
(D. R. P. Nr. 404923.)

Schneiden von Metall.

Zum Schneiden von Metall wird nach einer Erfindung der Elektrotrennmaschinen Ges. m. b. H. (Hamburg) durch eine gezahnte, mit einer Umfangsgeschwindigkeit von mindestens 120 m/sek sich drehende Scheibe niedergespannter Strom (von 0·5 bis 10 V) geschickt und so infolge der Zahnung ein in großer Häufigkeit schwankender Lichtbogen zur Einwirkung auf das zu schneidende Metall gebracht. Dem Lichtbogen werden zweckmäßig auch noch größere Schwankungen geringerer Häufigkeit zum Beispiel durch Abnehmen von Zahngruppen gegeben.
(Ö. P. Nr. 103881, Brit. P. Nr. 243931.)

Digitized by Google

Das vorstehend beschriebene Verfahren ist eine Verbesserung eines früher von O. F. A. C. Grumpelt (Hamburg) angegebenen, wonach eine raschlaufende ungezahnte Schnellreibsäge in Verbindung mit niedrig gespanntem Strom (zum Beispiel 10 V und 500 A) und gegebenenfalls einem Sauerstoffstrahl an der Schneidstelle verwendet wird.

(Brit. P. Nr. 231767 und Am. P. Nr. 1556325.)

Chronik.

75jähriger Bestand der Leobersdorfer Maschinenfabriks-A.-G., Leobersdorf bei Wien. Die Leobersdorfer Maschinenfabriks A.-G., welche heute etwa 1000 Personen beschäftigt und damit zu den bedeutendsten Maschinenfabriken Österreichs zählt, ist aus einem kleinen im Jahre 1853 gegründeten Werk hervorgegangen. Neben der Herstellung von Maschinen für Hartzerkleinerung, Zement- und Papierfabrikation, von Gußstücken bis zu den größten Abmessungen und Gewichten, sowie von Hartgußstücken, insbesondere Waggonrädern System Griffin, von welchen bisher fast 2 Mill. geliefert wurden, umfaßt ihr derzeitiges Arbeitsgebiet den Wasserturbinen- und Dieselmotorenbau. Unter den rund 3000 gelieferten Wasserturbinen sind als die interessantesten Anlagen der letzten Zeit jene für das Spullerseewerk und das Achenseewerk (Anlagen mit je 24 000 PS) zu erwähnen; unter den Dieselmotoranlagen (bisher wurden bereits über 1000 größere Motoren gebaut) einige Elektrizitätswerke und Nilpump-Stationen für Ägypten, zum Beispiel die 1100 PS-Anlage Mex II, Seru mit 3300 PS[1]), Abu el Menaga mit 2300 PS eff. usw. Auf beiden angeführten Gebieten des Kraftmaschinenbaues ist der Ruf der Leobersdorfer Maschinenfabrik weit über die Grenzen Österreichs gedrungen. Dieselmotoren laufen außer in verschiedenen Staaten Europas auch in Kleinasien, Indien und anderen britischen Kolonien, sowie in Japan. Bei den bisherigen Leistungen des Unternehmens werden auch in Zukunft gleiche Erfolge zum Nutzen der heimischen Volkswirtschaft nicht ausbleiben.

Dr.-Ing. Hans Grünholz verstarb unerwartet im Alter von 41 Jahren am 16. Juni d. J. Grünholz war Absolvent der Wiener Technischen Hochschule, wo er zu den Schülern Pichelmayers zählte; er erwarb außerdem das Charlottenburger Diplom und promovierte 1924 in Darmstadt bei Petersen mit Auszeichnung. Ein selten befähigter und vielseitiger Theoretiker, vereinigte er in glücklicher Weise die physikalische Anschauung mit der streng wissenschaftlichen Erfassung von Problemen. Er führte in Wort und Schrift eine meisterhaft klare Sprache, die ihn besonders für schwierige Gutachten befähigte. In dieser Richtung beschäftigte ihn die AEG seit 1924 für interne Aufgaben der Bahnabteilung, wo Grünholz seine Praxis bereits 1911 begonnen hatte. Maffei-Schwarzkopff und W. Lahmeyer in Frankfurt waren weitere Stationen. Der Übergang in den Hochschulberuf als etatsmäßiger Assistent bei Geheimrat Rössler in Danzig wurde durch die Teilnahme am Kriege unterbrochen. In Fachkreisen ist Grünholz durch verschiedene Publikationen, vor allem durch seine für die Elektromechanik als klassisch zu bewertende Arbeit über „Energieschwingungen in Elektromaschinen" (Archiv für Elektrotechnik 1924, S. 533) und das erst kürzlich im Verlag von Julius Springer erschienene großangelegte Werk über die „Theorie der Wechselstromübertragung" bekannt geworden. Der feinen Struktur seines Geistes entsprach leider eine körperliche Konstitution, welche mehr Rücksichten verlangte, als ihm ein von Kindheit an schwerer Daseinskampf gewähren konnte. Fachgenossen und Freunde trauern um einen bescheidenen Arbeiter und einen Menschen, der Beachtung verdiente. Die Ergebnisse seiner mehrfach überprüften, zäh bis zum Abschluß durchgeführten Studien liegen in umfangreichen Manuskripten vor. L.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 711.

Literaturberichte.

3712 **Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen.** Von Oswald Burger. 116 Seiten mit 36 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. Mk. 7·50.

Das vorliegende Buch — vornehmlich eine Zusammenfassung der verschiedenen Aufsätze des bekannten Verfassers aus den letzten Jahren über den gleichen Gegenstand — soll dem projektierenden Ingenieur und rechnenden Betriebsleiter bei Erledigung von Kraftübertragungsaufgaben Wegweiser sein. Es enthält alle erforderlichen Daten nebst einer kurzen Ableitung, sowie Anweisungen zur Berechnung einfacherer Kraftübertragungen. Im allgemeinen ist das Buch seiner Aufgabe gerecht geworden. Es wäre nur empfehlenswert, bei einer Neuauflage einige Mängel zu verbessern. So sollten Tabellen mit Leitungskonstanten, die mühsame Rechenarbeit ersparen, in größerer Form aufgenommen werden. Auch die neueren in- und ausländischen Arbeiten über Arbeitsdiagramme, zumindest die grundlegenden von Ossanna zu berücksichtigen, wäre wünschenswert. Von einer Berechnung vermaschter Netze hat der Verfasser unter Hinweis darauf, daß Drehstromnetze nach seiner Meinung nach Möglichkeit offen betrieben werden sollen, Abstand genommen; ein Standpunkt, der aber mit der derzeitigen Praxis, weitgehendst zu vermaschen, in Widerspruch steht, da Schutzsysteme für beliebig vermaschte Netze doch heute schon soweit entwickelt sind, daß aus einer Vermaschung nur Vorteile resultieren. Den Ausführungen über das Erdseil auf Seite 30 kann nicht zugestimmt werden. Einerseits ist der Schutzwert der Erdseile nach den neuesten Untersuchungen Peeks ein sehr erheblicher, andererseits wird die Betriebskapazität durch das Erdseil im Gegensatz zu den dortigen Bemerkungen praktisch nicht beeinflußt. Es ändert sich bei Anordnung von Schutzseilen nämlich wesentlich bloß die Aufteilung zwischen gegenseitiger und Erdkapazität. In der Formel für S_x auf Seite 37 ist ein Fehler unterlaufen. Im Abschnitt, der der Berechnung sehr langer Leitungen gewidmet ist, dürfte der Verfasser in seinem Bestreben knapp zu bleiben, zu weit gegangen sein — Abb. 34 beispielsweise wird für den, der Derartiges erstmalig liest, kaum verständlich sein; gerade hier wäre aber größere Ausführlichkeit erwünscht. Diese Bemerkungen sollen aber den Wert des Büchleins als Einführung in den Gegenstand keineswegs schmälern.

E. Groß.

3690 **Einführung in die höhere Mathematik für Ingenieure.** Von Dr. Fritz Wicke. 2 Bände, 911 S. mit 404 Abb. und 1 Tafel. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis geb. je Mk. 24·—.

Das vorliegende Werk weicht von den zahlreichen, schon bestehenden Lehrbüchern der höheren Mathematik für Ingenieure in mancher bemerkenswerten Beziehung ab. Von dem Ziel geleitet, mehr in den praktischen Gebrauch einzuführen, als eine systematische Darstellung zu bieten, ist der Verfasser bestrebt, durch Voranstellung und eingehende Behandlung zahlreicher Beispiele aus Technik, Physik und Chemie — auch die Elektrotechnik ist gut vertreten — dem Studierenden die Erlernung der notwendigen theoretischen Grundlagen zu erleichtern. Diese Methode bietet viele Vorteile, denn der Zwang zur Lösung bestimmter Aufgaben erzieht nicht nur zu mathematischem Denken und selbständiger Handhabung des Kalküls, sondern überzeugt von der Notwendigkeit rechnerischer Behandlung und ist im übrigen auch der Richtungsweiser für die historische Entwicklung der mathematischen Analyse. Die angestrebte didaktische Absicht ist in den beiden Bänden zum großen Teil gelungen und wird durch lebendige Darstellung der Materie unter Bevorzugung graphischer Methoden unterstützt. Allerdings leidet das Buch unter dem Mangel an Übersichtlichkeit über den gesamten Gegenstand; auf einen Überblick über den logischen Aufbau der höheren Mathematik muß der Leser wohl verzichten und die Frage, ob dies nicht in einem einleitenden oder in einem zusammenfassenden Schlußkapitel hätte geschehen können, muß offen ge-

Digitized by Google

lassen werden. Dafür gewährt das Buch einen Einblick in die Mannigfaltigkeit der mathematischen Lehren und Anwendungsgebiete, ohne auch in diesem Punkt Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu können, da den behandelten Gebieten, Differenzieren, Integrieren, analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, Reihen, Nomographie, Differentialgleichungen noch manch anderes, für den theoretisch rechnenden Ingenieur und Physiker wichtiges Gebiet, wie Wahrscheinlichkeitsrechnung, Vektoranalysis usw. anzureihen wäre.

Das gut ausgestattete Werk kann sich einer leichtfaßlichen Darstellung, die wenig Vorkentnisse verlangt, rühmen und kann dem Studierenden, wegen manchen interessanten Beispieles aber auch dem mathematisch Bewanderten, empfohlen werden.

Friedländer.

Eingelaufene Bücher.

Über die Fließbewegung in plastischem Material, das aus einem Zylinder durch eine konzentrische Bodenöffnung gepreßt wird, mit besonderer Berücksichtigung des Dickschen Strangpreßverfahrens. Ein Beitrag zur Mechanik der plastisch-deformablen Körper von Dr. Ing. Hermann Unckel. 66 Seiten mit 45 Textabb. und 11 Tafeln. Verlag J. Springer, Berlin, 1928. Preis M. 8·—.

Neue Druckschriften und Preislisten.

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G.

M. A. N.-Dampfturbinen. Mitteilung Nr. 20, Jänner 1928. 32 S. mit 53 Abb. (Arbeitsweise und Aufbau, technische Einzelheiten, Werkstattausführung, Sonderbauarten, Maßnahmen zur Verminderung des Brennstoffverbrauches, Einfluß des Frischdampfdruckes und der Frischdampftemperatur auf die Turbinenausführung).

Ringsdorff-Werke A.-G. Mehlem (Rhein).

Aus dem Prüffeld. Mitteilungen Nr. 1—6. (Beschreibung des Prüffeldes, des chemischen Laboratoriums, Aufsätze über die Verteilung der Bürsten über den Kollektor, über Bürstenhalter für Schleifringe, über den Einfluß der Halterkonstruktion auf den Kontakt zwischen Kohle und Kollektor, über Abnutzung von Schleifringbürsten, über Stromverteilung bei vielen parallel geschalteten Dynamobürsten usw.).

Sonderdrucke: Zur Physik des Schleifkontaktes von F. Schröter (Arch. f. El. Bd. 18, H. 2). Bürstenfragen bei Kommutatoren und Schleifringen von Dr. Neukirchen (Verb.-Mitt. d. Dresdener El. Ver., Bd. 23, H. 3 und 4), Kohlenbürsten und Bürstenhalter für moderne Kollektormaschinen von Dr. Schröter (Mitt. d. oberschles. Bez.-Ver. d. V. D. I., Nov. 1926). Die Abhängigkeit des Kontaktes zwischen Kollektor und Kohlenbürsten vom Kohlenprofil bei elektrischen Maschinen von Dr. Schröter (Arch. f. El., Bd. 16, H. 5).

Kohlenbürstenhalter. Ausgabe Juni 1927. 32 S. mit vielen Abb. und Zahlentafeln. (Normale Halter für Gleich- und Drehstrom). — Kohlenbürstenlagerliste Nr. 26, 32 S. Prospekte über Kollektorauskratzer, Kontaktteile, Bürstenhalter u. a.

Siemens-Schuckertwerke A. G., Berlin, Siemensstadt.

Druckschriften: Nr. 3300. Drehstrommotoren mit Rollenlagern in offener und tropfwassergeschützter Ausführung als senkrechte und wagrechte Flanschmotoren, als Motoren mit verschiedenartig gekapselten Schleifringen (S. a. vorl. Preisliste M 7, 1. Teil). — Nr. 3223. Offene und gekapselte Selbstschalter für 100 und 200 A Nennstrom und bis 750 V Spannung (Abschaltstrom je nach der Spannung zwischen 150 und 10 000 A), für Gleich-Wechsel- und Drehstrom, auch mit verzögerter Auslösung, sowie Spannungsrückgangauslösung oder Fernauslösung. — Nr. 3737. Akkumulatoren-Schlepper und Plattformwagen für Schienenbetrieb. Anhängelast von 10 bis 180 t, bzw. für 2·5 bis 20 t Nutzlast. — Nr. 3686 und 3687. Elektrokarren für 1500 kg Tragkraft. — Nr. 3617. Protos-Gewebe-Staubsauger. — Nr. 3389. Schaufensterbeleuchtung. — Nr. 3667. Flutlichtleuchten.

Preislisten und Einzelpreisblätter: M 1. März 1928. Gleichstrommaschinen für Leistungen bis 7·5 kW (offene und gekapselte Reihenschlußmotoren für 110 und 220 V bis 0·125 kW, offene und gekapselte Nebenschlußmotoren, sowie offene Generatoren für 110, 220, 440 V, regelbare offene Nebenschlußmotoren 1 : 1·4 bis 1 : 3). — M 7, 1. Teil, März 1928 (Vorläufige Ausgabe). Offene und geschützte Drehstrommotoren mit Wälzlagern für Leistungen bis 100 kW mit Kurzschluß- und Schleifringläufer für Spannungen bis 5000 V, Flanschmotoren mit Drehzahlregelung durch Bürstenverstellung für Leistungen bis 185 kW. — M 9, März 1928. Wechselstrom-Synchronmaschinen für Leistungen bis 640 kVA für Ein- und Zweiphasen- und Drehstrom. — EP 73. Drehstrom-Anbaumotoren für Werkzeugmaschinen mit Kurzschlußläufer für eine und für zwei Drehzahlen. Leistung 0·2 bis 30 kW. — EP 102. Diazed-Sicherungsschraubstöpsel bis 350 A und 750 V.

Porzellanfabrik Teltow G. m. b. H., Teltow, Berlin.

Freileitungen mit Kleinketten-Isolatoren. 16 S. mit 31 Abb. (Entwicklung der Isolatoren, Anordnung, der Leitungen an den Masten, Kostenvergleiche).

Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (Generalvertreter für Österreich Spyri & Hofer, Graz).

Druckschrift Nr. 2205. Leistungsversuche an einem Dieselmotor mit Büchischer Aufladung. von Prof. Dr. A. Stodola. (Sonderabdruck aus ZVDI 1928; s. a. d. H. S. 780.)

Wirtschaftliche Nachrichten.

Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Wien. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1927.) Die Abteilung für Industrieanlagen hatte gegen das Jahr 1926 einen größeren Bestellungseingang aufzuweisen, der sich ziemlich gleichmäßig auf die verschiedenen Industriezweige, ausgenommen das Baugewerbe und die damit im Zusammenhang stehenden Industrien, verteilte. Für die Papierindustrie wurde unter anderem ein Asynchron-Schleifermotor, 1200 PS, mit fremderregter Drehstromerregermaschine geliefert. Auf dem Gebiete der Sonderantriebe in der Textilindustrie wurde ein einfacher Ringspinnmaschinenantrieb durch Drehstrom-Asynchronmotoren mit gesteuerter Spannrolle neu entwickelt, für den sich lebhaftes Interesse zeigt. Der zu Jahresbeginn übernommene Auftrag auf die gesamte elektrische Einrichtung des Hafenkühlhauses in Odessa wurde abgewickelt und fand eine Fortsetzung in einem Auftrage ähnlichen Umfanges für das Hafenkühlhaus in Sebastopol. Der im vorjährigen Berichte angeführte 15-t-Elektro-Stahlofen der Alpinen Montangesellschaft ist inzwischen mit bestem Erfolge in Betrieb gesetzt worden. Die Bemühungen zur Einführung der Elektrowärme in der Schwerindustrie haben steigenden Erfolg[1]). Es wurden Stahlglühöfen für eine Gesamtenergieaufnahme von rund 2000 kW in Auftrag genommen, wovon ein großer Teil sich schon in zufriedenstellendem Betriebe befindet. Für ein großes ausländisches Kupferplattenwalzwerk wurde ein Antrieb nach System Ilgner-Siemens-Schuckert bestellt. Neu herausgebracht wurden Sonderantriebe für Werkzeugmaschinen und Holzbearbeitungsmaschinen, die auch entsprechenden Absatz gefunden haben. Die gebesserte Wirtschaftslage äußerte sich auch in einem höheren Umsatze der Verkaufsabteilung für Kleinmotoren, Installationsmaterial und elektrische Hausgeräte, wodurch den Werkstätten volle Beschäftigung gegeben war. Auch der Verkauf von Maschinen und Motoren für die Landwirtschaft zeitigte ein besseres Ergebnis. Das Geschäft mit Lichtmagnetzündern und Anlasseranlagen hat sich im Berichtsjahre günstig entwickelt. Im Ausbau und in der Erweiterung großer Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen machte sich allenthalben eine Zurückhaltung bemerkbar. Die Abteilung Zentralen hatte demzufolge gegenüber dem Vorjahre einen kleinen Rückgang des Auftragstandes zu verzeichnen. Es wurden für die Stern & Hafferl A. G., Linz[2]), die Vorarlberger Kraftwerke, Bregenz, und die Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-

[1]) Vgl. Heft 26 d. J. S. 710.
[2]) Vgl. Heft 26 d. J. S. 721.

Digitized by Google

A. G., Graz, Bestellungen auf größere Transformatoren mit Leistungen von 2000 bis 5000 kVA hereingenommen. Die Erdschlußlöscheinrichtungen haben sich weiter gut eingeführt, ebenso die kleinen Hauszentralen für 1·5 kW. Die Umsatzziffern der Abteilung Bahnen erreichten nicht ganz die des Jahres 1926. Der Bau der im Jahre 1926 bestellten 15 Schnellzugslokomotiven mit 2840 PS garantierter Stundenleistung (tatsächlich erreichte Stundenleistung 3300 PS) wurde derart gefördert, daß mit der Lieferung im Mai dieses Jahres begonnen werden konnte. Neu bestellt wurden von den Österreichischen Bundesbahnen im vergangenen Jahre zehn Schnellzugslokomotiven gleicher Bauart[1]). Für die Streckenausrüstungen der Bundesbahnen wurden die Leitungsanlagen der Teilstrecke Wörgl—Kitzbühel mit 80·8 km Gleislänge ausgeführt. Auch die Gemeinde Wien — städtische Straßenbahnen hat der Bahnabteilung belangreiche Aufträge erteilt. Für die Seilbahnanlagen der Kanzelbahn in Kärnten, der Schmittenhöhebahn in Salzburg und der Patscherkofelbahn in Tirol, die inzwischen in Betrieb gesetzt worden sind, wurden die elektrischen Ausrüstungen geliefert. Weiters sind noch hervorzuheben mehrere Aufträge auf elektrische Ausrüstungen von Industrie- und Grubenbahnen, die Lieferung einer Großgleichrichteranlage von 500 kW Dauerleistung für Bulgarien, von 15 Triebwagenausrüstungen für Rumänien und einer größeren Industriebahnanlage für Jugoslavien, und größere Lieferungen nach Rußland. Schließlich erwähnt der Bericht noch die Denkschrift der vier Großfirmen über die Fortsetzung der Elektrifizierung der österr. Bundesbahnen. Das Kabelwerk war hauptsächlich durch die Lieferungen für den Fernsprechkabelbau gut beschäftigt. An den im Berichtsjahre fertiggestellten Arbeiten für die Strecke Linz—Salzburg—Innsbruck—Schweizer Grenze, Innsbruck—Scharnitz und Wien—ungarische Grenze war das Werk entsprechend beteiligt. Für die Fernsprechkabellinie Wien—Schweizer Grenze und Wien—ungarische Grenze wurde die Stromversorgungsanlage der Verstärkerämter geliefert. Die Werkstätten waren im allgemeinen gleich beschäftigt wie im Jahre 1926. Die Rationalisierung der Erzeugung macht gute Fortschritte. Ebenso wird an der Weiterentwicklung der Normung und Standardisierung gearbeitet. Die Anzahl der Angestellten und Arbeiter betrug am Ende des Berrichtjahres 5233, für die im Geschäftsbereiche der Ö. S. S. W. arbeitenden Siemens-Firmen im ganzen 6966. Ende April laufenden Jahres waren im Gesamtarbeitsgebiete 7696 Angestellte und Arbeiter beschäftigt, wovon 5778 auf Österreich entfallen. Der Geschäftsgang des Jahres 1928 war bis jetzt befriedigend. Hält die heutige Wirtschaftslage an und tritt in der Elektrifizierung der Bundesbahnen keine Unterbrechung ein, so wird die Beschäftigung der Werkstätten eine bessere werden und das Ergebnis des Jahres 1928 hinter dem vorjährigen nicht zurückstehen. In den ersten vier Monaten des laufenden Jahres ging seitens der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen, Wien, eine Bestellung auf vier weitere Schnellzugslokomotiven ein, so daß sich die Stückzahl der bisher bestellten Schnellzugslokomotiven auf insgesamt 29 erhöht hat. Von den Vorarlberger Illwerken, Bregenz, wurde für das Kraftwerk Vermunt[2]) eine Bestellung auf zwei 30 000 kVA-Generatoren, das sind die größten bisher in Österreich gebauten Stromerzeuger, erteilt. Von der Gemeinde Wien gingen die seit längerer Zeit schwebenden, größeren Aufträge ein, die im Laufe der nächsten zwei Jahre zur Auslieferung gelangen werden. Das Ergebnis der Geschäftsführung im Berichtsjahre ist bei rund S 11·66 Mill. Rohgewinn ein Reingewinn von S 1 972 442·40, aus welchem 6 vH Dividende auf das Aktienkapital von 26·25 Mill. S verteilt werden. In der Bilanz per 31. Dezember 1927 sind die Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Werkzeuge und Einrichtungen mit 12·8 Mill. S bewertet, die Waren mit 20 Mill. S. Neben dem Aktienkapital werden 23·75 Mill S Kapitalsrücklage ausgewiesen.

Mix & Genest A. G., Berlin-Schöneberg. (Aus dem Geschäftsbericht für 1927.) Das Geschäftsjahr schließt annähernd mit dem gleichen Ergebnis wie das Vorjahr ab. Der Gesamtumsatz ist etwas gestiegen, das Behördengeschäft aber wegen der Etatsbeschränkungen der Reichspost-Verwaltung erheblich zurückgegangen. Es wurden zehn von Mix & Genest hergestellte Selbstanschluß-Ämter dem öffentlichen Verkehr übergeben, das größte mit 16 000 Teilnehmern — Stettin — wurde gleichzeitig mit dem Groß-Berliner Selbstanschluß-Amt Jannowitz, mit 6000 Teilnehmer im November 1927 in Dienst gestellt. Die schon im vorigen Jahr eingeleiteten Maßnahmen auf dem Vermietungsgebiet haben weitere Erfolge gezeitigt. Die Auslands-Organisation ist in der Entwicklung. In Curityba (Brasilien) wurde die Errichtung und Betrieb eines Fernsprechamtes übernommen und zu diesem Zweck eine brasilianische Gesellschaft gegründet. Die in der letztjährigen Generalversammlung beschlossene Kapitalserhöhung von RM 2 500 000 Stammaktien und RM 30 000 Vorzugsaktien wurde durchgeführt. Zur Beseitigung der für den Ausbau des Mietgeschäftes notwendig gewordenen schwebenden Schuld und zur Stärkung der Betriebsmittel wird das Stammkapital der Gesellschaft um weitere RM 6 500 000 erhöht. Bei rund vier Mill. RM Geschäftsgewinn ergab sich ein Reingewinn von rund 805 000 RM. Es werden 9 vH Dividende auf die vollberechtigten Stammaktien und 6 vH auf die Vorzugsaktien ausgeschüttet. Im Rechnungsabschluß sind Grundstücke und Gebäude mit 2·5 Mill. Mk. bewertet, der Bestand an Rohstoffen und Erzeugnissen mit 6·6 Mill., die Mietsverträge mit 6·8 Mill., Maschinen, Werkzeuge, Utensilien sind ebenso wie die Schutzansprüche vollständig abgeschrieben.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 15, S. 341.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 776.

Berichtigung.

Ein einfaches Überwachungssystem für unbesetzte Unterstationen. E. u. M. 1928, Heft 24, S. 596.

Der in diesem Referat erwähnte Zeitschreiber enthält nicht eine Anzahl, sondern einen Papierstreifen, auf dem gleichzeitig bis zu 12 Federn schreiben.

D. S.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	2. VII. 1928	4. VII. 1928	6. VII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139½	139¾	139¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 6. Juli 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	10	0	69	0	0
Wire bars	69	0	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	15	0	62	16	3
Standard 3 Monate .	62	17	6	62	18	9
Zinn:						
Engl. Ingots	204	15	0	206	15	0
Standard Kassa . .	206	12	6	206	17	6
Standard 3 Monate .	204	5	0	204	7	6
Blei:						
Engl. pig common .	22	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	25	6	3	25	3	9
Remelted	25	12	6	—	—	—
English Swansea . .	25	16	3	—	—	—

Aluminium: 98–99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17 Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet

46. Jahrgang | Wien, 22. Juli 1928 | Heft 30

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Die vom Regulativkomitee des Vereines (Obmann Direktor Ing. L. Kallir) beschlossenen „Vorschriften für Bergwerke — EVW 19" und „Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Starkstromanlagen in Theatern (Theatervorschriften) — EVW 20" haben die angesuchte behördliche Anerkennung erhalten.

Wir veröffentlichen im nachfolgenden die bezügliche Zuschrift des Bundesministeriums für Handel und Verkehr sowie den Runderlaß dieses Bundesministeriums an die Herren Landeshauptmänner, bzw. an den Herrn Bürgermeister der Landeshauptstadt Wien.

Der Geltungstermin der Vorschriften wurde mit 1. Juli 1928 festgelegt.

Wien, im Juli 1928.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 98 402-6/1928

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen für
a) Bergwerke (EVW 19) und
b) Theater (EVW 20);
behördl. Anerkennung.

An den

Elektrotechnischen Verein

in Wien.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr beehrt sich beiliegend eine Abschrift des an die Herren Landeshauptmänner sowie an die beteiligten Bundesministerien gesendeten Anerkennungserlasses für die Ergänzungshefte EVW 19 und EVW 20 des Allgemeinen Teiles der „Sicherheitsvorschriften für elektr. Starkstromanlagen" (EVW 1) zur Kenntnisnahme zu übermitteln.

16. Juni 1928.

Für den Bundesminister:

Gelse e. h.

Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Zl. 98402-6/1928.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen für
a) Bergwerke (EVW 19) und
b) Theater (EVW 20);
behördliche Anerkennnung.

An

alle Herren Landeshauptmänner (einschließlich des Herrn Bürgermeisters als Landes-Hauptmann von Wien).

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr hat im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt (Inneres) die vom Regulativkomitee des Elektrotechnischen Vereines in Wien ausgearbeiteten und in je einem Exemplar beiliegenden Sondervorschriften „EVW 19" (Vorschriften für Bergwerke) und „EVW 20" (Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektr. Starkstromanlagen in Theatern, wie auch in Rauch- und Saaltheatern, Singspielhallen, Zirkussen und dgl. — Theatervorschriften) als wesentliche Ergänzungen des allgemeinen Teiles der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" (EVW 1) — im Sinne des § 4 der Verordnung des Bundesministeriums für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436, über die Durchführungsbestimmungen zum Bundesgesetz vom 7. Juni 1922 B. G. Bl. Nr. 348, betreffend elektrische Anlagen (Starkstromverordnung) —

mit Gültigkeit vom 1. Juli 1928

anerkannt. Mit diesem Zeitpunke erlischt die Wirksamkeit des Erlasses vom 14. Februar 1916, Z. 68554-VI, betreffend den dritten Anhang der „Sicherheitsvorschriften" (Sondervorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern).

Herr Landeshauptmann werden eingeladen, hievon die unterstehenden politischen Behörden mit dem Beifügen verständigen zu wollen, daß Abdrucke von „EVW 19" und „EVW 20" beim Elektrotechnischen Verein in Wien, VI. Theobaldgasse 12, erhältlich sind.

16. Juni 1928.

Für den Bundesminister:

Gelse e. h.

Digitized by Google

Die Elektrizitätsversorgung Polens.

Von Tadeusz **Czaplicki**, Warschau.

Die durch den Krieg schwer geschädigte Stromlieferungsindustrie Polens konnte in den ersten Friedensjahren ihren Weg zur Herstellung, zur Stärkung und zur weiteren Entwicklung nur langsam betreten, da die dem Kriege nachfolgende Inflationsperiode, wo zum Beispiele die Tarife der konzessionierten Unternehmungen nicht einmal der Geldentwertung folgten, dazu keine günstigen Bedingungen bot. In den letzten Jahren dagegen, seit der Stabilisierung der Währung, kann man in der polnischen Elektrizitätsindustrie einen viel versprechenden Aufschwung feststellen.

Man kann mit voller Sicherheit annehmen, daß die Erzeugung der elektrischen Energie in Polen im Jahre 1927 2·3 Milliarden kWh überschritten hat. Die letzten ausführlichen offiziellen Daten liegen nur für 1925 vor[1]), wo die gesamte Energieproduktion 1·8 Milliarden kWh betrug. Ein Zuwachs von durchschnittlich 13 vH für jedes der zwei letzten Jahre ist, wie es die Angaben einer ebenfalls offiziellen Teilstatistik für die Jahre 1926 und 1927 bestätigen, eher zu bescheiden geschätzt. In 41 Elektrizitätswerken von je mindestens 5000 kW installierter Leistung, die also zu den größten Werken gehören und die im Jahre 1925 70 vH der gesamten Landesproduktion lieferten, wurde erzeugt:

1925:	1·26	Milliarden kWh
1926:	1·41	„ „
1927:	1·68	„ „

Der jährliche Zuwachs betrug also 12·3 vH bzw. 19·1 vH, im Durchschnitt 15·7 vH.

Die obige Ziffer von 2·3 Milliarden kWh bezieht sich auf die Gesamtproduktion des Landes sowohl in öffentlichen Elektrizitätswerken für allgemeine Verteilung, als auch in Privatwerken. Die letzteren, zu denen hauptsächlich industrielle Werke, zum Beispiel Gruben- oder Fabrikswerke gehören, spielen in der Elektrizitätsversorgung des Landes eine wichtige Rolle, da sie mehr als die Hälfte, im Jahre 1925 64·3 vH, der totalen Produktion hervorbringen. Dieser Prozentsatz erniedrigt sich auf 43·5 vH, wenn man nur Privatwerke im engeren Sinne berücksichtigt, denn 20·0 vH der Gesamtproduktion wurde von Privatwerken, die den Strom teilweise („gelegentlich") an Dritte abgeben, und 0·8 vH der Gesamtproduktion wurde von kleinen Eisenbahn-, Militär- und ähnlichen Werken erzeugt. Unter den Werken der ersten Kategorie (rein öffentliche Werke), deren Anteil an der Gesamtproduktion im Jahre 1925 35·7 vH betrug, sind zu unterscheiden: Werke, die von Privatgesellschaften auf Grund der ihnen erteilten Konzessionen betrieben werden, und Werke, deren Betrieb durch die Gemeinden geführt wird.

Die totale installierte Leistung in sämtlichen Elektrizitätswerken überstieg Ende 1927 zweifellos 920 000 kW. Die mittlere Benutzungsdauer der Werke, bezogen auf die gesamte installierte Leistung, betrug also im Jahre 1927 zirka 2500 Stunden (28·5 vH). Im Jahre 1925, wo die installierte Leistung sich auf 850 000 kW belief, war diese Benutzungsdauer nicht höher als zirka 2100 Stunden (24·2 vH). Die Abweichungen von dieser mittleren Zahl waren in einzelnen Kategorien von Elektrizitätswerken wie folgt: in rein öffentlichen Werken sowie in Privatwerken, die Strom an Fremde liefern, erreichte die Benutzungsdauer zirka 2250 h (25·7 vH), in rein privaten Werken dagegen betrug sie ungefähr 2000 h (22·8 vH).

Die Gesamtzahl der Elektrizitätswerke Polens beträgt ungefähr 835. Nahezu die Hälfte (407) bilden rein private Werke, von denen 200 die installierte Leistung von nicht über 100 kW besitzen. Die Anzahl der rein öffentlichen Werke beträgt 278, die von industriellen Werken, die gelegentlich Strom verkaufen, beträgt 55; es sind noch 95 Eisenbahn- und dergleichen Werke vorhanden. Einige städtische Elektrizitätswerke stammen schon aus den Jahren 1893 und 1894. Es gibt aber industrielle Zentralen, die im Jahre 1886 gegründet worden sind (Hüttenwerk Milowice). Die Konzentration der Stromerzeugung in sehr großen Kraftwerken für allgemeine Verteilung tritt in Polen nur vereinzelt auf; charakteristisch aber bleibt die große Anzahl der kleinen Werke. Das größte Elektrizitätswerk (O. E. W. Chorzow) hat eine installierte Leistung von 80 000 kW. Die mittlere Jahresproduktion pro Werk, die kleinsten Privatwerke mitgerechnet, beträgt zirka 2·7 Mill. kWh, die mittlere installierte Leistung pro Werk zirka 1100 kW.

Ihrer Größe nach unterscheiden sich die Kraftwerke der einzelnen Kategorien sehr bedeutend. Bezeichnet man, nach den Angaben der Statistik für 1925, die Jahresproduktion eines rein öffentlichen Werkes mit 100 vH, so drückt sich die entsprechende Zahl für ein industrielles Werk, das Strom an Dritte abgibt, durch 305 vH, für ein Eisenbahn-Kraftwerk durch 5·7 vH, für ein rein privates Werk von über 100 kW installierter Leistung durch 189 vH und für ein kleineres Privatwerk durch 2·5 vH aus. Zur besseren Charakteristik der Größenordnung der polnischen Elektrizitätswerke möge noch die folgende Einteilung (1925) dienen:

Installierte Leistung pro Werk	Anzahl der Werke	Anteil in Gesamtproduktion des Landes (vH)
Über 1000 kW	132	93·9
Von 101 bis 1000 kW . . .	243	5·4
100 kW und darunter . . .	460	0·7
	835	100·0

[1]) Vgl. Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique en Pologne 1925 (Ministère des Travaux Publics, 1927, Varsovie). Dies ist die erste bestmöglich vollständige Statistik, die die ganze Stromlieferungsindustrie Polens umfaßt. Das Ministerium für öffentliche Arbeiten (elektrotechnische Abteilung) beabsichtigt, solche komplette statistische Zusammenstellungen alle fünf Jahre herauszugeben. In der Zwischenzeit sollen Daten nach einem abgekürzten Schema alljährlich veröffentlicht werden.

Digitized by Google

Zu den Elektrizitätswerken Polens, die im Jahre 1927 die größte Jahresproduktion (und zwar je von mehr als 50 Mill. kWh) aufweisen, gehören:

	Mill. kWh	Benutzungsdauer in Stunden*)
Oberschlesisches Elektrizitätswerk Chorzów	412	5600
Stickstoffverbindungen - Staatsfabrik Chorzów	181	6200
„Elektro-Werk" Łaziska Górne	121	6030
Hüttenw. Falva, Świętochłowice	86	6400
Elektrizitätswerk Warschau . .	79	
„ Lodz	78	3420

*) Bezogen auf die 15-Minuten-Höchstbelastung.

Was die Art der Kraftquelle anbelangt, so herrscht in Polen die Wärmekraft ganz entschieden vor. Aus Wasserkräften wird ein ganz geringer Prozentsatz (unter 2 vH) der Gesamtproduktion des Landes gewonnen. Unter den Wärmekraftwerken spielen natürlich die Dampfzentralen mit Turbinenantrieb die Hauptrolle. Die Verbrennungsmotoren, vor allem Dieselmotoren, sind in kleinen Werken verbreitet. Unter den Wasserkraftanlagen, die sich hauptsächlich in zwei nordwestlichen Wojwodschaften (Posen und Pommern) und im südlichen Gebirgsgebiet befinden, ist die größte das Elektrizitätswerk Grodek an der Czarna Woda (3600 kW, 18 m Gefälle, 10 Mill. kWh im Jahre 1927).

Die Einheitlichkeit in bezug auf die Stromart ist in ganz Polen nahezu vollständig. In Wechselstromanlagen wird fast ausschließlich Drehstrom von 50 Per/s erzeugt. Gleichstrom kommt hauptsächlich in kleinen Werken in Betracht (abgesehen von Bahn- und elektrolytischen Anlagen). Die Spannungen sind in Polen, entsprechend den modernen internationalen Tendenzen, amtlich normalisiert.

Die Produktion hat im Durchschnitt schon 80 kWh pro Kopf der Bevölkerung und 6000 kWh pro km² des gesamten Landesareals erreicht. Laut den Schätzungen der Regierung sollte diese Produktion, um die heutigen Bedürfnisse des Wirtschaftslebens zu befriedigen, mindestens 2·3 mal größer sein. Die Erzeugung und der Verbrauch der elektrischen Energie in einzelnen Gebieten des Landes ist außerordentlich ungleichmäßig verteilt. Der Schwerpunkt der Stromlieferungsindustrie liegt selbstverständlich in dem am meisten industrialisierten südwestlichen Kohlengebiete (die Wojewodschaften Schlesien, Kielce und Krakau), dann sind noch zwei wichtige Industriezentren zu nennen: Warschau und Lodz. Dagegen kann man sagen, daß in den Ostprovinzen die Elektrifikation erst ihre ersten Schritte macht. Während in Schlesien die Energieerzeugung im Jahre 1925 915 kWh pro Einwohner und 243 000 kWh pro km² betrug, beliefen sich die entsprechenden Zahlen für die sechs östlichen Wojewodschaften auf 1·6 kWh pro Einwohner und 70 kWh/km².

Im Jahre 1927 hat die Elektrizitätsindustrie Polens einen bedeutenden Schritt vorwärts gemacht. Viele Elektrizitätswerke haben ihre Leistungsfähigkeit wesentlich vergrößert (zum Beispiel Lodz um 25 000 kVA, Warschau um 18 000 kVA usw.). Die Aussichten auf weitere Entwicklung in den nächsten Jahren sind sehr groß. Der beste Beweis dafür ist die Tatsache, daß Polen im Jahre 1927 zirka 200 000 kVA in Turboaggregaten bestellte. Darunter befinden sich zwei Aggregate von je 40 000 kVA, die in der Dampfzentrale „Elektra" in Laziska Gorne zur Aufstellung kommen. Diese dürften die größten Einheiten in Polen sein.

Viele Überlandzentralen dehnen ihre Netze aus und übernehmen die Stromversorgung der Orte, die bisher eigene Kraftwerke besaßen. So wird eine Kraftübertragungslinie von 60 kV von dem obengenannten Wasserkraftwerke Grodek nach der Hafenstadt Gdynia (138 km Länge) gebaut. Der künftige Umbau dieser Linie auf 100 kV ist von vornherein vorgesehen (die höchste Spannung, die gegenwärtig in Polen Verwendung findet, beträgt 35 kV). Viele isoliert gelegene kleine Städte errichten ihre eigenen Kraftzentralen. Die Elektrifikation von Fabriken in allen Zweigen der Industrie nimmt ständig und rasch zu. Beachtenswert ist die Verwirklichung der Elektrifikation des Erdölgebietes im Bezirk Boryslaw[2]), wodurch wesentliche Ersparnisse an Erdöl und Naturgas zu erwarten sind. Gegenwärtig wird ein Projekt erwogen, die größeren Elektrizitätswerke des Kohlengebietes durch Hochspannungsleitungen zu verbinden. Es sind dort zirka 40 Kraftwerke von über 5000 kW installierter Leistung, insgesamt 470 000 kW, vorhanden und man hofft durch das Zusammenarbeiten dieser Werke zirka 100 000 kW der bisherigen Reserveleistung für ständige Ausnützung freimachen zu können.

Von anderen Projekten, die auf eine längere Zeitdauer geplant sind, seien erwähnt: der Bau der Untergrundbahn („Metropolitaine") in Warschau und der Bau von Wasserkanälen, die nicht nur der Binnenschiffahrt, sondern auch der Wasserkraftausnutzung dienen sollen[3]). Es handelt sich hier in erster Linie um den Kohlenkanal, der das polnische Kohlengebiet mit den Baltischen Exporthäfen (Danzig, Gdynia) über wichtige Industriezentren wie Czestochowa und Lodz zu verbinden hat, und dann um den west-östlichen Transitkanal, der, sich mit dem vorhergenannten Kanal kreuzend, die Wasserwege Westeuropas mit denjenigen Rußlands verbinden soll. Laut dem vorliegenden Projekt wird die gesamte auf diesen Kanälen verfügbare Leistung auf zirka 43 000 kW und die Jahreserzeugung auf 240 Mill. kWh geschätzt, wovon 90 Mill. kWh auf die Strecke Warschau—Brześć entfällt. Wenn von Kapitalprojekten die Rede ist, so muß noch erwähnt werden, daß die Elektrifikation mancher Strecken der polnischen Haupteisenbahnen ebenfalls in absehbarer Zeit auf die Tagesordnung gestellt werden soll.

Somit können die Hoffnungen auf bedeutende und erfolgreiche Entwickelung der Stromversorgungsindustrie Polens in der nächsten Zukunft

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 248.

[3]) T. Tillinger und W. Rosental. Canals Proposed in Poland as Means of Transport and Sources of Energy (Berichterstattung der Weltkraftkonferenz, Sondertagung Basel, 1926, Bd. I, S. 588).

Digitized by Google

kaum als übertrieben betrachtet werden, wenngleich der Mangel an inländischen Kapitalien hier wie in anderen Industriezweigen fühlbar ist und hemmend wirkt.

Der Bedarf an elektrischer Energie liegt vor. Wie oben erwähnt, ist das Land, dem heutigen Stande der Wirtschaft entsprechend, noch lange nicht mit der elektrischen Energie gesättigt. Mit der allgemeinen Entwicklung des Wirtschaftslebens wird sich der Bedarf noch weiter steigern, um so mehr als die elektrische Industrie mit der energischen Propaganda des Stromverbrauches in allen Gebieten, und zwar auch zu Haushaltungszwecken begonnen hat.

Die natürlichen Bedingungen sind sehr günstig. Die Natur hat das polnische Land reichlich mit Energiequellen ausgestattet. Polen besitzt alle natürlichen Brennstoffe, und zwar feste (Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz), flüssige (Erdöl) und gasförmige (Naturgas), wie auch Wasserkräfte[1]).

Die Steinkohlenvorräte im polnischen Kohlengebiet (Bezirke: Dombrowa, Oberschlesien, Krakau und Teschen) schätzt man, wenn nur die Schichten von mindestens 50 cm Stärke und bis zu einer Tiefe von 1000 m in Betracht gezogen werden, auf rund 62 Milliarden Tonnen, wovon 43 Milliarden Tonnen auf die wirklichen und die sogenannten wahrscheinlichen Vorräte und der Rest (19 Milliarden Tonnen) auf die sogenannten „möglichen" Vorräte entfallen. Der Heizwert dieser Steinkohlen schwankt zwischen 4800 und 7600 cal/kg. Die jährliche Kohlengewinnung beträgt zirka 36 Mill. Tonnen, wobei die Ausfuhr 15 Mill. Tonnen nicht übersteigt.

Die Braunkohle (Heizwert von 4500 bis 5000 cal/kg) kommt nahezu in allen Provinzen Polens vor, ihre Vorräte sind aber bis jetzt noch nicht erforscht. Die Förderung der Braunkohle ist gegenwärtig sehr gering, hauptsächlich aus dem Grunde, weil diese Kohle mit der billigen Steinkohle schwer konkurrieren kann.

Die Torflagerungen sind in allen Gegenden Polens verstreut, insbesondere aber in den östlichen Provinzen. Man schätzt den von ihnen belegten Flächeninhalt auf zirka 24 000 km², doch sind die Torfvorräte noch nicht ergründet. Die Produktion des Torfes ist bis jetzt gering und hat nur örtliche Bedeutung. Für die Erzeugung der elektrischen Energie wird der Torf in größerem Maßstab, ebenso wie die Braunkohle, bis jetzt nicht verwendet.

Angesichts des Reichtums des Landes an Wäldern (zirka 90 000 km²) und der entwickelten Holzindustrie können in manchen Gegenden auch Reisig und Holzabfälle als Brennstoff, natürlich von beschränkt örtlicher Bedeutung, in Frage kommen.

Die polnische Erdölindustrie, deren Zentrum sich im Bezirk Boryslaw befindet, besteht schon mehr als ein halbes Jahrhundert. Die gesamte Produktion während dieser ganzen Periode beträgt zirka 30 Mill. Tonnen. Die geologischen Untersuchungen lassen annehmen, daß diese Menge nur einen Bruchteil ($^1/_6$ oder noch weniger) der im Erdinnern noch vorhandenen Vorräte darstellt. Die Jahresproduktion erreichte im Jahre 1909 ihren Gipfelpunkt, wo sie sich auf zwei Mill. Tonnen belief, und beträgt zurzeit ungefähr 800 000 Tonnen. Die Regierung ist bestrebt, durch gesetzgeberische Maßnahmen und Konzessionserleichterungen die Erdölproduktion wesentlich zu fördern.

Im ganzen Erdölgebiet, längs der Karpathen, besitzt Polen noch einen außerordentlich wertvollen Brennstoff in der Form des Erdgases (Naturgas). Es besteht überwiegend aus Methan (CH_4), sein Heizwert beträgt 9000 cal/kg. Die Produktion des Erdgases beläuft sich auf über 500 Mill. m³ pro Jahr und hat große Aussichten auf rasche Entwickelung. Durch Rohrleitungsnetze, die schon Hunderte von Kilometern lang sind, wird das Naturgas den Elektrizitätswerken, Fabriken und sogar ganzen Städten (zum Beispiel Jaslo, Krosno) für allgemeine Hausheizung zugeführt.

Obgleich die Wasserkräfte bis jetzt in der Elektrizitätsversorgung des Landes eine untergeordnete Rolle spielen, verfügt Polen doch über bedeutende Wasserkraftvorräte, die ihrer Verwertung noch harren. Die totale Leistung der polnischen Wasserkräfte, auf die mittlere Wassermenge bezogen, wird auf zirka 3·6 Mill. PS geschätzt, wovon die Hälfte auf die am meisten zur Ausnützung sich eignenden Flußstrecken entfällt, und zwar auf die, deren Leistung 100 PS pro laufenden Kilometer und deren Gefälle 0·5 vT übersteigt. In erster Linie sind hier die Oberläufe von Weichsel, Dunajec, San, Dnjestr und Prut, die ihr Quellengebiet in den Karpathen haben, zu nennen. Aber auch die Gefälle der Flüsse des polnischen Mittellandes und die zahlreichen Wasserkräfte im Gebiet der Unterweichsel können mit Erfolg in Niederdruckanlagen ausgenützt werden. Von den größeren Wasserkraftwerken, die sich zurzeit im Bau befinden, seien genannt: Porabka an der Soła (18 m, 8000 kW install. Leist., 23 Mill. kWh mittlere Jahresproduktion), Myczkowce am San (13·6 m, 4000 kW, 18 Mill. kWh) und Zur an der Czarna Woda (10 m, 1600 kW, 6 Mill. kWh). Es besteht und befindet sich noch im Studium eine große Reihe von Projekten der Wasserkraftanlagen. Die installierte Leistung der einzelnen Werke erreicht 20 000 bis 30 000 kW, und deren mittlere Jahresproduktion wird bis auf 120 bis 140 Mill. kWh geschätzt. Es sind dies meistens Mittel- und Niederdruckanlagen; es kommen aber auch Gefälle von 200 bis 300 m und in einzelnen Fällen noch darüber vor. In manchen Projekten ist die Errichtung von Akkumulieranlagen vorgesehen, denen im Karpathengebirge auch der Schutz der Flußufer vor den Wasserflutverwüstungen zugemutet werden soll.

Die gesetzliche Grundlage für die erfolgreiche Entwicklung der Stromlieferungsindustrie ist vorhanden. Sie ist geschaffen vor allem durch das Elektrizitätsgesetz vom 21. März 1922. Dieses Gesetz bezweckt die Möglichkeit und die Sicherung einer für das ganze Land einheitlichen planmäßigen und den Staatsinteressen am meisten entsprechenden Lösung der Elektrifikationsprobleme. Bis dahin

[1]) Vgl. Bulletin du Comité Polonais de l'Energie (T. 1, Nr. 13, S. 63).

Digitized by Google

waren es die Gemeinden, die entweder selbst ihre eigenen Elektrizitätswerke errichteten und deren Betrieb selbst führten, oder die den Privatgesellschaften Konzessionen darauf erteilten. Ohne Genehmigung der Gemeindebehörden konnte keine öffentliche Stromversorgungsunternehmung entstehen, da für solche Versorgung die Benutzung der Gemeindestrassen erforderlich war. Gemäß dem Gesetz vom Jahre 1922 ist für die Stromerzeugung, -umformung, -übertragung und -verteilung zwecks berufsmäßigen Verkaufes eine Konzession der Staatsregierung und zwar des Ministeriums für öffentliche Arbeiten erforderlich. Die Konzession wird für eine beschränkte Zeitdauer erteilt (zum Beispiel bis 60 Jahre für Wasserkraftanlagen und bis 40 Jahre für sonstige Kraftwerke). Die nachträgliche Verlängerung dieser Frist ist zulässig. Das Monopolprinzip wird von der Regierung bei Erteilung der Konzessionen genau angewandt, das heißt die Konzessionsverträge gewähren immer das ausschließliche Recht auf die Stromversorgung des betreffenden Gebietes. Den interessierten Kreisen (Gemeinden, Lokalbehörden, Privatpersonen) wird die Möglichkeit gegeben, sich während der Prüfung jedes eingereichten Konzessionsgesuches zu äußern. Das Gesetz sieht die Möglichkeit der Zwangsenteignung vor. Dem Konzessionär steht das Recht zu, die öffentlichen Straßen, darunter auch Eisenbahnstraßen unentgeltlich, sonstiges Gelände aber (öffentliches oder privates) gegen angemessene Entschädigung für die Leitungsführung zu benutzen. Es wird dem Staate das Recht des Aufkaufes der Anlagen vorbehalten. Dieses Recht kann die Regierung auf die Gemeinden übertragen. Der Konzessionsvertrag setzt die Maximaltarife für den Verkauf der elektrischen Energie fest. Es wurde vom Ministerium (elektrotechnische Abteilung) ein sich auf dem Elektrizitätsgesetz basierender Mustertext der Konzessionsurkunde veröffentlicht.

Die Frage der Wasserkraftverwertung wird durch ein besonderes Wasserrechtsgesetz geregelt.

Das Fortschreiten der Elektrifikation Polens ist wesentlich erleichtert durch die elektrotechnischen Fabriksunternehmungen des Landes, die erst nach dem Kriege entstanden sind und sich in den letzten Jahren bedeutend entwickelt haben. So besitzt Polen einige Maschinen-, Transformatoren- und Apparatebaufabriken, ferner mehrere Kabel-, Glühlampen-, Installationsmaterialfabriken, nebst vielen anderen, wie Fabriken für Schwachstrom- und Radioapparate, die hier nicht in den Kreis unserer Betrachtung gezogen werden. Die Zahl der Arbeiter und Angestellten in polnischen elektrotechnischen Fabriken, die im Jahre 1925 zirka 4000 betrug, hat sich seitdem nahezu verdoppelt. Die Einfuhr vom Ausland kann aber die polnische Stromlieferungsindustrie nicht entbehren, denn es gibt elektrotechnische Erzeugnisse, die bis jetzt in Polen nicht fabriziert werden. Es gehören dazu zum Beispiel Dampfturbinenaggregate, Zähler, Meßapparate und einige Spezialartikel.

Die polnischen Vorschriften und Normen entsprechen vollkommen den internationalen Bestimmungen. Durch den Ministerialerlaß wurden Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb der elektrischen Starkstromleitungsanlagen aufgestellt. Allgemeine Vorschriften betreffend Errichtung und Instandhaltung von Starkstromanlagen, sowie eine Reihe von Spezialvorschriften und Normen für isolierte Leitungen und Kabel, Hochspannungsisolatoren, Hebezeuganlagen u. s. w., wurde vom polnischen Nationalkomitee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (C. E. I.) ausgearbeitet.

Es möge noch hinzugefügt werden, daß für die Ausbildung der Elektroingenieure die beiden polnischen technischen Hochschulen, Warschau und Lemberg, Abteilungen für Elektrotechnik besitzen und daß die verschiedenen auf dem Gebiet der Elektrotechnik arbeitenden Kreise gut organisiert sind. Außer dem allgemeinen Verein Polnischer Elektrotechniker gibt es zwei Industrie-Interessen-Vereinigungen, den Verband Polnischer Elektrizitätswerke und den Verband Polnischer Elektrotechnischer Fabrikunternehmungen.

Das Problem der Photo-Telephonie.

Von Prof. K. **Zickler**, Brünn.

(Schluß aus Heft 29, Seite 769.)

Für die bei den eigentlichen Übertragungsversuchen benutzten Einrichtungen zeigt Abb. 11 das vollständige Schaltungsschema des Senders und Empfängers. Der Sender, bei welchem ebenfalls als Lichtquelle die Spiegellampe zur Anwendung kam, weist gegenüber der prinzipiellen Anordnung (Abb. 7, H. 29, S. 773) statt einer Senderöhre deren zwei von zusammen 30 W maximaler Wechselstromleistung in Gegentaktschaltung auf, welchen eine Vorverstärkerröhre *VR* mit Zwischentransformator *ZT* vorgeschaltet ist. *M* ist ein gewöhnliches Kohlenkörnermikrophon. Abb. 12 ist eine Ansicht dieser Verstärkungseinrichtung mit dem Kondensator und der Drosselspule.

Die Schaltung beim Empfänger entspricht im Prinzipe ebenfalls der früher in Abb. 7 angegebenen, nur wird zur Verstärkung des Photostromes eine Dreifachröhre verwendet. Die Kalium-Gas-Maschenzelle und die Dreifachröhre samt allen Nebenteilen der Schaltung mit Ausnahme der Batterie und des Telephons ist in einem leichten Blechkästchen untergebracht. Ein zweiter Teil des Empfängers besteht aus einem kegelförmigen Blechrohr (Abb. 13 und 14), das vorne mit einer Bikonvexlinse von 11 cm Durchmesser abgeschlossen ist. Dieser Tubus ist durch zwei parallele Führungsstäbe in einem gabelförmigen Metallstück durch Stellschrauben in vertikaler Ebene

Digitized by Google

drehbar angeordnet. Das gabelförmige Stück selbst kann wieder über einer Grundplatte, mit welcher der Apparat auf einem Stativ befestigt wird, durch Stellschrauben in einer Horizontalebene gedreht werden. Mit Hilfe der nach rückwärts verlängerten Führungsstäbe schiebt man

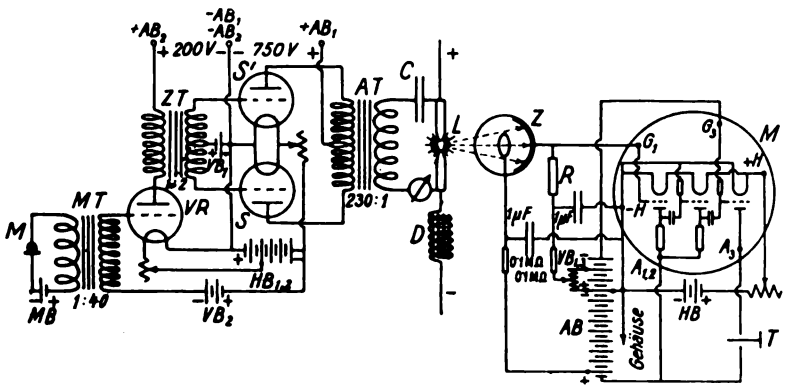


Abb. 11. Vollständige Sende- und Empfangsschaltung.
S, *S'* Senderöhren in Gegentaktschaltung (Telefunken, RS 59 I, 15 W), *VR* Vorverstärkerröhre (RE 134) *M* Mehrfachröhre (Loewe, Type 3 NF).

das mit Ösen versehene Apparatekästchen so an den Tubus heran, daß ein am Kästchen befindlicher rohrförmiger Ansatz in den Tubus hineinragt. Dieser Ansatz ist mit einem schräg gestellten Silberspiegel *S* (Abb. 13) abgeschlossen, welcher in dem in der Tubusachse gelegenen Brennpunkt der Linse eine 1 mm weite Öffnung *p* besitzt. Durch eine oben im Tubus angebrachte und durch eine Klappe verschließbare Sehöffnung kann

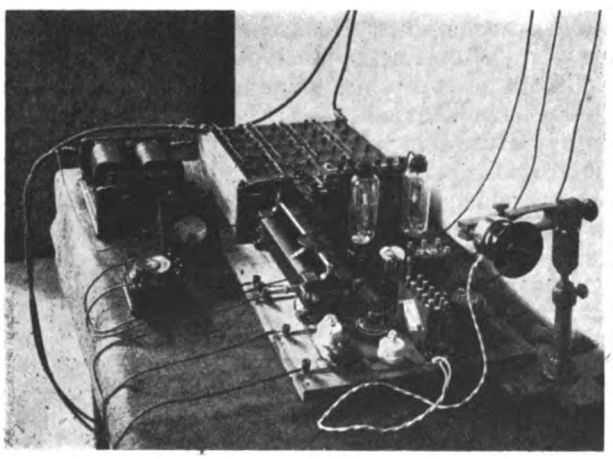


Abb. 12.

man das im Silberspiegel entstehende Bild des kleinen Brennfleckes der Linse beobachten und durch die früher erwähnten Stellschrauben den ganzen Apparat so einstellen, daß der Brennfleck in der kleinen Öffnung des Spiegels verschwindet, also das von der Sendestelle kommende Licht auf die Photozelle *Z* gerichtet ist. Durch die Spiegelbeobachtung ist die Einstellung mit freiem Auge auch bei hellem Tageslicht gut durchführbar. Durch diese Anordnung wird auch auf die beste Weise die Einwirkung von Nebenlicht auf die Zelle, welche bekanntlich die Ursache des Zellenrauschens ist, so gut als möglich vermieden. Bleibt man außerdem mit der Zellenspannung mindestens 13 V unter der Zündspannung, so ist auch bei hellem Tageslichte keine nennenswerte Störung der Übertragung durch das Rauschen zu befürchten. Die Anwendung einer größeren elektrischen Verstärkung beim Empfänger als die dreifache ist bei Gasphotozellen, infolge der dadurch bedingten Verstärkung des Rauschens im Telephon, nicht ratsam. Bei der benutzten Linse ist die optische Verstärkung auf der Zelle die 14-fache. Die Eigenschaften des Empfängers sind gedrängter Bau, leichte Tragbarkeit der einzelnen Teile und sichere Einstellbarkeit.

Bei Sprechversuchen mit der beschriebenen vollständigen Sendeeinrichtung hat sich gezeigt, daß bei $C = 208\ \mu F$ im Wechselstromkreis des Lichtbogens sich im Maximum der Mittelwert des überlagerten Wechselstromes $I_{wr} = 6$ A erzielen läßt, weshalb schon bei den früheren mathematischen Erläuterungen (bei $I_g = 30$) immer für

$$I_{wr} = \frac{I_g}{5} = 0{\cdot}2\, I_g$$

das besondere Ergebnis hervorgehoben wurde.

Weiter kann man, wenn der Verlust im Kondensator gegenüber der Steuerleistung im Lichtbogen vernachlässigbar klein ist, was tatsächlich zutrifft, für die maximale Senderöhrenleistung in VA die Gleichung

$$\bar{N}_{wr} = \frac{N_{wl}}{\eta \cos \varphi_{(l+c)}} \quad \ldots\ldots (8)$$

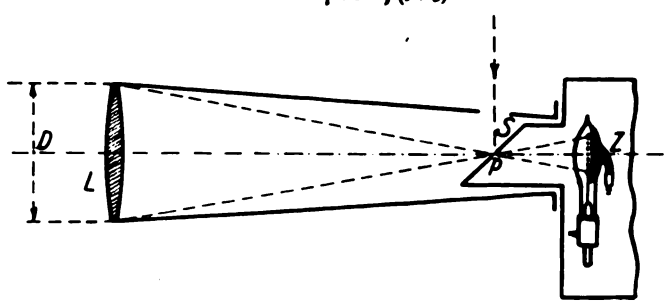


Abb. 13.

setzen, worin N_{wl} die Steuerleistung im Lichtbogen, η den Wirkungsgrad des Ausgangstransformators (Abb. 11) mit Einschluß der Verluste in den Zuleitungen im Schwingungskreis und $\cos \varphi_{(l+c)}$ den Leistungsfaktor am Lichtbogen + Kondensator bedeuten. Da $\bar{N}_{wr} = 30$ VA ist und $\eta = 0{\cdot}9$ gesetzt wird, so ergibt sich aus Gleichung (8) $\cos \varphi_{(l+c)} = 0{\cdot}48$ ($\varphi_{(l+c)} = 61°$), also $\operatorname{tg} \varphi_{(l+c)} = 1{\cdot}82$ und man erhält aus der Beziehung

$$\operatorname{tg} \varphi_{(l+c)} = \frac{10^6}{2\pi f R_{wl} C_{(\mu F)}} \quad \ldots\ldots (9)$$

$f = 1170$, welchen Wert man als die mittlere Frequenz der Sprechströme für den vorliegenden Fall bezeichnen könnte.

Digitized by Google

Vor Ausführung der endgültigen Fernversuche wurden mit der Übertragungseinrichtung weitere Laboratoriumsversuche vorgenommen, um den erforderlichen Grad der Schwächung der Sendelichtstärke festzustellen, bei welchem noch

Abb. 14.

ein bestimmter Grad der Lautstärke im Telephon des Empfängers erzielt und dadurch der ganze Übertragungsvorgang seiner Lösung zugeführt werden kann.

Dabei waren Sender und Empfänger wieder in einer Entfernung von 50 m aufgestellt und wurden Sprechversuche bei Schwächung mit folgenden Mitteln vorgenommen:

1. Starke optische Schwächung durch entsprechende Konvexlinsen mit kleiner Brennweite, welche in der kleinen Öffnung einer Tür zwischen Sender und Empfänger angebracht werden konnten. Aus den Entfernungen des Senders und Empfängers von der Linse und der Brennweite der letzteren wurde die Schwächung des Senderlichtes bestimmt.

2. Eine geringere Schwächung auf mechanischem Wege durch Vorsetzen einer Scheibe mit verschieden großen Löchern vor die Linse des Empfängers.

3. Eine ebenfalls geringere elektrische Schwächung nach der Parallelohmmethode beim Telephon.

Mit Hilfe dieser Mittel wurden bei einer Photozellenspannung von 13 V unter der Zündspannung die folgenden drei Grade der Hörbarkeit im Telephon bei den nebenstehenden Mittelwerten der Schwächung s beobachtet:

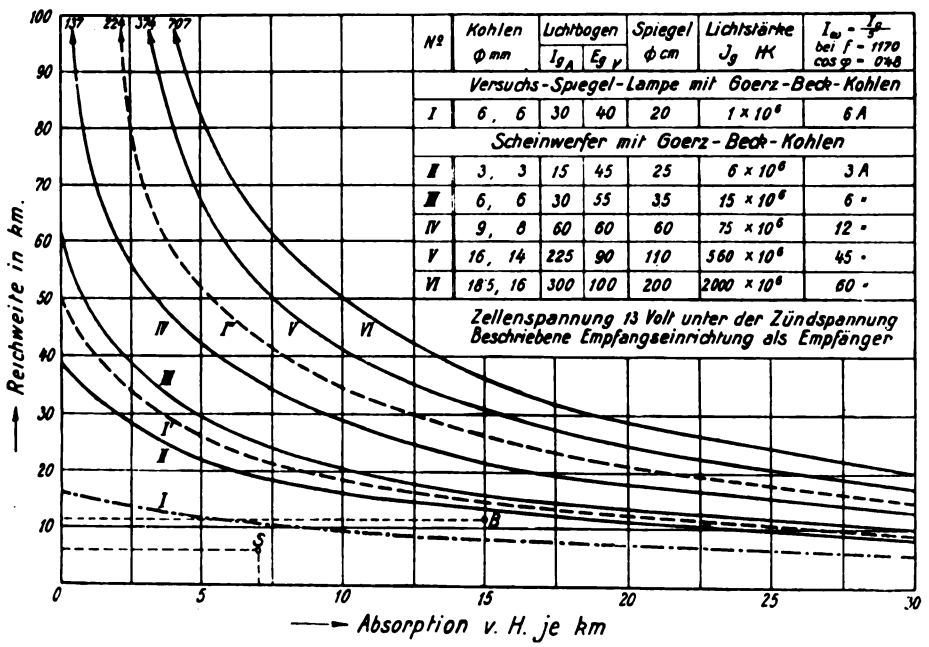
1. Normale, gute Hörbarkeit . . $s = 10^{-5}$,
2. Schwache Hörbarkeit (jedoch noch verständlich) . . . . . $s = 10^{-6}$,
3. Grenze der Hörbarkeit (auch für die stärksten Laute) . . . . . $s = 5.10^{-8}$

Da die Lichstärke $J_g = 10^6$ der Spiegellampe in 50 m Entfernung (vor der Linse) ohne Schwächung eine Beleuchtungsstärke

$$E_g = \frac{10^6}{50^2} = 400 \text{ Lux}$$

erzeugt, so ergeben sich für die angegebenen drei Grade der Hörbarkeit die folgenden Werte der erforderlichen minimalen Gleichlicht-Beleuchtungsstärke $E_{g(min)}$ vor der Linse:

1. $E_{g(min)} = 400.10^{-5} = 4.10^{-3}$ Lx,
2. $E_{g(min)} = 400.10^{-6} = 4.10^{-4}$ Lx,
3. $E_{g(min)} = 400.5.10^{-8} = 2.10^{-5}$ Lx.



№	Kohlen φ mm	Lichtbogen I_{g_A}	Lichtbogen E_{g_V}	Spiegel φ cm	Lichtstärke J_g HK	$I_w = \frac{J_g}{5}$ bei f = 1170 cos φ = 0·48
	Versuchs-Spiegel-Lampe mit Goerz-Beck-Kohlen					
I	6, 6	30	40	20	1×10^6	6 A
	Scheinwerfer mit Goerz-Beck-Kohlen					
II	3, 3	15	45	25	6×10^6	3 A
III	6, 6	30	55	35	15×10^6	6 "
IV	9, 8	60	60	60	75×10^6	12 "
V	16, 14	225	90	110	560×10^6	45 "
VI	18·5, 16	300	100	200	2000×10^6	60 "

Zellenspannung 13 Volt unter der Zündspannung
Beschriebene Empfangseinrichtung als Empfänger

Abb. 15.

Hat man es allgemein mit einer Entfernung (Reichweite) von r km und mit einer Lichtabsorption von a vH je km zu tun, dann besteht zwischen der minimalen Gleichlicht-Beleuchtungsstärke $E_{g(min)}$ vor der Linse des Empfängers und

Digitized by Google

der vom Sender ausgehenden Gleichlichtstärke J_g die Beziehung

$$E_{g(min)} = \frac{\left(1 - \frac{a}{100}\right)^r J_g}{10^6 r^2} \quad \ldots (10).$$

Für die Hörbarkeit im Telephon des Empfängers sind nicht die Gleichlichtwerte, sondern die den Lichtschwankungen entsprechenden Lichtwerte maßgebend. Nach Gleichung 5) ist aber

$$\frac{E_{w(min)}}{E_{g(min)}} = \frac{J_w}{J_g} = k \cdot \frac{I_w}{I_g}.$$

Es stehen also für dasselbe Stromverhältnis I_w/I_g die zusammengehörigen Lichtschwankungswerte zu den Gleichlichtwerten in demselben Verhältnis. Daher führt Gleichung (10) zu dem gleichen Ergebnis, ob man beiderseits die betreffenden Werte von $E_{(min)}$ und J für die Lichtschwankungen oder das Gleichlicht einsetzt. Ist für einen bestimmten Empfänger und ein bestimmtes Stromverhältnis I_w/I_g beim Sender der Wert von $E_{g(min)}$ für einen bestimmten Grad der Hörbarkeit ermitelt, dann gibt dieser Wert in Gleichung (10) eingesetzt für jede Sendeeinrichtung bei demselben Verhältnis I_w/I_g den richtigen Zusammenhang zwischen a und r, wenn für J_g die diesem Sender entsprechende Gleichlichtstärke in die Gleichung eingeführt wird.

Bei der Versuchs-Übertragungseinrichtung, bei welcher $I_g = 30$ A, $I_w = 6$ A, also $I_w = 0{\cdot}2\, I_g$ ist, hat man in Gleichung (10) $J_g = 10^6$ Hefner-Kerzen und für normale, gute Hörbarkeit $E_{g(min)} = 4 \cdot 10^{-3}$ Lux einzusetzen. Es ergibt sich aus dieser Gleichung bei diesem Grade der Hörbarkeit für den Zusammenhang zwischen der Reichweite r in km und der Absorption a vH/km die strichpunktierte Kurve I in Abb. 15. Sie fällt von der ideellen Reichweite von 15·8 km bei $a = 0$ allmählich auf 5·7 km bei a vH/km $= 30$ herab.

In gleicher Weise ergeben sich nach Gleichung (10) die gestrichelten Kurven I' bzw. I'' für $E_{g(min)} = 4 \cdot 10^{-4}$ Lx (schwache Hörbarkeit) bzw. für $E_{g(min)} = 2 \cdot 10^{-5}$ Lx (Grenze der Hörbarkeit).

Die Festlegung dieser verschiedenen Hörbarkeitsgrade ermöglicht es, auch bei irgend einem Fernversuch die vorhandene Absorption mit einer wenigstens für praktische Zwecke genügenden Annäherung festzustellen. Es wird mit Hilfe der früher angeführten Mittel geringerer Schwächung 2 (Lochscheibe) oder 3 (Parallelohmmethode) die tatsächliche Hörbarkeit an der Empfangsstelle abgeschwächt, bis einer der festgelegten Hörbarkeitsgrade erreicht ist. War s' die dabei vorgenommene Schwächung und r die Reichweite in km beim Versuch, so kann aus Gleichung

$$E_{g(min)} = \frac{\left(1 - \frac{a}{100}\right)^r J_g}{10^6 r^2} s' \quad \ldots (11)$$

bei Einsetzung des dem Hörbarkeitsgrade entsprechenden Wertes von $E_{g(min)}$, die Absorption a vH/km annähernd bestimmt, also der dem Versuche entsprechende Punkt in das Koordinatensystem der Abb. 15 eingetragen werden.

Von den mit der Versuchs-Übertragungsanordnung durchgeführten Fernversuchen, bei welchen die Spiegellampe[17]) bei der meteorologischen Beobachtungsstation am Dache des Neugebäudes der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn und die Sende-Verstärkungseinrichtung samt dem Mikrophon zur Besprechung in einem darunter befindlichen Raume aufgestellt waren, seien nur die folgenden zwei Fälle angeführt:

1. Am 2. April 1928 um 3 Uhr nachmittags. Sehr gute Sicht. Empfangsapparat in Sobieschitz. Luftlinie-Entfernung $r = 6{\cdot}1$ km. Die Hörbarkeit war größer als die normale. Man konnte schon bei dem in den Händen gehaltenen Kopfhörer das Gesprochene vernehmen. Aus der Abschwächung auf die drei Grade der Hörbarkeit ergab sich nach Gleichung (11)

$$a \approx 7 \text{ vH/km}.$$

Es entsprach also diesem Versuch ($r = 6{\cdot}1$, $a = 7$) der Punkt S in Abb. 15.

2. Am 5. April 1928 um 4 Uhr nachmittags. Nahezu gute Sicht. Empfangsapparat in Babitz. Luftlinie $r = 11{\cdot}5$ km. Hörbarkeit etwas schlechter als die normale (Grad 1). Bei Abschwächung auf die Grade 2 und 3 der Hörbarkeit ergab sich nach Gleichung (11) im Mittel

$$a \approx 15 \text{ vH/km}.$$

Es entspricht also der Punkt B ($r = 11{\cdot}5$, $a = 15$) in Abb. 15 diesem Versuch.

Die Kurven II bis IV in Abb. 15 zeigen für normale Hörbarkeit den mit Hilfe der Gleichung (10) berechneten Zusammenhang

$$r = f(a),$$

wenn bei der Sendeeinrichtung einige verschieden große Goerz-Scheinwerfer mit Parabol-Glasspiegeln und Goerz-Kohlen, System Beck, deren wichtigste Daten[18]) in der Tabelle der Abb. 15 angegeben sind, zur Anwendung kommen würden. Dabei ist, neben der Benützung des gleichen Mikrophons, wie bei den früheren Versuchen, vorausgesetzt, daß jeweils dasselbe Verhältnis zwischen dem Maximum des Mittelwertes des Wechselstromes zum Gleichstrome $I_{wl}/I_g = 0{\cdot}2$ ($f = 1170$ und $\cos \varphi_{(l+c)} = 0{\cdot}48$) besteht. Ferner ist der gleiche Empfangsapparat mit derselben Photozellenspannungsgrenze angenommen.

Sobald für eine solche Sendeeinrichtung außer der Gleichlichtstärke J_g des dabei benutzten Scheinwerfers der Lichtbogen-Wechselstrom-Widerstand R_{wl} bekannt ist, kann unter den soeben angegebenen Voraussetzungen die erforderliche Verstärkungseinrichtung nach den früher mitgeteilten Gleichungen berechnet werden. So ergibt sich beispielsweise bei Anwendung des Scheinwerfers III ($J_g = 15 \cdot 10^6$ HK, $I_g = 30$ A, $E_{gl} = 55$ V, $I_{wl} = 6$ A), für dessen 6 mm Goerz-Beck-Kohlen bei $E_{gl} = 55$ V $R_{wl} = 0{\cdot}70\ \Omega$ gefunden wurde, nach Gleichung (3) die Steuerleistung

[17]) Sie war zu ihrem Schutze mit einer Blechhaube mit Abschlußglasscheibe und mit einem Fernrohr, zur bequemeren Einstellung in die Empfängerrichtung, versehen.

[18]) Entnommen der Tabelle 47, S. 377 des Werkes „Lichttechnik" von Bloch, aus dessen Abschnitt „Leuchtgerät und Optik" von Gelhoff.

Digitized by Google

$N_{wl} = 25{\cdot}2$ W,

für $\eta = 0{\cdot}9$ und $\cos\varphi_{(l+c)} = 0{\cdot}48$ aus Gleichung (8) die maximale Wechselstrom-Senderöhrenleistung

$N_{wr} = 58{\cdot}3$ VA,

und bei $\operatorname{tg}\varphi_{(l+c)} = 1{\cdot}82$ und $f = 1170$ nach Gleichung (9) die Kapazität des Kondensators

$C = 107\ \mu$F.

Die Kurven II bis VI zeigen mit der Absorption einen umso rascheren Abfall, je größer die Lichtstärken sind. Kurve VI entspricht dem größten überhaupt bisher hergestellten Scheinwerfer mit einem Parabolglasspiegel von 200 cm Durchmesser und 2 Milliarden Kerzen, von welchem angegeben wird, daß er in Mondentfernung noch als Stern 6. Größe mit freiem Auge sichtbar wäre. Es erscheint die Übertragungsweite von 20 km bei der Absorption von 30 vH/km, welche bei unsichtigem Wetter vorhanden sein kann[19]), dagegen sehr gering. Wenn man anderseits die weitere Angabe für diesen Scheinwerfer heranzieht, daß seine Reichweite längs des Bodens für die Erkennbarkeit von Gebäuden bei der Lichtabsorption von 30 vH/km nur 5·5 km beträgt, so ist hingegen die fast vierfache lichttelephonische Reichweite (20 km) als günstig zu bezeichnen.

Weitere Mittel, um in den besprochenen Fällen die Reichweite zu erhöhen, sind:

1. Die Vergrößerung des Verhältnisses I_w/I_g.
2. Die Verstärkung der Optik beim Empfänger.

Beide Mittel äußern sich in Gleichung (10) dadurch, daß der Faktor p der Vergrößerung bzw. Verstärkung gegenüber den bisherigen Verhältnissen der rechten Seite dieser Gleichung hinzugefügt werden müßte.

$$E_{g(min)} = \frac{\left(1 - \frac{a}{100}\right)^r J_g}{10^6 r^2} p \quad . . (12).$$

Das zweite Mittel ist jedenfalls das einfachere, wirksamere und billigere. Wenn man im ersten Falle selbst bis zu $I_w = I_g$ statt $I_w = 0{\cdot}2\, I_g$ gehen könnte[20]), so erhielte man $p = 5$, was man im zweiten Falle einfacher dadurch erreichen könnte, daß man beim Empfänger statt der Linse von 11 cm, wie bisher, eine solche von rund 25 cm Durchmesser verwenden würde[21]). Dabei darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß im ersten Falle der Strom I_w gegen früher den 5-fachen Wert haben müßte, wodurch unter sonst gleichen Verhältnissen die Steuer- und Senderöhren-Leistung nach Gleichung (3) und (8) um das 25-fache gesteigert würde, was eine sehr erhebliche Steigerung der Kosten für die elektrische Senderverstärkung zur Folge hätte.

Handelt es sich um Scheinwerfer, die bereits anderen Zwecken, welchen ihre Größe angepaßt ist, dienen und auch für lichttelephonische Zwecke Verwendung finden sollen, dann dürfte es ratsam sein, aus wirtschaftlichen Gründen mit der Verstärkung am Sender nicht über das Verhältnis $I_w/I_g = 0{\cdot}2$ hinauf zu gehen, damit die Kosten der Zusatzeinrichtung ein zulässiges Maß nicht überschreiten.

Ist von vornherein nur eine lichttelephonische Übertragungseinrichtung von bestimmter Leistung voraus zu berechnen, dann werden Vergleichsrechnungen in wirtschaftlicher Hinsicht zur richtigen Wahl der Größe des Scheinwerfers und der anzuwendenden elektrischen Senderverstärkung für ein Minimum der Gesamtkosten der Übertragungseinrichtung führen.

Ich hoffe hiermit alle wichtigen Fragen, die sich auf das Problem der Phototelephonie im allgemeinen und der von mir angegebenen Durchführungsform im besonderen beziehen, derart berührt zu haben, daß nunmehr für jeden vorkommenden Sonderfall diese Aufgabe im voraus ihrer rechnerischen Lösung zugeführt werden kann.

Schließlich sage ich Herrn Assistenten Ing. J. Jaumann für seine tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung aller Untersuchungen und der Konstruktion des Senders meinen besten Dank.

[19]) Siehe G. Gelhoff und H. Schering, Zeitschrift für techn. Physik, I. Jahrg. (1920), S. 254.

[20]) Wie weit mit diesem Stromverhältnis gegangen werden kann, bedarf noch einer näheren Untersuchung. Bei den Versuchen mit den dem Gleichstrom-Lichtbogen überlagerten Wechselströmen bis zum Verhältnis $I_w/I_g = 0{\cdot}6$ konnte nichts beobachtet werden, was bei eigentlichen Sprechversuchen auf eine Verzerrung der Laute schließen ließe.

[21]) Die noch praktisch zulässige Verwendung einer Linse von 50 cm Dr. (statt 11 cm) würde rund den Höchstwert $p = 20$ ergeben.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Der Zusammenschluß der Elektrizitätswirtschaft im Süden Frankreichs durch die „Union des Producteurs d'Energie des Pyrénées Orientales (U. P. E. P. O.), über den in dieser Zeitschrift kürzlich berichtet wurde[1]), hat nach einem Bericht von H. E. Gruner durch seine günstigen Erfolge dazu geführt, daß im Jahre 1927 drei weitere Zentralen mit zusammen 268 Milll. kWh Jahresleistung erbaut und der U. P. E. P. O. angeschlossen wurden. Außerdem sind gegenwärtig zwei weitere Kraftwerke im Bau: ein Speicherkraftwerk bei Pinet am Tarn und ein Laufwerk bei Taillebourg an der Garonne. Für die Anlage bei Pinet, deren Energielieferung bis Marseille vordringen soll, wird eine 30 m hohe Talsperre gebaut, die ein Tages- bzw. Wochenausgleichsbecken von 10 Mill. m³ Nutzinhalt ergeben soll. Bei einer mittleren Jahresleistung von 26 000 PS wird eine Maschinenleistung von 45 000 PS installiert, so daß nach vollendetem Ausbau ungefähr 100 Mill. kWh an das Netz der U. P. E. P. O. abgegeben werden können. Das Kraftwerk bei Taillebourg wird bei zirka 11 m Gefälle 8000 PS installierte Leistung umfassen; durch ein Stauwehr mit drei Wehröffnungen wird die Garonne auf 3 bis 4 m aufgestaut.

Es macht sich aber schon jetzt bemerkbar, daß die ideale Energiewirtschaft erst in Verbindung mit Wärmekraftwerken zu erreichen sein wird. Andererseits besteht aber auch schon der Plan, über die

[1]) E. u. M. 1928, Heft 20, S. 451.

Digitized by Google

Pyrenäen hinüber nach Barcelona Energie zu liefern und ebenso ist auch der Anschluß an das Netz der Westschweiz nahe gerückt. Es würde also nach Zusammenschluß des Energiezentrums der Pyrenäen mit dem von Grenoble und Ausdehnung beider über Chancy-Pougny gegen Paris nicht nur der Anfang zu einer französischen Sammelschiene gelegt werden, sondern auch die Entwicklung der europäischen Sammelschiene gefördert werden. A. Fr.

(Die Wasserwirtschaft, 21. Jg., Nr. 3, 1928.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Städteheizung. Von Dipl. Ing. F. Förster. Mit dem Wachsen der Zahl und Bedeutung der Städteheizungen erhebt sich die Forderung, daß bei einem nur zu verbauenden Gelände in den Verbauungsplänen mit der Strom-, Gas und Wasserversorgung auch auf die Anlage einer Fernheizung[1]) Rücksicht genommen wird. In den Wettbewerb mit der Hauszentralheizung mit Koks tritt mit der Verwirklichung der Gasfernversorgung das Gas, in der Form, daß in den Häusern gasbeheizte Warmwasserheizungen eingerichtet werden, was auch als eine Art Städteheizung zu betrachten ist. Die Wirtschaftlichkeit ist aber nur bei sehr niedrigen Gaspreisen gegeben, und zwar wenn 1 m³ Gas von 4300 WE nicht mehr als 1·3 bis 1·5 kg Koks, frei Keller, kostet. Wesentlich günstiger liegt der Fall bei der Stockwerksbeheizung, für die ein neuer Ofen, der Dariator geschaffen worden ist, der aus einem Zentralheizkörper besteht, von dem einige Glieder als Heizkessel ausgebildet sind. An ihn lassen sich mehrere Heizelemente in den verschiedenen Wohnräumen anschließen. Hier kann die verbrauchte Wärmemenge jeder Wohnung unmittelbar gemessen und so eine größere Sparsamkeit erzielt werden. Bei Koksfeuerungen läßt sich die Stockwerksheizung nur schwer durchführen. Nach eingehenden Versuchen von Spalek beträgt der Wärmeverbrauch bei Zentralheizung mit Gasfeuerung etwa 70 vH, bei Gaseinzelheizung nur etwa 30 vH von dem Wärmeverbrauch bei Warmwasserheizung mit Koksfeuerung.

Die Frage, ob bei einer Städteheizung der Dampf von einem reinen Heizwerk oder als Abdampf von einem Kraftwerk geliefert werden soll, ist noch nicht entschieden, es dürfte sich aber eine Verbindung beider bewähren. Zur Heizung kann auch das Kühlwasser von Dieselmotoren verwendet werden, zumal man zur Heißwasserkühlung ohne Gefährdung der Motoren übergehen kann. Es handelt sich hiebei ja hauptsächlich um die Abführung einer bestimmten Wärmemenge, bei der die absolute Temperatur des Wassers keine entscheidende Rolle spielt. Eine solche Heizanlage besteht bei dem Elektrizitätswerk in Schwerin. Die Entscheidung ob Dampf- oder Warmwasserheizung zu wählen ist, hängt von der Größe des Versorgungsgebietes (Dampfheizungen haben einen größeren Wirkungsbereich) und von der Art der bereits vorhandenen Heizungen ab. Die Dampffernversorgung zeichnet sich von der reinen Warmwasserversorgung noch durch die feinere Regelbarkeit aus. In neuen Siedlungen wird man wohl zu der gesundheitlich besseren Warmwasserheizung übergehen. Es ist aber auch eine Verbindung beider Arten möglich, indem nämlich entfernteren Häuserblöcken die Wärme in Form von Dampf zugeführt wird und dort für jeden Block eine mit dem Ferndampf beheizte zentrale Warmwasserheizung eingerichtet wird.

Die Festsetzung des Wärmepreises geschieht bei Dampfheizungen durch Messung des Kondensatwassers, bei Warmwasserheizungen derzeit durch Festsetzung von Bauschgebühren, da entsprechende Meßgeräte noch nicht durchgebildet sind. Umfangreichere wirtschaftliche Untersuchungen liegen über das Fernheizwerk Charlottenburg vor, über das Dipl. Ing. E. Schulz berichtete. Hier wird der Abdampf der Turbinen mit 2 ata in das Netz geliefert, das derzeit 4500 m Länge mißt. Es sind 55, meist öffentliche Gebäude mit einem Höchstwärmebedarf von 23 Mill. WE, darunter das Amtsgericht mit 670 000 WE, angeschlossen. Die Hauptdampfleitung hat einen Durchmesser von 450 mm und kann bis zu 40 Mill. WE/h befördern. Die meisten Kosten verursachten die Verlegungsarbeiten mit 40 vH der Gesamtkosten. Nach den hier vorliegenden Erfahrungen erscheint bei einem Fernheizwerk die Wirtschaftlichkeit gegeben bei einer Lieferung von 40 Mill. WE/km²/h (Höchstleistung) oder dann, wenn man auf 1 m Netzlänge mit einer Mindestabgabe von 18 bis 20 t Heizdampf im Jahr rechnen kann.

Die Wirkungen des Heizdampfbetriebes auf den Betrieb des Kraftwerkes sind außerordentlich günstig, trotzdem die Höchstbelastungen der beiden Betriebe zeitlich nicht voll übereinstimmen. (Die im Kraftwerk erzielten Ersparnisse dürften in der obigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aber nicht berücksichtigt sein. Der Ber.) Der Betrieb eines Fernheizwerkes weist jedoch noch eine Reihe von Vorteilen auf, die zahlenmäßig nicht oder nur sehr schwer zu erfassen sind. So werden durch den Entfall der Kohlenfuhrwerke die Straßen entlastet, die Gefahrenmomente durch den Entfall der Einzelheizungen herabgesetzt, die Brennstoffwirtschaft wird erhöht, und was einer der wichtigsten Punkte ist, es wird die Rauchplage in einem ganz großen Maßstabe vermindert V. H.

(REA, Der elektrische Betrieb, Jg. 26, Heft 3, 1928.)

[1]) Über Fernheizung und Fernheizkraftwerke vgl. E. u. M. 1925, S. 448; 1926, Das El.-Werk, S. 99; 1927, Das El.-Werk, S. 61.

Allgemeiner Maschinenbau.

Getriebe in der Elektrotechnik. Im Hinblick auf die Wichtigkeit einer genauen Kenntnis der Grundlagen und Bauweisen der verschiedenen mechanischen und hydraulischen Getriebe auch für den Konstrukteur im Elektromaschinen- und Apparatebau sollen die wichtigsten Fragen an Hand einer kürzlich erschienenen, zusammenfassenden Veröffentlichung auf diesem Gebiete[1]) besprochen werden. Aus einem Aufsatze von Prof. K. Kutzbach „Die heutigen Probleme der Energieumformer" ist auf die Bedeutung der Koppeltriebe für parallele Achsen mit gleicher Drehzahl in ihrer Anwendung bei elektrischen Lokomotiven hinzuweisen. Ihr Hauptvorteil gegenüber mit Federn arbeitenden Übertragungen liegt darin, daß sie keine Eigenschwingungen bewirken. Bei den Reibgetrieben (unverzahnte Wälztriebe) bedeutet das von Krupp gebaute Garrardgetriebe[2]) einen wesentlichen Fortschritt, da es auch für die wirtschaftliche Übertragung größerer Leistungen in Frage kommt. Bei veränderlicher Arbeits- oder Vorschubgeschwindigkeit an einer Maschine werden Wechselumformer mit wählbaren ein- und ausschaltbaren Übersetzungen verwendet. Hier wären oft fertig beziehbare, entsprechend abgestufte und möglichst einfach zu bedienende Getriebe von großem Vorteile, die ebenso wie Elektromotoren oder gleich in Verbindung mit diesen an die Maschine angebaut werden können. Eine unendlich große Zahl von Übersetzungen ermöglichen die stufenlosen Umformer, die sowohl als mechanische (Riementriebe, Reibtriebe mit Kegeltrommeln usw.) als auch als hydraulische ausgeführt werden. Der bei den stufenlosen Umformern immer auftretende Schlupf macht sie jedoch für manche Zwecke gegenüber dem gestuften und verzahnten Umformer minderwertig. Besondere stufenlose Wechselumformer sind jene, die sich dem veränderlichen Widerstandsmoment der angetriebenen Maschine selbsttätig in der Drehzahl anpassen. Bei den Zahnradgetrieben ist man in letzter Zeit immer mehr dazu übergegangen, auch Stirnradgetriebe reihenmäßig und marktfähig herzustellen, und zwar vorwiegend gleichachsige Getriebe (bei denen also ohne Rücksicht auf die Zahl der Übersetzungen die Achsen der Antriebs- und der Abtriebswelle zusammenfallen), von welchen Dr. Ing. F. G. Altmann verschiedene Aus-

[1]) Getriebe (Gesammelte Aufsätze aus der Zeitschrift „Maschinenbau"). 46 S. mit 169 Abb. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin 1928. Preis Mk. 2·75.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 931.

Digitized by Google

führungen beschreibt. Die gleichachsigen Getriebe verbinden unter anderem geringen Platzbedarf mit geringer Abnutzung der Zähne; in den Vereinigten Staaten werden sie laufend bereits für Leistungen bis etwa 100 PS und Übersetzungen bis 1 : 200 erzeugt. Im Äußeren ähneln sie Elektromotoren. Gleichachsige Stirnradgetriebe finden auch vielfach Anwendung beim Antrieb von Flaschenzügen, meist im Zusammenbau mit Elektromotoren, wegen der Raumersparnis und der Möglichkeit großer Übersetzungen (Beispiele hiefür bringt ein weiterer Aufsatz von Altmann). Sehr große Übersetzungen bis über 1000 : 1 lassen sich durch Hintereinanderschalten von mehreren Schneckengetrieben und Planetengetrieben erreichen und man kann damit die Drehzahl raschlaufender Elektromotoren außerordentlich herabsetzen. Auch solche Getriebe werden bereits mit Elektromotoren zusammengebaut.

Bei Getrieben für große Leistungen (Kraftübertragung von einer raschlaufenden Dampfturbine von mehreren 1000 PS auf einen langsamlaufenden Stromerzeuger und dergleichen) sind die neueren Bestrebungen (abgesehen von jenen zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Getriebes, des ruhigen Ganges usw.) auf die Normung gerichtet, um die Herstellung der Getriebe wirtschaftlicher zu gestalten. Es gelang so, nach einem Berichte von O. Wolf und Dipl. Ing. Jungkunz, bei der „Demag" die Zahl der Modelle für die Übertragung von Drehmomenten von 2000 bis 300 000 kgcm von 14 auf 3 herabzusetzen.

Bei den Riementrieben sind die Bestrebungen zur Verbesserung des Durchzugsgrades bemerkenswert. Wie K. Kutzbach berichtet, ergaben Versuche mit einem harz- und säurefreien Tränkungsmittel (Cling Surface, auch in Österreich vielfach verwendet. Der Ber.) eine bedeutende Erhöhung der Haftfähigkeit des Riemens ohne wesentliche Beeinflussung der sonstigen Eigenschaften, ebenso auch mit bestimmten handelsüblichen Chromlederriemen ohne Haftmittel, die bereits bei der Herstellerfirma getränkt worden sein dürften (oder auf besondere Weise gegerbt wurden).

Die Flüssigkeitsgetriebe und zwar ihre Grundlagen und die wichtigsten Bauarten werden noch in zwei Aufsätzen von Dipl. Ing. J. Ritter und Dr. Ing. W. Kühn behandelt, wobei auch auf die für den Elektrotechniker wichtige Frage des Wirkungsgrades und des Verwendungsbereiches eingegangen wird. J.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Gleichstrom-Spannungsumformer für praktisch unveränderliche Sekundärspannung bei schwankender Primärspannung. A. Brodbeck beschreibt den von BBC entwickelten Gleichstrom-Gleichstromumformer, der vornehmlich für Bahnanlagen verwendet wird, um unabhängig von den Schwankungen der hochgespannten Fahrleitungsspannung die Licht- und Steuerstromkreise mit konstanter Niederspannung zu versorgen. Der Umformer besteht aus einem Gleichstrom-Verbundgenerator, der von einem Gleichstrom-Hochspannungsmotor angetrieben wird und eine eigene Erregermaschine besitzt. Der Verbundgenerator gibt bei gleichbleibender Drehzahl unabhängig von der Belastung konstante Spannung. Um die Drehzahl konstant zu halten, hat der Hochspannungsmotor außer einer Hauptstromwicklung noch eine zusätzliche von der Erregermaschine gespeiste Hilfswicklung. Steigt die Fahrleitungsspannung, so würde sich ohne Hilfswicklung die Drehzahl des Motors und damit des ganzen Aggregates erhöhen. Da jedoch die Erregermaschine bei höherer Drehzahl eine höhere Spannung gibt, verstärkt die Hilfswicklung das Feld des Hochspannungsmotors, so daß die Drehzahl wieder gleich bleibt. Analog bei Absinken der Fahrleitungsspannung. Um eine kräftige Wirkung der Hilfserregerwicklung zu erreichen, ist die Erregermaschine schwach gesättigt, so daß schon kleine Drehzahlschwankungen eine große Änderung der Hilfserregerspannung bewirken. (Labiler Teil der Magnetisierungskurve.) Die Hilfserregung übernimmt daher ähnliche Funktionen, wie ein selbsttätiger Spannungsregler. Ihre Wirkung ist nur von der Drehzahländerung abhängig, so daß sie auch bei Belastungsschwankungen ausgleichend wirkt. Zur Sicherung der richtigen Erregung bei Anlauf erhält die Hilfserregermaschine eine vom Strom des Hochspannungsmotors durchflossene Hilfsfeldwicklung. Der Hochspannungsmotor erhält (zur Verhinderung von Rundfeuer beim Anlauf) einen vorgeschalteten Widerstand, der ständig eingeschaltet bleibt. — Mit einem solchen Aggregat, das für die japanischen Staatsbahnen geliefert wurde, konnte bei Schwankungen der Fahrdrahtspannung zwischen 540 und 1200 V die Drehzahl auf ± 4·8 vH, die Generatorspannung auf ± 6 vH gleichgehalten werden. Bei Änderung der Fahrdrahtspannung zwischen 1080 und 1500 V betrug die Drehzahländerung ± 3·5 vH, die Spannungsänderung ± 4·6 vH. In gewöhnlichen Fällen, wo die Fahrdrahtspannung nur um ± 15 vH schwankt, kann ohne besonders großen Hilfserreger die Sekundärspannung auf etwa 5 vH konstant gehalten werden. Bisher wurden insgesamt 33 Spannungsumformer für Lokomotiven und 5 für Motorwagen geliefert. Das Aggregat wird sowohl in offener, wie auch in geschlossener Bauart hergestellt. Bei der geschlossenen Bauart haben Hochspannungsmotor und Niederspannungsgenerator ein gemeinsames Gehäuse. Die Erregermaschine ist angeflanscht. f. f.

(BBC-Mitteilungen, Baden, Jg. 15, Heft 2, 1928.)

Die MMK-Oberschwingungen einschichtiger Drehstromwicklungen. Von R. Pohl. Die Kurve der MMK-Oberschwingungen für die Einschichtwicklung läßt sich nicht in der einfachen Weise ermitteln, wie es bei der Zweischichtwicklung möglich ist[1]). Es muß vielmehr für jede gewählte Nutenzahl die MMK-Kurve aufgezeichnet und deren Vieleckigkeit untersucht werden. Ein Vergleich mit der Zweischichtwicklung führt hiebei zur Einführung des Begriffes der „Phasenverschachtelung", worunter das Verhältnis der mit den benachbarten Phasen vermengten Nuten zu den gesamten Nuten je Pol und Phase verstanden werden soll. Da die MMK-Oberschwingung offenbar von der Phasenverschachtelung abhängt, ist es vorteilhaft, sie als deren Funktion in vH aufzutragen. Der Zusammenhang der Phasenverschachtelung (v) in vH der Nuten je Pol und Phase mit dem Wickelschritt (s) in vH des Polschrittes ist bei der zweischichtigen Dreiphasenwicklung

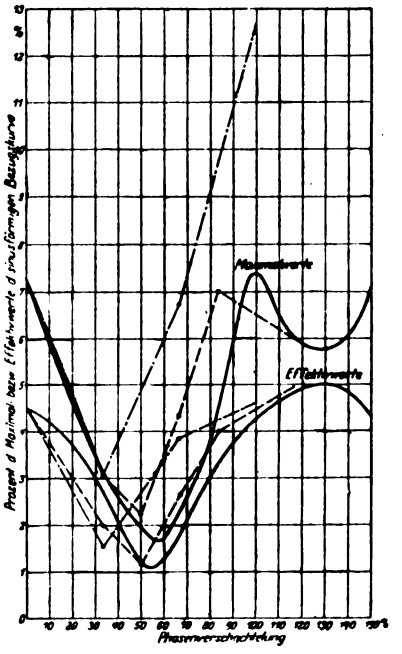


Abb. 1.

$$s = 100 - \frac{v}{3},$$

[1]) Siehe Arch. f. Elektrot., Bd. 18, Heft 3, 1927.

Digitized by Google

bei der zweischichtigen Zweiphasenwicklung

$$s = 100 - \frac{v}{2},$$

bei einschichtigen Wicklungen

$$s = 100\left(1 - \frac{1}{m}\right) - \frac{v}{3} \text{ bezw. } s = 100\left(1 - \frac{1}{m}\right) - \frac{v}{2},$$

worin m die Zahl der Nuten je Pol bedeutet.

Die Untersuchung führt bei fortschreitenden, einschichtigen Drehstromwicklungen mit 36 und 72 Nuten je Polpaar schließlich zu den Kurven der Abb. 1, welche die Maximal- und Effektivwerte der Grenzkurven der MMK-Oberschwingung um die vieleckförmige Mittelkurve für verschiedene Wicklungsarten in vH der sinusförmigen Bezugskurvenwerte als Funktion der Phasenverschachtelung darstellen. Zum Vergleich mit den Werten von Einschichtenwicklungen (für 72 Nuten je Polpaar: strichlierte Linien; für 36 Nuten je Polpaar: strichpunktierte Linien) sind auch diejenigen einer Zweischichtwicklung gleicher Phasenverschachtelung (voll ausgezogene Linien) eingetragen. Man erkennt, daß der allgemeine Charakter der Abhängigkeit der Oberschwingung von der Schrittverkürzung bei der Einschichtwicklung ähnlich derjenigen für die Zweischichtwicklung bleibt. Es fallen jedoch einzelne Punkte, namentlich bei der 36-Nutenwicklung, sehr stark heraus, so daß es sich empfiehlt eine in Aussicht genommene Wicklung jeweils besonders zu untersuchen. Ein grundsätzlich ähnliches Ergebnis erhält man auch für eine 48-Nutenwicklung. G. O.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, Heft 4, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Neue selbsttätige Schalter. Von den Siemens-Schuckert-Werken werden nach einem Bericht in der „Siemens-Z.", Heft 1, 1928, zwei neue Typen von selbsttätigen Schaltern herausgegeben.

Der Motorschutzschalter für Drehstrom bis 25 A und 500 V ist ein dreipoliger Luftschalter mit Wälzkontakten und Freilaufkupplung und wird mit zwei oder drei Wärmeauslösern (verzögerte Auslösung) und elektromagnetischer Auslösung in allen drei Phasen erzeugt. In jedem der Wärmeelemente ist die Welle eines Sperrades festgelötet, das einen unter Federdruck stehenden Schlagbolzen festhält. Das Element wird durch eine Heizspirale, die im Sekundärkreis eines Stromwandlers liegt, geheizt, wodurch das Sperrad bei Überstrom ausgelötet wird, den Schlagbolzen freigibt und die Auslösung bewirkt. Bei Wiedereinschalten verklinkt sich der Schlagbolzen wieder in das mittlerweile neuerlich festgelötete Sperrad. Durch einen verstellbaren Eisenkern im Kraftlinienweg des Stromwandlers ist der Ansprechstrom im Verhältnis 1 : 2 einstellbar. Die Stromwandler werden für fünf verschiedene Nennstromstärken zwischen 1 und 25 A ausgeführt. Die nicht verzögerte, elektromagnetische Auslösung ist zwischen dem fünf- und dem zehnfachen Nennstrom einstellbar. Der Schalter kann außerdem mit Spannungsauslöser für Ruhe oder Arbeitsstrom versehen werden.

Selbstschalter für höhere Stromstärken werden erstens mit nicht verzögerter Überstromauslösung (einstellbar zwischen 0·9 und zweifachem Nennstrom) durch elektromagnetische Auslöser, zweitens mit gemischt verzögerter Überstromauslösung durch zwei bzw. drei elektromagnetische Auslöser (einstellbar zwischen vier- und zehnfachem Nennstrom) und einen verzögerten Wärmeauslöser (vom Strom unabhängig verzögert zwischen 0·9- und zweifachem Nennstrom einstellbar) und drittens mit Spannungsauslösung, die außer den Auslösern nach Fall eins und zwei angebracht werden kann, erzeugt. Die einzelnen Elemente des Schalters sind auf einem gemeinsamen, gußeisernen Rahmen aufgebaut. Als Isoliermaterial wird nichthygroskopisches Hartpapier verwendet. Die Isolierstrecken sind lotrecht angeordnet, um Staubablagerung zu verhindern. Die Hauptkontakte sind als geblätterte Kupferbürsten hergestellt und werden durch Vorkontakte und Abbrennstücke von Hörnerform geschützt. Die Blasspulen sind in Reihe mit den Vorkontakten geschaltet, so daß sie bei eingelegtem Schalter nur einen Bruchteil des Stromes führen (geringe Erwärmung), bei der Auslösung aber, vom Hauptstrom durchflossen, ein kräftiges Blasfeld erzeugen, das sich über eigene Blaseisen und den Luftraum zwischen den Abbrennstücken schließen kann. Jeder Pol ist mit einem Schiefer-Asbest-Schutzkasten ausgerüstet. Die Freilaufkupplung ist in einem neuartigen Schaltschloß untergebracht, das aus einem Fünfgelenk besteht. Dieses Schaltschloß ist so ausgebildet, daß die Auslöser nur die Verklinkung eines Schlagbolzens zu lösen haben, der dann durch eine als Energiespeicher wirkende Feder zurückgezogen wird und die Auslösung bewirkt. Die Klinke ist nicht mit dem Kontaktdruck belastet, so daß die Auslöser nur geringe Kräfte aufbringen müssen. Der Wärmeauslöser ist ebenso ausgebildet wie bei dem oben beschriebenen Motorschalter, die Überstrom- und Spannungsauslöser sind als Klappanker gebaut. —z.

Elektrische Meßkunde.

Über eine neue Fernmeßmethode berichtet Dipl. Ing. D. Bercovitz. Der von der englischen Firma Evershed & Vignoles konstruierte Apparat arbeitet nach dem Prinzip des selbsttätigen Potentiometers. Ein „Hauptzeiger" des Senders, dessen Ausschlag auf einen Empfänger fernübertragen werden soll, sitzt mit getrennter Achse konzentrisch über dem „Steuerzeiger", der seinerseits an der Achse eines Drehspulinstrumentes befestigt ist. Der untere Steuerzeiger besteht aus zwei Drähten, die am Ende gabelförmig nach oben gebogen sind. In dieser Gabel schwebt der Hauptzeiger, der bei Ausschlag nach rechts oder links je einen Kontakt mit dem Gabelzeiger herstellt. Hiedurch wird ein kleiner Motor zum Rechts- oder Linksanlauf gebracht, der mittels Schnecke und Rad den Gleithebel auf einem kreisförmigen Widerstand in Drehung versetzt. Der Widerstand liegt an einer besonderen Gleichstromquelle, die auch zum Antrieb des Motors dient. Je nach Stellung des Gleithebels wird eine verschieden große Spannung am Widerstand abgegriffen — Potentiometerschaltung — die einen Stromkreis bestehend aus Steuerinstrument, Fernleitung und Empfangsinstrument speist.

Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende: Schlägt der Hauptzeiger nach einer Seite aus, so wird Kontakt mit einer Zinke des Steuerzeigers hergestellt. Der in Drehung versetzte Motor verändert den Widerstand, derart, daß der Strom in den Drehspulen des Steuer- und Empfangsinstrumentes einen gleichsinnigen Ausschlag so lange bewirkt, bis der Kontakt sich wieder löst und der Motor stillsteht. Es eilt also der Steuerzeiger dem Hauptzeiger nach, bis in der neuen Gleichgewichtslage der Hauptzeiger wieder frei zwischen der Gabel des Steuerzeigers schwebt. Das in Serie liegende Empfangsinstrument zeigt den gleichen Ausschlag wie das Steuerinstrument. Die Übertragung ist eine stetige, nicht ruckweise. Eine einfache Überlegung zeigt, daß die Wirkungsweise der Fernmessung unabhängig von Schwankungen der Spannung und des Widerstandes ist. Die Fernleitung kann veränderbaren Widerstand haben, es können mehrere Empfangsinstrumente hintereinander geschaltet werden. Ein Vorteil liegt auch darin, daß die Betätigung des Systems für den Apparat, dessen Bewegung angezeigt werden soll, keine Belastung bildet. Freilich muß die Ausführung der Apparatur erstklassig sein. Co.

(Elektro-Journal, 8. Jg., Nr. 4/5, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Entwicklung der Anschlußkabel. M. Senger. Unter Anschlußkabel, Lokokabel oder Stadtkabel versteht man diejenigen Telephonkabel, welche innerhalb geringer Entfernungen, meistens innerhalb von Städten, die Verbindungen zwischen Zentrale und Abonnenten herstellen. Obwohl diese Kabel ohnehin von denkbar einfachster Konstruktion sind, konnten nach einer Mit-

Digitized by Google

teilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt im Laufe der letzten sechs Jahre doch noch ganz bedeutende Vereinfachungen und Verbilligungen durchgeführt werden, zum Teil sind solche noch im Flusse. Eine Verringerung der Stärke des Bleimantels erwies sich nicht als zweckmäßig, hingegen zeigt es sich, daß noch ganz bedeutende Verringerungen des Durchmessers unter Blei erzielt werden können, ohne daß dabei die Dicke des Papiers, welches die einzelnen Adern umgibt, geringer werden muß als 0·12 mm Gesamtdicke bei zwei Lagen Papier (Mindestdicke eines Papiers 0·05 mm) oder als 0·08 mm bei einer Lage Isolationspapier, als 0·06 mm bei 0·6 mm Adern mit Kordelisolation und als 0·08 mm bei 0·8 mm Adern mit Kordelisolation. Eine wesentliche Reduktion des Preises, und zwar in manchen Fällen 8 bis 11 vH, ließ sich durch Einführung der Sternverseilung an Stelle der bisher üblichen paarweisen Verseilung erzielen. Ob die versuchte Abänderung, welche darin besteht, an Stelle der bisher verwendeten zwei Papiere eines mit 50 vH Überlappung, oder aber eine Papierkordel und darüber eine Papierspirale mit 20 vH Überlappung aufzubringen, Erfolg haben wird, läßt sich heute noch nicht übersehen. An Stelle des Bleimantels aus reinem Blei müßten dort, wo das Kabel Schwingungen oder Erschütterungen ausgesetzt war, die bekannten Legierungen mit Zinn (3 vH) oder Antimon (1 vH) angewendet werden. Versuche mit einer 1prozentigen Zinnlegierung haben für Röhrenkabel vollkommen zufriedengestellt; bei Luftkabeln wird man jedoch weiterhin mit der höheren und daher kostspieligeren Legierung rechnen müssen. Da Antimon (630°) einen gegenüber Blei (327°) hohen Schmelzpunkt hat, wurden auch Legierungen mit 0·5 prozentigen Zusätzen von Kadmium (mit 321° Schmelzpunkt) versucht. Weiters wurden Versuche, die Eisenbewehrung bis auf die getränkte Jute wegzulassen und auf diese Art Ersparnisse zu erzielen, mit gutem Erfolge dort durchgeführt, wo selten Erdarbeiten vorgenommen werden. Man hat zwar bisher den Bleimantel in solchen Kabeln stärker als normal genommen, will aber auf normale Stärke zurückgehen. In Ortschaften werden an Stelle der Abdecksteine oft Schutzrohre aus Eisenblech, Stahl oder Gußeisen verwendet. Auch das Einbetten des Kabels in durch Erhitzen flüssig gemachtes Bitumen (amerikanisches Everprotect-Verfahren) wurde versucht. Mit 0·5 mm Ader an Stelle der schwächsten heute verwendeten von 0·6 mm Durchmesser zu arbeiten, erwies sich als wenig nutzbringend. Bei Papierbaumwollkabeln werden an Stelle der bisher üblichen zwei Lagen Papier und einer Lage Baumwolle der Biegsamkeit wegen nunmehr eine Lage Papier und zwei Lagen Baumwolle vorgesehen, ferner wird vorgeschrieben, daß der Tropfpunkt der Tränkmasse für die wasserdichte äußere Umhüllung über 55° C liegen muß, damit die Umhüllung nicht so klebrig ist. Um beim Löten die Adern gut auseinanderhalten zu können, wurde für den Viererdrall 200 mm und für den Lagendrall der 18fache Lagendurchmesser, zumindest aber 180 mm als Mindestwert vorschrieben. Für das Übersprechen bestand bisher keine zahlenmäßige Vorschrift. Sie wurde daher ersetzt durch die Bedingung, daß das Dämpfungsmaß zwischen zwei benachbarten Aderpaaren bei 800 Hertz größer als 7 sein muß, wenn die beiden in Prüfung stehenden Kreise am fernen Ende mit 600 Ohm abgeschlossen werden. Diese Prüfung ist jedoch gleichfalls nicht sehr angenehm, so daß man auf das Feststellen der Übersprechwerte durch die Kopplungskapazitäten überzugehen beabsichtigt.

Dr. Konst.

(Telegr. u. Fernsprech-Technik, Jg. 16, Nr. 11, 1927.)

Präzisionsbestimmung der Durchschlagsfestigkeit. V. Bush und P. H. Moon. Mit Hilfe einer automatisch arbeitenden Maschine zur Bestimmung der Durchschlagsfestigkeiten wurden 1000 Durchschlagswerte pro Tag, im Ganzen 100 000 Durchschlagswerte, an trockenem Papier bestimmt. Die Maschine selbst besteht aus einem 4000 V Gleichstromgenerator, dessen Erregung durch einen motorisch angetriebenen Rheostaten mit konstanter Geschwindigkeit gesteigert wurde. Wenn der Durchschlag erfolgt, wird die Erregung des Generators durch ein Relais abgeschaltet, der Rheostat wieder zurückreguliert und ein noch nicht durchgeschlagener Teil des in Bandform untersuchten Papiers zwischen die Elektroden gebracht. Ein registrierendes Voltmeter schreibt die Spitzenwerte auf.

Die schwache Abnahme der Durchschlagsfestigkeit des etwa 0·015 mm starken Seidenpapiers mit der Temperatur spricht eher für einen „elektrischen" Durchschlag im Sinne der Terminologie von Rogowski als für einen „Wärmedurchschlag"[1]). Die Untersuchung der Abhängigkeit der Durchschlagsfestigkeit von der Größe der verwendeten Elektroden läßt vermuten, daß die Durchschläge durch die zufällige Verteilung schwacher Stellen bedingt sind. Die Streuung der Einzelmessungen um den Mittelwert wurde als von Temperatur und Elektrodengröße unabhängig gefunden. Die Beschaffenheit der Elektrodenoberfläche hat einen kleinen, aber systematischen Einfluß auf das sonst bis auf Prozente konstante Mittel der Durchschlagsfestigkeit. Dr. Konst.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 10, 1927.)

Energiewirtschaft.

Über die Entwicklung der Energieversorgung Deutschlands und deren Zusammenhänge mit den südlichen Nachbarstaaten sprach Ziv. Ing. R. Hofbauer im österr. Ing. und Arch. Verein am 24. Jänner 1928. Die Energieversorgung Deutschlands beruht in der Hauptsache auf seinen Kohlenvorräten, die durch den Krieg von 410 Milliarden t Steinkohle auf 266, davon 160 in einer Tiefe von weniger als 1500 m zurückgegangen sind, während das Braunkohlenvermögen fast vollständig erhalten blieb und derzeit rund 22 Milliarden t beträgt, wovon 10 im Tagbau zu gewinnen sind. Die Steinkohlenvorräte reichen selbst bei einer Steigerung der Förderung von 130 Mill. t (i. J. 1926) auf das Doppelte noch 1000 Jahre, die Braunkohlenvorräte werden schon bei der heutigen Jahresförderung von 140 Mill. t in 140 Jahren, die Tagbaue schon nach etwa 70 Jahren vollständig erschöpft sein. Die Möglichkeit weitgehender Mechanisierung der Braunkohlenförderung hat dazu geführt, daß am Gewinnungsorte 1000 WE in Braunkohle nur 0·125 Pf. gegen 0·22 Pf. bei Steinkohle kosten. Allerdings ist die stark wasserhältige Braunkohle zweckmäßig nur am Gewinnungsorte zu verwenden oder sie muß in Briketts (von 4000 WE Heizwert) umgewandelt werden, die dann gegen Steinkohle wettbewerbsfähig sind. Im Anschlusse an Braunkohlenwerke haben sich auch Stickstoffabriken entwickelt, die aus den errichteten Kraftwerken billige Kraft beziehen und gleichzeitig auch die Kohle verwerten. Die Braunkohlenkraftwerke Deutschlands[2]) (Goldenberg, Tschornewitz, Trattendorf, Lauta, Hirschfelde[3]) und Böhlen, usw.) verfügen insgesamt über eine Maschinenleistung von 1·8 Mill. kW, gegen 2·5 Mill. kW der Steinkohlenwerke, 725 237 kW der Wasserkraftwerke und rund 215 000 kW der mit Verbrennungskraftmaschinen arbeitenden Werken. In der Elektrizitätswirtschaft Deutschlands hat sich allmählich eine Gliederung in zwölf Wirtschaftsbezirke entwickelt, die im Jahre 1925 zusammen zwischen 8 und 10 Milliarden kWh Strombedarf deckten, während alle öffentlichen und privaten Werke zusammen im Jahre 1925 etwa 20 Milliarden kWh erzeugt haben dürften, davon weit mehr als die Hälfte aus festen Brennstoffen. Eine generelle Schätzung des Bedarfes des gesamten Deutschen Reiches (ausschließlich der Bahnen) gibt für 1940 rund 30 Milliarden kWh an[4]). Diese sollen durch Wasserkräfte von 1·5 Mill. kW bei 7000 h/Jahr, durch Braunkohlenwerke von 2·5 Mill. kW bei 6000 h/Jahr und durch Steinkohlenwerke und Dieselzentralen von zwei Mill. kW bei 2500 h/Jahr Betriebsdauer gedeckt werden. Für die Bahnen wird bei Berücksichtigung aller

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 982.

[2]) Vgl. E. u. M., Das El.-Werk, 1924, S. 300; 1926, S. 105.

[3]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 521; 1924, S. 23.

[4]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 52; 1928, H. 16, S. 358.

Digitized by Google

Neubauten und der Verkehrssteigerungen mit einer Milliarde kWh im Jahre 1940 gerechnet. Die Frage des Ausbaues der Wasserkräfte hängt auf das Engste mit den Bestrebungen zur möglichst wirtschaftlichen Ausnutzung der Kohlenvorräte Deutschlands und zu deren Schonung (Braunkohle) zusammen und es ist daher begreiflich, daß sich auch Werke, welche bisher ausschließlich mit Wärmekraftstrom arbeiteten, wie das R. W. E., sich den Bezug von Wasserkraftstrom zu sichern suchen und dabei auch an die Stromeinfuhr aus dem Süden denken[1]). Die stärkere Heranziehung der schweizerischen und auch der österreichischen Wasserkräfte für die Stromversorgung Deutschlands ist auch schon deshalb erwünscht, weil die Ausbaukosten dieser Werke im allgemeinen günstigere sind als bei den meisten der noch zu bauenden süddeutschen Werke. Größere Strommengen lassen sich aber über größere Entfernungen nach dem Norden Deutschlands nur mit 220 oder 380 kV Leitungen übertragen, so daß auch hiebei wieder die geplante Reichssammelschiene von Bedeutung ist. Genau so wie Deutschland nicht unbedingt gezwungen ist, Strom aus dem Auslande zu beziehen, ist nun auch Österreich nicht hinsichtlich der Stromausfuhr in einer Zwangslage, sondern es müßten auch für Österreich damit Vorteile verbunden sein. Diese liegen nach der Ansicht Hofbauers darin, daß die österreichischen Wasserkräfte durch den Anschluß an die deutsche Stromversorgung rasch und großzügig und daher wirtschaftlich ausgebaut würden, sowie daß sie auch besser ausgenutzt würden, womit auch eine Verbilligung der Erzeugungskosten verbunden wäre. Unter Berücksichtigung der vollständigen Deckung des eigenen Bedarfes wäre daher zunächst ein möglichst intensives Zusammenwirken der einzelnen Landesversorgungen anzustreben und Strom nur im Ausmaße der dann noch voraussichtlich vorhandenen Überschüsse nach Deutschland abzugeben. Der Jahresbedarf Österreichs kann bei fortschreitender Industrialisierung (Steigerung der Elektrostahl-, der Stickstoff- und Aluminiumerzeugung in erster Linie), sowie Elektrifizierung aller Hauptlinien der Bundesbahnen auf 7 Milliarden kWh geschätzt werden, wobei dann unter Berücksichtigung aller ausbauwürdigen Wasserkräfte, einschließlich der Donauwasserkräfte und der kalorischen Erzeugung ein Exportüberschuß von 1·5 Milliarden kWh/Jahr verbleiben würde, solange aber der Vollbedarf noch nicht erreicht ist, natürlich entsprechend mehr. Zur praktischen Durchführung dieser Stromausfuhr muß auch in Österreich, abgesehen von der Verbindung der Illwerke mit den RWE, eine Hochspannungsleitung gebaut werden, die zweckmäßig etwa bei Steyr beginnen würde und in Richtung Ingolstadt zum Anschlusse an die Reichssammelschiene führt. Zur Vereinheitlichung der Stromerzeugung in Österreich soll dieses in zwei Wirtschaftsbezirke, Tirol und Vorarlberg, sowie die übrigen Bundesländer geteilt werden. J.

(Die Wasserwirtschaft, Nr. 2 und 3, 1928.)

Chronik.

Ausstellung „Elektrisches Messen". Neuzeitliche elektrische Meßgeräte und ihr Werdegang. Das staatliche Technische Versuchsamt in Wien, Präsident Ing. Dr. Wilhelm Exner, veranstaltet in seinen Räumen eine Ausstellung unter obigem Titel. Die Vorbereitung obliegt einem Komitee aus Vertretern der Wissenschaft, der Industrie, des Gewerbes und des Handels. Die Ausstellung wird in erster Linie österreichische Erzeugnisse aufnehmen, aber auch Firmen des Auslandes sollen eingeladen werden.

Die Ausstellung umfaßt das Gesamtgebiet der elektrischen Meßtechnik, insbesondere:

a) Physikalische Meßapparate aus dem Gebiete der Elektrizität einschließlich Schulapparate,

b) Elektrotechnische Meßinstrumente,

c) Meßapparate der Radio-, Röntgen- und Lichttechnik,

d) Elektrische Meßmethoden und Schaltungen.

Die Ausstellung wird Anfang November 1928 eröffnet und dauert zwei Monate. Firmen, die sich beteiligen wollen, erhalten nähere Auskunft durch das Technische Versuchsamt, Wien, IX, Michelbeuerngasse 6—8. Der Anmeldetermin schließt am 1. Oktober d. J. Platzmiete wird nicht berechnet.

25 Jahre Elektrotechnischer Verein des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes zu Dortmund. Die zu Beginn dieses Jahrhunderts immer stärker einsetzende Verwendung des elektrischen Stromes in den Berg- und Hüttenbetrieben führte am 31. Jänner 1903 zur Gründung des jubilierenden Vereines, der bei der Bedeutung des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes für die deutsche Elektrizitätswirtschaft an der Entwicklung der Elektrotechnik, besonders im Wege der Arbeiten des VDE, großen Anteil hat. Der Verein, der mit über 800 Mitgliedern, darunter 730 Verbandsmitgliedern, nach dem Berliner Elektrotechnischen Verein die größte Fachvereinigung Deutschlands ist, hat sich vorwiegend mit jenen Fragen, die Starkstromanlagen betreffen, durch seine Vertreter im VDE, aber auch durch eigene Ausschüsse beschäftigt und konnte auf Grund der reichen Erfahrungen seiner Mitglieder wiederholt bei der Abfassung von Vorschriften entscheidend mitwirken. Seit 1908 veröffentlicht er zusammen mit den übrigen technisch-wissenschaftlichen Vereinen des Industriebezirkes und der Umgebung (derzeit 33) „Technische Mitteilungen" in einer Auflage von nunmehr 8000 Abdrucken, in welchen auch die Berichte über die sehr zahlreichen Versammlungen und die dort gehaltenen Vorträge veröffentlicht werden. Eine von E. Waskovsky verfaßte ausführliche Schilderung der Entwicklung des Vereines in den ersten 25 Jahren seines Bestehens bringt eine anläßlich des Jubiläums herausgegebene, vornehm ausgestattete Festschrift, die außerdem noch je eine Darstellung der Kraftwirtschaft an der Ruhr von Dr. Ing. Vent, Essen, und der Entwicklung der Elektrotechnik im Berg- und Hüttenwesen in den letzten 25 Jahren von Dr. Ing. Liss, Hörde, sowie einiges über das Fernsprechwesen im Industriebezirk von Dr. Ing. Siemens enthält.

Technischer Literatur-Kalender 1929. Unter Befürwortung durch den Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine soll Anfang 1929 im Verlage R. Oldenbourg, München und Berlin, die 3. Ausgabe des Technischen Literatur-Kalenders erscheinen. Die bereits in der zweiten Ausgabe verzeichneten Autoren erhalten die Fragebogen zur Ergänzung unaufgefordert zugesandt. Die in das Verzeichnis bisher nicht aufgenommenen technischen Schriftsteller wollen sich im Interesse der Vollständigkeit des Werkes mit der Schriftleitung, Oberbibliothekar Dr. Otto, Berlin W 57 Bülowstr. 74, in Verbindung setzen.

Literaturberichte.

3689 **Vorlesungen über Elektrizität.** Von Prof. A. Eichenwald. 664 Seiten mit 640 Abbildungen. Verlag Julius Springer, Berlin, 1928. Preis geb. Mk. 37·50.

Der Name des Verfassers, der seit dem Jahre 1903 durch die auch zur Begründung der Relativitätstheorie herangezogenen Versuche über die magnetischen Wirkungen rotierender Kondensatorladungen bekannt ist, ließ einen gediegenen Inhalt dieser Vorlesungen erwarten. Diese Erwartung wurde in der Tat nicht enttäuscht. Man hat es mit einem vorzüglichen Lehrbuche zu tun, das zwar nicht so reichlich ist, wie die bekannten vielbändigen Werke ähnlichen Inhalts, dafür aber den Vorzug der Übersichtlichkeit und einer besonders klaren und durchsichtigen, überall den gewiegten Lehrer verratenden Darstellung besitzt. Besonderer Wert wird mit Recht auf die quantitativen Beziehungen gelegt, die aber im Hauptteile des Werkes in durchaus elementarer Weise, und zwar derart entwickelt werden, daß, wenn auch die Methoden der höheren Mathematik nicht ganz vermieden werden konnten, doch Kenntnisse in der In-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 69; 1928, H. 1, S. 28.

Digitized by Google

finitesimalrechnung nicht vorausgesetzt werden. Diese letztere, sowie die Vektorrechnung kommen erst im Anhange, der sich mit der Maxwellschen Theorie beschäftigt, zur Anwendung. Der übrige Text besteht aus drei Teilen. Der erste und umfangreichste behandelt von den einfachsten Grundversuchen ausgehend alle Erscheinungen, die mit der Vorstellung des elektrostatischen und elektromagnetischen Feldes zusammenhängen und führt bis zu den Grundannahmen der Relativitätstheorie. Der zweite Teil beschreibt die Erscheinungen, zu deren Erklärung die Elektronentheorie herangezogen werden muß, wie Elektrolyse, Gasentladungen und Radioaktivität, während der dritte Teil die Wechselströme, elektrischen Schwingungen und Wellen, sowie die Quantentheorie der Strahlung behandelt. Der deutschen Ausgabe sind nach Angabe des Verfassers bereits fünf russische Auflagen vorangegangen. Papier und Druck sind als vorzüglich zu bezeichnen. Wenn dem Werke ein Mangel vorgeworfen werden kann, so ist es einer, den es mit den meisten Druckerzeugnissen der Nachkriegszeit gemeinsam hat, nämlich ein verhältnismäßiger Reichtum an Druckfehlern. Es handelt sich allerdings mehr um Schönheitsfehler, die der Leser leicht selbst korrigiert und die den didaktischen Wert des Buches nicht wesentlich beeinträchtigen. R. H.

3520 **Brennstoff und Verbrennung** von Prof. Dr. Aufhäuser, II. Teil: Verbrennung. 107 S. mit 13 Abb., Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928. Preis Mk. 4·20.

Der zweite Teil des Buches bringt auf den Anschauungen über die Natur der Brennstoffe fußend, die im ersten Teil[1]) dargelegt wurden, in knapper, jedoch vollständiger Form, eine Besprechung des Wesens der Verbrennung (Oxydation und Verbrennung, die Wandlung zur Verbrennungsreife, Beschleunigung der Wandlung — die Zündung —, die Verbrennung als katalytische Reaktion), sowie der Formen der Verbrennung (Zustandsänderungen der Gase, Einheitlichkeit der Verbrennung, Relativität der Formen). In einem Schlußkapitel sind die Entwicklungsmöglichkeiten der zweckmäßigsten Brennstoffverwertung, und zwar das Problem der Brenngeschwindigkeit und das besonders aktuelle der künstlichen Brennstoffe gestreift.

Das Wissensgebiet „Brennstoff und Verbrennung" ist das typische Beispiel für einen Fachkomplex in dem verschiedene Richtungen sich entwickelten, denen es untereinander an der verfruchtenden Zusammenfassung gänzlich fehlt. Die Feuerungstechnik, welche den Vorgang des Verhaltens der Kohle am Rost, ganz allgemein den Verbrennungsvorgang, zu erfassen sucht, und anderseits die Motortechnik, welche den Vorgang der explosiven Verbrennung des Gas-Luftgemisches zu erkennen trachtet, sie beide haben ungemein viel Gemeinsames und es ist lehrreich einen Standpunkt zu wählen von dem aus die gleichzeitige Beschreibung dieser beiden Vorgänge sowie ähnlicher hier herein gehörender möglich ist. Diesen Grundgedanken weist das Buch Aufhäusers auf und wird daher, wie schon eingangs gesagt, wie selten ein Buch für die weiteste Verbreitung wichtiger Grundlagen dienen können. Sein geringer Umfang und die gedrängte und doch genügend deutliche Darstellung vermitteln diese mühelos.

Das Buch, dessen beide Teile zwar organisch verbunden, doch jeder für sich ein abgeschlossenes Ganzes bilden, sei allen an den Fragen der Verwendung und Verwertung flüssiger, fester und gasförmiger Brenn- und Kraftstoffe interessierten Kreise aufs Wärmste empfohlen L.

3713 **Piles et Accumulateurs électriques.** Von Lucien Jumau, Ingenieur. 190 Seiten mit 76 Abb. Sammlung Armand Colin, Paris, 1928. Preis brosch. Frc. 9·—.

Der als Fachmann für dieses Gebiet bekannte Verfasser hat seine Aufgabe, ein für den Laien verständliches Handbuch zu schreiben, in ausgezeichneter Weise erfüllt. Man findet in dem — nebenbei auch sehr wohlfeilen Büchlein — alles Wissenswerte über Elemente und Akkumulatoren, ihre Theorie, Ausführung, Behandlung und technische Anwendung in eleganter Form zusammengetragen. Besonders interessieren wird der eingehende Vergleich zwischen Blei- und Nickel-Eisen-Akkumulator und die Behandlung sonst versuchter Zusammenstellungen (Zink statt Blei, Gasakkumulatoren, alkalischer Elektrolyt, Halogenakkumulatoren). Frankreich ist das Geburtsland des Bleiakkumulators (Planté 1859, Faure 1881) und es scheint, daß trotz Edison und Jungner der Bleiakkumulator seine führende Rolle auch weiterhin behaupten wird. Als bedeutsame Verbesserung wird zum Schluß auf den sogenannten Ironclad-Akkumulator hingewiesen, ein Bleiakkumulator mit derart stoßsicher ausgeführter positiver Platte, daß auch in diesem Punkte die bisherige Überlegenheit des Edisonakkumulators ausgeglichen erscheint. Conrad.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 455.

Eingelaufene Bücher.

3695 Technische Gesetze. Ein Schlagwortverzeichnis der in Österreich geltenden technischen Gesetze, Verordnungen usw. des Bundes und der Länder von Ziv.-Ing. A. Ilkow. 53 S. Verlag von Julius Springer, Wien, 1928. Preis M. 3·— (S. 4·80).

Die vorliegende Zusammenstellung wird vielen Kreisen der Ingenieure als Nachschlagebehelf willkommen sein. Ihre Benützung wird aber durch die nicht sehr geschickte Auswahl der Schlagworte erschwert. Es wäre bei einer Neuauflage zweckmäßiger, größere Gruppen von Gesetzen und Verordnungen (zum Beispiel alles was sich auf die Elektrotechnik oder den gewerblichen Rechtsschutz, das Eich- und Meßwesen usw. bezieht) unter einem Schlagwort zu vereinigen und sich bei den Einzelgebieten auf Hinweise zu beschränken, da der Benützer der Zusammenstellung in der Regel dem betreffenden Gebiete fremd gegenübersteht und daher schwer wissen kann, welche Schlagworte für ihn wichtig sind. Wünschenswert wäre ferner die Aufnahme von Vorschriften, die mehr oder minder den Charakter einer bindenden Norm haben, (zum Beispiel die Sicherheitsvorschriften der E. V.), sowie ein Hinweis auf die regelmäßigen amtlichen Veröffentlichungen der einzelnen Behörden, wie Verordnungsblätter, Patentblatt, Patent- und Eichschriften u. dgl. J.

3696 Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach dem Verdrehungsausschwingverfahren von E. Pertz. (Heft 91 der Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik.) 62 S. und 42 Abb. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig. 1928. Preis M. 3·60.

Die Arbeit ist eine Ergänzung einer Arbeit von E. Becker und O. Föppl über die Beziehungen zwischen Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeit. Das im vorliegenden Falle angewendete Verfahren ist besonders zur raschen Feststellung der Dämpfung von nichtmetallischen Werkstoffen geeignet; es wurden u. a. auch schon in der elektrotechnischen Industrie verwendete Kunststoffe nach diesem Verfahren untersucht. J.

3560 Berechnung offener Ledertreibriemen. (AWF-Schrift 150.) 6 Seiten mit einer Rechentafel und 9 Abb. — Treibriemen und Riementriebe. (AWF-Betriebsblatt 21.) Vierte, vollständig neubearbeitete Auflage. 8 Seiten. Beide herausgegeben vom Ausschuß für mechanische Energieleitung beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF). Beuthverlag, G. m. b. H., Berlin 1928. Preis Mk. 0·90 bzw. 0·25.

Die erstgenannte von Prof. Dr. Skutsch ausgearbeitete Schrift enthält eine von Studienrat Schwerdt entworfene Tafel zur Riemenberechnung, in welcher sämtliche die Haltbarkeit eines Riemens bedingenden Einflüsse berücksichtigt sind, ferner ein rechnerisches Verfahren zur Ermittlung der Riemenabmessungen und schließlich die wissenschaftlichen Grundlagen für den Entwurf der Tafel und für das Rechenverfahren. In dem Betriebsblatt werden nach einer Aufzählung der verschiedenen Riemenarten zur Kraftübertragung Winke für die Wahl der Riemensorten in bestimmten Fällen gegeben, außerdem wird noch die

Digitized by Google

Leistung von Riementrieben, deren Anordnung und die Scheibengröße, das Auflegen des Riemens und die Verbindung, sowie die Riemenbehandlug kurz besprochen. Beide Schriften sind wertvolle und leicht verwendbare Hilfsmittel bei den wichtigsten Fragen des Riementriebes. —k.

3709 Berufskunde in Verbindung mit Fachzeichnen und Fachrechnen für Schwach- und Starkstromelektriker und Ankerwickler-Grundmappe. Herausgegeben von E. Mannweiler. Bearbeitet von A. Brunnert, H. Thormälen, K. Rode. Reihe A, Heft 12 von Diesterwegs Berufsschulbücherei — Lehrmittelsammlung. Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt a. M. Preis Mk. 3·—.

Diese Grundmappe umfaßt 20 Blätter, die einzeln abgetrennt und herausgenommen werden können. Auf der Vorderseite befinden sich Schaltzeichen, Formeln, Tabellen, Schaltbilder und Skizzen einfacher Schwach- und Starkstrominstallationen, elektrischer Maschinen, Meßgeräte und Rundfunkempfänger usw. Auf der Rückseite steht hiezu der erläuternde Text.

Jahrbuch der deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali- und Erzindustrie, 1928. Herausgegeben vom Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein, Halle. 19. Jahrgang, 436 Seiten. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a/S. Preis geb. M. 16·—.

Der Inhalt des Buches ist im wesentlichen der gleiche wie jener der letzten Ausgabe[1]), die Veränderungen beschränken sich auf die Ausfüllung von Lücken und Angaben über Umstellungen und Besitzveränderungen bei den Betrieben im Laufe des Berichtsjahres. Auch die Neuausgabe wird den Interessenten wertvolle Dienste leisten.

Neue Druckschriften.

Siemens-Schuckert A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Druckschriften und Prospekte: 25 Jahre Entwicklung. 41 S. mit 23 Abb. und 5 mehrfarbigen Fabriksansichten. (Sonderabdruck eines Aufsatzes von Dr. Ing. C. Köttgen aus dem Siemens-Jahrbuch 1928.) — Nr. 3776. Entwicklung der Starkstromtechnik in ihren Hauptzügen. Von A. Rotth. 67 S. mit 29 Abb. — Nr. 3868. Die größten Turbogeneratoren für 3000 U/min. Von Dipl. Ing. L. Kropff. 47 S. mit 11 Abb. (Sonderabdruck aus der Siemens-Zeitschrift, September 1926. Beschreibung eines 32 000 kVA Generators.) — Nr. 3620. Aldrey als Freileitungsstoff. (Angaben über eine Al-Legierung mit etwa 0·5 vH Mg, 0·5 vH Si und weniger als 0·3 vH Fe.) — Nr. 3780. Selbstansaugende Kreiselpumpen für 20 bis 80 l/min Fördermenge bis 60 m Förderhöhe, unmittelbar mit einem Elektromotor gekuppelt. — Nr. 3561. Protosstaubsauger mit Setzkastendüse für Druckereien. — Nr. 3397. Außenleuchten. — Nr. 3462. Glühlichtscheinwerfer zur Beleuchtung von Arbeitsstellen und Arbeitsplätzen.

Preislisten: S 16, März 1928. Schaltgeräte und Verteilungsanlagen in Gußkapselung. (Meßgeräte, Sicherungen und Sicherungsschalter, Schalt- und Verteilungskasten, Steckvorrichtungen, Kabel- und Rohrstutzen usw.) — Z 19, II. Teil, April 1928. Stromwandler für Betriebsspannungen bis 35 kV und bis 1500 A Primärstrom. — S 1, Nachtrag 1, April 1928. Hebelschalter für Anordnung hinter der Schalttafel mit Steigbügelantrieb bis 4000 A, 500 V. — F 49, Februar 1928. Elektrowerkzeuge für Metall- und Holzbearbeitung. (Bohrmaschinen, Schraubenzieher, Schleifmaschinen, als Säge, Fräse, Bohrmaschine und Langlochbohrmaschine verwendbare Holzbearbeitungsmaschinen). — K 2803, März 1928. Elektrische Öfen- und Heizgeräte für Gewerbe und Industrie. (Glüh- und Härteöfen, Trockenschränke, Lufterhitzer, Durchlauferhitzer, Heißwasserspeicher, Heizkörper, Heizbäder, Lötkolben usw.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 332.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Vereinigte Telephon- und Telegraphenfabriks-A.-G. Czeija, Nissl & Co in Wien. (Aus dem Bericht über das Geschäftsjahr 1927.) Im Geschäftsjahr 1927 war der Wert der eingegangenen Aufträge ein größerer als im Vorjahre. Der Zuwachs bestand hauptsächlich in Bestellungen, die aus der Umstellung des Wiener Fernsprechnetzes auf den vollautomatischen Betrieb herrühren. Bei Ausführung dieser Bestellungen wurden Verbesserungen in der Herstellungsweise und Rationalisierungen im Betriebe vorgenommen. Diese Maßnahmen haben aber das Ergebnis des abgelaufenen Jahres noch nicht beeinflußen können. Es ergibt sich daher trotz des erhöhten Umsatzes gegenüber dem Vorjahre kein erhöhter Reingewinn. Es wird vermutet, daß ein Teil der eingeführten Neueinrichtungen dem Ertrage der nächsten Jahre zugute kommen wird. Für das laufende Jahr liegen zwar noch einige Bestellungen vor, es werden auch neue Apparattypen für den Export fertiggestellt, doch ist für die Zukunft nur geringe Aussicht auf ausreichende Beschäftigung von längerer Dauer, wenn nicht insbesondere seitens der Post- und Telegraphenverwaltung weitere großzügige Ausgestaltungen der Telephoneinrichtungen zur Ausführung gelangen. Bei einem Bruttoerträgnis von rund 2 Mill S verbleibt ein Reingewinn von S 158 765·16, aus welchen auf das Aktienkapital von S 2 500 000·— 5·75 vH Dividende ausgeschüttet wird. In der Bilanz erscheinen Waren mit 3·7 Mill. S, die Fabriksrealität mit 690 000 S und die Fabrikseinrichtung, Patente, Modelle usw. mit 1·3 Mill. S. Die Kapitalsrücklage und der Reservefonds betragen zusammen 2·5 Mill. S.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	9. VII. 1928	11. VII. 1928	13 VII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139³/₄	139³/₄	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 13. Juli 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	62	18	9	63	0	0
Standard { 3 Monate .	63	5	0	63	6	3
Zinn:						
Engl. Ingots	208	0	0	210	0	0
Standard { Kassa . .	210	5	0	210	10	0
Standard { 3 Monate .	206	15	0	206	17	6
Blei:						
Engl. pig common .	21	15	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	17	6	24	17	6
Remelted	25	5	0	—	—	—
English Swansea . .	25	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 29. Juli 1928 | Heft 31

Die neueren Leitungsanlagen der elektrisierten Linien der österr. Bundesbahnen.

Von Ministerialrat Ing. Hugo **Luithlen**, technischer Stellvertreter des Elektrisierungsdirektors.

Seit der letzten in dieser Zeitschrift erfolgten Veröffentlichung über die Leitungsanlagen der elektrisierten Linien der österreichischen Bundesbahnen[1]) hat sich das Leitungsnetz bedeutend vergrößert und es kamen auch neue Bauarten zur Anwendung, so daß eine Berichterstattung über den jetzigen Stand dieses Leitungsbaues wohl am Platze erscheint.

Außer der bereits beschriebenen 55 kV-Übertragungsleitung Ruetzwerk-Spullerseewerk sind bisher folgende 55 kV-Übertragungsleitungen (vgl. Abb. 1) fertiggestellt: vom Spullerseewerk zum Unterwerke Feldkirch, ferner vom Ruetzwerke zu den Unterwerken Matrei, Hall, Wörgl, Kitzbühel und Saalfelden. In die Teilstrecke Hall—Wörgl wurde das zur Stromlieferung herangezogene, der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. gehörige, Achenseewerk eingeschaltet. Die Übertragungsleitung durch das Stubachtal zum Stubachwerke wird bis Ende 1928, die Leitungen zu den Unterwerken Schwarzach-St. Veit und Golling werden bis Anfang Mai 1929, die Übertragungsleitung über die Tauern zum Mallnitzwerke wird bis Anfang Juli 1929 fertiggestellt sein.

Bei der Linienführung der Übertragungsleitungen wurde — soweit es die örtlichen Verhältnisse gestatteten — darauf Rücksicht genommen, daß es vom Standpunkte der Überwachung und Störungsbehebung wünschenswert erscheint, die Leitungen in der Nähe der Bahnlinie zu führen. Allerdings konnte diesem Grundsatze, wie aus den folgenden Beschreibungen der einzelnen Teilstrecken hervorgeht, vielfach zwecks Erreichung kürzester Verbindungen, ferner wegen des gebirgigen Terrains und infolge besonderer Hindernisse (Tunnels, Steinschlag- und Lawinengefahr, Engstellen usw.) nicht entsprochen werden. Auf dem Fahrleitungsgestänge selbst wurden die Übertragungsleitungen bisher nur auf der Arlberg-Ostrampe geführt. Einer weiteren Verwendung dieser Bauart steht das Bedenken entgegen, daß eine Beschädigung des Bahngestänges die ganze Energieübertragung im Primär- und Sekundärnetz stört und daß das Arbeiten an einer der beiden Leitungsarten (Übertragungs- oder Fahrleitung) ohne Ausschaltung der zweiten Leitung meistens nicht möglich sein wird. Auch die auf den ersten Blick zu erwartende Verbilligung der Anlagen infolge der gemeinsamen Gestängebenützung kommt in Wirklichkeit nicht zustande,

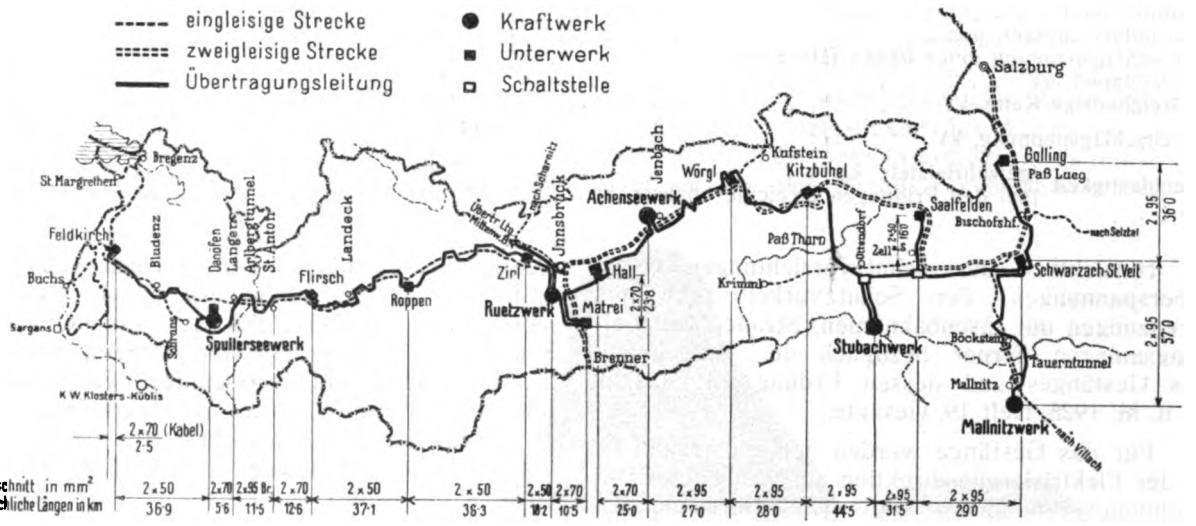


Abb. 1. Übersichtskarte.

[1]) Siehe E. u. M. 1925, Heft 19.

Digitized by Google

da der durch die Höhenentwicklung der im gebirgigen Terrain geführten Bahnlinien und durch örtliche Verhältnisse bedingte Kurvenreichtum der meisten bisher elektrisierten Teilstrecken einerseits eine bedeutende Verlängerung der Übertragungsleitungstrassen herbeiführen, andererseits die Verwendung eines schweren, die Kurvenzüge aufnehmenden Fahrleitungsgestänges bedingen würde. Der zuletzt angeführte Umstand fällt bei der neuen, später beschriebenen Fahrleitungsbauart mit ihrem leichten Gestänge besonders ins Gewicht. Die Trassierung der Übertragungsleitungen, von der Suche nach der besten Trassenführung an bis zur Herstellung der Katasterlagepläne und Detaillängenschnitte, erfolgt durch Ingenieure der Bundesbahnen.

Die Regelspannweite der auf eigenem Gestänge geführten Übertragungsleitungen beträgt bei den neuen Leitungen mit Kupferseilen 180 m (früher 150 m) und mit Aluminiumseilen 260 m.

hegten Bedenken gegen die Verwendung von Eisenbetonmasten in gebirgigem Gelände wegen der Schwierigkeiten bei der Herstellung der Schalung — unsere Eisenbetonmaste werden bei der Fundamentgrube gestampft — hinfällig sind.

Daß auch die betriebführenden Dienststellen die Verwendung von Eisenbetonmasten nicht ungern sehen, erklärt sich aus dem Umstande, daß die Erneuerung des bei Eisenmasten erforderlichen Anstriches bei Leitungen, die, wie insbesondere Stichleitungen zu einseitig gespeisten Unterwerken, nur schwer ausgeschaltet werden können, erhebliche Schwierigkeiten macht. Diesem Umstande kann allerdings durch Verzinkung der Mastspitzen und Ausleger einigermaßen Rechnung getragen werden.

Die Auslegerweite (bei Eisen- und Eisenbetonmasten) wird unter dem Gesichtspunkte ermittelt, daß die Leitungen beim Ausschwingen unter der Einwirkung eines Winddruckes von 125 kg/m²

Tabelle 1.

	Knüppel-Isolator	V-Ring-Isolator	Kegelkopf-Isolator	Kappenisolator mit eingekittetem Klöpp-l
	Abbildung Nr.:			
	2a	2b	2c	2d
Bauhöhe, mm	235	180	185	165
Schirmdurchmesser, mm	240	280	280	267
Überschlagspannung unter Regen (100 S. E.)				
Einzelglied, kV	53	50	50	50
Dreigliedrige Kette, kV	165	160	160	160
Durchschlagspannung, kV	Durchschlagsicher	180	165	150
Bruchfestigkeit gewährleistete, kg	6500	7000	7000	6500
Bruchfestigkeit bei den Prüfungen erreichte höchste, kg	10600	11600	10400	8770

Hinsichtlich der Schutzvorrichtungen gegen Überspannungen, der Schutzvorkehrungen bei Kreuzungen mit Eisenbahnlinien, Straßen und Leitungsanlagen, ferner bezüglich der Berechnung des Gestänges und dessen Erdung gilt das in E. u. M. 1925, Heft 19, Gesagte.

Für das Gestänge werden den Baufirmen die in der Elektrisierungsdirektion ausgearbeiteten Berechnungsgrundlagen, statischen Berechnungen und Regelpläne an die Hand gegeben. Durch die Normalisierung der Eisenmaste für die verschiedenen in Betracht kommenden Leiterquerschnitte wurde eine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung der Bauausführung herbeigeführt. Bezüglich des Baustoffes der Eisenmaste, der Anarbeitung und des Anstriches sei auf den mehrerwähnten Aufsatz verwiesen.

Neben den Eisenmasten kamen in letzter Zeit in erhöhtem Ausmaße Eisenbetonmaste zur Verwendung, und zwar im Gegensatze zu früher, auch für Eck- und Abspannmaste. Hiefür waren die guten Erfahrungen mit den auf der Teilstrecke Zirl—Roppen verwendeten Eisenbetonmasten, ferner die Preisgestaltung, endlich die rasche Lieferbereitschaft der Eisenbetonmaste maßgebend. Auch hat sich herausgestellt, daß die früher gesich ungünstigstenfalls auf die normale Sicherheitsentfernung (1 cm/kV) nähern können; es wird hierbei angenommen, daß der Unterschied der Schwingungsphasen beider Leitungen höchstens die Hälfte des größten Ausschlagwinkels einer Leitung unter Einwirkung des Windes beträgt.

Bezüglich der Mastgründung gilt auch für die neuen Leitungen das in E. u. M. 1925, Heft 19, Gesagte.

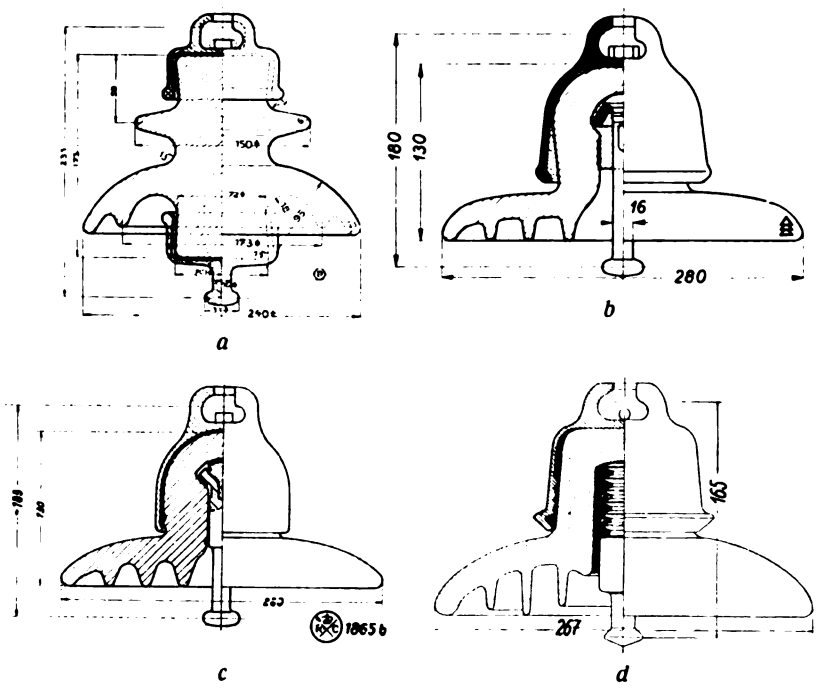
Die Isolation der neueren Übertragungsleitungen erfolgt teilweise durch den bei den neuen Fahrleitungsanlagen verwendeten Knüppelisolator (Abb. 2a), teilweise durch Kappenisolatoren. Hat der erstere den Vorteil der Durchschlagssicherheit, so muß den letzteren der Vorteil zugebilligt werden, daß die Sicherheit der Leitungsaufhängung nicht von der Zugfestigkeit des Porzellans abhängt. Bei den großen Fortschritten der Isolatorentechnik in der Herstellung von Porzellan hoher Festigkeit ist allerdings dem letztgenannten Vorteile keine allzugroße Wichtigkeit beizumessen.

Die wichtigsten Angaben über die bei den neuen Übertragungsleitungen verwendeten Isolatoren sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

Eine große Zahl der in der ersten Spalte an-

Digitized by Google

geführten Knüppelisolatoren wurden von einem Österreichischen Werke (Frauental, Steiermark) geliefert, das in der Qualität der Erzeugnisse erfolgreich mit der ausländischen Isolatorenindustrie in Konkurrenz zu treten verstand.



a b c d

Abb. 2. *a* Knüppelisolator, *b* V-Ring Isolator, *c* Kegelkopfisolator, *d* Kappensilator.

Im Gegensatze zu dem früheren Brauche, für die Abspannketten eine besondere Bauart und eine um Eins erhöhte Gliederzahl zu verwenden, finden bei den neuen Leitungen die gleichen Isolatoren für Hänge- und Abspannketten Verwendung, und zwar in Dreieranordnung.

In der Art der Aufhängung der Leiter ist gegenüber den älteren Leitungen insoferne eine Änderung zu verzeichnen, als jetzt bei den Hängeketten Auslöseklemmen Verwendung finden, die bei Seilrissen die übermäßige Inanspruchnahme der Tragmaste verhindern. Neben solchen Klemmen der Firma Hofmann wird die neue Bergmann-Auslöseklemme (Abb. 3) verwendet, der sich schon in einem Falle Gelegenheit zur Bewährung ergab. Wenn Hängeketten „bruchsicher" aufgehängt werden, so kommen neben die Auslöseklemmen eigene Anschlagklemmen, die das Durchschlüpfen des Seiles bei Seilriß begrenzen. Als Seilverbinder sind Niet- und Kerbverbinder, sowie Konusverbinder in Verwendung. Beim Leitungsmaterial trat als Konkurrent des Kupfers die Aluminiumlegierung „Aldrey" auf, die bei einigen Übertragungsleitungen verwendet wurde, nachdem es der Bahnverwaltung durch Verwendung dieses Leiterbaustoffes bei Umgehungsleitungen der Fahrleitung ermöglicht worden war, das Material bei der Werksprüfung und in der Montage kennen zu lernen. Dies erschien mangels von Erfahrungen mit diesem Material in Österreich wünschenswert, wenn Aldrey auch schon im Auslande, insbesondere in der Schweiz, beim Bau von Übertragungsleitungen vielfach Anwendung gefunden hatte.

Die durch die Übernahmsversuche bestätigten Eigenschaften des Aldrey, einer Legierung mit dem spezifischen Gewicht 2·7, die etwa 0·6 vH Silizium, 0·4 vH Magnesium und 0·3 vH Eisen[2]) enthält, sind durch die Angaben der Tabelle 2 gekennzeichnet.

Die zuerst angeführten Zahlen sind in den von den österreichischen Bundesbahnen aufgestellten Bedingnissen als Grenzwerte angeführt. Die Bedingnisse enthalten ferner die Bestimmungen über die durchzuführenden Materialproben.

Die hohe Zugfestigkeit des Aldrey bei geringem spezifischen Gewicht ermöglicht es mit Rücksicht auf den sich hieraus ergebenden geringeren Durchhang unter Beibehaltung der für Kupferleitungen erforderlichen Masthöhen größere Spann-

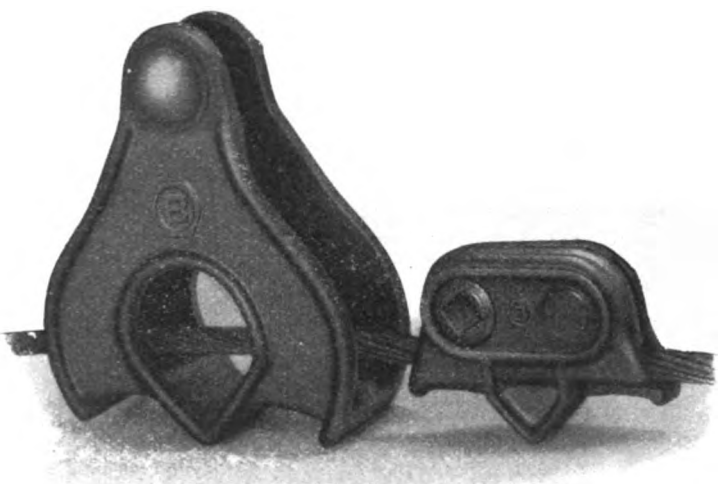


Abb. 3. Auslöseklemme, Bauart Bergmann.

[2]) Siehe Prof. Dr. Wyssling, E.T.H. Zürich „Eine Weitspannleitung der S.B.B. für 132 kV aus hochleitender, zäher Aluminiumlegierung"; Rapport Nr. 55 der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques 1927. Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 137, 603, 1071; 1928, Heft 18, S. 405; H. 25, S. 617.

Digitized by Google

weiten (etwa 260 m gegenüber 180 m) zu wählen und so wegen Verringerung der Mastanzahl an den Kosten für das Gestänge und dessen Grün-

Tabelle 2.

Eigenschaften des Aldrey	Lt. Bedingnissen	Lt. Ergebnis der Ueberprüfungen von rund 60 000 kg
Zugfestigkeit des Drahtes von 2—3 mm Durchm., kg/mm²	31·5	32·6—36·7
Zugfestigkeit des Seiles, kg/mm² .	—	30·8—33·8
Dehnung (Meßlänge 200 mm) bis zum Zerreißen, vH	5	6—9½
Anzahl der Biegungen über $r = 10$ mm	6	7—12
„ „ Verdrehungen auf 100 mm Länge	8	10—14
Elektrische Leitfähigkeit bei 20° C, m/Ohm mm²	30	30·1—31·4

dung zu sparen. Die Vergleichsrechnung zwischen Kupfer und Aluminium ist naturgemäß nicht nur von den Preisen der Leitermaterialien sondern auch von dem Umstande abhängig, ob und inwieweit die Leitungsführung die Ausnützung der Vergrößerung der Spannweiten zuläßt.

Die Schaltung des Übertragungsleitungsnetzes (vgl. Abb. 1 in E. u. M. 1925, Heft 19) hat neben der Einschaltung neuer Unterwerke und des Achenseewerkes nur insofern eine Änderung erfahren, als die Mittenwaldbahn nicht mehr unmittelbar vom Ruetzwerke mit Energie versorgt wird, sondern unter Auflassung des eigenen Unterwerkes Reith nunmehr vom Unterwerke Zirl der Arlbergbahn gespeist wird. Zu diesem Zwecke wurde eine eigene Speiseleitung vom Unterwerke Zirl zum Anschlusse an die Bahnlinie bei der Station Hochzirl erbaut, woselbst ein Schaltgerüst mit den nötigen Schaltern errichtet wurde. Die früher längs der Mittenwaldbahn verlaufende Übertragungsleitung wurde in eine Verstärkungsleitung umgeschaltet.

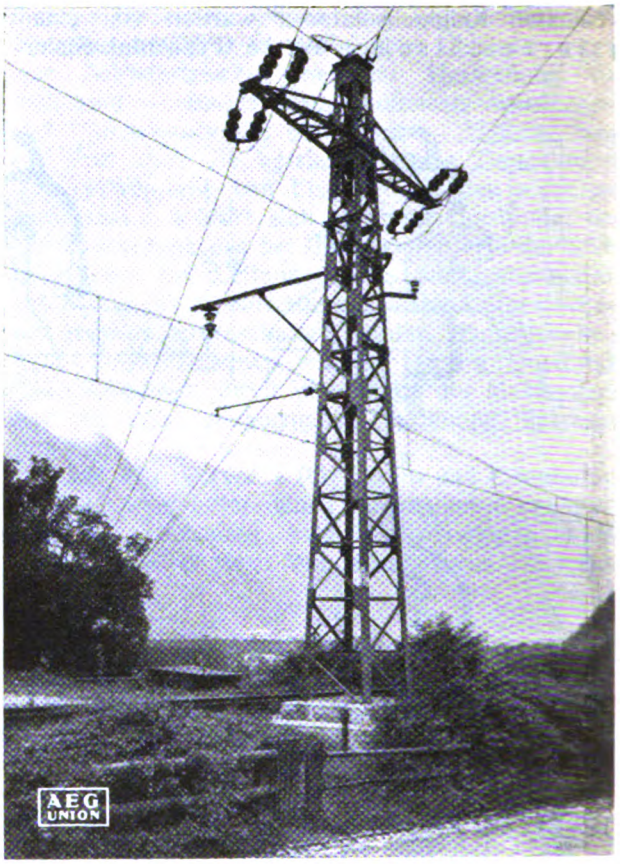


Abb. 4. Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch. Kreuzungsmast, der auch die Fahrleitung (älterer Bauart) trägt (AEG-Union E. G.).

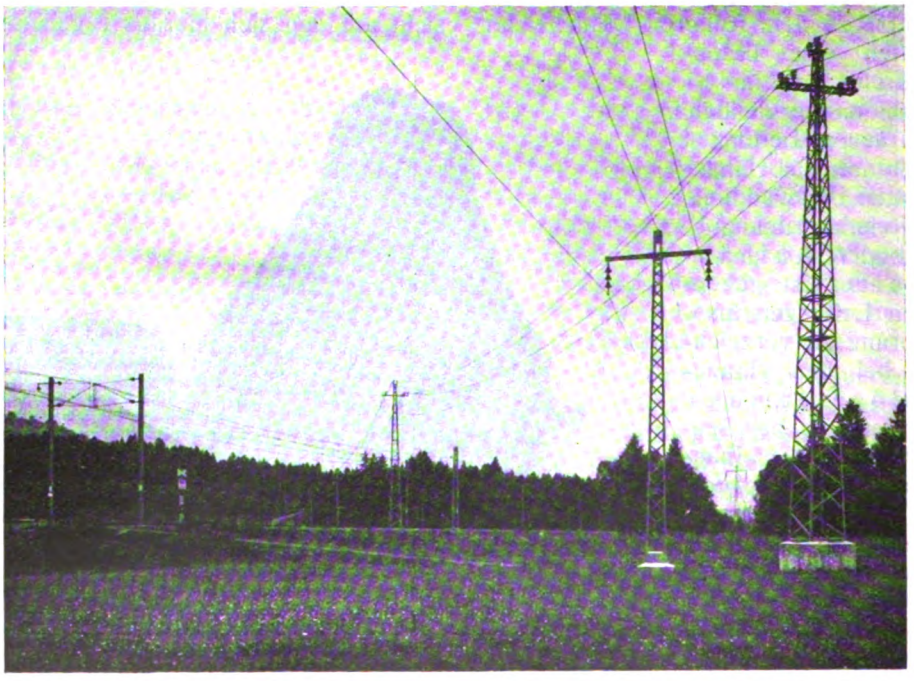


Abb. 5. Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch (Ö. B. E. G.). Links die Fahrleitung, in der Mitte die Übertragungsleitung, beide überquert durch die Drehstromleitung der „Vorleag".

Digitized by Google

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen auf die einzelnen Teilstrecken der neuen Übertragungsleitungen übergehend (hinsichtlich der älteren wird auf E. u. M. 1925, Heft 19, hingewiesen) ist in erster Linie die Teilstrecke „Spullerseewerk — Feldkirch" zu erwähnen. Sie wird zuerst, der Lawinen- und Steinschlaggefahr ausweichend, abseits der Bahnlinie im Talgrunde geführt, schmiegt sich aber dann im breiten Illtale verlaufend der Bahntrasse an. Da sie die einzige Speiseleitung des Unterwerkes Feldkirch darstellt, ihre Ausschaltung zwecks Erneuerung des Anstriches der Maste demnach vom Betriebsstandpunkte Schwierigkeiten machen wird, wurde das Gestänge mit feuerverzinkten Mastspitzen und Auslegern hergestellt. Die Leitung weist 2×50 mm² Kupferseile auf, die an Knüppelisolatoren (Abb. 2 *a*)

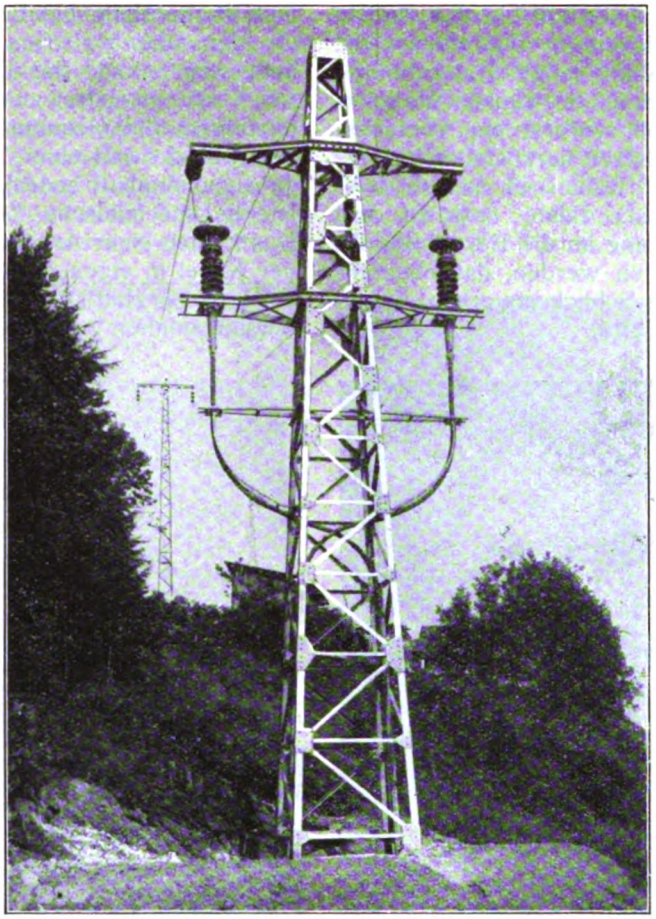
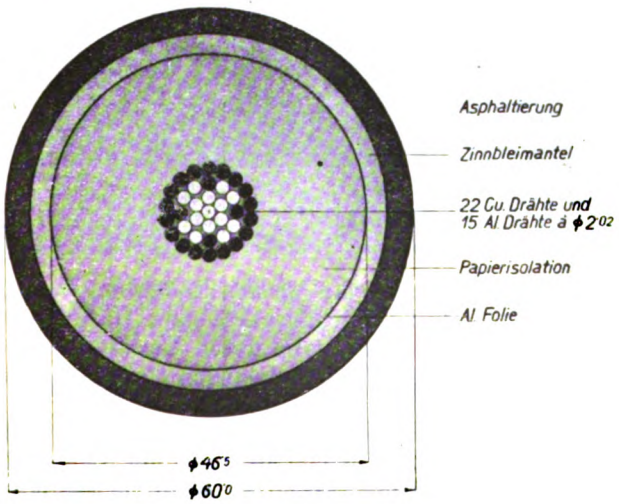


Abb. 6. Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch. Überführungsmast für die Kabelleitung (Ö. B. E. G.).



Einleiter-Kabel für 60 KV Betriebsspannung

Abb. 7. Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch. 55 kV-Kabel, Querschnitt (Ö. S. S. W.).

aufgehängt sind. Der erste Teil der Leitung (bis Nüziders) wurde von der AEG-Union hergestellt, die auch die Fahrleitung bis Bludenz ausgeführt hatte. Abb. 4 zeigt einen Mast der Übertragungsleitung, an dem auch die Fahrleitung (älterer Bauart mit doppelten Schlingenisolatoren) aufgehängt ist. Die unterste der die Bahnlinie überquerenden Leitungen ist die 15 kV-Verstärkungsleitung, die hier ausnahmsweise, um der Steinschlaggefahr auszuweichen, am Übertragungsleitungsgestänge geführt wird. Die zweite Teilstrecke Nüziders — Feldkirch wurde an die Österr. Bergmann E. G. vergeben; das Bild (Abb. 5) zeigt den Parallellauf der Übertragungsleitung mit der von der gleichen Firma hergestellten Fahrleitung. Beide Leitungen werden von der vom Gampadelswerke der Vorarlberger Landes-E. G. kommenden Drehstromleitung überquert.

Da die enge Illschlucht bei Feldkirch schon wegen der Steinschlaggefahr für die Führung der Übertragungsleitung als Freileitung nicht in Betracht kommen konnte, ein Ausweichen über den angrenzenden, mit Hochwald bestockten Bergrücken aus Gründen des Heimatschutzes und der

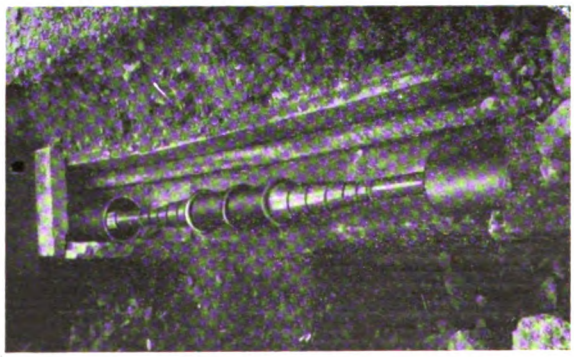


Abb. 8. Übertragungsleitung Spullerseewerk—Feldkirch. 55 kV-Kabel, Wickelstelle der Verbindungsmuffe.

Grundeinlösungskosten unmöglich war, wurde die letzte 2·5 km lange Teilstrecke vor Feldkirch als Kabelleitung hergestellt. Mitbestimmend hiefür war auch der Umstand, daß die Notwendigkeit vorausgesehen wurde, die Verbindung des südlich der Tauernkette gelegenen Mallnitzwerkes mit den

Digitized by Google

nördlich gelegenen Unterwerken durch ein im Tauerntunnel verlegtes 55 kV-Kabel herzustellen. Es erschien, besonders wegen der anfänglich bei den Schweizer Bundesbahnen mit solchen Kabeln aufgetretenen Schwierigkeiten, wünschenswert, für das mehr als 2×8 km lange Tauerntunnelkabel, das der Übertragung der ganzen Mallnitzwerk-Energie dienen soll, vorerst ein Versuchsobjekt in kleinerem Maßstabe herzustellen.

Da das „Feldkircher" Kabel sich in fast zweijähriger Betriebszeit aufs Beste bewährt hat, konnte jetzt mit Beruhigung an die Bestellung des „Tauernkabels" geschritten werden, das ebenfalls von den Österr. Siemens-Schuckertwerken, Kabelwerk, geliefert werden wird.

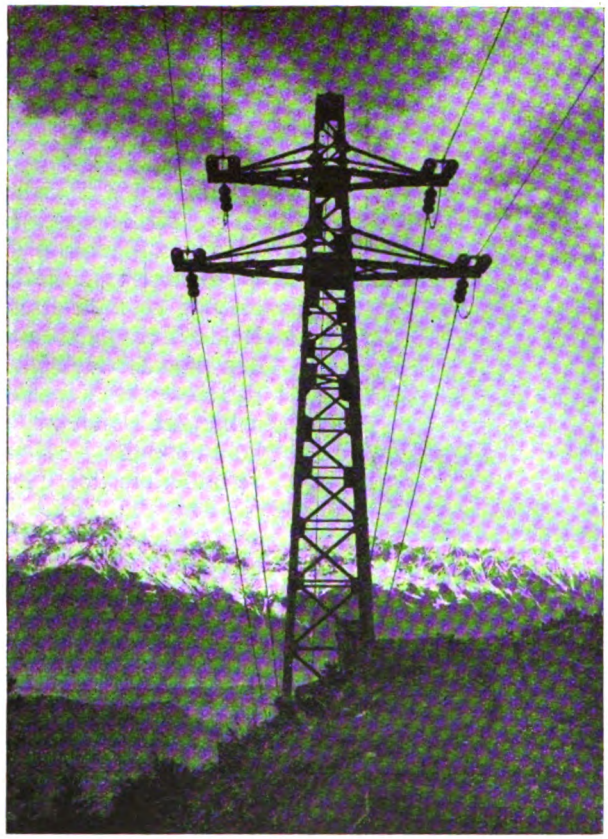


Abb. 9. Übertragungsleitung Ruetzwerk — Matrei. Abspannmast; auf der einen Seite bruchsichere Aufhängung (Ö. B. E. G.).

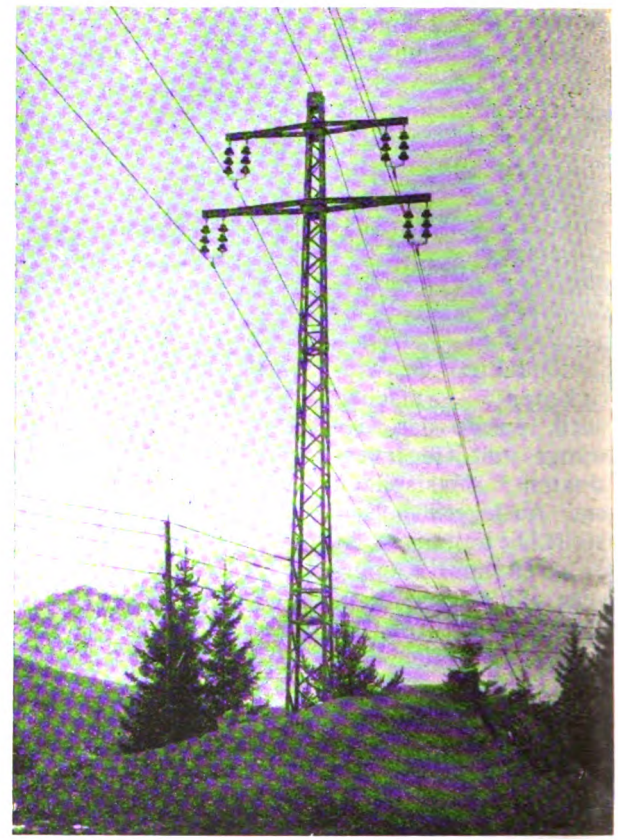


Abb. 10. Übertragungsleitung Ruetzwerk—Matrei. Tragmast mit bruchsicherer Aufhängung (Ö. B. E. G.).

Die Überführung der Freileitung Spullerseewerk—Feldkirch in die Kabelleitung erfolgt ohne Überspannungsschutz bei dem in Abb. 6 dargestellten Überführungsmast. Die anderen Kabelenden sind in der Freiluftanlage des Unterwerkes Feldkirch angeschlossen, wo sich auch der normale Unterwerks-Überspannungsschutz befindet. Die am Maste angebrachten Endverschlüsse weisen einen Porzellanisolator für eine Überschlagsspannung von 250 kV und eine metallische, wulstartig ausgebildete Anschlußhaube auf. Zwischen Isolator und Metallhaube ist ein mit Öl gefüllter Glaszylinder eingefügt. Das Kabel hat einen seilförmigen, aus Aluminium- und Kupferdrähten bestehenden Querschnitt von 120 mm² (Abb. 7). Die über dem Leiterquerschnitt aufgebrachte Papierisolation hat eine radiale Stärke von 16 mm und ist mit einer aufgewalzten perforierten Aluminiumfolie bedeckt. Diese metallische Hülle hat den Zweck, die Hohlräume, die sich stets zwischen dem Bleimantel und der äußersten Schicht der Kabelisolation bilden, elektrisch spannungsfrei zu machen. Die Kabelseele ist mit einem Zinnbleimantel von 3 mm Wandstärke umpreßt, der mit einer Schutzschichte aus Papier, Jute und Asphalt bedeckt ist, um das Kabel gegen leichte, mechanische Einwirkungen zu schützen. Das Fehlen einer Armierung machte die Verlegung der Kabel in eigenen Betontrögen notwendig. Besondere Sorgfalt wurde der Herstellung der Verbindungsmuffen gewidmet. Abb. 8 zeigt die Wickelstelle, über welche die (an den Enden der Wickelstelle sichtbaren) Gehäuseteile aus Hartblei geschoben werden, um dann durch Verlötung in der Mitte und mit den Bleimantelenden ein vollkommen wasserdichtes Gehäuse zu bilden.

Sämtliche Kabellängen wurden im Kabelwerke der ÖSSW einer Spannungsprobe mit sinusförmigem Wechselstrom von 60 kV während einer Zeit von 30 Minuten und einer kurzzeitigen Erprobung mit 90 kV unterzogen. Zwei Kabelstücke von je 5 m Länge, die durch eine Muffe miteinander verbunden und mit Endverschlüssen versehen waren, haben der vorgeschriebenen Spannungsprobe mit 150 kV standgehalten. Die Überprüfung der verlegten und montierten Kabel erfolgte mit 90 kV

Digitized by Google

Gleichspannung mittels eines Röhrengleichrichters während einer Zeitdauer von 10 Minuten. Diese Überprüfungen, ebenso wie die nach Ablauf der 1½ jährigen Garantiezeit bedingnismäßig wiederholten Messungen, hatten ein befriedigendes Ergebnis; der Betrieb des Kabels war bisher vollkommen störungsfrei. Die Lieferung, Verlegung und Montierung der Kabelanlage erfolgte durch das Kabelwerk der Österr. Siemens-Schuckert-Werke.

Wenn wir nun Vorarlberg verlassen und uns den neuen Übertragungsleitungen in Tirol und im Lande Salzburg zuwenden, so wäre als erste die

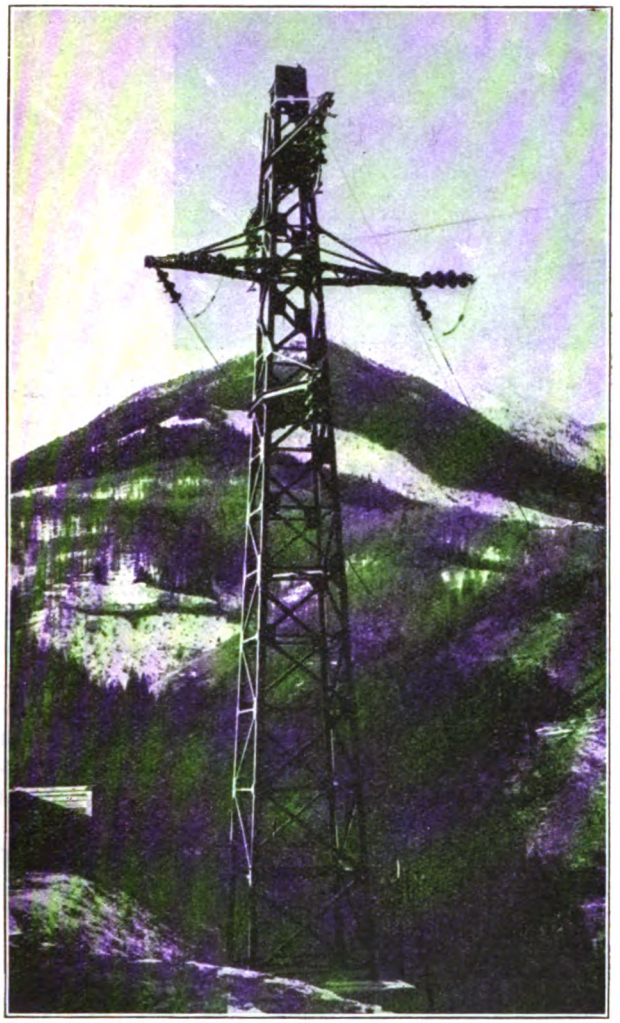


Abb. 11. Übertragungsleitung Matrei — Hall. Abzweigmast beim Ruetzwerk. (Die zum Unterwerk Matrei führenden Leitungen sind noch nicht zugespannt.) (Ö. B. B. W.)

Übertragungsleitung Ruetzwerk — Matrei zu erwähnen. Diese Leitung ist größtenteils mit einer Teilstrecke der Übertragungsleitung Matrei—Hall auf einem Gestänge geführt, so daß wir es mit einer fast durchwegs vierseiligen Leitung zu tun haben. (4 Kupferseile zu je 70 mm² Querschnitt und ein Stahlerdseil 50 mm².)

Von der einfacheren und billigeren Lösung, das Unterwerk Matrei durch eine zweiseilige Stichleitung an das Ruetzwerk anzuschließen und auf eine eigene Verbindung von Matrei zum Unterwerk Hall zu verzichten, wurde wegen der Wichtigkeit des Unterwerkes Matrei für die Brennerstrecke Abstand genommen. Es mußte dabei berücksichtigt werden, daß für die Linie Innsbruck-Brenner im Gegensatze zu den Anschlußstrecken gegen die Schweiz und Deutschland eine im Notfalle einsetzende Energieaushilfe vom ausländischen Bahnnetze nicht in Betracht kommen kann, da ja die italienische Anschlußbahn mit Drehstrom elektrisiert wird. Nach der nunmehr gewählten Ausführung wird das Unterwerk Matrei, so wie die meisten anderen Unterwerke (Ausnahmen: Feldkirch, Saalfelden, Golling), von zwei Seiten ge-

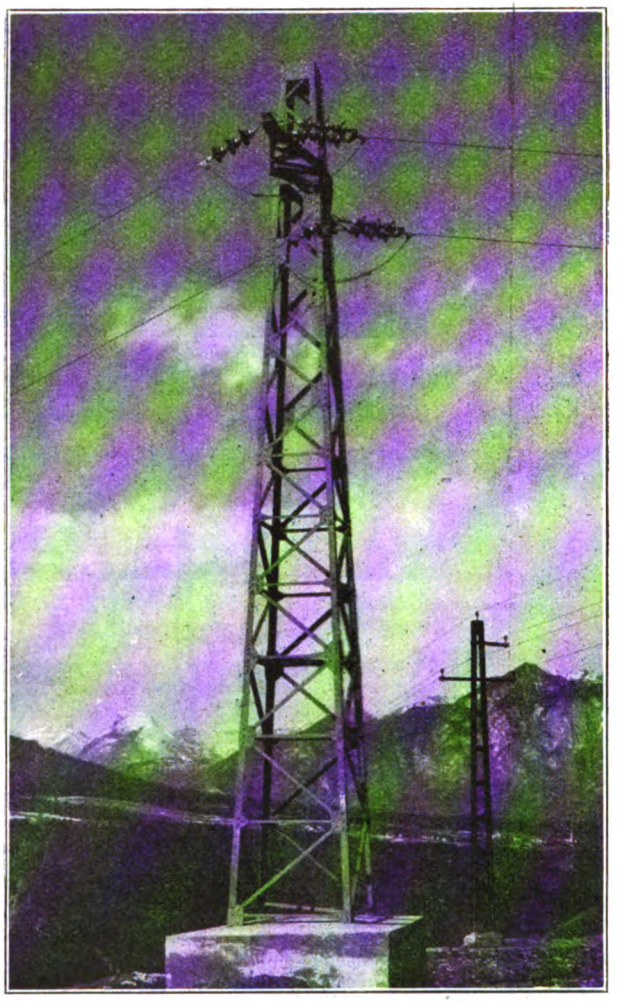


Abb. 12. Übertragungsleitung Matrei—Hall. Abspannmast einseitig „bruchsicher" (Ö. B. B. W.).

speist. Um die beiden Leitungen trotz des gemeinsamen Gestänges möglichst unabhängig von einander zu machen, wurden die Leitungsabstände so gewählt, daß an jeder der beiden Doppelleitungen ohne Ausschaltung der anderen gefahrlos gearbeitet werden kann. Die Abb. 9 zeigt einen Abspannmast, die Abb. 10 einen Tragmast. Es kam durchwegs Eisengestänge zur Verwendung. Die Knüppelisolatoren (Abb. 2a) sind teils aus Porzellan (Hänger), teils aus Steatit (Abspanner) hergestellt. Die vierseilige Strecke ist von der Österr. Bergmann-E. G. hergestellt worden. Die Leitung ist

Digitized by Google

fertig und gelangt im Sommer 1928, zugleich mit der Fahrleitung der Brennerlinie, in Betrieb.

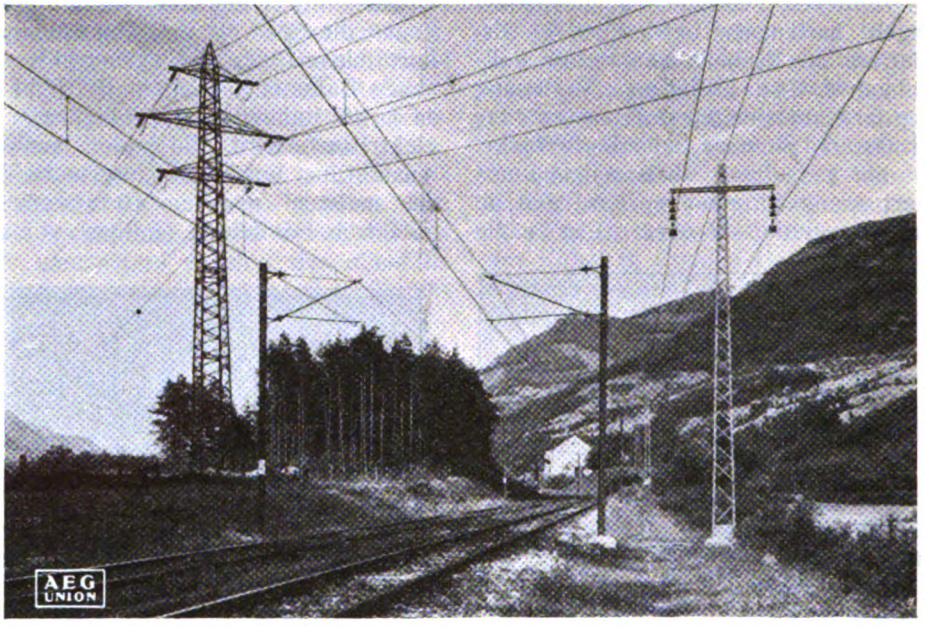


Abb. 13. Übertragungsleitung Hall — Wörgl (AEG-Union E. G.), die überquerende Drehstromleitung gehört der „Tiwag".

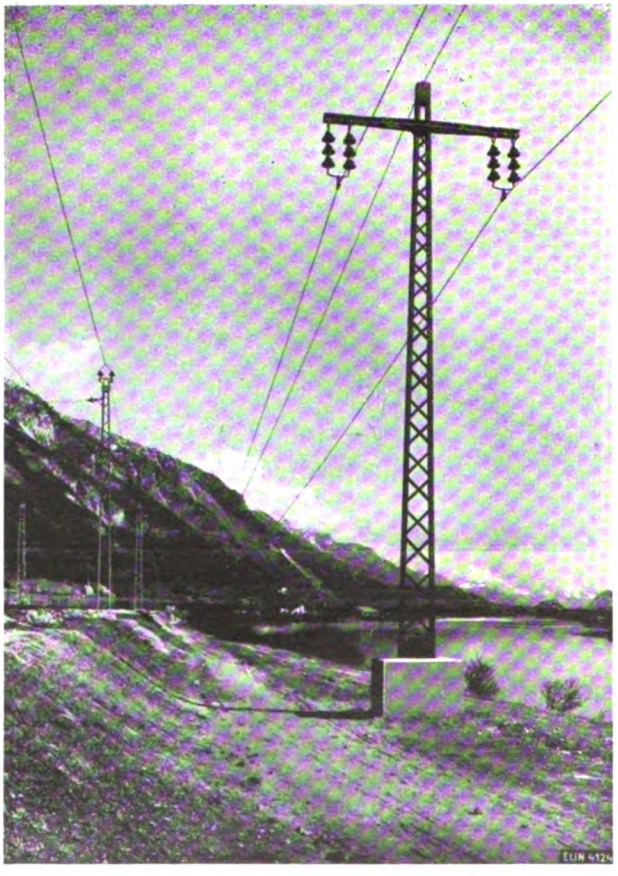


Abb. 14. Übertragungsleitung Hall — Wörgl, Tragmast mit bruchsicherer Aufhängung (Elin-A. G.).

Die vom Unterwerk Matrei zum Unterwerke Hall führende Leitung verläßt bei einem nächst dem Ruetzwerke aufgestellten Abzweigmaste (Abb. 11) die vierseilige Leitungstrasse, überquert die Sillschlucht und die Brennerlinie und führt sodann über das Mittelgebirge, oberhalb des Schlosses Ambras vorbei zum Unterwerke Hall. Die Leitungstrasse liegt wohl größtenteils weit abseits von der Bahn, ist aber im Allgemeinen recht gut zugänglich, da sie tunlich in der Nähe von Fahrstraßen, so streckenweise der historischen Salzstraße folgend, angelegt wurde. Das Gestänge (Abb. 11, 12) ist durchwegs aus Eisen hergestellt und trägt an Knüppelisolatoren zwei Kupferseile von je 70 mm² Querschnitt, sowie ein Stahlerdseil von 50 mm². Bei dieser Übertragungsleitung gelangten zum ersten Mal über Vorschlag der ausführenden Firma — Österr. Brown-Boveri-Werke — bei nach oben gerichtetem Seilzug anstatt der bis dahin üblichen Abspannmaste an mehreren Stellen Tragmaste mit Belastungsgewichten an den Hängeketten zur Anordnung. Hiebei mußten naturgemäß statt der sonst auf der Leitung verwendeten Bergmannauslöseklemmen (Abb. 3) solche Klemmen der Firma Hofmann verwendet werden. Die Leitung ist in dem Teile vom Abzweigmast beim Ruetzwerk bis Hall seit Februar 1927 unter Spannung.

Die Übertragungsleitung Hall-Wörgl begleitet die Bahnlinie fast durchaus (wie in den Abb. 13, 14 und 15 deutlich zu sehen ist) und ist bei Jenbach in das der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. („Tiwag") gehörige Achenseewerk eingeführt. Der Leitungsquerschnitt ist zwischen Hall und Achenseewerk 2 × 70 mm² (Kupfer) und von dort bis zum Unterwerke Wörgl 2 × 90 mm² (Kupfer). Das Erdseil ist durchaus aus 50 mm² Stahlseil hergestellt. Für das Gestänge wurde Eisen gewählt, die Isolation erfolgt

Digitized by Google

durch Knüppelisolatoren. In die Herstellung dieser Leitung teilten sich die A. E. G.-Union E. G., die Elin A. G. f. e. I. und die Österr. Bergmann E. G. Die Leitung ist seit anfangs Juni 1927 in Betrieb.

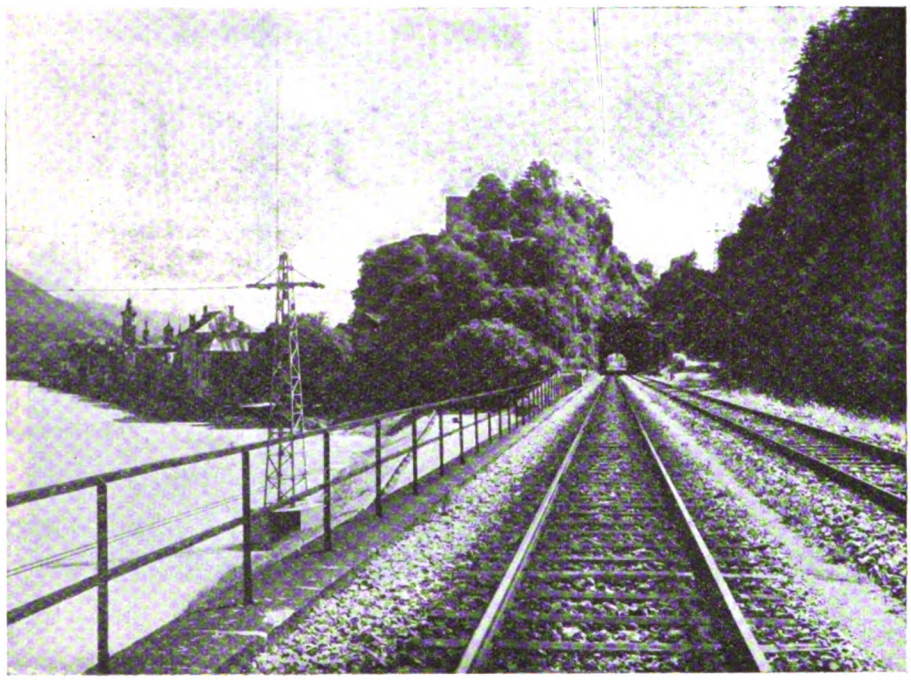


Abb. 15. Übertragungsleitung Hall — Wörgl. Der linke Mast steht am Innufer. Das Bild beweist, wie wenig eine Übertragungsleitung das Landschaftsbild beeinträchtigt (Ö. B. E. G.).

Die an das Unterwerk Wörgl anschließende, zum Unterwerk Kitzbühel führende Übertragungsleitung verläuft zuerst im Tale der Brixentaler Ache, vielfach der Bahn entlang, verläßt diese aber zwischen Hopfgarten und Westendorf, um die große Bahnschleife abzuschneiden. Die Leitungsführung bei Kitzbühel erfolgte unter weitestgehender Berücksichtigung des Landschaftsbildes. Das Gestänge ist aus Eisenbeton (Abb. 16, 17) hergestellt, die Isolation erfolgt durch Knüppelisolatoren (Abb *2 a*), das Klemmenmaterial ist normal, die Leiter bestehen aus 2×95 mm² Kupferseilen, das Erdseil ist aus 50 mm² Stahlseil hergestellt. Die (von der Firma A. Porr hergestellten) Stampfbetonmaste weisen besondere Erdungsmaßnahmen auf. So sind alle Armierungseisen am Kopfende des Mastes zusammengeschweißt und durch eine mittels eines herausgeführten Betoneisens hergestellte Verbindung mit dem Erdseile geerdet; weiters sind die Hängebügel der Isolatorengehänge an

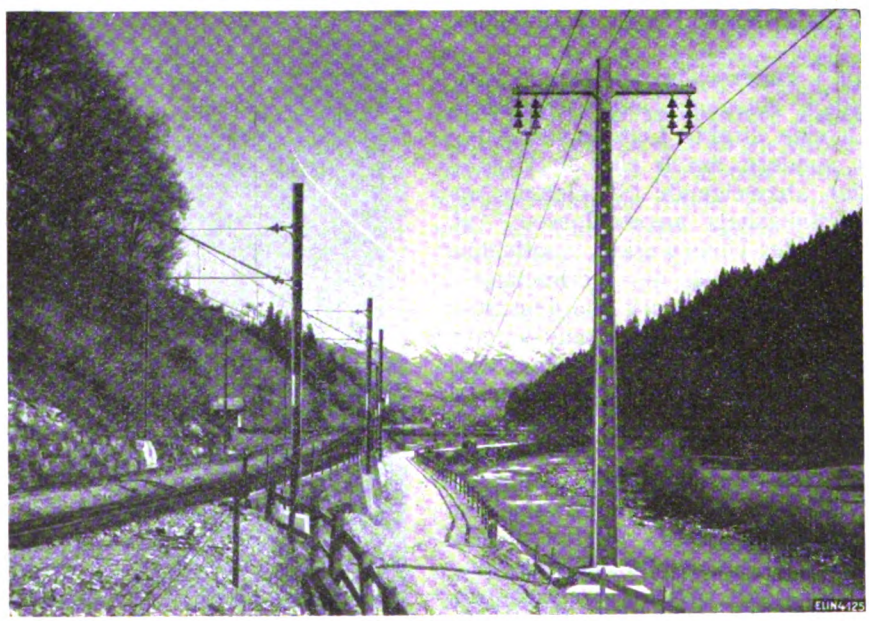


Abb. 16. Übertragungsleitung Wörgl — Kitzbühel. Tragmast aus Eisenbeton (Elin-A. G.).

Digitized by Google

das Erdseil angeschlossen. An jedem dritten Mast ist eine Anschlußstelle für die bei Arbeiten einzuhängende Erdungsstange geschaffen, die dann auch

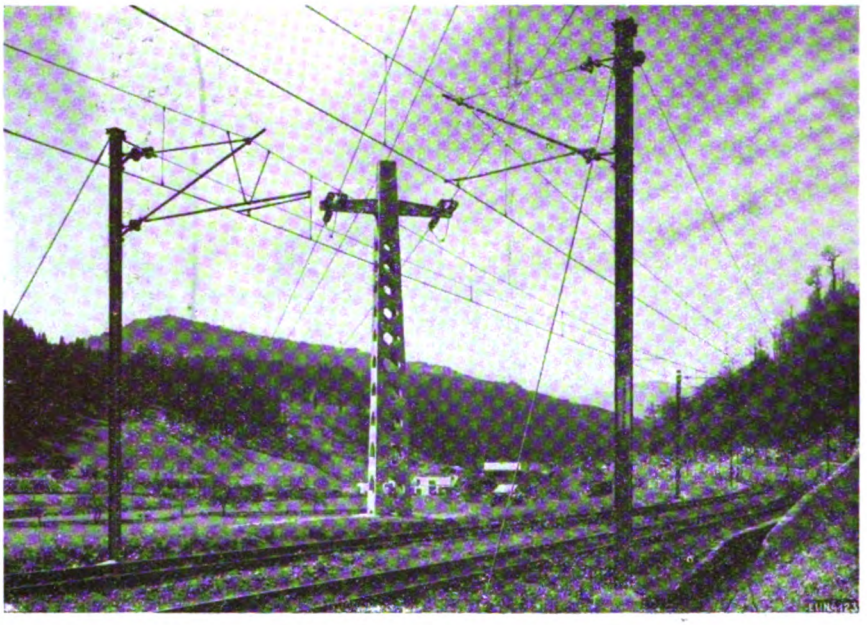


Abb. 17. Übertragungsleitung Wörgl — Kitzbühel. Abspannmast aus Eisenbeton (Elin-A. G.). Festpunkt der Fahrleitung.

mit dem Erdseil verbunden ist. Das Erdseil selbst ist durch Anschluß an die in Abständen von etwa 1 km angeordneten Erdnetze geerdet. Die Abspannmaste sind mit eigenen Steigsprossen aus Eisen versehen, die Tragmaste können unter Benützung der im Stege vorgesehenen Öffnungen bestiegen werden. Die Gesamtherstellung der seit Anfangs April 1928 in Betrieb stehenden Leitungsanlage lag in der Hand der ELIN, A. G. für elektrische Industrie.

Wie aus Abb. 1 zu ersehen, ist das nächste von Kitzbühel östlich gelegene Unterwerk Saalfelden nicht durch eine direkte Leitung mit Kitzbühel verbunden, sondern durch eine in Bruck-Fusch (Schaltstelle) abzweigende Stichleitung an das Übertragungsleitungsnetz angeschlossen. Auf zweiseitige Speisung des Unterwerkes Saalfelden wurde zugunsten der Kürzung der Verbindungsleitung zwischen dem Achenseewerk und dem Stubachwerk verzichtet. Die Übertragungsleitung wendet sich daher von Kitzbühel südlich über den Paß Thurn, um bei Uttendorf eine Schaltstelle zu erreichen, wo die vom Stubachwerke kommenden Übertragungsleitungen einmünden werden. Die Leitungstrasse hält sich möglichst nahe an der zu allen Jahreszeiten gut befahrbaren Straße über den Paß Thurn. Das aus Eisenbeton von der Firma Porr hergestellte Gestänge weist die gleichen Bauformen auf wie jenes der vorher beschriebenen Übertragungsleitungsstrecke. (Abb. 18). Mit Rücksicht auf die Verwendung von Aluminiumseil (Aldrey, 2 × 185 mm²) mit großen Seilzügen wurden über Vorschlag der Baufirma kittlose Kappenisolatoren (V-Ring-Isolatoren und Kegelkopf-Isolatoren (s. Abb. 2 *b*, 2 *c*) verwendet. Das 50 mm² Erdseil mußte abweichend von der sonst mit 70 kg/mm² bestimmten Zugfestigkeit mit einer solchen von 100 kg/mm² gewählt werden, um mit einem dem geringeren Durchhang der Aldrey-Seile entspre-

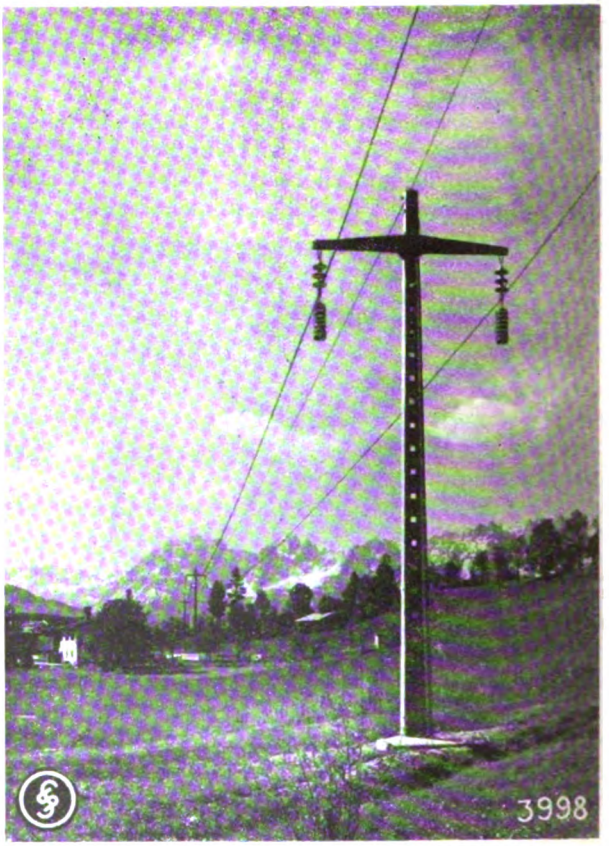


Abb. 18. Übertragungsleitung Kitzbühel — Paß Thurn — Vorderstubach (Ö. S. S. W.).

chenden Zug gespannt werden zu können. Hinsichtlich der Erdung der Maste gilt das bei der Leitung Wörgl-Kitzbühel Gesagte. Die Paß-Thurn-Leitung wurde von den Österr. Siemens-Schuckert-

Digitized by Google

Werken gebaut und geht im Juli 1928 in Betrieb.

Von der Schaltstelle bei Uttendorf nach Osten finden wir die Leitung bis Bruck-Fusch bereits ausgebaut. Diese von der Elektrounternehmung Riedel erbaute Teilstrecke verläuft durch das Salzachtal, das dort vielfach stark versumpft ist. Die Gründung der Maste machte daher Schwierigkeiten, und es mußte an mehreren Maststandorten zur Pilotierung gegriffen werden. Es wurde Eisengestänge gewählt (Abb. 18 *a*). Die Isolation erfolgt durch Kappen-Isolatoren (Abb. 2 *d*), die zwei Aldreyseile (185 mm²) tragen. Erdseil wie auf der Paß-Thurn-Leitung. Die Leitung geht im Juli 1928 in Betrieb.

Die Stichleitung zum Unterwerk Saalfelden beginnt bei der Schaltstelle Bruck-Fusch, wo alle dort zusammentreffenden Leitungsstrecken geschaltet werden können. Die Stichleitung mußte abseits der Bahn auf der anderen Seite des Zeller Sees geführt werden, weil die Führung an der Stadt Zell a. S. vorbei wohl nur auf dem Fahr-

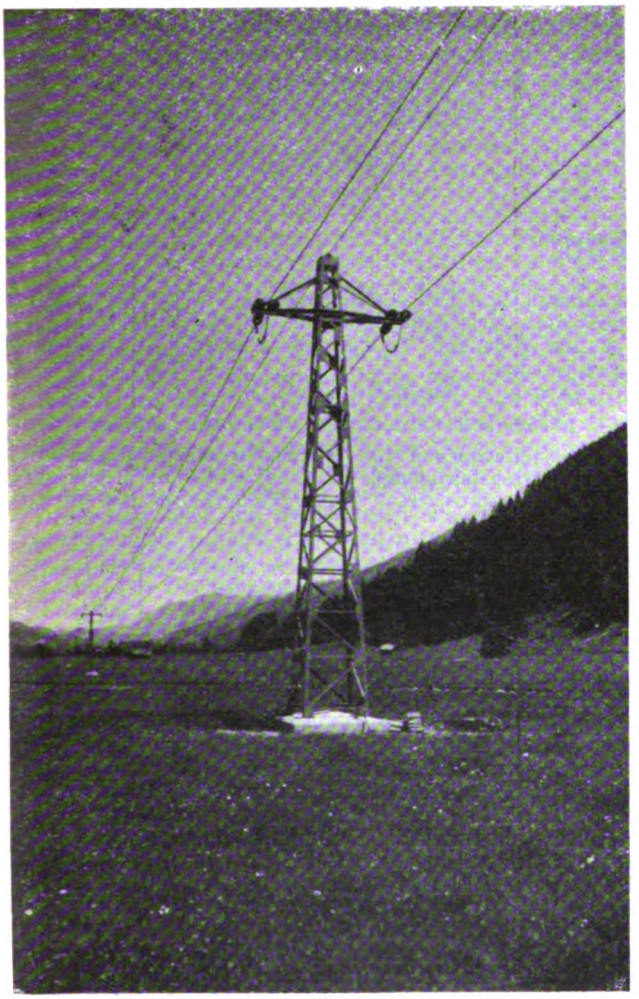


Abb. 18 *a*. Übertragungsleitung Vorderstubach — Bruck-Fusch (Riedel).

leitungsgestänge möglich gewesen wäre und dies gerade bei einer Stichleitung zu einem einseitig gespeisten Unterwerke wegen der Notwendigkeit der Abschaltung bei Fahrleitungsrevisionen nicht wünschenswert erschien. Die gewählte Trasse ist allerdings auch nicht besonders günstig, mußte sie doch bei Thumersbach wegen Einsprüchen dortiger

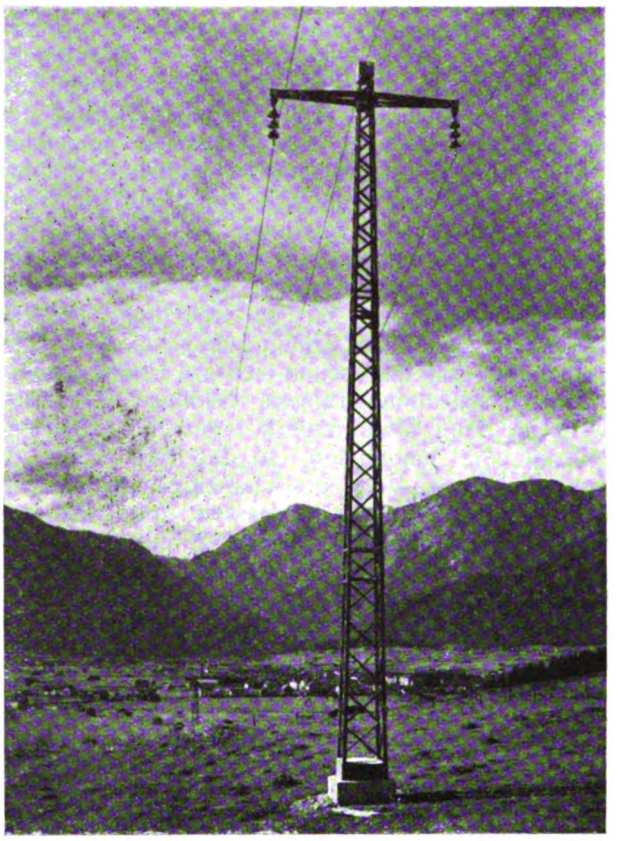


Abb. 18 *b*. Übertragungsleitung Bruck-Fusch — Saalfelden (Ö. B. E. G.).

Grundbesitzer hoch auf den Steilhang verlegt werlegt werden. An anderen Stellen wieder war Sumpfboden nicht zu vermeiden, so daß auch hier zur Pilotierung geschritten werden mußte. Das Gestänge besteht aus Eisen (Abb. 18 *b*), die zwei Aldrey-Seile mit je 95 mm² Querschnitt sind an Knüppelisolatoren (Abb. 2 *a*) aufgehängt. Erdseil wie bei Paß-Thurn beschrieben. Die von der Österr. Bergmann E. G. hergestellte Leitung geht im Juli 1928 in Betrieb.

Von den noch herzustellenden Übertragungsleitungen (Abb. 1) sind bereits vergeben: Die Leitung von der Schaltstelle bei Uttendorf bis zum Stubachwerk, die Leitung Bruck-Fusch—Schwarzach-St. Veit und die Fortsetzungsleitung bis Golling.

Die zuerst genannte durch das Stubachtal führende Leitung wird von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken ausgeführt. Die Leitungsführung ist teilweise durch Lawinengänge, Steinschlaggefahr und Rutschterrain erschwert. Im allgemeinen führt die Trasse der neuangelegten Straße entlang. Die Leitung wird auf einem Eisengestänge vier Kupferleitungen von je 95 mm² Querschnitt tragen. Bei der Schaltstelle bei Uttendorf werden normal je zwei Leitungen mit der Paß-Thurn-Leitung bzw. mit der Leitung nach Bruck-Fusch verbunden sein. Jede der bei der

Digitized by Google

Schaltstelle ankommenden Leitungen kann dort abgeschaltet werden; außerdem ist eine Durchschaltung Paß-Thurn—Bruck-Fusch möglich. Die Leitung wird Ende 1928 fertiggestellt sein.

Die Leitung Bruck-Fusch—Schwarzach-St. Veit führt von der Schaltstelle Bruck bis in die Nähe von Taxenbach unweit der Bahntrasse, muß aber dann wegen der Enge des Salzachtales und der zum Rutschen neigenden Hänge über die Embacher Hochfläche geführt werden, um dann südöstlich von Lend die Nähe der Tauernbahn zu gewinnen. Die Führung der Leitung über Embach stellt vom Standpunkte der Revision und Instandhaltung der Leitung keine befriedigende Lösung dar; daß aber keine bessere Lösung zu finden ist, erhellt schon aus dem Umstande, daß sich dort schon mehrere Übertragungsleitungen zusammendrängen. Südlich von Lend wird die vom Mallnitzwerk kommende Übertragungsleitung einmünden, so daß von Lend bis Schwarzach-St. Veit eine vierseilige Leitung auf gemeinsamen Gestänge hergestellt wird. Für das Gestänge wurde Eisen, für die 95 mm²-Leitungsseile Kupfer gewählt. Die Leitung wird von der Elektrobauunternehmung Riedel hergestellt. Fertigstellungstermin: Frühjahr 1929.

Auch die Leitung Schwarzach-St. Veit—Golling muß durch schwieriges Gelände geführt werden. Gilt es doch, den Paß Lueg zu umgehen und vielfach der Steinschlag- oder Lawinengefahr auszuweichen. Außerdem war dem Trasseur die Aufgabe gestellt, auf die spätere Errichtung einer parallel verlaufenden 110 kV-Leitung von Schwarzach-St. Veit gegen Osten (für die seinerzeitige Verbindung mit den Elektrisierungsanlagen Wien—Salzburg) Rücksicht zu nehmen. Die jetzt zur Ausführung gelangende 55 kV-Leitung wird mit Eisenbetongestänge hergestellt und erhält zwei Kupferseile mit je 95 mm², die an Knüppelisolatoren aufgehängt werden, sowie ein 50 mm²-Stahlerdseil. Die Leitungsausführung wurde an die ELIN-A. G. für elektrische Industrie vergeben. Die Fertigstellung soll im Frühjahr 1929 erfolgen.

Bei den weiter noch herzustellenden Übertragungsleitungsanlagen: Lend-Mallnitzwerk soll der Bau erst im Jahre 1929 begonnen werden bis auf die Übertragungsleitungsstrecke durch den Tunnel, die als Kabelanlage ausgeführt wird und sich insoferne schon im Bau befindet, als der Kabelkanal im Tunnel schon im Jahre 1928 hergestellt wird. Die von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, Kabelwerk, herzustellenden Kabel kommen im Frühjahr 1929 zur Verlegung und sollen zugleich mit den anschließenden Freileitungsstrecken anfangs Juli 1929 unter Spannung gesetzt werden.

(Schluß folgt.)

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Heizkraftwerke. Von Prof. Eberle, Darmstadt. In der Textil-, Papier-, Leder- und chemischen Industrie, sowie in vielen anderen industriellen Werken stehen Kraft- und Wärmebedarf in einem Verhältnis zueinander, das besonders günstig für die Einrichtung von Heizkraftwerken ist. Durch Zusammenschluß industrieller Betriebe und Einrichtung gemeinsamer Heizkraftwerke kann man die vollkommenste und wirtschaftlichste Ausnutzung der erzeugten Wärme- und Energiemengen erreichen. In einer süddeutschen Textilfabrik arbeitet seit 1910 eine Einzylinder-Kolbenmaschine mit 16 ata Anfangsdruck und 4 ata Gegendruck bei 450 kW Leistung und gibt den gesamten Gegendruckdampf zu Heizzwecken ab. Da die Maschine mit einer Wasserkraftanlage parallel arbeitet, so kann die gesamte im Gegendruckbetrieb erzeugte Leistung nutzbar gemacht werden; die jährliche Stromerzeugung aus dem Heizdampf beträgt etwa 15 Mill. kWh. Das 1922 in Betrieb genommene Heizkraftwerk einer Zellulosefabrik Südwestdeutschlands besteht aus zwei voneinander unabhängigen Einzylinder-Gegendruckmaschinen von je 500 kW Leistung, 27 ata Anfangsdruck und 6 ata Gegendruck. Erzeugt werden jährlich 5 Mill. kWh Überschußstrom. Nach Inbetriebnahme der Neuanlage ist der Kohlenverbrauch der Zellulosefabrik, auf 1 kg Ware bezogen, um 40 vH gesunken. In einer Lederfabrik in Südwestdeutschland wurde 1923 eine Zwillingskolbenmaschine für 1600 kW Leistung, 18 ata Anfangsdruck und 8 ata Gegendruck aufgebaut. Auch hier gewinnt man jährlich etwa 5 Mill. kWh billigen Überschußstrom. Der thermodynamische Wirkungsgrad wurde in eingehenden Untersuchungen zu 80 vH festgestellt. In den letzten fünf Jahren sind eine ganze Anzahl anderer Heizkraftwerke[1]), vor allem in Textilfabriken, in Betrieb genommen worden. Für größere Leistungen hat man in letzter Zeit meist Turbodynamos bevorzugt. Zum Teil konnten mehr als 50 vH der Brennstoffkosten durch Inbetriebnahme der Gegendruckmaschinen und günstigen Verkauf des Überschußstromes gespart werden. Praetorius.

(Archiv f. Wärmewirtschaft, Bd. 9, Nr. 2, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 30, S. 798.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Zusammenarbeit von Wechselstromgeneratoren mit ihren Antriebsmaschinen. E. Laßwitz bespricht den Einfluß der Antriebsart großer Generatoren auf deren Konstruktion.

1. Antrieb durch Kolbenmaschinen. Der Ungleichförmigkeitsgrad δ ist durch die Gleichung

$$\frac{1}{\delta} = GD^2 \frac{1}{A} \left(\frac{n}{60}\right)^2$$

gegeben, in welcher A die Arbeitsdifferenz bedeutet, welche während einer Umdrehung aufgenommen oder abgegeben wird und aus dem Tangentialdruckdiagramm zu entnehmen ist. Der Ungleichförmigkeitsgrad ist demnach bei gegebenem Arbeitsüberschuß umgekehrt proportional dem Schwungmoment GD^2. Bei Parallarbeit mehrerer Generatoren kann wegen Überlagerung der Tangentialdrücke eine Verbesserung oder Verschlechterung des Ungleichförmigkeitsgrades gegenüber jenem der Einzelmaschine eintreten. Neben der Eigenschaft, den periodischen Arbeitsüberschuß auszugleichen, beeinflußt das Schwungmoment auch die Zeit bis zum Ansprechen des Reglers und ist daher ausschlaggebend für den Lichtbetrieb und den Parallelbetrieb. Das Flimmern des Lichtes, welches bei kleinem GD^2 eintreten kann, wird aber auch durch die Impulszahl der Antriebsmaschine beeinflußt. Eine Zusammenstellung des Ungleichförmigkeitsgrades in Bezug auf gleichmäßiges Licht zeigt, daß für reine Kraftbetriebe ein Wert δ von $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ zugelassen werden kann. Bei parallelarbeitenden Generatoren muß noch untersucht werden, ob durch Vor- oder Nacheilen des Generators gegenüber dem Netz Resonanz zwischen der Eigenschwingungszahl des Generators und der Antriebsmaschine auftreten kann.

Digitized by Google

Ferner ist noch bei hochtourigem Dieselmaschinenantrieb die Torsionseigenfrequenz der Wellenleitung nachzurechnen, um ein Zusammenfallen mit der Drehzahl oder einem gefährlichen Bruchteil der Drehzahl zu vermeiden[1]). Da aber mehrere kritische Drehschwingungsbereiche zu durchlaufen sind, so muß auf hohe Biegungsbeanspruchungen der Induktorteile Rücksicht genommen und der Induktor als massive Scheibe gebaut werden.

2. Bei Wasserkraftantrieben liegen meist nur konstruktive Schwierigkeiten wegen der großen Leistungen vor. Die vertikale Bauweise, die bei Kaplanturbinen fast durchwegs angewendet wird, hat als Vorteile gute Abführung des Wassers, Lage des Generators über der Turbine, also hochwasserfrei, und geringe Ausdehnung der Unterwasserfundamente, als Nachteil: das Spurlager. Die horizontale Bauart hat als Vorteil, die Verwendung von Stehlagern und große Übersichtlichkeit. Bei vertikaler Anordnung trachtet man, zur Erhöhung der Übersichtlichkeit den Generator auf Säulen zu stellen. Als Regler werden fast ausschließlich hydraulische Regler oder solche mit Druckflüssigkeit verwendet. Das Unterbringen des nötigen Schwungmomentes ist bei den großen Durchmessern leicht möglich[2]), doch treten andererseits bei Durchgehen der Turbine sehr große Kräfte auf, worauf bei der Wahl des Durchmessers Rücksicht genommen werden muß. Die heute üblichen Durchgangsdrehzahlen liegen weit über 100 vH der normalen Drehzahl. Für eine ganz besonders hohe Durchgangsdrehzahl von 170 vH wird eine Konstruktion verwendet, bei der der Polkranz durch lange, dehnbare Schrauben mit dem Armkreuz verbunden ist, die Pole durch starke Zugschrauben gehalten sind. Vielfach wird die Befestigung der Pole durch einfache oder doppelten Schwalbenschwanz bewerkstelligt. Zum Abbremsen des Generators und der Turbine beim Durchgehen werden öfters besondere Bremsen eingebaut. Die Bremse ist gewöhnlich zwischen Turbine und Generator angeordnet[3]). Sie besteht aus dem auf einer zweiteiligen Nabe aufgesetzten nahtlos geschmiedeten Bremsring, weiters aus zwei kräftigen halbringförmigen Stahlgußbacken, die den Bremsring ganz umschließen, und in welche je drei radial stehende Kolben mit Bremsbacken eingesetzt sind. Diese werden mit einem Druck von 18 at (entnommen aus der Turbinenrohrleitung oder vom Turbinenregler) gegen den Bremsring gedrückt. Zum Rückziehen der Kolben und Bremsbacken dienen Federn. Durch einen von Hand aus verstellbaren Steuerschieber kann schnell (Druck 18 at, Bremszeit 1 min) oder langsam (Druck 7 at, Bremszeit 3 min) gebremst werden. Der Bremsring wird mit Preßwasser, welches auf ihn gespritzt wird, gekühlt. Bei vertikalen Generatoren werden die Bremsen so angeordnet, daß sie von unten her gegen den Bremsbelag des Induktors drücken und das Traglager entlasten. Die Bremsen sind hier besonders wichtig, weil die Auslaufzeit im Gebiete der sogenannten halbflüssigen Reibung dem Traglager schädlich ist. Die Spurlager der Vertikalgeneratoren sind stets über den Generatoren auf einem Tragstern angeordnet. Die Gußeisen-Laufflächen sind gewöhnlich in einzelne bewegliche Segmente unterteilt, zwischen welche das Schmieröl gespritzt wird. Die Schmierung sowohl der Spur- als auch der Führungslager ist als Umlaufschmierung mit Rückkühlung ausgebildet. Hum.

(Bergmann-Mitteilungen Jg. 5, Nr. 5, 1927 und Jg. 6, Nr. 1, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Der Siemens-Rauchdichteanzeiger. Von Dr. H. Miething. Nach dem vom Verfasser und Ing. W. Thielsch entwickelten Verfahren wird zur Feststellung der Rauch- und Staubentwicklung in Schornsteinen an der einen Seite des Schornsteines eine hochkerzige Glühlampe, nämlich eine Projektionslampe mit einem Leuchtsystem, das eng auf einer kleinen Fläche zusammengedrängt ist, angebracht. Die von dieser Lampe ausgehenden Strahlen werden unter Vorschaltung einer Positivlinse zur Vergrößerung des Bildes von der Lötstelle des Thermoelementes eines Ardometers[1]) aufgefangen, das an der der Lampe gegenüberliegenden Wand des Schornsteines angebracht ist. Das Ardometer wird wie bei der Temperaturmessung eingestellt. Da die von der Lampe ausgehende Strahlung durch die von den Abgasen mitgeführten Kohlenstaub- und Ascheteilchen abgeschwächt wird, ist entsprechend dem Gehalt der Abgase an solchen Teilchen auch der Ausschlag am Anzeigegerät des Ardometers kleiner als bei reiner Luft, so daß, zweckmäßig unter Zuhilfenahme einer besonderen sechsfeldrigen Teilung nach Ringelmann (Feld 0, weiß: reine oder fast reine Luft; Felder 1—4, immer enger werdende quadratische Gitter aus schwarzen Linien: geringer, bzw. immer mehr zunehmender Staub- und Rauchgehalt; Feld 5, Schwarz: stark qualmender Schornstein) unmittelbar die Rauchdichte angezeigt, erforderlichenfalls auch dauernd aufgezeichnet werden kann. Das Gerät läßt sich auch eichen, und damit der Staub- und Rauchgehalt unmittelbar in g/cm³ Luft bestimmen. Das Gerät kann besonders bei Kohlenstaubfeuerungen im Verein mit einem CO_2-Anzeiger auch zur Überwachung des richtigen Arbeitens der Feuerung und damit zur Erreichung eines besseren Wirkungsgrades benutzt werden.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, Heft 4, 1928.)

Elektrische Apparate.

Zellulophon wird ein von P. Toulon[2]) angegebenes photoelektrisches Musikinstrument genannt. Nach einer Darstellung dieses Apparates durch M. Adam handelt es sich hierbei um die Rückverwandlung der akustischen Wellenkurven, wie sie der Oszillograph liefert, in Töne mit Hilfe der photoelektrischen Zelle. Der Strom in einer mit Sauerstoff behandelten und mit Argon von niedrigem Druck gefüllten Kaliumzelle wächst bis zum Aufleuchten der Röhre mit der angelegten Spannung. Nach P. Toulon können bei intermittierender Beleuchtung auch nach dem Überschreiten des Durchschlagspotentials merkliche Energiemengen transformiert werden, ohne daß Ermüdung eintritt. Die intermittierende Beleuchtung wird durch eine umlaufende Lochscheibe mit mehreren konzentrischen Reihen von spaltförmigen Öffnungen verschiedener Teilung bewirkt; durch die Anzahl und Geschwindigkeit der Öffnungen wird die Höhe, durch ihre Form die Klangfarbe des Tones bestimmt. Der photoelektrische Strom wird nach entsprechender Verstärkung einem Lautsprecher zugeführt. Ein Projektionsapparat wirft auf das Rückende der Tasten ein vergrößertes Bild der umlaufenden Lochscheibe, so daß auf jede Taste ein Lichtbündel von der Frequenz des zugehörigen Tones fällt. Das Niederdrücken einer Taste enthüllt einen Spiegel, der das intermittierende Licht auf die Photozelle wirft. Die feine Teilung der Lochscheibe wird durch photographische Verkleinerung hergestellt. Die Einschaltung einer Schablone von veränderlicher Gestalt oder Durchlässigkeit in den Weg des Lichtstrahles erlaubt die Klangfarbe nach Wunsch zu verändern. Mehrere andere Anwendungen, zum Beispiel die Ausbildung der Öffnungen in der Lochscheibe nach den Oszillographenkurven der Vokale und Konsonanten zur Nachahmung der menschlichen Stimme oder die Verwandlung von Druckbuchstaben in Akkorde, indem man das stark verkleinerte Bild der Lochscheibe darauf projiziert (wohl für Blindenunterricht?) sind in Aussicht genommen. R. H.

(Rev. gén. de l'Electr., Bd. 23, Nr. 1, 1928.)

Akkumulatoren, galvanische Elemente und Thermoelemente.

Die leichten Akkumulatoren in der elektrischen Traktion. C. Palestrino bespricht die elektrische Traktion mittels Akkumulatoren, unter welchen er außer

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 460; 1922, S. 247, 538; 1925, S. 34; 1926, S. 87, 568.

[2]) Vgl. die Bauweise mit getrennten Schwungmassen nach Thien, E. u. M. 1928, H. 26, S. 681 ff.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, TWN S. 195.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 9.

[2]) Bull. de la Soc. Franc. de Physique 1927, Nr. 249, S. 92; vgl. Revue gén. de l'Elektr. Bd. 22, S. 505, 1927.

Digitized by Google

den bekannten Typen von Sammlern auch einen bisher noch nicht gebräuchlichen und wenigstens in der vorgesehenen Ausführung nicht bekannten Akkumulator behandelt. Dieser ist ein Blei-Zink-Akkumulator besonderer Konstruktion, der kürzlich entwickelt wurde, die Fehler alter Konstruktionen gleichartiger Sammler vermeiden und vor allem sämtliche gebräuchliche Akkumulatorentypen durch seine Leistungsfähigkeit übertreffen soll. (Leider werden anscheinend aus patentrechtlichen Gründen keine näheren Details über den Akkumulator selbst gebracht. Anm. d. Ber.) Von dem neuen Akkumulator wird nämlich eine Leistungsfähigkeit von mehr als 50 kWh pro Tonne Gesamtgewicht angegeben gegen nur 8 kWh/t bei Bleiakkumulatoren mit Großoberflächenplatten, 20 kWh/t bei solchen mit Masseplatten und 16 kWh/t bei Stahl-Nickel-Akkumulatoren. Der Verfasser weist nach, daß bei der Zugförderung sowohl im Güter- als auch im Personen- und Schnellzugsdienst der neue Pb-Zn-Sammler große Vorteile bieten könnte, während dort die bisher bekannten Sammlertypen nur beschränkte (heute freilich auch größtenteils lange nicht ausgenützte) Erfolgsmöglichkeiten besitzen. In noch höherem Maße gilt dies im Automobilwesen, wo der leichte Akkumulator die Anwendung von Elektromobilen erst im großen Maßstabe ermöglichen würde und auch für viele Länder deshalb große volkswirtschaftliche Vorteile bringen könnte. (In dieser sicher sehr interessanten Aufstellung über die Erfolgsmöglichkeit eines leichten Sammlers, der bisher noch nicht in größerem Maßstab erprobt ist und über den daher noch kein endgiltiges Urteil abgegeben werden sollte, dürfte der Verfasser die Erhaltungskosten der Sammler selbst — sowohl der bekannten als auch voraussichtlich der neuen Type — doch wohl etwas zu optimistisch eingesetzt haben. Anm. d. Ber.) B. G.

(L'Energia Elettrica, 6. Jg., Bd. 5, H. 3, 1928.)

Chronik.

10. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Bei der unter der Leitung von J. Czochralski vom 23. bis 26. Juni in Dortmund abgehaltenen Hauptversammlung war der erste Verhandlungstag dem Thema „Gase in Metalien, ihre schädlichen und nützlichen Wirkungen" gewidmet. Prof. Dr. A. Sieverts, Jena, sprach über die physikalisch-chemischen Grundlagen der Aufnahme von Gasen durch Metalle. Sodann erörterte Dr. Ing. W. Hessenbruch die „Neuzeitlichen Verfahren zur Untersuchung der Gase in Metallen" als Betriebskontrolle des Erzeugers. Die Bedeutung, die diesen Untersuchungen beigemessen wird, geht daraus hervor, daß es auf diesem Gebiete zu einer sehr bemerkenswerten internationalen Zusammenarbeit gekommen ist, an welcher sich Deutschland, die V. St. A., Schweden und England beteiligten. Dr. Ing. E. H. Schulz, Dortmund, sprach über „Die technologische Bedeutung der Gase in Metallen". Die Erscheinungsform der in den Metallen frei vorkommenden Gase liegt in den Hohlräumen, die sie bilden und die in gegossenen Werkstücken zu Schwächungen führen, die sich im Betrieb sehr unangenehm auswirken. Zum Nachweis dieser Fehler, die äußerlich nicht sichtbar sind, hat sich die Untersuchung mit Röntgenstrahlen als besonders brauchbares Hilfsmittel zur Überprüfung der Gußstücke erwiesen. Die in Metall gelösten Gase können aber als Legierungsbestandteil in geeigneten Fällen in günstiger Weise Metalle härten und dadurch wesentlich zu einer Verbesserung der Eigenschaften beitragen. Wie Dr. Rapatz ausführte, beeinflußt zum Beispiel besonders der Sauerstoff die Härtbarkeit des Stahles. Besondere Bedeutung hat auch die Oberflächenhärtung des Eisens im Stickstoff erlangt, die berufen erscheint, das alte Einsatzhärteverfahren der Stähle zu ersetzen. Die Gase, die bei Erstarren der Metalle entweichen, haben schließlich auf die Art der Kristallbildung und damit auf die Festigkeitseigenschaften großen Einfluß. Gasfragen auf dem Gebiet der Nichteisenmetalle behandelte J. Czochralski, der insbesondere auf die Silizium-Aluminiumlegierungen einging. Das Bestreben, gasfreie Metalle herzustellen, hat zur Ausbildung der Vakuumschmelzverfahren geführt, die Gegenstand des Vortrages von Dr. Rohn waren. Für bestimmte Zwecke der Technik haben sich nur die Metalle als brauchbar erwiesen, die durch Schmelzen im Vakuum erzeugt worden sind, so zum Beispiel Legierungen für Thermoelemente, für funkentelegraphische Hochvakuumröhren, für korrosionsfeste und oxydationsbeständige Legierungen, für Legierungen von großer Festigkeit bei Temperaturen bis zu 1000° und darüber und schließlich für Heizwiderstände für elektrische Glühöfen. Im Jahre 1927 wurden nicht weniger als 150 t vakuumgeschmolzene Metalle hergestellt.

Am zweiten Versammlungstag sprach unter anderem Prof. M. v. Schwarz, München, über „Die Anwendung des Polarisations-Mikroskops bei der Untersuchung von Kupferlegierungen". Dieses Verfahren bietet außerordentliche Vorteile bei der Betrachtung der Metallschliffe, da bestimmte Bestandteile farbig aufleuchten, während die anderen praktisch dunkel bleiben, auch hat es sich bei der Phosphorbronze bestens bewährt. Ein weiterer Vortrag betraf die „Untersuchung der Säurebeständigkeit der Chrom-Eisen-Nickellegierungen" durch Prof. Guertler und W. Ackermann. Dr. Ing. M. Haas, Aachen, sprach noch über „Fortschritte in der Untersuchung der Metalle auf Grund ihrer Wärmeausdehnung", Dr. Ing. Sachs, Berlin-Dahlem, über „Festigkeitseigenschaften vergütbarer Aluminiumlegierungen." Es zeigte sich, daß durch eine besondere Art der Vergütung Streckgrenze und Zugfestigkeit der einzelnen Kristalle sehr erhöht wurden, ohne Verminderung der Dehnung. Es scheint daher eine Verbesserung der technisch wichtigen Eigenschaften durch besondere Wärmebehandlung möglich zu sein, wie sie durch Kaltbearbeitung nicht erreicht werden kann. Weitere Vergütungsmöglichkeiten erörterte Prof. Dr. Fraenkel, der über vergleichende Untersuchungen der Zugfestigkeit, Härte und elektrischen Leitfähigkeit bei der Kalt-, Warm- und Kochvergütung sprach. Namentlich die zuletzt angeführte Behandlungsweise, die ein Abschrecken der Legierungen in kochendem Wasser darstellt, wurde in ihrer Auswirkung eingehend untersucht. Dr. Masing und Dr. Dahl befaßten sich mit den Beryllium-[1]) und Kupferlegierungen, denen man eine große Zukunft zuspricht, da sie die Grundlage für Werkstoffe mit hoher Wärmebeständigkeit bei günstigen Härtewerten bilden.

J.

Literaturbericht.

3392 **Relay Handbook,** published by the National Electric Light Association, 29 West 39 Street New York City. N. E. L. A. Publication Nr. 25 — 3, 1926. 1001 Seiten auf Dünndruckpapier, mit 55 Tabellen und 749 Abbildungen. Taschenformat.

Das vorliegende Buch, zu dessen Herausgabe sich die bedeutendsten Vertreter der Lieferfirmen und der Elektrizitätslieferungsgesellschaften zusammengeschlossen haben, trägt die Bezeichnung Handbuch mit Recht. Es unterrichtet nicht nur über die große Zahl der verbreitetsten amerikanischen Relaistypen — vornehmlich Erzeugnisse der General Electric Company und der Westinghouse Electric & Manufacturing Company — sondern enthält neben einem die wichtigsten, vor allem amerikanischen und englischen Arbeiten berücksichtigenden Literaturverzeichnis auch alles was sonst mit Relais zusammenhängt: Schalterbetätigung, Meßwandler, Systematik der Schutzeinrichtungen in Gleich- und Wechselstromanlagen, Relaisprüfung, Kurzschlußberechnung.

Am umfangreichsten ist natürlich der Abschnitt über die Relais selbst gehalten. Die große Zahl der

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1069.

Digitized by Google

beschriebenen Typen bestätigt die bekannte Tatsache, daß eine Vereinheitlichung trotz der langjährigen Entwicklung auch in Amerika noch nicht eingetreten ist. Es sind praktisch alle marktgängigen Typen für Wechsel- und Gleichstromanlagen, sowie zum Betrieb automatischer Stationen hinsichtlich Aufbau, Wirkungsweise und Verwendungszweck mit einer Gründlichkeit behandelt, wie bei uns nur in den ausführlicheren Listen der Hersteller. Das an Umfang ebenfalls bedeutende Kapitel über Systematik der Schutzeinrichtungen unterrichtet über die in den wichtigsten Fällen in Frage kommenden Schaltungen. Entsprechend der amerikanischen Praxis sind natürlich Fragen, die mit der Nullpunktserdung zusammenhängen, sowie Schaltungen für Selektivschutz paralleler Leitungen besonders ausführlich fast alle Übertragungen als Doppelleitungen ausgebildet sind, liegen mit Balanceschutz, der sehr kurze Auslösezeiten gestattet, in Übereinstimmung mit Wahrscheinlichkeitsüberlegungen im allgemeinen recht gute Erfahrungen vor. Diese sind einer Verbreitung von Selektivrelais hinderlich.

Im Relaishandbuch ist ein Werk geschaffen worden, das zweifellos ein in Amerika vorhanden gewesenes Bedürfnis befriedigt. Für uns ist es eine wertvolle zusammenfassende Information über die amerikanischen Schutzeinrichtungen. E. Groß.

3706 **Die Leistungsabstimmung bei Fließarbeit.** Von Dr. Ing. H. L. Lauke. 124 S. mit 75 Abb. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin, 1928. Preis geh. M. 6·80.

Bei der Einführung der Fließarbeit tritt in jedem Betriebe sofort die Frage auf, wie die zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses erforderlichen Arbeitsgänge, deren Zeitdauer in der Regel von einander abweicht, auf die einzelnen Arbeitsplätze zu verteilen ist, bzw. welche Veränderungen in der Erzeugung oder an den Maschinen und anderen Hilfsmitteln vorzunehmen sind usw., damit der durch die Fließarbeit angestrebte Zweck, auf die wirtschaftlichste Art zu produzieren, wirklich erreicht wird. Obwohl es sich also dabei um eine Frage handelt, die für die Einführung der Fließarbeit überhaupt von überragender Bedeutung ist, findet sich darüber in dem vorhandenen Schrifttum nur sehr wenig, wohl deshalb, weil von Fall zu Fall immer wieder die bezüglichen Untersuchungen neu durchgeführt werden müssen und die unmittelbare Anwendung von Erfahrungen auf einem anderen Gebiete fast nie möglich ist. Diese Lücke im Schrifttum wird durch das vorliegende Buch recht gut ausgefüllt. Es wird darin nach einer Einführung über die Fließarbeit und ihr Verhältnis zur Serien- und Gruppenerzeugung die Durchführung der Leistungabstimmung in der Praxis sehr ausführlich und unter Heranziehung vieler Beispiele (darunter auch aus der Elektroapparate- und Elektromaterialerzeugung) erläutert und auch der Zusammenhang zwischen Leistungsabstimmung und Wirtschaftlichkeit der Fließarbeit besprochen. Das Buch wird sowohl Betrieben, welche die Fließarbeit erst einführen wollen, als auch solchen, die bereits über Erfahrungen damit verfügen, von Nutzen sein. J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

„Elin" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie. (Aus dem Geschäftsbericht für das Jahr 1927.) Die Bemühungen zur Erweiterung des Fabrikationsgebietes waren namentlich in der elektrischen Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißung durch den Zusammenbau der Schweißdyname, System Rosenberg, mit automatischen Schweißvorrichtungen erfolgreich, es konnten automatische Radreifen-, Schwellen-, Sohlplatten- und Barrel-Schweißmaschinen entwickelt werden[1]). Die Meßwandlerfabrikation wurde für große Serien eingerichtet und Freiluftausführungen bis 110 kV Spannung entwickelt und gebaut. Endlich wurde die Erzeugung von Kontrollern für Industriebetriebe und elektrische Fahrzeuge durch Normalisierung ausgebildet. — Die Hochspannungsabteilung hat unter anderem dem Betrieb übergeben: Die Transformatorenanlage für das Werk Pernegg[2]) der Steweag mit 24 000 kvA, die Transformatorenanlage für das Umspannwerk Bismarckplatz der Stadtgemeinde Innsbruck mit 15 000 kVA, eine ebensolche Anlage für das Unterwerk Kitzbühel der Österr. Bundesbahnen, die 55 kVA, Übertragungsleitungen[3]) für die Österr. Bundesbahnen Brixlegg—Schwaz und Kitzbühel—Wörgl und das Elektrizitätswerk Jamna. An bedeutenderen Neuaufträgen sind zu vermerken: Für die Österr. Bundesbahnen die Transformatorenanlage für das Unterwerk Schwarzach-St. Veit, sowie die elektrische Ausrüstung (Transformatoren und Schaltanlagen) für das Unterwerk Golling und der Bau der 55 kV-Übertragungsleitung Golling—Schwarzach-St. Veit[3]). Für die Gemeinde Wien die Lieferung einer zweiten fahrbaren Umformerstation für die Straßenbahnen[4]), weiters Selektiv- und Überstromschutzeinrichtungen für 110, 70, 28 und 5 kV. Ein weiterer Auftrag war die elektrische Seilbahnausrüstung für die Personenseilbahn auf die Bürgeralpe in Mariazell[5]). Glas-Gleichrichteranlagen wurden in größerer Anzahl vom In- und Auslande bestellt; unter anderem wurde nach Deutschland eine 500 A-Anlage und eine 300 A-Anlage für die Marktgemeinde Fischamend geliefert. Die Bahnabteilung hat an die Österr. Bundesbahnen acht Lokomotiven abgeliefert; weitere sechs werden bis Mai 1928 zur Auslieferung gelangen. Die Bundesbahnen bestellten neuerlich acht Einphasen-Hochspannungs-Triebwagen mit je 600 PS Leistung für den Lokalverkehr. Die Ausrüstung der Vollbahnstrecke Kitzbühel—St. Johann i. Tirol wurde fertiggestellt und ein Auftrag für die Strecke Schwarzach-St. Veit—Bischofshofen hereingebracht. Für die Aktiengesellschaft der Wiener Lokalbahnen wurden die elektrischen Ausrüstungen der acht im Vorjahr bestellten Triebwagen fertiggestellt und ausgeliefert. Die Lokalbahn hat weitere vier dieser Triebwagen in Auftrag gegeben. — Die Verkaufsorganisationen in der Provinz waren gut beschäftigt. Von bedeutenderen Aufträgen sind hervorzuheben: Im Zuge der Erweiterung des Netzausbaues der St. E. W. Graz hauptsächlich Kabellieferungen und die Ausrüstung der Transformatorenstationen, von der Mürztaler Holzstoff- und Pappenfabrik, Bruck a. d. Mur, der Bau der Stromerzeugungs- und Kraftübertragungsanlage von Schalldorf nach Bruck a. d. Mur, ferner eine Stromerzeugungsanlage für die Bleiberger Bergwerks-Union und der Bau der Fernleitungen zur Verbindung des Elektrizitätswerkes Launsdorf mit anderen Kärntner Überlandnetzen. — Das Auslandsgeschäft hat sich im abgelaufenen Geschäftsjahr wesentlich vergrößert. Das rumänische Geschäft, welches von der „Elin" Societate Anonimă Română pentru Industria Electrică, Bucuresti, geführt wird, ist, beeinflußt durch die Krise in der Petroleumindustrie, ziemlich stabil geblieben und zeigte erst im Laufe des Jahres 1928 wieder Ansätze zur Belebung. Die rumänische Gesellschaft wird 5 vH Dividende ausschütten. Das Geschäft in Polen nahm mit der Stabilisierung der Währungsverhältnisse und des Geldmarktes einen recht günstigen Aufschwung, der aber durch die neuesten handelspolitischen Maßnahmen der polnischen Regierung auf das Ärgste gefährdet erscheint. Die polnische Tochtergesellschaft, die „Elin" Spólko akcyjna dla przemyslu Elektrycznego, Kraków, hat im Laufe des Jahres Vertretungen in Warschau, Lemberg und Kattowice geschaffen und wird 5 vH Dividende ausschütten. Auch in Ungarn und Bulgarien waren wieder Fortschritte zu verzeichnen, desgleichen in Griechenland, wo eine

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 708.

[1]) Vgl. H. 22 d. Jg., S. 517.
[2]) Vgl. H. 26 d. Jg., S. 668, 692.
[3]) Vgl. d. H., S. 805 ff.
[4]) Vgl. H. 26 d. Jg., S. 632.
[5]) Vgl. H. 10 d. Jg., S. 209.

Digitized by Google

Vertretung errichtet wurde. In Jugoslawien hat sich die Konzentrierung der Verkaufsorganisation in Zagreb mit Ingenieurbüros in Maribor und Beograd bestens bewährt. Es konnte der Umsatz in diesem Lande gegenüber dem Vorjahr um zirka 50 vH gesteigert werden. Größere Aufträge waren der weitere Ausbau des Elektrizitätswerkes Karlovac sowie eine komplette Zentrale mit Transformatoren und Überlandleitungen für Eksploataciju drva d. d. Risan. Die jugoslawische Gesellschaft, die „Elin" Jugoslavensko društvo za električnu industriju d. d., Zagreb, wird mit entsprechendem Gewinn abschließen. Die Tochtergesellschaft in Italien hat im abgelaufenen Jahr einige größere Aufträge abgerechnet, so insbesondere die Einrichtung der von der Soc. Michelin, Turin, neuerrichteten Fabrik in Trento. Die „Elin" Società per l'industria Elettrica, Milano, wird 5 vH Dividende verteilen. In der Tschechoslowakei ist die frühere Filiale in Brüx im Wege der Nostrifizierung in eine tschechoslowakische Aktien-Gesellschaft mit einem Aktienkapital von čK 750 000 umgewandelt worden, welche für das erste Geschäftsjahr 5 vH Dividende verteilen wird. Es wurden inzwischen neue Vertretungen in Prag und Brünn geschaffen und das gesamte Geschäft in diesem Lande hat ebenfalls einen befriedigenden Aufschwung genommen. Eine sehr erfreuliche Entwicklung weist das Geschäft in Deutschland auf, wobei der Absatz der Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißapparate eine große Rolle spielt. Das belgische Geschäft ist infolge der hohen Zölle nicht merklich gewachsen, während der Absatz in England weiter gestiegen ist. In Frankreich scheint sich namentlich auf dem Gebiete der elektrischen Schweißmaschinen ein besseres Absatzgebiet zu entwickeln. Einen verhältnismäßig guten Aufschwung nahm das Geschäft in Spanien, wo eine neue Vertretung mit Sitz in Madrid errichtet wurde. Das Geschäft mit Sowjet-Rußland war wesentlich größer als im Vorjahr. Besonders zu erwähnen ist die Steigerung des Überseegeschäftes in Ägypten als auch hauptsächlich in Südamerika, wo von größeren Geschäften namentlich der Ausbau eines Elektrizitätswerkes in Caracas-Venezuela zu erwähnen ist. Das Erträgnis der Elektrizitätswerke war zufriedenstellend. In Mixnitz hat das mit der Steweag geschlossene Stromlieferungsübereinkommen die daran geknüpften Erwartungen erfüllt. Der wahlweise eingeführte moderne Gebührentarif (Raumgebühr) hat lebhaften Anklang gefunden und zu einer Vermehrung der Anzahl der verschiedenen Apparate geführt. Das Elektrizitätswerk in Wadowice erhöhte seinen Stromabsatz und verbesserte sein befriedigendes Ergebnis trotz der Steigerung der Löhne und der Kohlenpreise. — Über die Konzerngesellschaften wird folgendes berichtet: Die „Elin" Nederlandsche Maatschappij voor electrische Industrie, Amsterdam, hat erfolgreich gearbeitet und konnte für das Jahr 1926 10 vH Dividende (gegen 5 vH im Vorjahre) ausschütten. Die „Kontakt" A.-G. Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate war in erster Linie mit Aufträgen für die „Elin" beschäftigt. Aus Gründen der Rationalisierung wird der Betrieb der „Kontakt" A.-G. von der „Elin" übernommen. Die Maschinen- und Metallwerke vorm. A. F. Bechmann, Gesellschaft m. b. H., Inzersdorf, waren ausschließlich für die Weizer Fabrik beschäftigt. Auch in diesem Betrieb war der Umsatz bedeutend größer als im Vorjahr und dementsprechend das Ergebnis ein günstiges. Die Möllersdorfer Eisengießerei Gesellschaft m. b. H. war das ganze Jahr hindurch gleichmäßig und gut beschäftigt. Der größte Teil der Erzeugung wurde nach wie vor an die Fabrik in Weiz geliefert. Auch das Geschäftsergebnis der Telephon-Automaten-Gesellschaft m. b. H. war zufriedenstellend. Die Beteiligungen, insbesondere an der Grazer Tramway-Gesellschaft, der Aktiengesellschaft der Wiener Lokalbahnen und der Compagnie Hellénique d'Electricité d'Athènes wurden unverändert aufrechterhalten. — Der mit Ende des Berichtsjahres vorhandene Auftragsstand und die bisherige Entwicklung des laufenden Jahres sichern auch für das letztere eine hinreichende Beschäftigung der Fabriken. Der gesteigerte Geschäftsumfang, die schlechteren Zahlungsbedingungen und schließlich die Notwendigkeit produktive Investitionen in den Hauptfabriken Weiz und Wien vorzunehmen, haben zu einer Erhöhung des Aktienkapitals von S 5 625 000 auf S 8 750 000 im Februar d. J. geführt. — Bei 5·6 Mill. S Erträgnissen verbleibt ein Reingewinn von 703 202 S, aus welchem 10 vH Dividende auf das A.-K. von 5·625 Mill. S verteilt werden. In der Bilanz auf den 31. Dezember 1927 sind die Fabriken in Weiz, Möllersdorf und Inzersdorf mit 3·6 Mill. S bewertet, die Vorräte einschließlich der in Bau befindlichen Anlagen mit 5·5 Mill. S. Inventar, Werkzeuge, Modelle und Patente sind vollständig abgeschrieben.

Berichtigungen.

Die Entwicklung der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A.-G. E. u. M. 1928, H. 26, S. 721.

Im vorletzten Absatz soll der letzte Satz nicht heißen: „Gegen Jahresende wurde die Bauunternehmung Stern & Hafferl in eine Aktiengesellschaft unter dem Namen „Elektrizitätswerke Stern & Hafferl Aktiengesellschaft, Gmunden" umgewandelt", sondern: „Gegen Ende des Jahres 1905 wurde die Gründung einer eigenen Aktiengesellschaft unter dem Namen „Elektrizitätswerke Stern & Hafferl Aktiengesellschaft, Gmunden" vorgenommen." D. S.

Neue Druckschriften und Preislisten. E. u. M. 1928, H. 29, S. 787.

Druckschrift Nr. 3617 der Siemens-Schuckertwerke A.-G. Berlin, Siemensstadt, heißt richtig: Protos-Gewerbe-Staubsauger. D. S.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	16. VII. 1928	18. VII. 1928	20. VII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	139¾	139¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	87—92	85—90	85—90

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 20. Juli 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	62	17	6	62	18	9
Standard { 3 Monate .	63	5	0	63	6	3
Zinn:						
Engl. Ingots	213	5	0	215	5	0
Standard { Kassa . .	215	12	6	215	15	0
Standard { 3 Monate .	212	0	0	212	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	12	6	24	17	6
Remelted	25	5	0	—	—	—
English Swansea . .	25	5	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 97 home; Pf. 102 exp. Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175. Platin: Pf. 17/Pf. 17 2 sh 9 d. p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 5. August 1928 | Heft 32

Die neueren Leitungsanlagen der elektrisierten Linien der österr. Bundesbahnen.

Von Ministerialrat Ing. Hugo **Luithlen**, technischer Stellvertreter des Elektrisierungsdirektors.

(Schluß aus Heft 31, Seite 805.)

Die neuen Fahrleitungsanlagen weisen grundsätzlich dieselbe Schaltung auf wie die in E. u. M. 1925, Heft 19 beschriebenen Anlagen. Eine Neuerung ist diesbezüglich nur die Anordnung nicht-überbrückbarer Trennstellen bei den Anschlüssen an fremde Fahrleitungsnetze (so in Buchs und in Kufstein) und innerhalb des eigenen Netzes an einigen Stellen, die für die Auftrennung der Speisebereiche der einzelnen Kraftwerke in Betracht kommen, um an diesen Trennstellen Synchronisierungskurzschlüsse durch Lokomotivstromabnehmer zu verhindern. Die unüberbrückbaren Trennstellen sind mit Schaltern derart ausgestattet, daß ein Flottmachen einer unter der spannungslosen Schutzstrecke stehenden Lokomotive ohne Zusammenschalten der von einander getrennten Kraftwerksnetze möglich ist. Die Abb. 19 zeigt die Trennstelle bei Kufstein; im Vordergrunde ist die dort angewendete Fahrleitungsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, im Hintergrunde die Österreichische Einheitsfahrleitung zu sehen.

In den zweigleisigen Strecken sind die Fahrleitungen der beiden Gleise grundsätzlich schalttechnisch voneinander getrennt, so daß sich die Störung auf der einen Fahrleitung auf die andere nicht übertragen kann.

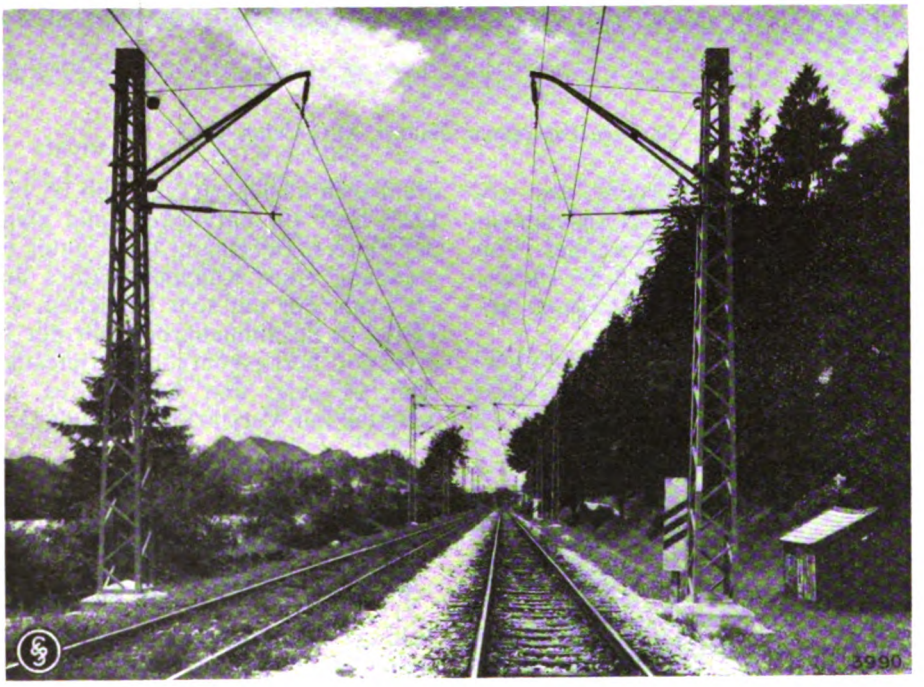


Abb. 19. Unüberbrückbare Trennstelle beim Bahnhof Kufstein (Ö. S. S. W.). Im Vordergrunde die Fahrleitungsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Die in E. u. M. 1925, Heft 19 beschriebene grundsätzliche Anordnung der Schalteinrichtungen, die Schaltersperren und Schaltzeiger haben sich im Betriebe so bewährt, daß sie auch beim Bau der neuen Strecken beibehalten wurden.

Dagegen wurde die Bauart der Streckentrenner und -Schalter selbst grundsätzlich geändert. Die neuen in Ladegleisen usw. zum Einbau gelangenden Streckentrenner (Abb. 20) weisen als Isolator einen Knüppel mit sechs Rippen auf. Die

Digitized by Google

neue Bauart zeichnet sich gegenüber der alten Bauart durch bedeutend geringeres Gewicht aus.

An Stelle der alten Schalter (vgl. E. u. M. 1925, Heft 19, Abb. 23) mit mehrfacher Isolation werden jetzt die in Abb. 34*a* und 34*b* dargestellten, mit Verwendung des Porzellankörpers des gewöhnlichen Knüppelisolators (Abb. 2 *a*) zusammengebauten einfachen Drehschalter verwendet. Von der mehrfachen Isolation konnte wegen der Durchschlagsicherheit des Knüppelisolators Abstand genommen werden. Eine durchgreifende Änderung erfuhr der Fahrleitungsbau dadurch, daß an Stelle der von den einzelnen Elektrizitätsfirmen ausgebildeten verschiedenen Systeme eine Einheitsbauart gewählt wurde. Diese wurde im Jahre 1925 aus der auf der Salzkammergutbahn von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken (und den Österr. Brown-Boveri-Werken) angewendeten, zuerst vom Berliner Mutterhause der erstgenannten Firma bei den Schwedischen Staatsbahnen eingeführten Bauart mit einfacher Isolation und drehbaren Auslegern (vgl. Abb. 38 bis 42 in E. u. M. 1925, Heft 19) entwickelt, und zwar über Antrag der Österr. Bergmann E. G. unter erstmaliger Anwendung eines Knüppelisolators besonderer Bauart (Abb. 2 *a*) mit sehr einfachen, von der gleichen Firma in Zusammenarbeit mit der Elektrisierungsdirektion herausgebrachten Befestigungsteilen. Die Abb. 21 zeigt den Aufbau des normalen Stützpunktes mit Verstärkungsleitung. Der untere Isolator trägt einerseits eine Rohrmuffe zur Aufnahme der Stützstrebe und andrerseits eine Gabel, in die ein am Befestigungsträger drehbar angeordnetes Zwischenstück derart eingreift, daß die Stützstrebe sowohl um eine lotrechte als auch um eine wagrechte Achse drehbar ist. Der Seitenhalter ist gelenkig mit der Rohrmuffe des Isolators verbunden. Der obere Isolator ist ebenso wie der die Verstärkungsleitung tragende Isolator ein normaler (auch bei den Übertragungsleitungen verwendeter) Hängeisolator. Die Abb. 22 zeigt übersichtlich die Vielartigkeit der Verwendung des Knüppelisolators; der Porzellankörper ist immer der

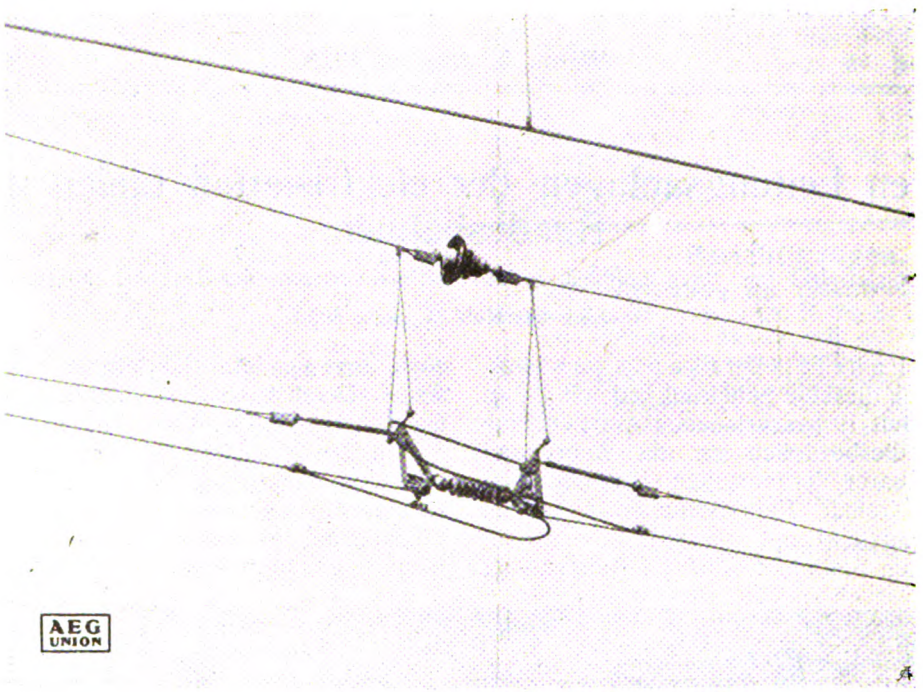


Abb. 20. Streckentrenner Bauart AEG-Union E. G.

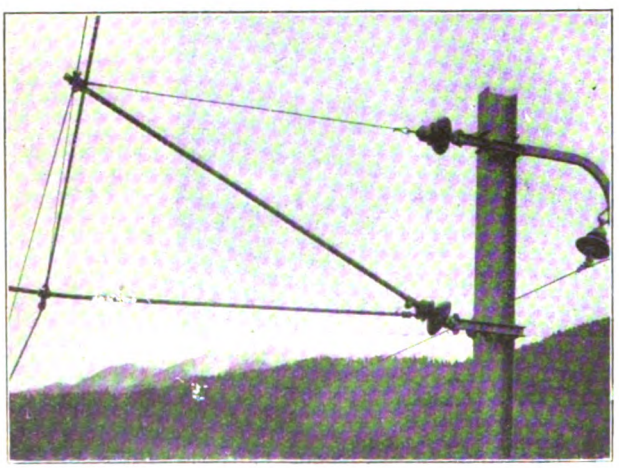


Abb. 21. Einheitsfahrleitung. Normaler Stützpunkt mit Verstärkungsleitung.

Abb. 22. Einheitsfahrleitung. Erste Ausführung. Zusammenstellung der verwendeten Isolatoren (Ö. B. E. G.).

Digitized by Google

gleiche. Bei der endgiltigen Ausarbeitung der Einheitsfahrleitung wurden einige Änderungen durchgeführt.

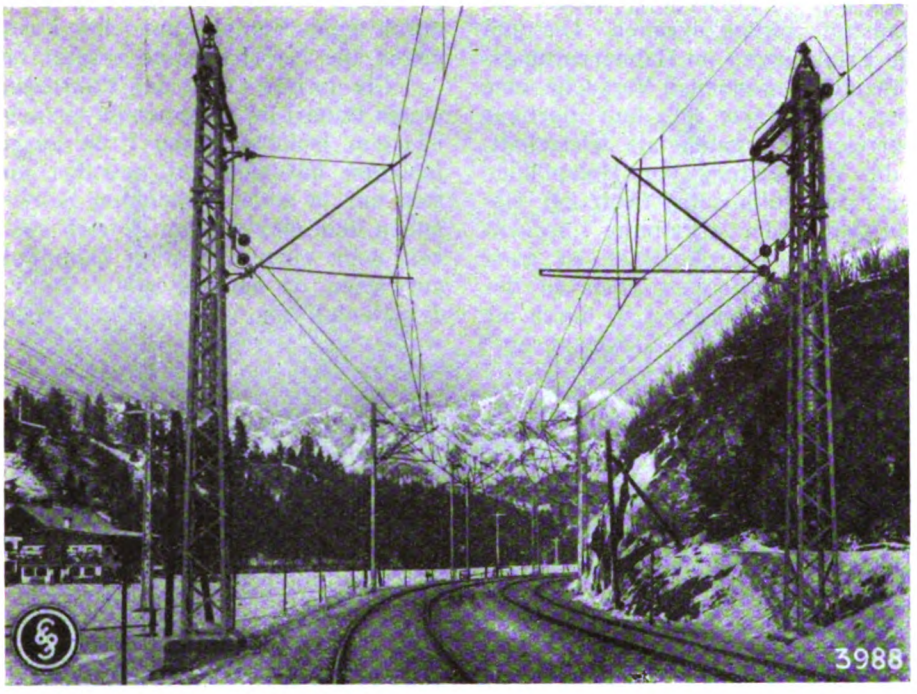


Abb. 23. Einheitsfahrleitung. Streckentrennung zwischen freier Strecke und Bahnhof (Baustrecke Kitzbühel—Wörgl der Ö. S. S. W.).

Neben der eigenartigen Verwendung des Knüppelisolators ist für die neue Fahrleitungsbauart die Verwendung eines leichten, in der freien Strecke größtenteils aus breitflanschigen Profilen 18 *a* bis 24 *a* bestehenden Gestänges charakteristisch. Dies wird durch die kleinen Züge in der Fahrleitungskette (je 600 kg im Tragseil und im 100 mm²-Fahrdrahte), die kleinen Spannweiten (Regelspannweite 60 m) und die geringe Systemhöhe ermöglicht, die, als Abstand des höchsten Tragseilpunktes vom Fahrdraht gemessen, in der freien Strecke 1·3 m und in den Bahnhöfen (wo das Tragseil fest abgespannt ist) 2·1 m beträgt. Die zuerst für die eingleisigen Strecken in Vorarlberg entwickelte Bauart wurde unter Mitarbeit der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, der AEG-Union E. G., der ELIN-A. G., der Österr. Bergmann E. G. und der Österr. Brown-Boveri-Werke für zweigleisige Strecken ausgestaltet. Es ergab sich die Notwendigkeit zu Neukonstruktionen, so zum Beispiel für die Abspannung der Fahrleitungen an den Bahnhofenden, wo durch entsprechende Führung der Streckenfahrdrähte im Verhältnis zu den Bahnhoffahrdrähten Trennstellen geschaffen werden müssen (Abb. 23).

Hinsichtlich der Aufstellung des Gestänges auf den neuen zweigleisigen Strecken ist zu erwähnen, daß zwecks Erhöhung der Sichtbarkeit der Signale, wo notwendig, „Sichtkeile" angeordnet wurden. Als Baustoff für das Gestänge wurde und wird nur mehr Eisen verwendet; das früher auf einzelnen Teilstrecken zur Anwendung gelangte Holzgestänge hat sich wegen des Schwindens und Verdrehens des Holzes nicht bewährt. Ferner ist dem Holzmast bei der neuen Leitungsbauart in dem hier weitgehend verwendbaren

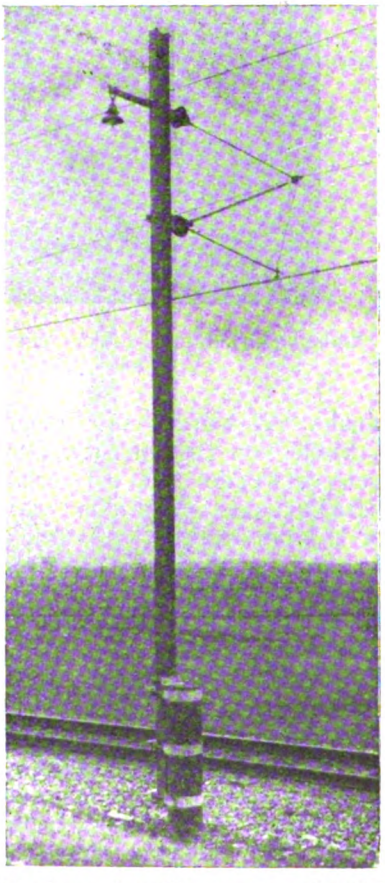


Abb. 24. Gründung eines Eisenmastes durch Befestigung an einem Holzpfahl. (Baustrecke Feldkirch—Buchs der Ö. B. E. G.)

Digitized by Google

Doppel-T-Träger ein scharfer Konkurrent erwachsen. Nur in einem besonderen Falle, bei einer Reihe von Masten auf der Teilstrecke Feldkirch—Buchs war es notwendig, wieder auf das Holz als Baustoff zurückzugreifen. Die mit Rücksicht auf die Erfahrungen im Bahnerhaltungsdienste schon frühzeitig begonnenen Versuche, eine sichere Gründung der Maste in dem dortigen Moorboden zu erreichen, ergaben als wirtschaftlichste Lösung die Verwendung von Holzpfählen mit angeschellten Eisenprofilmasten (Abb. 24). Der 4 bis 5 m tief in den Boden gerammte Lärchenpfahl von 35 bis 45 cm Durchmesser ist trotz seiner vorzüglichen Beschaffenheit noch an der Übergangsstelle vom Erdboden zur Luft durch ein besonderes Verfahren (Cobra-Impfstichverfahren)[3]) gegen Fäulnis geschützt worden.

dete Doppelausleger (Abb. 42 in E. u. M. 1925, H. 19) wurde in geraden und schwach geneigten Strecken beibehalten, in kurvenreichen und mit größerem Gefälle verlaufenden Strecken aber durch eine Verankerung des Festpunktauslegers gegen die Nachbarmaste ersetzt (siehe Abb. 17).

Die Isolation der Fahrleitung ist bei der neuen Bauart im allgemeinen einfach, das heißt mit einem Isolator gegen Erde ausgestattet. Diese Isolation hat sich gut bewährt und es ergaben sich nur in jenen Bahnhöfen Schwierigkeiten, die neben dem elektrischen Betrieb in der Übergangszeit noch einen lebhaften Dampflokomotivbetrieb aufwiesen, da bei den in der Rauchfahne hängenden Isolatoren gewöhnlicher Bauart (Abb. 2 *a*) wegen der Verrußung öfters Überschläge eintraten, bei welchen manchmal auch das Längstrag-

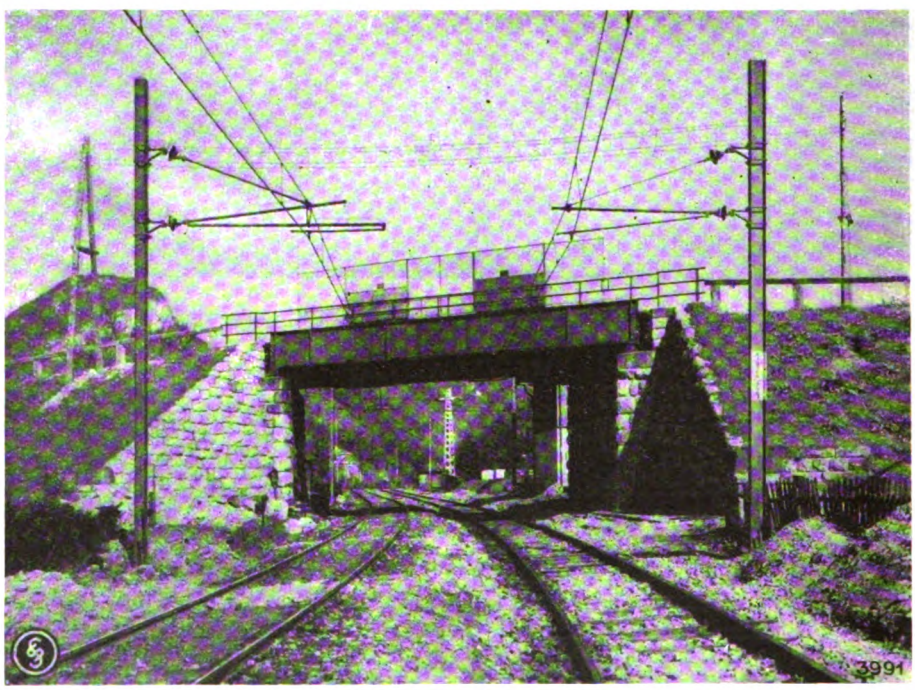


Abb. 25. Einheitsfahrleitung. Links ein Mast aus Straßenbahnschienen. Schutznetz mit Blechtafeln an der Brücke (Baustrecke Kitzbühel — Wörgl der Ö. S. S. W.).

Im Baujahr 1927 wurden aus Ersparungsrücksichten an Stelle von Profilmasten alte Straßenbahnschienen verwendet, die zu verhältnismäßig günstigen Bedingungen erhältlich waren (siehe linker Mast in Abb. 25). Ferner wurden seit 1927 dadurch Ersparnisse am Gestänge erzielt, daß bei den Abspannungen auf freier Strecke an Stelle der bis dahin üblich gewesenen Quadratabspannmaste verankerte Profilmaste (Abb. 26 *a*, *b*) für die Aufnahme der Abspannzüge bzw. für die Anbringung der Gewichte verwendet werden.

Für die auf der Innenseite von Bogen stehenden Maste wurde statt des teuren gebogenen Rohres, wie es auf der Salzkammergutbahn verwendet worden war (siehe Abb. 41 in E. u. M. 1925, Heft 19), der einfache Hilfsausleger (vgl. Abb. 26 *a* linker Mast) eingeführt. Der beim Festpunkt schon auf der Salzkammergutlinie verwen-

[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 521; 1928, H. 18, S. 399.

seil durch den Lichtbogen angegriffen wurde. Diesem Übelstande wurde durch die Anbringung von Isolatoren mit zwei Schirmen („Doppelschirmisolatoren") also unter Aufrechterhaltung der „einfachen Isolation" Abhilfe geschaffen (siehe Abb. 27). Nur in Bahnhöfen, in welchen der Dampfbetrieb voraussichtlich noch sehr lange dauern wird, so in Bregenz und Bischofshofen, wurde bei der in der Rauchfahne der Lokomotive befindlichen Hängeisolation ein zweiter Isolator eingebaut. Der früher erwähnte Doppelschirmisolator weist eine bedeutend größere Überschlagspannung (83 kV gegen 53 kV) als der gewöhnliche Hänger auf. Der Doppelschirmisolator findet auch in Tunnels Anwendung, wenn ein längerer gemischter Dampf- und elektrischer Betrieb ermöglicht werden soll (siehe Abb. 28, 29). Diese Tunnelisolation hat sich bei gemischtem Betriebe in einem im Bogen und in starker Neigung liegenden

Digitized by Google

Tunnel, also bei starkem Auspuff der Dampflokomotive und dementsprechend starker Verrauchung, gut bewährt.

Vordergrunde stehenden Maste sind vier Fahrleitungsketten an einem Isolator aufgestützt bzw. aufgehängt.

Abb. 26 *a*. Einheitsfahrleitung. Abspannung auf freier Strecke (Baustrecke St. Johann—Kitzbühel der Elin-A. G.).

In Tunnels, die nicht im gemischten Betriebe elektrisch befahren werden sollen, kommt der einschirmige Isolator zur Verwendung (Abb. 30).

Die Aufhängung der Fahrleitungsketten der Bahnhofausrüstung erfolgt im allgemeinen an Querseilen und zwar werden je zwei

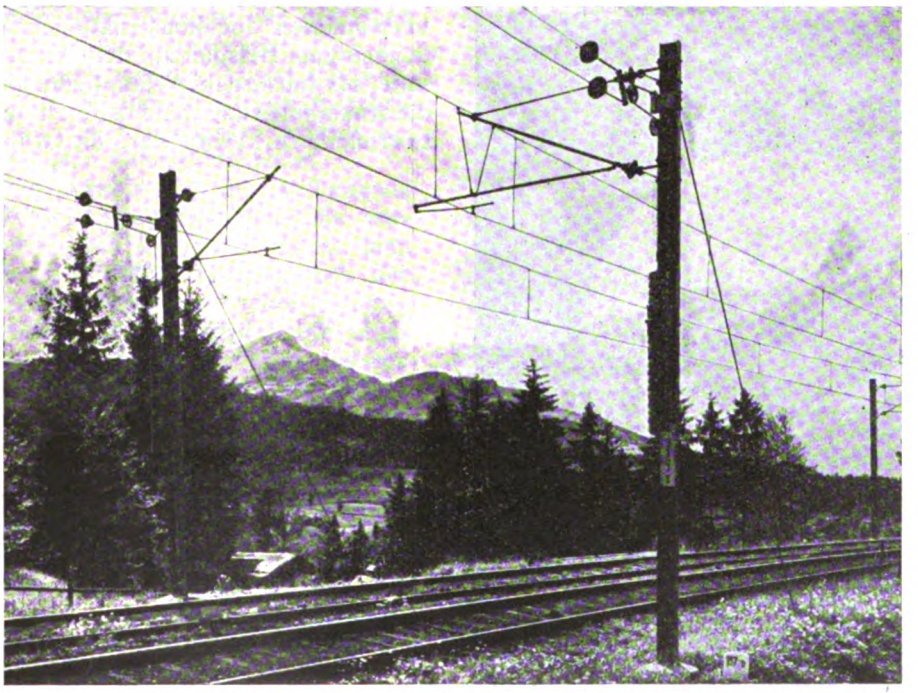


Abb. 26 *b*. Einheitsfahrleitung. Abspannung auf freier Strecke (Baustrecke St. Johann—Kitzbühel der Elin-A. G.).

Wie kräftig der bei der Einheitsbauart verwendete Isolator gebaut und wie anpassungsfähig das System ist, zeigt die Abb. 31. Bei dem im

meistens die ganze Bahnhofbreite überspannende Querseile verwendet. Für diese Seile wird verzinkter Stahl von 100 kg/mm² Bruchfestigkeit

Digitized by Google

oder — in Bahnhöfen mit voraussichtlich lang andauerndem Dampfbetrieb — Bronze mit einer Festigkeit von 65 bis 70 kg/mm² verwendet. Die Querseilaufhängung ist nicht nur in den meisten Fällen ökonomisch, sondern auch stets von Betriebsstandpunkte wegen der großen Durchsich-

Abb. 27. Einheitsfahrleitung. Bahnhof mit Querseilaufhängung und Doppelschirmisolatoren (Baustrecke Hochfilzen — St. Johann der Ö. B. B. W.).

Abb. 28. Einheitsfahrleitung. Tunnelausrüstung (zweigleisiger Tunnel) mit Doppelschirmisolatoren (Baustrecke Kitzbühel — Wörgl der Ö. S. S. W.).

tigkeit der Station insbesondere vom Standpunkte der Signalwahrnehmung vorteilhaft (Abb. 27). In manchen Fällen mußte allerdings zu den früher verwendeten Jochkonstruktionen gegriffen werden, so zum Beispiel auf dem Viadukte an der Ostseite des Innsbrucker Hauptbahnhofes (Abb. 32), um die Anklammerung der Maste an der Viaduktmauer zu erleichtern. Ferner wäre die Gründung von Quer-

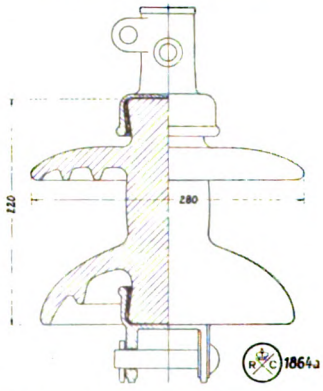


Abb. 29. Doppelschirmisolator für Tunnels.

seilmasten mit ihren hohen Spitzenzügen in einigen Bahnhöfen der Vorarlberger Linien und im Bahnhofe St. Johann in Tirol wegen der außerordentlich ungünstigen Bodenverhältnisse sehr schwierig und kostspielig gewesen. Bei dem letztgenannten Bahnhofe (Abb. 33 und 34*a*) wurde auch die Belastung der Maste durch die sonst quer über die Bahnhöfe abgespannten Schalterleitungen vermie-

Digitized by Google

den, und es wurden diese Leitungen als Kabel geführt. (Es sei hier eingeschaltet, daß nach den mit

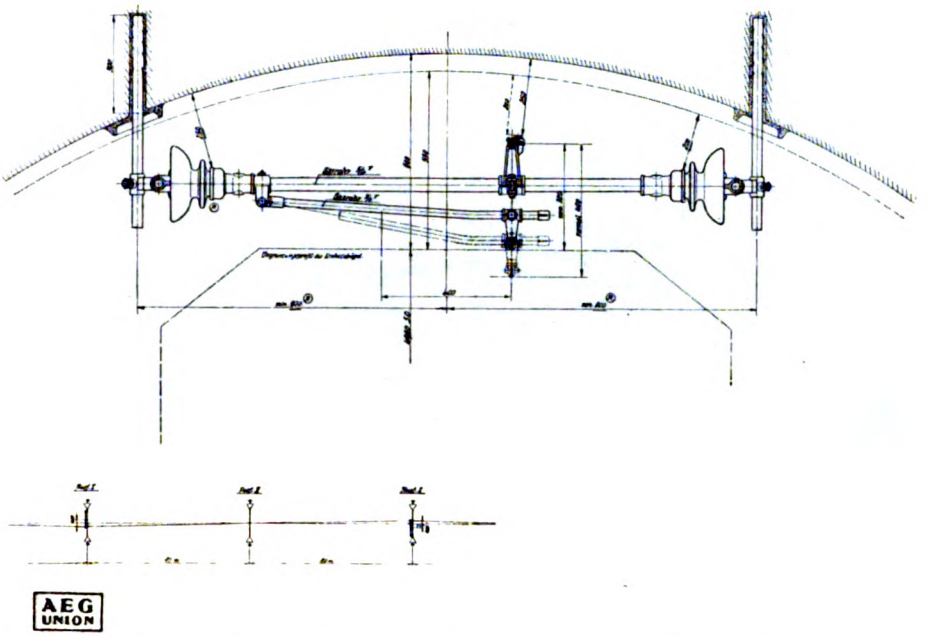


Abb. 30. Einheitsfahrleitung. Tunnelausrüstung im eingleisigen Tunnel (Baustrecke Schwarzach-St. Veit — Bruck-Fusch der AEG-Union E. G.).

den 15 kV-Kabeln gemachten günstigen Erfahrungen die früher gehegte Scheu vor der Einschaltung verhältnismäßig kurzer Kabelstücke in die 15 kV-Freileitungen ohne Anordnung eines Überspannungsschutzes geschwunden ist.) Bei der Ausrüstung des Bahnhofes St. Johann wurden zum erstenmal Richtseile (unter Jochen) zur seitlichen Festlegung des Fahrdrahtes verwendet, was gegenüber der früher verwendeten Bauart mit Auslegerstützen den Vorteil einer leichteren Anarbeitung der Joche und einer größeren Freiheit bei Querverschiebungen der Fahrdrähte bietet.

Einige Schwierigkeiten für die Aufhängung der Fahrleitungsketten bieten manchmal die vorhandenen Überbrückungen der Bahn. Es ist dann oft notwendig (Abb. 35), das Tragseil bei der Brücke zu unterbrechen und durch eine isolierte, an der Brückenkonstruktion angebrachte Zugstange zu ersetzen. Bei sehr tiefer Lage müssen zum Schutze gegen das Anheben des Fahrdrahtes gegen die Brückenunterkante Gleitkufen angeordnet werden, wie sie in Abb. 36 dargestellt sind. In den Tunnels konnte bei der Einheitsfahrleitung eine bedeutend vereinfachte Aufhängung der Fahrleitungskette angewendet werden. (Vgl. Abb. 28 und 30 dieses Aufsatzes mit den Abb. 36 und 36*a* in E. u. M. 1925, Heft 19.) Bei der zweigleisigen Ausführung sind die drehbaren Ausleger jeder Gleisausrüstung (voneinander unabhängig) an einfachen Stützen befestigt. In eingleisigen Tunnels (Abb. 30) wird die einfache Konstruktion von einbetonierten Eisenbolzen getragen; das Tragseil ist fest verankert und nur der Fahrdraht nachspannbar.

Als erwähnenswert erscheint auch die Anordnung der Fahrleitung bei der Kreuzung mit der Lokalbahn Innsbruck—Hall in Tirol, deren Fahrleitung 1000 V Gleichstrom führt. Da eine

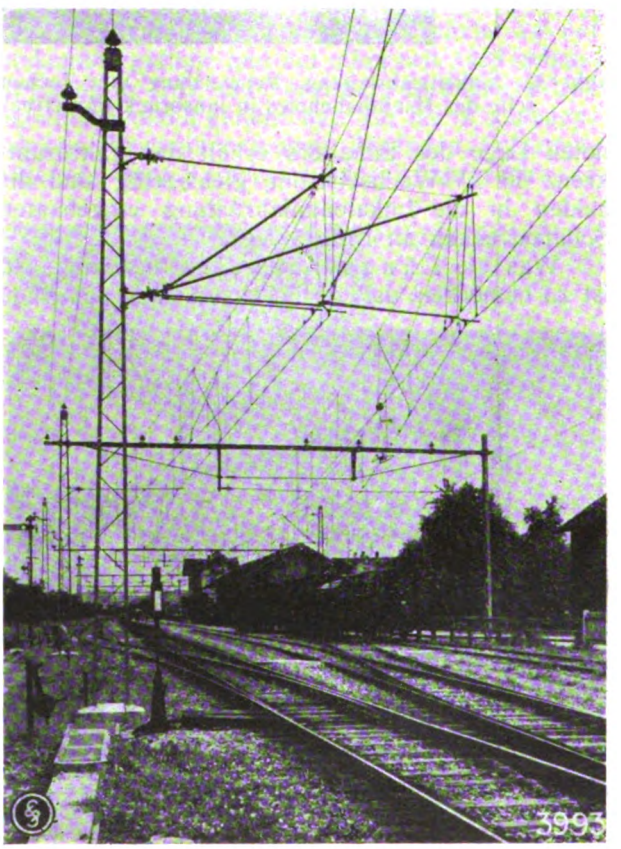


Abb. 31. Einheitsfahrleitung. Aufhängung von vier Fahrleitungsketten an einem Stützpunkt (Baustrecke Feldkirch — Bregenz der Ö. S. S. W.).

ausführliche Beschreibung dieser Anlage in der Zeitschrift bereits erschienen ist[4]), soll nur kurz

[4]) Siehe E. u. M. 1927, Heft 28.

Digitized by Google

an Hand des Schaltungsschaubildes (Abb. 37) erwähnt werden, daß für die beiden einander überquerenden Fahrleitungssysteme ein gemeinsames Fahrdrahtkreuz geschaffen wurde, das wahlweise mit 15 kV-Wechselstrom bzw. 1000 V Gleichstrom beschickt werden kann. Bei der im Bild gezeichneten Lage des Schalters erhält das Fahrdrahtkreuz 15 kV-Wechselstrom, gleichzeitig sind die beiden in die Lokalbahnfahrleitung eingebauten Schutzstrecken an Erde gelegt.

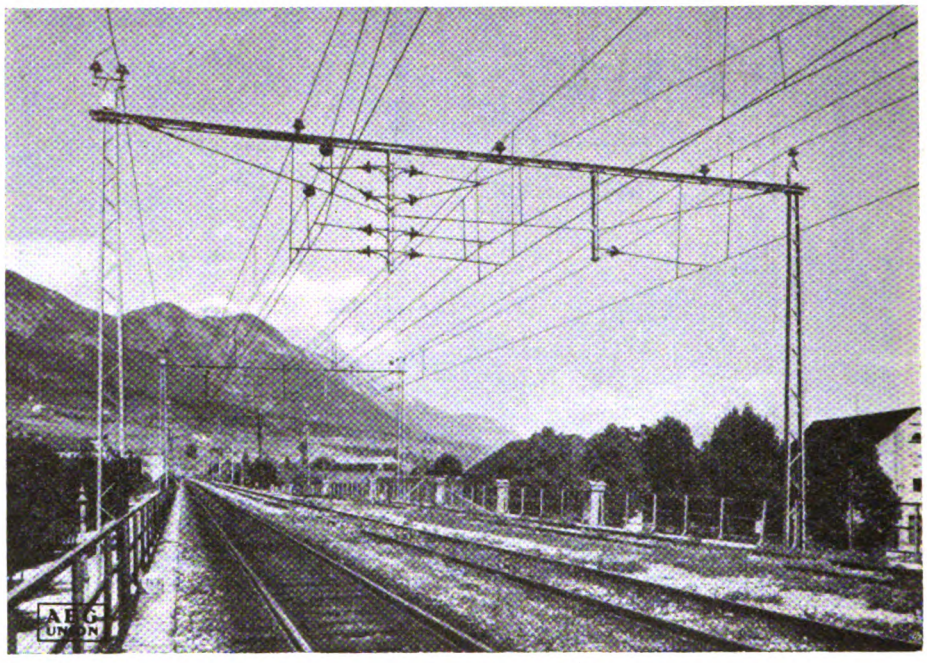


Abb. 32. Einheitsfahrleitung. Verwendung von Jochen auf der Viaduktstrecke. Streckentrennung auf der Ostseite des Hauptbahnhofes in Innsbruck (Baustrecke Innsbruck — Terfens-Weer der AEG-Union E. G.).

Was die Längstragseile anbelangt, so ist zu bemerken, daß sie im allgemeinen aus Stahl

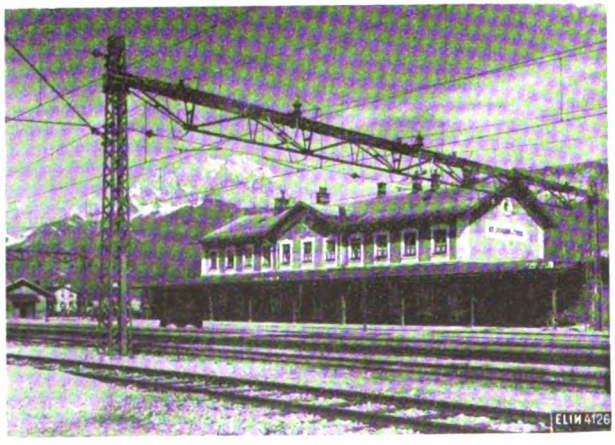


Abb. 33. Bahnhof St. Johann i. T. Verwendung von Jochkonstruktionen wegen ungünstiger Gründungsverhältnisse (Baustrecke St. Johann—Kitzbühel der Elin A. G.).

mit 70 kg/mm² Festigkeit bestehen. Der Querschnitt ist in den Bahnhöfen 50 mm², in der freien Strecke 35 mm². Der größere Querschnitt in den Bahnhöfen erklärt sich aus dem Umstande, daß dort die Tragseile (im Gegensatze zur freien Strecke) nicht selbsttätig nachspannbar, sondern fest verankert sind. An Stellen mit Gefahr besonderer chemischer Angriffe (Verrauchung, Abgase von Fabriken und dgl.) sind die Längstragseile entweder mit einem Schutzanstriche versehen oder aus rostfreiem Material (Bronze oder Kupferpanzerstahl) hergestellt.

Für die Fahrdrahthänger wird durchwegs ein geschmeidiges 10 mm²-Silizium-Bronzeseil (49 × × 0·51 mm) mit 50 kg/mm² Bruchfestigkeit verwendet.

Der Fahrdraht (100 und 65 mm²) weist so wie bei den älteren Anlagen die Achterform auf. Die Verlegung erfolgt im Gegensatze zur früheren Zeit in einem einheitlichen Zickzack (von höchstens 2 × 45 cm), da der früher bei gedrückter Fahrdrahtlage wegen des eigenen schmäleren Tunnelstromabnehmers notwendige kleinere Zickzack entfallen kann, nachdem es gelungen ist, auch den Arlbergtunnel für die Befahrung mit dem „Einheitsbügel" einzurichten. Der Wegfall des Tunnelstromabnehmers äußert sich auch dadurch günstig, daß die dynamischen Einwirkungen der Stromabnehmer auf die Fahrleitung verringert werden.

Eine noch nicht genügend geklärte Frage ist, ob und welche Schutzvorkehrungen gegen Überspannungen in der Fahrleitung anzuordnen sind. In einzelnen Teilstrecken der Tiroler und Vorarlberger Linien wurden besondere Überspannungsschutzvorrichtungen, wie Hörner mit Ölwiderständen und Ableiter der Bauart Bendmann eingebaut, in anderen Teilstrecken gab man sich mit den in den Unterwerken angeordneten Blitzschutzvorrichtungen zufrieden. Ein Unterschied bei den in den verschiedenen Teilstrecken aufgetretenen Überspannungserscheinungen konnte bisher nicht festgestellt werden. Dagegen wurde auf der sehr gewitterreichen Salz-

Digitized by Google

kammergutbahn, die keine Unterwerke, wohl aber in der Mitte der 107 km langen Strecke ein mit

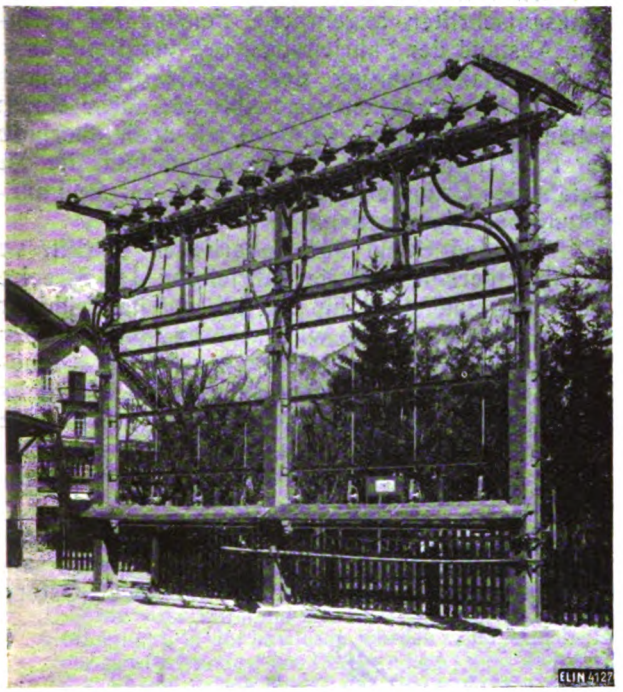


Abb. 34 *a*. Bahnhof St. Johann i. T. Schaltgerüst mit Kabelanschlüssen (Baustrecke St. Johann — Kitzbühel der Elin-A. G.).

Blitzschutz ausgestattetes Schalthaus besitzt, die Notwendigkeit der Anordnung von eigenen Überspannungsschutzvorrichtungen festgestellt. Die dortige Betriebsdienststelle gibt der Bauart Bendmann den Vorzug.

Die aus Sicherheitsrücksichten so wichtigen Bestimmungen über die Ausführung der Schutzerdungen wurden weiter ausgebaut, und es wurden, um eine Gleichmäßigkeit in der Ausführung zu erreichen, alle vorkommenden Fälle von Schutzerdungen einzeln behandelt, zum Beispiel bei Jochständern, Querseilmasten, bei Schaltgerüsten, bei Beleuchtungs- oder Signalmasten, bei Stellwerken und Schranken, bei Schiebebühnen usw. Im allgemeinen wird für die Erdungsverbindungen zu den Fahrschienen gut verzinkter Eisendraht von 8 mm Durchmesser verwendet, der an den Anschlußstellen zu einem Auge geformt und mit einer $^5/_8$″-Schraube befestigt wird. Diese kräftige Ausführung ist der bei den Oberbauarbeiten auftretenden rauhen Behandlung am ehesten gewachsen. An einzelnen, eines besonderen Schutzes bedürftigen und einer Überprüfung leichter zugänglichen Stellen, wie bei den in Bahnhöfen stehenden Masten und dgl. erfolgt die Erdung mit 35 mm² Kupferseil, das an den Anschlußstellen mit der praktischen, von der Österr. Bergmann E. G. ausgebildeten Erdungsklemme befestigt wird. Der Erdung der einzelnen Maste kommt eine umso größere Bedeutung zu, als von der Anordnung

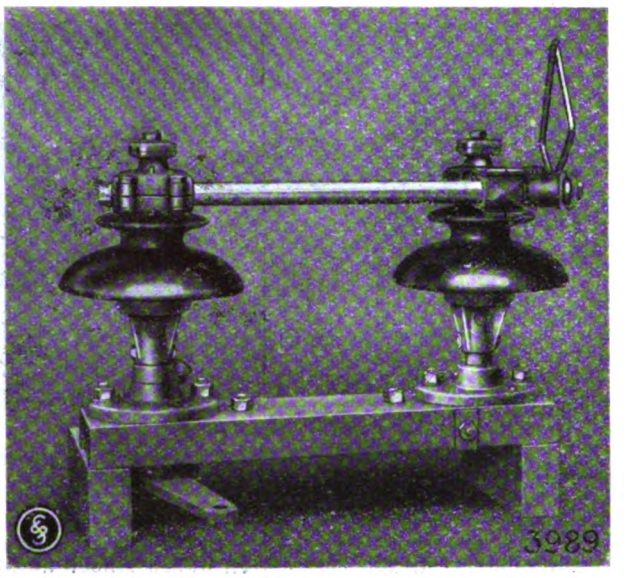


Abb. 34 *b*. Drehschalter (Bauart Ö. S. S. W.).

eines durchlaufenden Erdseiles an den Mastspitzen Abstand genommen wurde.

Schienenlängsverbinder werden nicht mehr ausgeführt, da das Fehlen dieser Verbinder auf der Salzkammergutlinie und auf allen seit 1925 gebauten Linien in Tirol und Vorarlberg zu keinerlei Unzukömmlichkeiten geführt hat. Nur die in schienengleichen Straßenkreuzungen liegenden Schienenstöße sind (mit Kupferverbindern) überbrückt; an

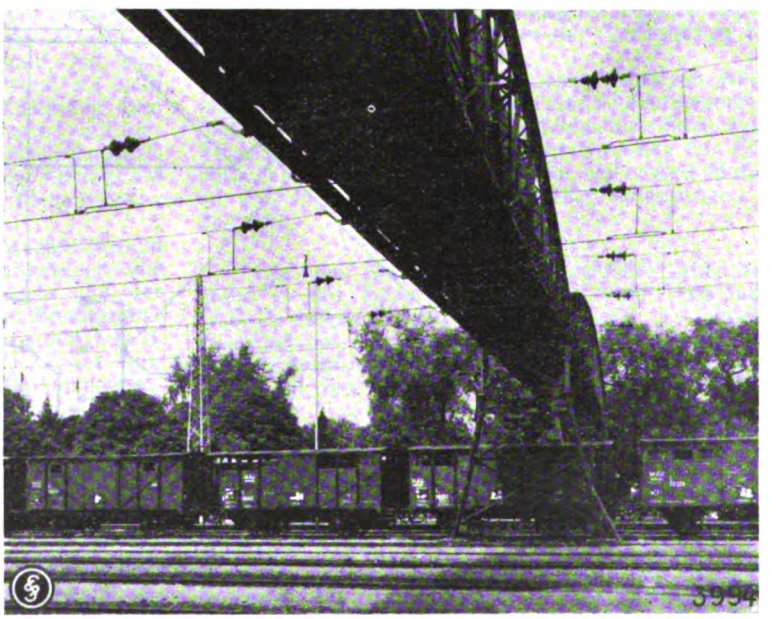


Abb. 35. Bahnhof Bregenz. Anordnung der Fahrleitung unter einem Übergangssteg (Baustrecke Feldkirch — Bregenz der Ö. S. S. W.).

diesen Stellen sind auch alle Schienen durch Querverbindungen (aus Kupfer) miteinander verbunden. Solche Querverbindungen sind auch in den Bahnhöfen (in großen zweifach) über die ganze Breite

Digitized by Google

durchgezogen und mit jeder Fahrschiene verbunden. Von der früher üblich gewesenen Erdung der

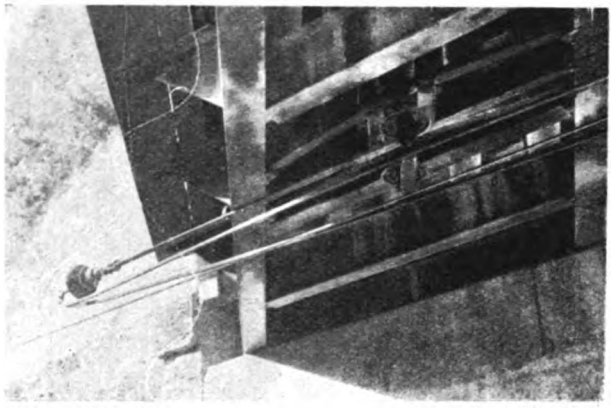


Abb. 36. Anordnung der Fahrleitung unter einer Überfahrtsbrücke (Baustrecke Bludenz — Feldkirch der Ö. B. E. G.).

Fahrschienen in den Bahnhöfen durch Anschluß an eigene Erdnetze wurde zwecks Verhinderung des Entstehens verschiedener „Erden" mit der Gefahr von Potentialdifferenzen Abstand genommen.

Den Schutzmaßnahmen gegen das Berühren spannungsführender Teile wurde erhöhte Aufmerksamtkeit zugewendet. So wurden auf den Dächern von Magazinen usw. Abweiser mit Warnungsaufschriften angebracht, Fenster bei geringem Abstand der Fahrleitungskette vergittert usw. Die Normalausführung der Schutzvorkehrungen bei Überfahrtsbrücken zeigt Abb. 25; außer einem hohen engmaschigen Gitter sind noch oberhalb der Fahrleitungsketten Bleche angeordnet, die die Gefahr des Urinierens von Menschen auf die Fahrleitung beseitigen sollen.

Was den Stand der Bauarbeiten betrifft, so ist zu bemerken, daß die Fahrleitung der Strecke Salzburg—Saalfelden im Bau ist und im Frühjahr 1929 betriebsfertig sein wird, während die Strecken Saalfelden — Wörgl und Kufstein — Wörgl — Innsbruck ebenso wie die Strecke Innsbruck—Buchs bzw. Bregenz im elektrischen Betriebe stehen. Die Brennerlinie ist fertig ausgerüstet und wird im Herbst 1928 dem elektrischen Betriebe übergeben werden.

An der Ausführung der Fahr-Leitungsanlagen waren und sind folgende Elektrizitätsfirmen als Hauptlieferer beteiligt: A. E. G.-Union E. G., Österr. Bergmann E. G., Österr. Brown-Boveri-Werke, ELIN-A. G. für elektrische Industrie, Österr. Siemens-Schuckert-Werke.

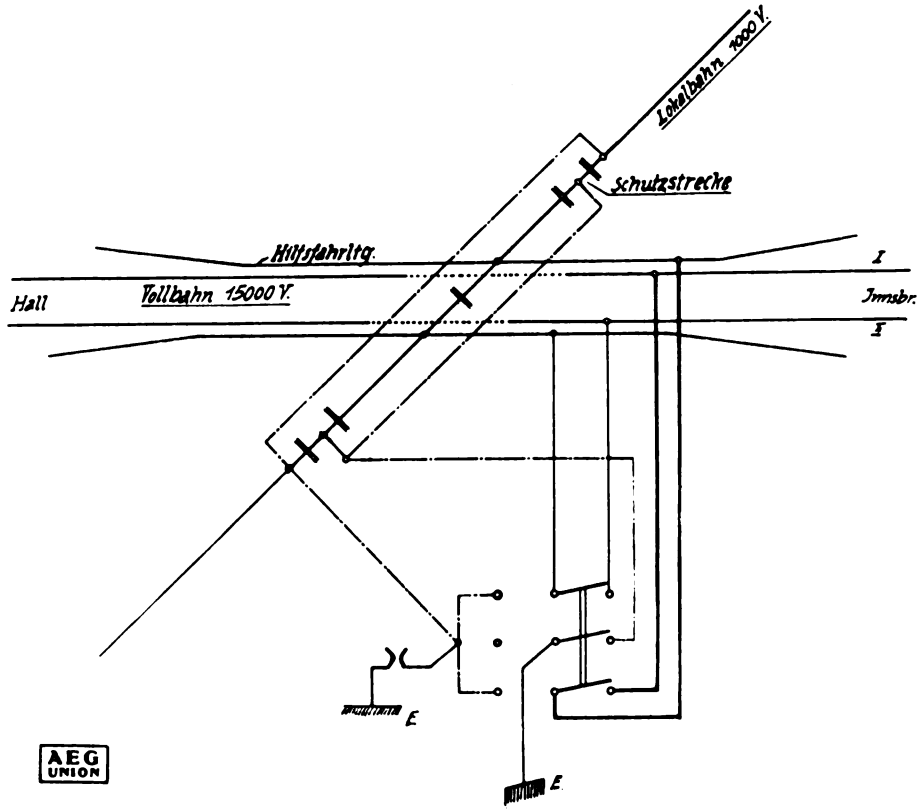


Abb. 37. Kreuzung mit der Haller Lokalbahn (1000 V) (Baustrecke Innsbruck—Terfens-Weer der AEG-Union E. G.).

Digitized by Google

Zur Frage der Elektrisierung der Strecke Wien—Salzburg der Ö. B. B.

Der Beschluß des Vorstandes der Ö. B. B., nach Beendigung der jetzt im Bau befindlichen Elektrisierung der Strecke westlich von Salzburg mit der Fortsetzung der Elektrisierung auf der Anschlußstrecke bis Wien innezuhalten, hat bekanntlich allerseits größtes Befremden hervorgerufen. Die Stellungnahme der hievon in erster Linie betroffenen Elektroindustrie drückte sich einerseits in dem Vortrage des Vorsitzenden des Direktoriums der AEG-Union El.-Ges., Baurat Dr. Seefehlner[1]), andererseits in der Erstattung eines Kostenvoranschlages der vier Elektro-Großfirmen AEG-Union El.-Ges., „Elin" A.-G. f. el. Ind., Österr. Brown-Boveri-Werke A.-G., Österr. Siemens-Schuckert-Werke A.-G. aus, die dem Bundesministerium für Handel und Verkehr im November v. J. ein verbindliches Angebot auf Durchführung der Elektrisierung der 314 km langen Strecke Wien—Salzburg mit einem Gesamtbetrage von 150 Mill. S vorgelegt haben. Gegen diese beiden Äußerungen der Elektroindustrie, an welche sich die Meinungen zahlreicher öffentlicher und fachlicher Körperschaften, wie der Handels- und Gewerbekammer Wien, des Industriellenverbandes, des Ingenieur- und Architekten-Vereines, des Landesverbandes für Fremdenverkehr, des Verbandes der österreichischen Lokalbahnen und Kleinbahnen u. a. m. anschlossen, wurde vom Vorstand der Ö. B. B. eine Entgegnung veröffentlicht, in der bewiesen werden sollte, daß die Berechnungen im Vortrag von Dr. Seefehlner und die Zahlen des Kostenvoranschlages der Elektrofirmen teils unrichtig, teils nicht erschöpfend seien; die Ö. B. B. wären somit genötigt, auf ihrem Standpunkte zu beharren, daß bei den gegenwärtigen Anleiheverhältnissen, Strom- und Kohlenkosten die Fortsetzung der Elektrisierung die finanzielle Lage der Ö. B. B. in unerträglicher Weise belasten würde, so daß trotz aller sonstigen Vorteile der elektrischen Zugsförderung die Elektrisierung Salzburg—Wien unterbleiben müsse. Die aus der Anleihe den Ö. B. B. zugewiesenen Gelder seien zweckmäßiger zur Ausgestaltung von Bahnhofsanlagen, für den Umbau von Brücken, für Verstärkung des Oberbaues und Anschaffung von neuen Fahrbetriebsmitteln zu verwenden.

Da nun Meinung gegen Meinung stand, hat sich der Nationalrat mit dieser Frage befaßt und sie dem Verkehrsausschuß überwiesen, der in der Sitzung vom 1. November den Nationalrat Eduard Heinl mit der Vorlage eines Berichtes beauftragt hat. Durch Nationalrat Streeruwitz wurde außerdem ein Antrag auf Ermittlung der Kosten der bisherigen Elektrisierung gestellt.

Der in dem Verkehrsausschuß vorgebrachte Bericht des Nationalrates Heinl stützte sich, abgesehen von den beiden Äußerungen der Elektroindustrie und der Ö. B. B., auf eine Überprüfung, welche das Bundesministerium für Handel und Verkehr an der Studie der Ö. B. B. vorgenommen hat. Das Ministerium kam zu der Auffassung, daß die Ö. B. B. zum Teil irrige Annahmen gemacht und zum Teil die ganze Frage zu pessimistisch betrachtet haben, da nach der Berechnung des Ministeriums die Wirtschaftlichkeit der Elektrisierung gegeben erscheint.

In den sich an den Bericht Heinl knüpfenden Verhandlungen wurden seitens der Nationalräte Dr. Grailer und Dr. Ellenbogen nicht nur die Berechnungen der Bundesbahnen als solche, sondern auch die Art der Betriebsführung und der Verrechnung des elektrischen Betriebes angegriffen und insbesondere die Behandlung der Fragen der Kohlenpreise, der Strombeschaffung und der Bewertung der durch die Elektrisierung freiwerdenden Dampflokomotiven bemängelt. Abgesehen von Nationalrat Streeruwitz und Bundesminister für Finanzen Dr. Kienböck waren sämtliche Redner einschließlich des Bundesministers für Handel und Verkehr, Dr. Schürff, für eine Fortsetzung der Elektrisierung, wobei die Meinung geäußert wurde, daß, falls andere Strecken als Salzburg—Wien aussichtsreicher wären, eventuell auf diesen die Elektrisierung fortzusetzen wäre. Es wurden die Südbahnstrecke Wien—Graz und die nähere Umgebung der Stadt Wien genannt. In den Sitzungen des Verkehrsausschusses kamen auch die Direktoren der Ö. B. B., Dr. Maschat und Ing. Taussig, zum Wort. Als Ergebnis der Ausschußsitzung wurde der Antrag des Nationalrates Heinl einstimmig angenommen, daß die Regierung durch ein Sachverständigenkollegium aus vier Professoren der Wiener Technischen Hochschule und aus vier unabhängigen Sachverständigen die ganze Frage nochmals prüfen lasse; das Gutachten dieses Kollegiums solle dem Verkehrsausschuß vorgelegt werden.

Die Regierung hat nun in Ausführung dieses Beschlusses folgende Herren in das Kollegium berufen:

Oberbaurat Ing. Robert Findeis, o. ö. Prof. für Eisenbahnbau und -betrieb an der Technischen Hochschule Wien.

Oberbaurat Ing. Moriz Gerbel, behördl. aut. und beeid. Ziviling. für Maschinenbau und Elektrotechnik.

Oberbaurat Ing. Dr. Leopold Oerley, o. ö. Prof. für Straßen-, Eisenbahn- und Tunnelbau, Rektor der Technischen Hochschule Wien.

Minister a. D. Dr. Richard Reisch, Präsident der Österr. Nationalbank, Prof. für politische Ökonomie an der Universität Wien.

Sektionschef a. D. Ing. Johann Rihosek, Honorardozent für Lokomotivbau an der Technischen Hochschule Wien.

Ministerialrat a. D. Ing. Karl Schäffer, ehem. Vorstand des Departements für Zugsförderungsdienst im Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Sektionschef a. D. Ing. Eduard Scheichl, ehem. Vorstand des Departements für Starkstromtechnik im Bundesministerium für Handel und Verkehr.

Dr. Ing. Engelbert Wist, o. ö. Prof. für elektrische Kraftbetriebe und Bahnen, Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie an der Technischen Hochschule Wien.

Das Gutachten dieser Sachverständigen ist nunmehr als Broschüre im Buchhandel erschienen[2]) und bietet, abgesehen von dem großen Interesse, das der Frage der Elektrisierung weiterer Strecken der Ö. B. B. entgegengebracht wird, eine Fülle wertvollen Materials, so daß hier auf den Inhalt näher eingegangen werden soll.

Die den Sachverständigen gestellte Aufgabe bestand in der Beantwortung eines vom Vorstand der Ö. B. B. aufgestellten Fragebogens. Da jedoch der Beschluß des Verkehrsausschusses auf Überprüfung des gesamten Materials lautete, glaubten die Sachverständigen, im Interesse der Sache zu handeln, wenn sie über den eng gesteckten Rahmen des Fragebogens hinausgehend auch die grundlegende Frage der Rentabilität der Elektrisierung auf der Strecke Wien—Salzburg bearbeiteten, da sich der Fragebogen im wesentlichen nur mit Einzelermittlungen für die Aufstellung der Vergleichsrechnung des Dampf- und elektrischen Betriebes befaßt.

Das Gutachten zerfällt somit in die Beantwortung des Fragebogens, in die Aufstellung einer Kapitals- und Vergleichsrechnung, einer besonderen Behandlung der ziffernmäßig schwer erfaßbaren Vor- und Nachteile, sowie in Einzelberichte zur Begründung der Antworten und aufgestellten Berechnungen. Während

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1029.

[2]) Gutachten über die Elektrifizierung der Strecke Wien—Salzburg erstattet an den Herrn Bundesminister für Handel und Verkehr von dem hiezu bestellten Sachverständigenkollegium. Verlag J. Springer, Wien, Juni 1928. Preis S 4·30.

Digitized by Google

man sich im allgemeinen an die veröffentlichten und besonders eingeforderten Angaben der Ö. B. B. gehalten hat, soweit diese für richtig befunden wurden, kommen in den Einzelberichten auch Erfahrungen zur Geltung, welche durch die einzelnen Sachverständigen aus anderen elektrischen Bahnbetrieben geschöpft wurden. Während die Ö. B. B. sich in ihrer Studie auf einen Vergleich beider Betriebsarten auf der in Frage stehenden Teilstrecke beschränkten, glaubten die Sachverständigen, die Rückwirkungen nach Möglichkeit miterfassen zu sollen, die sich aus der Elektrisierung Wien—Salzburg auf das Gesamtnetz der Ö. B. B. ergeben.

Das Problem ist so gestellt, daß ein künftiger elektrischer Betrieb mit einem künftigen Dampfbetrieb zu vergleichen ist. Bei beiden Betriebsarten muß ein gegenüber dem Jahre 1926 um 20 vH verstärkter Verkehr mit neuen bzw. verbesserten Mitteln bewältigt werden. Die Vergleichsberechnung mußte daher Annahmen zu Hilfe nehmen, die je nach der persönlichen Einstellung der einzelnen Sachverständigen in gewissen Beziehungen verschieden waren. Die Beurteilung der wirtschaftlichen Auswirkung der Elektrisierung in der Tilgungszeit der

Tabelle A.

Berechnung des Kapitalsaufwandes zur Einführung des elektrischen Betriebes.

Post Nr.	Aufwandstitel	Betrag in Schilling
1	Fahrdrahtausrüstung	25,200.000
2	Unterwerke	5,500.000
3	Fahrbetriebsmittel und Ersatzteile .	76,300.000
4	Elektrische Wagenheizung	6,000.000
5	Turm- und Draiswagen	800.000
6	Wohnhäuser	900.000
7	Umgestaltung der Bahn-Fernmeldeanlagen	9,000.000
8	Umgestaltung der Bundes-Fernmeldeanlagen	7,800.000
9	Umgestaltung der Beleuchtungsanlagen	500.000
10	Umgestaltung der Zugförderungs- und Werkstättenanlagen	5,000.000
11	Abänderung an Brücken, Übersetzungsstegen, Tunnels . . .	3,000.000
12	Bauleitung und Bauaufsicht . . .	4,000.000
13	Bau- und Zwischenzinsen	15.500.000
14	Unvorhergesehenes	15,000.000
	Summe . . .	174,500.000
15	Rückgewinn aus dem freiwerdenden Fahrpark des Dampfbetriebes, abzüglich der verbleibenden 16 Dampfverschublokomotiven	30,500.000
	Somit **Kapitalsaufwand** . . .	144,000.000

Tabelle B.

Vergleichs-Rechnung.

Änderung der Betriebskosten infolge Überganges zum elektrischen Betriebe.

(Verkehrsgröße: 1926 + 20%.)

Post Nr.	Aufwandstitel	Entfallende jährliche Betriebskosten in Schilling	Zuwachsende jährliche Betriebskosten in Schilling
1	Lokomotiv-Brennstoff (Kohle und Anbrennholz)	7,611.000	–
2	Kesselspeisewasser	123.000	–
3	Stromkosten	—	5,515.000
4	Kohle für den verbleibenden Dampfverschub	—	226.000
5	Betriebskosten für Leitungen und Unterwerke	—	550.000
6	Unterschied im Aufwande für:		
	a) Personalkosten	3,800.000	—
	b) Instandhaltung und Reparatur des Fahrparks .	3,600.000	—
	c) Instandhaltung des Oberbaues	—	—
	d) Putz- und Schmiermittel .	336.000	—
7	Erneuerung des Fahrparkes . .	1,610.000	1,320.000
8	Unterschied im Aufwande für die Erneuerung der Wasserbeschaffungs- und Bekohlungsanlagen, bzw. der Leitungen und Unterwerke .	—	—
9	Verzinsung und Tilgung des neuen Anlagekapitals . . .	—	11,894.000
	Zusammen . . .	**17,080.000**	**19,505.000**
10	**Somit Änderung der jährlichen Betriebskosten infolge Überganges zum elektrischen Betriebe während der Laufzeit der Anleihe:**	**ohne die ziffernmäßig schwer erfaßbaren Vor- und Nachteile 2,425.000 zu Ungunsten der Elektrifizierung**	
11	**Nach 30 Jahren (Anleihetilgung) verwandelt sich das Ergebnis der Post 10 gemäß Ansicht der Sachverständigen Findeis, Oerley, Schäffer, Scheichl und Wist infolge Entfalles Post 9 und Verdoppelung des Erneuerungsbetrages für den Elektrofahrpark — Post 7 — in jährlich rund:**	**8,100.000 zu Gunsten der Elektrifizierung**	

Anleihe von 30 Jahren und in der Zeit nachher mußte sich auf Fiktionen stützen, da sich die Entwicklung ausschlaggebender Werte wie der Zinsfuß der Anleihe, der Kohlen-, Strom- und Lohnkosten, sowie die technische Entwicklung nicht voraussahnen ließ. Während nun die Sachverständigen Findeis, Oerley, Schäffer, Scheichl und Wist der Ansicht sind, daß nach Tilgung der Anleihe ein Betriebsüberschuß, der sich aus dem Unterschiede der entfallenden und zuwachsenden Betriebskosten zuzüglich des für Verzinsung und Tilgung des Anleihekapitals während der Tilgungsdauer aufzuwendenden Betrages ergibt (vgl. Tabelle B), als Reingewinn zu betrachten sei, vertreten die Sachverständigen Gerbel, Reisch und Rihosek die Ansicht, daß der jährliche Betriebsabgang auch nach Tilgung der Anleihe eine Verschuldung der Ö. B. B. darstellt, welche weiterhin aus den Mitteln des Betriebsüberschusses zu tilgen wäre.

Die angestellte Berechnung des Kapitalaufwandes (Tabelle A) und die Vergleichsrechnung (Tabelle B) der entfallenden und zuwachsenden Betriebskosten enthalten Werte, auf die man sich bei der Beantwortung der Fragen und der Beurteilung des übrigen Materiales geeinigt hat.

Die an die Sachverständigen gerichteten Fragen sind seitens der Ö. B. B. mit entsprechenden Erläuterungen versehen worden. Sie wurden innerhalb des Kollegiums einzelnen Referenten oder einer Gruppe von Sachverständigen zur Bearbeitung übertragen.

Frage 1: Mit welchem Kostenaufwand soll die Umgestaltung der Schwachstromanlagen angenommen werden? (Tab A, Post 7 und 8.)

Begründung (Referent Scheichl): Seitens der befragten Post- und Telegraphendirektion wurde der nach den bestehenden Vereinbarungen den Ö. B. B. aus der Kabelung der bundlichen Schwachstromleitungen anrechenbare Betrag mit 8·176 Mill. S angegeben. Für die Umgestaltung der bahneigenen Leitungen hat die Elektrisierungsdirektion einen Kostenvoranschlag über 11 Mill. S erstellt, der durch den

Digitized by Google

Referenten durch Beschränkung auf das unerläßlich Nötige auf 9 Mill. S herabgesetzt wurde. Da sich bei sofortiger Elektrisierung durch gemeinsame Verlegung des in Aussicht genommenen Fernkabels Wien—Linz und der Bundesleitungen sparen ließe, wurde der Gesamt-Kostenaufwand mit 16·8 Mill. S endgültig angesetzt.

Frage 2: Ist es zweckmäßiger, die Energieverteilung mit Hilfe von sechs Unterwerken in den von den Bundesbahnen angegebenen Punkten oder von fünf Unterwerken in den von der Elektroindustrie angegebenen Punkten, oder auf irgend eine andere Art vorzunehmen? Ist die Verbindung mit den bestehenden Anlagen nach dem Vorschlage der Bundesbahnen oder nach jenen der Elektrofirmen oder nach einem anderen Vorschlage durchzuführen? Wie hoch sind die in dieser Frage behandelten Einrichtungen zu veranschlagen? (Tab. A, Post 2.)

Begründung (Referent Wist): Nach den Erfahrungen bei anderen Bahnnetzen kann eine mittlere Entfernung von 63 km für Wien—Salzburg bei fünf Unterwerken als vollkommen ausreichend erachtet werden, zumal man sämtliche Schwachstromleitungen kabeln will. Als Standorte werden auf Grund der Berechnung der Spannungsabfälle und einer möglichst gleichen Belastung unter Berücksichtigung der Streckeneinteilung angenommen: Rekawinkel km 25 (Wasserscheide), Melk km 85 (Streckenleitung), Haag km 151 (Wasserscheide), Wels km 213 (Streckenleitung) und Ederbauer km 278 (Wasserscheide). Die Unterstationen der Arlbergstrecke sind nicht voll ausgenutzt, da die verlangte Spitzenleistung zu groß ist. Das Schwankungsverhältnis wird bei Wien—Salzburg wesentlich günstiger sein als auf der Arlbergstrecke und es wird für den Verkehr 1926 + 20 vH 11 000 bis 12 000 kVA Spitzenleistung zu erwarten sein. Bei angemessenen Überlastungvorschriften werden die Kosten eines Unterwerkes 1·1 Mill. S. betragen, somit im Ganzen 5·5 Mill. S aufzuwenden sein.

Frage 3: Ist die Erstbeschaffung von Reserveteilen und ständig zu haltenden Vorräten (Materialvorratsfonds) dem Kapitalsaufwand zuzuschreiben? (Tab. A, Post 3.)

Begründung (Referent Oerley): Die Ersatzteile und Betriebsvorräte, welche die Aufnahme eines ordnungsgemäßen Betriebes erst ermöglichen, sind aus dem Baukapitalsaufwand zu bestreiten. Analog sind bei Frage 7 außer den freiwerdenden Fahrzeugen die zugehörigen Ersatzteile von den Elektrisierungskosten abzuziehen.

Frage 4: Mit welchem Prozentsatz ist nach dem Vorstehenden für Unvorhergesehenes zu rechnen? (Tab. A, Post 14.)

Begründung (Referent Oerley): Der für „Unvorhergesehenes" anzunehmende Prozentsatz entzieht sich einer bindenden Begründung. Die Meinungen der Sachverständigen bewegten sich zwischen 5 und 10 vH. Als Mittelwert aus allen Einzelansätzen wurde schließlich 9 vH, das ist 15 Mill. S in die Kapitalsrechnung eingesetzt. Der Entfall von Kraftwerksbauten hätte die Wahl eines mäßigen Prozentsatzes gerechtfertigt.

Frage 5: Um wieviel erhöhen sich die von den Elektrofirmen mit 151 Mill. S angenommenen Anlagekosten, wenn die Verkehrsdichte statt mit 2240 Mill. Brutto-km mit 2890 Mill. Brutto-km angenommen wird und wenn die in den Fragen 1 bis 4 von den Herren Sachverständigen angenommenen Ansätze angewendet werden?

Die Frage 5 findet ihre Beantwortung in der Kapitalsberechnung (Tabelle A).

Frage 6: Halten Sie die Anrechnung der vollen Frachtsätze für den Transport der Baumaterialien, die für die Herstellung der Einrichtung des elektrischen Betriebes nötig sind, für gerechtfertigt? Wenn nicht, welchen Satz halten Sie für gerechtfertigt? Wie viel Prozente der Bausumme beträgt der Unterschied, der sich zwischen den Berechnungen nach den beiden Auffassungen ergibt?

Begründung (Referent Gerbel): Der Unterschied zwischen den von den Unternehmern und Lieferern zu zahlenden Frachtsätzen und den Selbstkosten der Bahn wäre vom Anlagekapital in Abzug zu bringen. Die gesamten Transportkosten werden zu weniger als 1 vH des Sachwertes ermittelt. Mit Rücksicht auf die Geringfügigkeit dieses Betrages kann die Anrechnung des Parteientarifes für berechtigt und die Vernachlässigung des Tarifgewinnes als zulässig betrachtet werden.

Frage 7: Sind die Herren Sachverständigen der Anschauung, daß der Neuwert, der Jetztwert oder irgend ein anderer Wert von dem für die Elektrifizierung erforderlichen Gesamtkapital in Abzug gebracht werden muß, wenn, wie es in dem Gutachten der Bundesbahnen der Fall ist, der Dampfbetrieb mit solchen Betriebskosten belastet erscheint, wie sie den in Betrieb stehenden Lokomotiven entsprechen? (Tab. B, Post 7.)

Begründung (Referenten Gerbel, Reisch, Rihosek, Schäffer): Der Ersatz von vorhandenen Betriebsmitteln durch die Elektrisierung ermöglicht einen Abzug vom Baukapital, der dem erzielbaren Verwertungserlös gleichkommt. Dieser wird bei den wiederverwendbaren Fahrzeugen durch deren Zeitwert, bei den unverwendbaren durch den Verkaufswert bzw. den Altmaterialwert dargestellt. Da der Verkehr von 1926 + 20 vH den Ankauf neuer Dampflokomotiven notwendig machen würde, falls nicht elektrisiert wird, ist in der Vergleichsrechnung noch der Neuwert dieser Fahrzeuge vom Bauaufwand abzusetzen. Die in Betracht kommenden Beträge wurden auf Grund einer Zusammenstellung der vorhandenen Dampflokomotiven und Tender, ihrer durchschnittlichen Lebensdauer, ihres Alters und ihres jetzigen Anschaffungspreises ermittelt. Der Zeitwert wurde unter der nicht genau zutreffenden Annahme einer geradlinigen Wertverminderung bestimmt. Es ergibt sich daraus, daß die zwischen Wien und Salzburg in Betrieb stehenden 239 Lokomotiven und 216 Tender einen Neuwert von rund 42·81 Mill. S haben. Hieraus verbleiben zugunsten der Elektrisierung rund 31 Mill. S. Hiebei ist der Wert von 16 Dampfverschublokomotiven nicht berücksichtigt, welche auch beim elektrischen Betrieb nötig sind. (Andererseits auch nicht der Wert, der durch entfallende Kohlenzüge freiwerdenden Güterwagen. Letztere werden im Gutachten überhaupt nicht erwähnt. Der Ber.)

Frage 8: Wenn die Bundesbahnen auf den elektrischen Betrieb übergehen und deshalb für die betreffenden Linien keine Kohlen heranzuführen haben, wie groß ist die Ersparung an Frachtkosten; drückt sich die Ersparung durch die in Wegfall kommenden Selbstkosten oder durch irgend einen anderen niedrigeren oder höheren, sogar das offizielle Tarifbareme überschreitenden Betrag aus? (Tab. B, Post 1.)

Begründung (Referenten Rihosek, Schäffer): Als Ersparnis durch Entfall der Kohlentransporte können nur die auflaufenden Beförderungsselbstkosten angesehen werden. Sie werden von den Ö. B. B. zu S 3·24 für 1 t Normalkohle angenommen. Die freiwerdenden Lokomotiven und Dienstwagen sind in der vorstehenden Begründung zu Frage 7 berücksichtigt.

Frage 9: Ist die von den Bundesbahnen angenommene These betreffs Energiebedarf und -beschaffung richtig, oder welchen Standpunkt nimmt der Herr Sachverständige dazu ein? (Tab. B, Post 3.)

Begründung: Der Energiebedarf wird in erster Linie durch die Verkehrsstärke, den Längsschnitt der Strecke und die Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Letztere wurde für den elektrischen Verkehr so angenommen, daß eine Erhöhung von 40 vH für Ferngüter- und Triebwagenzüge und von 22 vH für Expreßzüge angenommen wurde. Die Werte der anderen Zugsgattungen liegen dazwischen. Die Ermittlung wurde von den beiden Sachverständigen Oerley und Wist nach verschiedenen Verfahren vorgenommen.

Oerley nimmt als Verkehrsgröße 1926 den Mittelwert der Betriebsausweise und der Heizhausstatistik an, die um 7·5 vH auseinanderliegen. Er beträgt 2824 Mill. Wagenbrutto-tkm. Der Transport der Eigenkohle wird mit 1 vH des Güterverkehres ab-

Digitized by Google

gezogen und für das Eigengewicht der Lokomotiven 20 vH als reichliche Schätzung zugeschlagen. Die Rechnung selbst wurde nach dem Verfahren der Widerstandshöhen[3]) durchgeführt, und ergibt zuzüglich 240 000 Verschubstunden zu je 25 kWh einen Energiebedarf am Triebrad von 64·738 Mill. kWh. Bei 0·78 Wirkungsgrad bis zum Stromabnehmer, einem Heizungsbedarf von je 3·5 Wh bei 1300 Mill. Brutto-tkm, einem Bedarf für Luftbremsen von 124 000 h zu je 4·5 kW ergeben sich insgesamt am Stromabnehmer 88·107 Mill. kWh. Als Wirkungsgrad vom Unterwerkseintritt bis Stromabnehmer wird 0·9 angenommen und damit ein Gesamtverbrauch an der Eintrittstelle ins Unterwerk von rund 98 Mill. kWh erhalten. Der Rechnungsgang wird zur Kontrolle auf die Strecke Innsbruck-Bludenz angewandt und ergibt dort einen um 1·8 vH größeren Verbrauch als die Zähler der Unterwerke.

Wist geht bei seiner Rechnung von der Bestimmung der Fahrwiderstände aus, macht die entsprechenden Zuschläge für Bremsung und für die Nebenverbrauche im Zug, nimmt den Wirkungsgrad der Lokomotive auf Grund von selbst ausgeführten zahlreichen Messungen an verschiedenen Lokomotiven im Betrieb einschließlich der Nebenbetriebe zu 0·80 an. Weiters wird der Leerverbrauch von unter Spannungen stehenden Lokomotiven mit 1 Mill. kWh am Stromabnehmer, desgleichen der Verlust zwischen Unterwerk und Stromabnehmer und der in den Unterwerken mit je 6 vH angenommen. Der Gesamtverbrauch jeder Zugsgattung wurde getrennt errechnet. Wist erhält damit den Gesamtverbrauch an der Eintrittsstelle der Unterwerke zu rund 96·2 Mill. kWh. Der sich hieraus ergebende spezifische Verbrauch von 27·5 Wh/tkm am Unterwerk bzw. von 29 Wh/tkm an den Kraftwerkssammelschienen stimmt mit den Werten gut überein, die Wechmann[4]) angegeben hat.

Für die Strecke Wien—Salzburg gaben die Ö. B. B. 41 Wh/tkm für die Anhängelast an, was für das ganze Zugsgewicht rund 33·7 Wh/tkm ergibt.

Als Ergebnis beider Rechnungen wurden in der Vergleichsrechnung 100 Mill. kWh an der Eintrittsstelle der Unterwerke eingesetzt, das heißt der Mittelwert beider Rechnungen + 3 vH. (Die Stadt Wien benötigte 1927 rund 450 Mill. kWh.)

Referent Wist untersucht weiters die Möglichkeiten der Energiedeckung und den sich hieraus ergebenden Strompreis. Die Elektrisierungsdirektion gibt für den Verkehr 1926 auf den voll elektrisierten Strecken westlich Salzburg den Energiebedarf mit 107·7 Mill. kWh im Kraftwerk an. Für einen auch dort um 20 vH verstärkten Verkehr wären somit 129 Mill. kWh sicherzustellen. Die derzeitigen Ausbauten geben in Trockenjahren 150 und im Regenjahr 162 Mill. kWh, davon 28 Mill. kWh aus dem Achenseewerk. Da die getrennte Lage der Werke gleichzeitigen Wassermangel als unwahrscheinlich annehmen läßt, kann man durchschnittlich mit 155 Mill. kWh rechnen. Nach dem Ausbau der Werke Stubach auf 6 × 5300 kW, Mallnitz auf 4 × 3300 kW, Achensee auf 4 × 5300 kW, Ruetz auf insgesamt 9700 kW und Spullersee auf 6 × 5300 kW werden 182 Mill. kWh verfügbar sein[5]). Für Wien—Salzburg wird man somit beim jetzigen Ausbau 27 Mill. und nach dem Vollausbau 53 Mill. kWh aus diesen Werken entnehmen können. Man kann mit einer Abgabe von 35 Mill. kWh, vorwiegend Spitzenenergie, rechnen, während die Grundenergie durch den Ausbau bahnnaher Kraftwerke gewonnen werden kann. Zur völligen Sicherstellung der Stromversorgung sollen noch folgende Anlagen in Betracht gezogen werden: 100 kV-Leitung Stubach — Schwarzach - St. Veit — Vöcklamarkt (Timelkam), Verstärkung der Leitung Achensee—Stubach und Ausbau des Umspannwerkes Schwarzach für 100 kV. Als Kosten dieses Kraftwerks- und Leitungsausbaues werden einschließlich 10 vH „Unvorhergesehenes" 14·2 Mill. S veranschlagt. Bei 10 vH für Verzinsung, Tilgung und Erhaltungskosten kosten die übertragenen 35 Mill. kWh somit 4·05 g/kWh, wobei dieser Ausbau auch den westlichen Strecken zugute kommt. Die für Wien—Salzburg restlichen 65 Mill. kWh sind Grundenergie von 6000 bis 6500 h Benutzungsdauer mit Spitzen von 10 000 kW, die durch Ausbau des Dampfkraftwerkes Timelkam[6]) (bei Verbrennung inländischer Kohlen geringen Heizwertes. Anm. d. Ber.) mit einem Strompreis von 6·3 g ab Eintritt Unterwerk gewonnen werden können. Der Gesamtstrompreis stellt sich für 100 Mill. kWh auf 5·515 Mill. S. Im übrigen tritt der Referent für die Einbeziehung der Bahnstromerzeugung in die allgemeine Energieversorgung mit Drehstrom ein.

Frage 10: *a*) Mit welchem Betrag ist der Unterschied in den Kosten der Instandhaltung des Triebfahrzeugwerkes bei Dampftraktion und bei elektrischer Traktion einzusetzen? *b*) Um welche Beträge müssen die Kosten des Dampfbetriebes niedriger veranschlagt werden, wenn entsprechend der Einsetzung des Neuwertes ein Park neuer, den auf der Strecke Wien—Salzburg zulässigen Achsdrücken entsprechender Dampflokomotiven verwendet wird, wobei eine Trennung der Angaben nach Brennstoff, Hilfsmaterial, Personalkosten einerseits, nach Instandhaltungskosten andererseits erwünscht ist? (Tab. B, Post 6b.)

Begründung (Referenten Gerbel, Oerley): Die Instandhaltungskosten der Triebfahrzeuge beider Betriebsarten werden von den Ö. B. B. zu 11·035 bzw. 8·62 Mill. S errechnet, was für die Elektrisierung eine Ersparnis von 24·15 Mill. S ergab. Dabei wurde die 20prozentige Verkehrssteigerung durch einen Zuschlag von 14 vH und die größere Erfahrung des elektrischen Betriebes sowie die leichteren Streckenverhältnisse durch einen Abschlag von rund 17 vH gegenüber den Erhaltungskosten der jetzigen elektrischen Lokomotiven berücksichtigt. Mit Rücksicht darauf, daß die Lokomotiven für Wien—Salzburg mit 18 t Achsdruck wesentlich widerstandsfähiger sein werden und die praktische Erfahrung der Werkstätten gestiegen ist, erhöht Referent diesen Abzug auf rund 28 vH. Unter genauer Berücksichtigung der verwendeten Dampflokomotiven und der auch weiterhin benötigten 16 Dampf-Verschublokomotiven kommt er auf einen Unterschied der Instandhaltungskosten von 3·6 Mill. S.

Frage 11: Wie hoch schätzen Sie unter Berücksichtigung der oben angeführten Momente die Ersparnisse ein, die beim elektrischen Betrieb der Linie Wien—Salzburg durch den Wegfall der Lokomotivmannschaften, von Mannschaften für den inneren Heizhausdienst und von Zugsbegleitern erzielt werden? (Tab. B, Post 6a.)

Begründung (Referenten Schäffer, Scheichl): Die Ö. B. B. errechnen die Personalersparnis bei jetzigen Bezügen zu rund 3·3 Mill., das Ministerium bei Erhöhung der Bezüge zu 3·8 Mill. S. Eine ziffernmäßig genaue Ermittlung ist hier schwer möglich. Dabei wurde auf die in größeren Grenzen bewilligte einmännige Bedienung keine Rücksicht genommen, die in Österreich gewissen Schwierigkeiten begegnet. Immerhin kann man sie für Triebwagenzüge, im Nahverkehr und bei ständigen Verschublokomotiven annehmen, das heißt, man erhält eine Ersparnis von 3·9 Mill. S. Dieser Wert ist sehr vorsichtig ermittelt, denn er berücksichtigt nicht die Nebenbezüge des Personals. Um den im Voraus nicht zu überblickenden Verhältnissen beim Personalwechsel Rechnung zu tragen, wird davon abgesehen, den Abstrich der von den Ö. B. B. zu leistenden ideellen Pensions- und Versicherungsbeiträge in der Höhe von rund 0·65 Mill. S zu berücksichtigen, um den sich die Ersparnis vergrößern würde. Die Berechnung der Ö. B. B. über das versicherungstechnisch erforderliche Kapital für die Pensionsbezüge des ersparten Personals käme in Frage, wenn die Strecke Wien—

[3]) Vgl. hierzu Oerley: „Die maßgebende Arbeitshöhe der Eisenbahn; ein neuer Vergleichswert für Linienführung und Betriebsart", Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens 1922, Heft 3.

[4]) Elektrische Bahnen 1927, Heft 1.

[5]) Über diese Werke vgl.: „Stubach" und „Mallnitz": E. u. M. 1926, S. 378, 380; 1927, S. 565, 568. — „Achensee": E. u. M. 1926, S. 690; 1927, S. 850; 1928, H. 26, S. 646 ff. — „Ruetz": E. u. M. 1926, S. 1 ff. — „Spullersee": E. u. M. 1927, S. 961 ff.

[6]) Über das Kraftwerk Timelkam vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 724.

Digitized by Google

Salzburg außerhalb des Rahmens der gesamten Bundesbahnen betrachtet würde, was den Tatsachen nicht entspricht.

Während über die wichtigeren Punkte eine Verständigung zwischen den Sachverständigen erzielbar war, wurden über die ziffernmäßig schwer erfaßbaren Vor- und Nachteile zwei Meinungen abgegeben, deren eine von den Sachverständigen Findeis, Oerley, Schäffer, Scheichl und Wist, die andere von Gerbel, Reisch und Rihosek vertreten wurde.

Von der ersten Gruppe der Sachverständigen werden alle die Vorteile angeführt, welche heutzutage allgemein bekannt sind und die auch von allen anderen Bahnverwaltungen anerkannt werden, welche die Elektrisierung ihrer Strecken studieren oder durchgeführt haben. Sie hängen in der Hauptsache mit der erheblich größeren Reisegeschwindigkeit bzw. der Möglichkeit, eine größere Leistung und Zugkraft einzubauen, zusammen. Hiezu gehören: rascherer Wagenumlauf (bei Güterzügen erst nach Einführung einer durchgehenden Bremse möglich) Verbesserung des Nahverkehres, Verminderung der Erforderniszüge, größere Leistungsfähigkeit und Konkurrenzfähigkeit, Entfall der Rauchplage und damit verminderte Feuersgefahr, verminderte Erhaltungskosten für Wagenreinigung, Eisenkonstruktionen, Beheiligung der Anrainer besonders in Städten, weiters bedeutende Ersparnis an Personal durch Einführung der einmännigen Bedienung, die für bestimmte Zugsgattungen von der Aufsichtsbehörde genehmigt ist und zum Beispiel auf den bayrischen Strecken bei zirka 90 vH der elektrischen Züge bereits eingeführt ist[7]), bessere Aussicht aus der elektrischen Lokomotive, verminderte Erhaltungskosten der gekabelten Schwachstromleitungen bei verbesserter Verständigungsmöglichkeit, Aufschub von Ausbauten von dritten und vierten Gleisen und Platzgewinn in Bahnhöfen durch Fortfall der Bekohlungs- und Bewässerungsanlage, Unabhängigkeit vom Ausland beim Kohlenkauf usw. Schließlich gehört auch die durch die Fortsetzung der Elektrisierung zu erwartende Belebung der Wirtschaft und Verminderung der Ausgaben für die Arbeitslosenfürsorge hierher. Die genannten Sachverständigen bewerten diese Vorteile mit einem Pauschbetrag von 1·5 Mill. S (Denkschrift der Ö. B. B. 1 Mill., Elektroindustrie 1 Mill., Bundesministerium für Handel und Verkehr 3 Mill. S). Hierdurch würde der jährliche Betriebsabgang auf 925 000 S vermindert, welcher Betrag gegenüber einem Ausgaben-Etat von 566 Mill. für das Jahr 1926 kaum ins Gewicht fällt. Da sich mit steigendem Verkehr, steigenden Löhnen und Kohlenpreisen das Ergebnis des elektrischen Betriebes immer mehr verbessert, ist eine Verwandlung des geringen Fehlbetrages in einen Ertrag mit Sicherheit anzunehmen. Ihrer Meinung nach wäre die Elektrisierung Wien—Salzburg an die westlich Salzburg ohne Pause anzuschließen, da die jetzige Bauzeit von 1½ Jahren eine ausreichende Vorbereitung ermöglicht und sich keine besonderen Vorteile aus der Einschaltung einer Pause erwarten lassen. Künftige technische Verbesserungen abwarten zu wollen, würde wachsende Rückständigkeit des Vorhandenen mit sich bringen. Es wäre jedoch denkbar, daß eine Aufteilung der Bauzeit Wien—Salzburg auf fünf Jahre eine günstigere Einfügung in den sonstigen Investitionsplan ermöglicht. Sie ließe sich betriebstechnisch vorteilhaft durchführen und würde den Übergang erleichtern. Der von der zweiten Gruppe der Sachverständigen an Stelle der Elektrisierung vorgeschlagene gleichzeitige Austausch des gesamten derzeitigen Dampfparks gegen modernste Typen wird, abgesehen davon, daß der diesbezüglichen Berechnung nicht zugestimmt werden kann, als an und für sich unwahrscheinlich nicht näher betrachtet. Die Verkehrsleistung Wien—Salzburg 1926 + 20 vH ist 1·65 mal größer als die mittlere Leistung des Schweizer Netzes 1927, hat somit einen Wert, der, von anderen Faktoren abgesehen, die Wirtschaftlichkeit dieses elektrischen Betriebes gewährleisten sollte[8]). Die Elektrisierung an einer anderen Strecke als Wien—Salzburg aufzunehmen, halten diese Sachverständigen für verfehlt, da die Schaffung einer durchgehenden elektrischen Strecke zwischen Budapest und Genf von 1400 km Länge verkehrstechnisch von größter Bedeutung wäre. Schließlich sei noch erwähnt, daß jede Elektrisierung eine bedeutende Werterhöhung der betreffenden Bahnstrecke bedeutet. Die Ö. B. B. seien nun als Treuhänder zu einer derartigen Vermögensvergrößerung des Bundes nicht verpflichtet. Es erscheine daher immerhin begründet, wenn der Bund einen Zuschuß zur Elektrisierung bieten würde, wie dies zum Beispiel in der Schweiz der Fall war.

Seitens der zweiten Gruppe der Sachverständigen werden Nachteile geltend gemacht, die zum Teil in den besonderen finanziellen Verhältnissen begründet sind. (Die Mehrzahl der Einwände, die gegen die elektrische Zugförderung erhoben werden, sind nicht neu. Sie waren jedoch in keinem Land imstande, eine an und für sich gesunde Elektrisierung aufzuhalten. Der Ber.) Es wird vorgebracht, daß der Erneuerungsfonds durch mehrere Jahre verbraucht wird, wenn man ihn in Gegenrechnung zu den Elektrisierungskosten setzt. Es bleiben somit Bedürfnisse der im Dampfbetrieb bleibenden Strecken ungedeckt. Deren Kohlenverbrauch und Lokomotivinstandhaltungskosten werden durch Zuweisung alter freiwerdender Lokomotiven erhöht und es wird die zweckentsprechende Auswahl vom Personal durch die Notwendigkeit der Übernahme des entbehrlich gewordenen Personals behindert. Die zentralisierte Energieversorgung einerseits und die Hochspannung der Fahrleitung andererseits beeinträchtigen an und für sich die Verkehrssicherheit und bringen Gefahr für Personen und Material. Es wird auch die Streckenübersicht durch die Fahrleitung behindert. In technischer Hinsicht behindern der Mangel einer langjährigen Erfahrung und die durch die Festlegung auf eine bestimmte Stromart verhinderte Freizügigkeit in der Verwendung neuer Bahnsysteme; die Zugvorrichtungen werden durch die größeren Anfahrzugkräfte und die Bremsklötze durch die größere Geschwindigkeit stärker beansprucht, bzw. verschlissen. (Dies würde bei einer Erhöhung der Reisegeschwindigkeit beim Dampfbetrieb wohl auch eintreten. Der Ber.) Die Anlage von Schlepp- und Industriegeleisen wird durch die Fahrleitung verteuert oder auch unmöglich gemacht, daher unter Umständen ein Einnahmenentgang. Schließlich wird die Zahlungsbilanz ungünstig beeinflußt, da für den Kapitaldienst jährlich allein 11·89 Mill. S gegenüber 7 Mill. S für Kohlen, sowie ein Teil des Investitionskapitales an das Ausland zu zahlen ist, sowie überhaupt die Verschuldung an das Ausland steigt. Eine spätere Konvertierung der jetzigen Anleihe bringt nicht die Vorteile wie die Aufnahme einer neuen Anleihe mit niedrigerer Verzinsung. Als Separatvotum bringen die Sachverständigen Gerbel, Reisch und Rihosek eine Gegenrechnung, nach der eine durchgreifende Erneuerung des Fahrparkes fast die gleichen Vorteile mit einem Aufwand von nur 34 Mill. S bringen würde, wie die Elektrisierung mit 144 Mill. S. Durch mögliche Verminderung des Kohlenverbrauches, der Instandhaltung, des Personals und der Erneuerungsquote soll danach gegenüber dem jetzigen Dampfbetrieb eine Ersparnis von 2·73 Mill. S und gegenüber der Elektrisierung von 5·155 Mill. S erreichbar sein. Eine eingehende Begründung der technischen und Betriebsnachteile wird nicht gegeben, dagegen die finanzielle Seite der Frage durch diese Sachverständigen ausführlich erörtert: Vom privatwirtschaftlichen Standpunkt aus kann von einer Wirtschaftlichkeit erst dann gesprochen werden, wenn nach Aufwendung einer entsprechenden Quote für Verzinsung und Amortisation noch irgend ein Vorteil, sei es auch nur ideeller Natur, verbleibt. Da dies nicht

[7]) Vgl. H. Mühl, Elektrische Bahnen, 1. Jg., H. 7 und 2. Jg., H. 2; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 357.

[8]) Über die Wirtschaftlichkeit der Strecke Wien—Salzburg siehe Ornig, E. u. M. 1928, H. 23, S. 570. Der Ber.

Digitized by Google

der Fall ist, muß eben die Elektrisierung als unrentabel bezeichnet werden. Die Rentabilität einer Elektrisierung ist im wesentlichen durch das Verhältnis der Verzinsungs- und Stromkosten einerseits und der Kohlenkosten andererseits bestimmt. Dieses Verhältnis ist derzeit äußerst ungünstig. Da es mit der Zeit einer Veränderung unterliegt, kann eine spätere Durchrechnung zu einem gegenteiligen Ergebnis führen. Es wird zugegeben, daß dem rein finanziellen Bedenken die vielen triftigen Vorteile entgegengehalten werden können, und daß die letzteren die allgemeine Meinung viel stärker beeinflussen werden. Die gegen die Fortführung der Elektrisierung sprechenden privatwirtschaftlichen Bedenken der Ö. B. B. können nur beseitigt werden, wenn das Defizit fortlaufend aus Bundesmitteln gedeckt würde, wie es übrigens dem Bundesbahngesetz entspricht. Alle diese Verhältnisse lassen aber keinesfalls die Dringlichkeit der Fortführung der Elektrisierung erkennen, vielmehr ist die Einschaltung einer Pause geboten. Nach Beendigung der Strecke westlich bis Salzburg wird Österreich mit 8·7 vH elektrisierten Netzes in Europa an erster Stelle stehen, wenn man von der Schweiz absieht. Ein überstürzter Baufortschritt hat bei den bisherigen Arbeiten sehr schädliche Folgen gehabt. Eine Ausnutzung der für Wien—Salzburg in Aussicht genommenen Lokomotiven von 18 t Achsdruck kann erst dann richtig einsetzen, wenn der Oberbau und die Brücken westlich Salzburg hiefür umgebaut sein werden. Die Pause wird keine Stockung im Wirtschaftsleben hervorbringen, da die Belebung in anderen Zweigen sich äußern wird. Sie wird durch wichtige Arbeiten auf dem Gebiete der Normalisierung und Vereinfachung sowie der Verbesserung der elektrischen Betriebsführung auszufüllen sein und dadurch keine verlorene Zeit bedeuten. Eine Streckung der Bauzeit über das sachgemäße Ausmaß bringt erfahrungsgemäß immer Mehrkosten an Intercalarzinsen und Bauleitungskosten mit sich.

Zu den einzelnen Posten der Kapitalsrechnung Tab. A wurden insbesondere dort, wo die von den Ö. B. B. und der Elektroindustrie angegebenen Zahlen stark voneinander abwichen, besondere Begründungen gegeben. So führt Wist an, daß der Durchschnittspreis für 1 Gleis-km gekostet hat: in der Schweiz (auf heutige Preise zurückgeführt) S 24 500, in Schweden (ohne die Kosten für Saugtransformatorenanlagen) S 25 200. Mit den schwedischen Preisen ergibt sich einschließlich einer 15 kV Speiseleitung von der letzten Unterstation bis Wien ein Durchschnittspreis von S 25 700. Nichtsdestoweniger wurde für die Kapitalsrechnung ein Betrag von S 29 500 je Gleis-km für entsprechend erachtet.

Die Frage der zu beschaffenden elektrischen Fahrbetriebsmittel und der Wert der erstmalig anzuschaffenden Ersatzteile wurde von den Referenten Findeis, Oerley, Rihosek, Schäffer, Scheichl und Wist bearbeitet. Hierbei wurde einmal von einem besonders zu erstellenden Elektrofahrplan mit einem Ausbesserungsstand von 20 vH ausgegangen und eine Verschubstunde = 7 Lok.-km gesetzt. Hiebei ergibt sich aus einer überschlägigen Berechnung die Zahl der anzuschaffenden Fahrzeuge zu 144, wobei zwischen Lokomotiven und Triebwagenzügen nicht unterschieden wurde. Das andere Mal wurde unter Zugrundelegung des Dampffahrplanes 1926 eine Diensteinteilung für alle Arten von Triebfahrzeugen entworfen. Die Verkehrssteigerung von 20 vH wurde zu gleichen Teilen als Vermehrung und Vergrößerung der Züge berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Rechnung ist reichlich, da ein Elektrofahrplan eine bessere Ausnützung sicher ermöglicht. Ebenso müßte eine genaue Einteilung der Revisionszeiten Ersparnisse ergeben, da die Zeit des stärksten Personen- und Güterverkehres zu verschiedenen Jahreszeiten auftritt. Schließlich ergab die Nachrechnung des Tages stärksten Güterverkehres, daß dieser ohne Zuhilfenahme anderer Lokomotivgattungen noch leicht bewältigt werden kann. Unter Annahme von 18 t Achsdruck für die Streckenlokomotiven wurden als anzuschaffen ermittelt: 127 Lokomotiven mit insgesamt 10 358 t, 13 Doppeltriebwagenzüge und 13 Einfachtriebwagenzüge. Die für 1 kg Lokomotivgewicht bisher gezahlten Preise schwanken von 4·95 bis 6·20 S/kg. Die Elektroindustrie rechnet in ihrem Anbot mit 5·75 S/kg. Unter Berücksichtigung des größeren Achsdruckes und der größeren Stückzahl wurde von den Sachverständigen ein Preis von 5·60 S/kg eingesetzt. Die Kosten eines Doppeltriebwagenzuges sind zu S 760 000 und die eines Einfachzuges zu S 380 000 angenommen worden. Mit Hinzurechnung der Ersatzteile mit 5 vH vom Wert für Lokomotiven und 4 vH der Triebwagen ergibt sich die Gesamtsumme von rund 76·3 Mill. S. Bei der Bestimmung der Menge der Ersatzteile, die allgemein in vH des Wertes der Fahrzeuge angenommen wird, wurde sehr vorsichtig vorgegangen, wenn man vergleicht, daß, auf ein Jahr bezogen, für 16 1 CC 1-Lokomotiven der Österr. Brown-Boveri-Werke für 1·4 vH elektrisches Ersatzmaterial, für die in Ausführung befindlichen E-Lokomotiven der AEG-Union El. Ges. insgesamt für 3·3 vH und für die E-Lokomotiven der Österr. Siemens-Schuckert-Werke an Elektromaterial für 2·5 vH des Nennwertes Ersatzteile bezogen werden[*]).

Die den Ö. B. B. auflaufenden Bau- und Zwischenzinsen ergeben sich daraus, daß zwischen dem Zeitpunkt der Verausgabung eines Geldbetrages und dem, an welchem die Neuherstellung gewinnbringend in Betrieb genommen werden kann, Bauzinsen auflaufen, die bei sechsmonatlichem Verzug und 8·26 vH Gesamtzinsfuß für 144 Mill. S 6 Mill. S betragen. Die Höhe der Zwischenzinsen richtet sich nach dem Vorgang der Übertragung der Anleiheteile vom Bund auf die Ö. B. B. Da für die Zwischenzeit zwischen der Übernahme der Anleihe und der Verausgabung der Gelder mit einer Ausnützung von 4 vH gerechnet werden kann, entstehen bei einer dreijährigen Bauzeit Zwischenzinsen von 9·5 Mill. S, insgesamt somit von 15·5 Mill. S (Referenten Gerbel, Oerley und Reisch).

In der Vergleichsrechnung wurden die Kosten des Lokomotivbrennstoffes mit zirka 319 000 t Normalkohle zu S 23·86 = 7 611 000 S eingesetzt. Hingegen erfordern die beim elektrischen Betrieb beibehaltenen 16 Dampflokomotiven (20 vH = 3 Stück jeweils in Ausbesserung) 9490 t, das heißt 226 000 S.

Die Instandhaltung des Oberbaues beim elektrischen Betrieb stellt sich wegen der erforderlichen größeren Genauigkeit der Lage zum Fahrdraht höher, wegen des ruhigen Ganges elektrischer Lokomotiven niedriger als beim Dampfbetrieb. Referent Findeis nahm an, daß sich diese beiden Einflüsse gegenseitig aufheben.

Referent Reisch bestimmt die Erneuerungskosten des bestehenden Dampflokomotivparks bei 30 Jahren Lebensdauer und einem durchschnittlichen Alter von 15 Jahren zu 3·33 vH von 48·3 Mill. S = 1·61 Mill. S. Bei dem durchwegs neuen Elektrofahrpark kann sich in der ersten Zeit ein Erneuerungsfonds ansammeln, so daß für die ersten 30 Jahre, gleiche Lebensdauer der Fahrzeuge vorausgesetzt, mit dem halben Zinssatz gerechnet werden kann. Die auflaufenden Erneuerungskosten wurden daher mit 1·7 vH von 77·7 Mill. S = 1·32 Mill. S. eingesetzt (Tab. B, Post 7).

Bezüglich der Verzinsung der Anleihe wurde ein Nettozinsfuß von 7·3 vH, das heißt bei Tilgung in 30 Jahren eine Annuität von 8·26 vH als wahrscheinlich angenommen.

Dieses Gutachten wird nunmehr dem Verkehrsausschuß des Nationalrates vorgelegt werden. Es ist zu hoffen, daß die weiteren Verhandlungen in diesem Ausschuß eine endgültige Klärung der Frage der Fortsetzung der Elektrisierung der Ö. B. B. herbeiführen werden, die allen hierdurch betroffenen Interessen Rechnung trägt. C. W.

[*]) Über diese Lokomotiven vgl. E. u. M. 1923, S. 361; 1924, S. 358; 1927, H. 28.

Digitized by Google

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Das Heizkraftwerk mit Bensonkessel im Kabelwerk Gartenfeld der Siemens-Schuckertwerke. Von H. Gleichmann[1]). Bei dieser Anlage wird der im Kessel erzeugte Dampf mit 180 at dem Hochdruckteile der Dampfturbine[2]) zugeführt, der das Druckgefälle bis etwa 36 at verarbeitet. Aus der 36 at Leitung geht ein Teil des Dampfes zu den mit 20 at und 240° arbeitenden Verbrauchern und der Rest zum Niederdruckteile der Turbine, und von dort in die 5·5 at Sammelleitung für die übrigen Verbraucher. Zwischen die 36 at und die 5·5 at Leitung ist noch ein Ruthsspeicher geschaltet, der den etwa vom Niederdruckteil der Turbine nicht benötigten Dampf speichert und in die 5·5 at Leitung abgibt. Der Niederdruckteil wird bei etwa 10 at angezapft und der entnommene Dampf einem Dampfumformer zugeführt, durch welchen der Bedarf eines Niederdruckdampfverbrauchers ersetzt wird, dessen Dampf durch Säure verunreinigt wurde und daher nicht zurückgespeist werden konnte. Der im Umformer erzeugte Dampf geht daher auch in die 5·5 at Leitung. Da die Temperatur in den Heizleitungen genau auf 240° erhalten werden muß, auch bei einem Ausfalle der Turbine (aus Rücksichten, die mit der Erzeugung der Waren zusammenhängen), sind noch eine unmittelbare Verbindung von der 180 zur 36 at Leitung, ferner mehrere Dampfkühler, ein Überhitzer für den im Umformer erzeugten 5·5 at Dampf auf 240°, ein Zwischenüberhitzer zwischen dem Hoch- und Niederdruckteile der Turbine, Drosselventile usw. erforderlich gewesen, die natürlich mit dem Bensonkessel nicht zusammenhängen. Das Kondensat wird durch eine Kreiselpumpe mit 40 at den Hochdruckpumpen zugeführt. Vorhanden sind eine liegende doppelwirkende Kolbenpumpe mit sechs Kolben und Antrieb durch einen Gleichstrommotor wegen der Mengenregelung. Diese geschieht bei der zweiten Pumpe, einer 16-stufigen zweigehäusigen Kreiselpumpe mit Antrieb durch einen Drehstrommotor, durch die Pumpencharakteristik selbst. Bei der Durchbildung des Kessels war maßgebend, daß die Dampferzeugung beim kritischen Druck ohne Wasserumlauf und Trommel eine gleichmäßige Verteilung des Wassers auf die parallel geschalteten Rohrstränge und einen gleichmäßigen Wärmeübergang an diese erfordert. Auch soll die Wärme zur Erhitzung des Wassers auf die kritische Temperatur und ein Teil der Überhitzungswärme im Strahlungsteil der Feuerung zugeführt werden. Es wurde daher für den Feuerraum die Zylinderform gewählt und auf dem Mantel senkrecht Rohr an Rohr gelegt. Das Wasser wird einem über dem Feuerraum in dessen Mittelachse sitzenden Verteilerkopf zugeführt, und von hier den acht den Mantel der Feuerung bildenden Elementen. Der erzeugte Dampf kommt zu einem zweiten Verteiler zurück und wird von hier aus durch vier der im zweiten Zug liegenden Überhitzerkammern geführt, dann gesammelt und nach der Maschine geleitet. Die restlichen vier Überhitzerkammern dienen zur Wiederüberhitzung des aus dem Hochdruckteil der Turbine zurückkommenden 36 at Dampfes. Die Verbrennungsluft wird im Kessel selbst durch die Feuergase vorgewärmt und dann zum kleineren Teile als Primärluft den Brennern der Kohlenstaubfeuerung, zum überwiegenden Teile aber als Sekundärluft in den Verbrennungsraum eingeführt. Die Verbrennungsgase werden durch einen elektrisch angetriebenen Propeller abgesaugt und durch eine Staubkammer in den Schornstein gedrückt. Der Kessel bildet einen geschlossenen Turm. Die Anlage wird von einem Kommandoraum im Maschinenhaus überwacht, wo auch die Temperatur-Anzeigevorrichtungen und sonstigen Meßgeräte untergebracht sind. Die Flamme kann vom Aschentrichter aus beobachtet werden. Geregelt wird selbsttätig oder durch Druckknopfsteuerung vom Befehlsraum aus von Hand.

Außer der beschriebenen Anlage ist noch ein für Ölfeuerung gebauter Kessel für 3 t/h Dampf in der technischen Hochschule Charlottenburg zu Versuchszwecken aufgestellt worden (er ähnelt einem ölgefeuerten Schiffskessel mit einem aus Rohren gewickelten Flammrohr, eine Bauart die auch bei Bensonkesseln für reine Gasfeuerung angewendet werden soll); ein großer Staubkohlenkessel für 30 000 kW Kondensationsleistung soll in nächster Zeit gebaut werden. **J.**

(Siemens-Zeitschrift, 8. Jg. H. 3, 1928.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 762; 1928, Heft 29, S. 777.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 199, 710.

Die spezifische Drehzahl der Dampfturbinen[1]) **wird von Prof. Ch. Colombi, Lausanne, berechnet. Ist** N **die Leistung einer einrädrigen Dampfturbine beliebiger Bauart in PS,** η **ihr Wirkungsgrad,** Q **die ihr zur Verfügung stehende Wärmemenge in Kalorien, so ergibt sich das sekundlich durch die Turbine strömende Dampfgewicht zu**

$$G = \frac{75\,N}{427\,\eta\,Q} = \frac{N}{5{\cdot}7\,\eta\,Q}.$$

Ist v **das spezifische Volumen des Dampfes beim Austritt aus den Laufradschaufeln, sind diese Schaufeln im mittleren Durchmesser** D **angeordnet, ist** l **die Schaufellänge, wobei** $l = m\,D$, **so ergibt sich das sekundlich die Turbine verlassende Dampfvolumen zu**

$$V = G\,v = \frac{N\,v}{5{\cdot}7\,\eta\,Q} = \pi\,m\,\varphi\,D^2\,c_{m_2},$$

wenn φ **jenen Teil des Laufradumfanges** $D\pi$ **darstellt, der von den Leitschaufeln überdeckt wird und** c_{m_2} **die meridionale Dampfaustrittsgeschwindigkeit aus den Laufradschaufeln bedeutet ist** u **die Umfangsgeschwindigkeit im Durchmesser** D, n **die Drehzahl der Turbine und** c_1 **die Dampfgeschwindigkeit im Düsenaustrittsquerschnitte, so schreibt sich auch** $\left(\text{mit } \frac{5{\cdot}7 \times 3600}{\pi} = 6535\right)$

$$N = 6535\,\varphi\,m\,\frac{1}{v}\,\eta\,\frac{1}{n^2}\left(\frac{u}{c_1}\right)^2 c_1^2\,c_{m_2}\,Q.$$

Betrachtet man alle Strömungsgeschwindigkeiten als Funktionen der Wärmemenge Q, **so kann man mit**

$$c_1^2 \cdot c_{m_2} = \Psi \cdot Q \cdot \sqrt{Q}$$

auch schreiben

$$N = 6535\,\varphi\,m\,\eta\,\frac{1}{v}\left(\frac{u}{c_1}\right)^2 \Psi\,\frac{\sqrt{Q^5}}{n^2}.$$

Setzt man

$$n_s^2 = 6535\,\varphi\,m\,\eta\left(\frac{u}{c_1}\right)^2 \Psi,$$

so erhält man in

$$n_s = \sqrt{v}\,\frac{n}{Q}\,\sqrt{\frac{N}{\sqrt{Q}}}$$

einen Ausdruck für die spezifische Drehzahl n_s, **der von jenem der Wasserturbinen nur durch den Faktor** $\sqrt{v}$ **und dadurch unterschieden ist, daß das Gefälle** H **durch die Wärmemenge** Q **ersetzt ist.** β.

(Bulletin techn. de la Suisse Rom., 54. Jg. Nr. 7, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, Seite 565.

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Über amerikanische Erfahrungen mit Erdschlußrelais berichten in zwei Aufsätzen B. M. Jones und G. B. Dodds, sowie J. V. Breisky, J. R. North und G. W. King. Während bei Netzen mit direkt geerdetem Sternpunkt ein Erdschluß vom Kurzschlußschutz erfaßt wird und dieser erst in jenen Fällen versagt, wo infolge weiter Entfernung der Fehlerstelle oder hohen Widerstandes des Lichtbogens oder anderer Teile des Stromkreises der Erdschlußstrom gering ist, treten bei Netzen mit isoliertem oder über Widerstände oder Spulen geerdetem Nullpunkt Schwierigkeiten für die Erfassung von Erdschlüssen wegen der verhältnismäßig geringen Stärke der in Frage kommenden Ladeströme oder Wattrestströme auf. Die besten Erfahrungen ergaben sich bei Verwendung von wattmetrischen Relais, die hochempfindlich gebaut sind. Deren Stromsystem wird vom Summenstrome dreier Strom-

Digitized by Google

wandler durchflossen, der im Normalbetrieb gleich Null ist; die Spannungsspule ist in den Sekundärkreis dreier Einphasenspannungswandler geschaltet, deren Primärwicklungen Sternschaltung mit geerdetem Nullpunkt aufweisen, während die Sekundärwicklungen in offenem Dreieck geschaltet sind. Dort wo mit Rücksicht auf angeschlossene Instrumente oder dgl. die Dreieckschaltung nicht möglich ist, werden sekundäre Hilfswandler benützt. Um das System auch für Höchstspannungsleitungen verwenden zu können, ohne die teuren Spannungswandler anschaffen zu müssen, wurde eine Relais-Schaltung entwickelt, welche die Verwendung der unterspannungseitigen Wandler ermöglicht. Nach einer Mitteilung von E. E. George werden von der Tennessee Electric Power Co. auch Relais mit Erfolg benützt, bei welchen das Spannungssystem durch ein zweites Stromsystem ersetzt ist, das über einen Stromwandler in die Erdleitung des Transformators geschaltet ist. Bei allen diesen Relais ist die Ablaufzeit vom Strom allein abhängig, das Ansprechen jedoch an eine bestimmte Energierichtung gebunden[1]).

Die Kontrolle der Richtigkeit der Relaisschaltungen wird sehr aufmerksam durchgeführt. Die Mehrzahl der Gesellschaften zieht es vor, auf den Leitungen selbst regelrechte Erdschlüsse herzustellen; die Duquesne Light Co. hat für diesen Zweck einen eigenen Kraftwagenzug ausgerüstet und erledigt damit in der Zeit schwacher Belastung zwischen Mitternacht und vier bis fünf Uhr morgens durchschnittlich 35 bis 40 Versuche. Einzelne Gesellschaften begnügen sich mit Kunstschaltungen für die Kontrolle.

Schließlich kommen noch Stromrelais in Differenzschaltung in Verwendung, doch beschränkt sich ihr Anwendungsgebiet auf jene Fälle, wo mindestens zwei parallele Leitungen stets in Betrieb sind, also im allgemeinen auf größere Stadtverteilnetze[2]). A. Fr.

(Journal of the A. J. E. E., Bd. 46, Nr. 10 bis 12, 1927.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom bei den Berliner städtischen Elektrizitätswerken. Von Dipl. Ing. F. Förster. Die Umschaltung von Gleich- auf Drehstrom ist mit der raschen Steigerung des Stromverbrauches notwendig geworden. Die Sicherheit der Stromversorgung bei Störungen in der Zentrale oder in Unterwerken, die für die Gleichstromversorgung des Stadtkernes immer ins Treffen geführt wird, kann in gleicher Weise heute auch schon bei der Drehstromversorgung durch entsprechenden Netzausbau gewährleistet werden. Dagegen sind aber die mit steigender Belastung außerordentlich wachsenden Kosten für die eine wirksame Betriebsreserve darstellenden Akkumulatorenbatterien ein großer Nachteil. Außerdem sind Plätze für neue Umformerwerke kaum mehr aufzutreiben und schließlich sind viele Straßen bereits derart von den bestehenden Kabeln in Anspruch genommen, daß eine Leistungssteigerung nur mehr durch den Übergang auf Drehstrom erreicht werden kann.

Bemerkenswert ist der Vorgang bei den Umschaltungen, worüber Betriebsdirektor Kohlrausch nähere Erklärungen gibt. Von den angeschlossenen Anlagen werden rund 80 vH hievon überhaupt nicht näher berührt, da neben den Glühlampen die verwendeten Geräte und Motoren bis etwa 250 W Anschlußleistung ohnehin für beide Stromgattungen benützbar sind. Die „Bewag" trägt die Umänderungskosten einschließlich der Hausanschlüsse und Zählerauswechslungen, und zwar trägt sie bis zu einem Betrag von 30 Mk. die gesamten Kosten, darüber hinaus 70 vH derselben. Darin ist schon berücksichtigt, daß der Abnehmer an Stelle der alten Anlage eine neue erhält, und es wird auch verhindert, daß er sich im letzten Augenblick alte Motoren anschafft, die dann die „Bewag" durch neue kostenlos ersetzen müßte. Der tatsächliche Vorgang ist nun der, daß die Anlagen des zur Umschaltung kommenden Gebietes aufgenommen werden und der Austausch der Geräte und Motoren von Firmen, mit denen diesbezügliche Abmachungen getroffen worden sind, vorgenommen wird, während die „Bewag" selbst die Umänderung der Leitungen besorgt. Aus formellen Gründen wird jenen Abnehmern, die Umschaltkosten zu übernehmen haben, der Stromvertrag gekündigt, bei gleichzeitiger Zusicherung unmittelbar anschließender Lieferung von Drehstrom. Bei jenen Anlagen, in denen von 110 V auf 220 V umgeschaltet wird, wird der volle Betrag aller Umänderungen von der „Bewag" getragen. V. H.

(REA. Der elektrische Betrieb, Jg. 26, Heft 3, 1928.)

[1]) Ähnliche Relais in etwas anderer Schaltung siehe E. u. M. 1925, S. 167 und 1927, S. 195, sowie 1926, S. 613 und 533; ferner ETZ 1925, S. 1263 und 1928, S. 455.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 66 und 195.

Chronik.

Die Hauptversammlung des Vereines Deutscher Ingenieure. Unter überaus zahlreicher Beteiligung hielt der Verein Deutscher Ingenieure vom 9. bis 11. Juni in Essen unter dem Vorsitze von Dr. Ing. Wendt seine 67. Hauptversammlung ab. Auf dieser wurde an Geheimrat Prof. Dr. Richard Mollier in Dresden in Anerkennung seiner Verdienste um die Erweiterung der wissenschaftlichen Grundlagen der Wärmetechnik die Grashof-Denkmünze, die höchste Auszeichnung des Vereines, verliehen. Zum Vorsitzenden für die nächsten drei Jahre wurde Dr. Ing. Karl Köttgen, Generaldirektor der Siemens-Schuckertwerke, gewählt.

In der eigentlichen Hauptversammlung hielt Prof. Dr. Ing. R. Plank, Karlsruhe, einen Vortrag über „Naturwissenschaft und Technik". Er verwies darauf, daß die Ausbildung der Ingenieure auf möglichst breiter mathematisch-naturwissenschaftlicher Grundlage aufgebaut werden müsse. Wenn auch die meisten Ingenieure bei der Ausübung ihres Berufes von der Mathematik nur selten Gebrauch machen, so darf ihre Bedeutung als Grundelement der Bildung und Erziehung des Ingenieurs nicht unterschätzt werden. Auch die Pflege der technischen Physik ist eine der wichtigsten Aufgaben für die wissenschaftlichen Ingenieure. Schließlich kommt auch das Studium der Chemie und das der Biologie in Betracht. Der zweite Vortrag von Prof. Richard Riemerschmied, Köln, befaßte sich mit dem Thema „Kunst und Technik". Der Vortragende kam zu dem Schlusse, daß engstes Zusammenwirken von Technik und Kunst nicht nur möglich, sondern notwendig sei.

Die Hauptarbeit der Hauptversammlung war, wie schon immer in den letzten Jahren, in die Fachsitzungen verlegt, deren zehn abgehalten wurden. In der Fachsitzung „Dampftechnik" unter dem Vorsitz von Prof. Eberle, Darmstadt, sprach Dr. E. Berl, Darmstadt, über „Speisewasser und Kesselbaustoff". Zur Klärung der Frage der Einwirkung von Laugen und Salzen auf Eisen, namentlich bei hohen Drücken und Temperaturen wurden umfangreiche Versuche durchgeführt. Diese zeigten, daß eine zu hohe Alkalität des Wassers namentlich bei hohen Drücken gefährlich ist, daß aber auch durch ganz reines Wasser ohne jede Alkalität das Eisen angegriffen wird. Natriumsulfat erwies sich als ein Zusatz zum Speisewasser mit ausgezeichneter Schutzwirkung.

Aus den Vorträgen der Fachsitzung „Schweißtechnik" (Vorsitzender Ob.-Baurat Füchsel) ist jener von Prof. Dr. Henning der physikalisch-techn. Reichsanstalt über seine Versuche zur Bestimmung der Temperatur der Azetylen-Sauerstofflamme zu erwähnen, welche Versuche 3100° C als Höchsttemperatur ergaben, sowie jener von Dr. Ing. Strelow und Ing. Bung, „Untersuchungen über Materialtransport und physikalische Eigenschaften des Schweißlichtbogens". Als außerordentlich wesentlich erwies sich bei der Ausnützung der Schmelzwirkung des elektrischen Lichtbogens, wie Werkstück und Schweißstab in den Stromkreis eingeschaltet sind, ob das Werkstück Anode oder

Digitized by Google

Kathode ist. Als Mittel für die Untersuchung der Vorgänge kommen die Photographie, die Aufnahme der Änderung der Stromstärke und Spannung im Stromkreise durch den Oszillographen[1]) und Filmaufnahmen mittels der Zeitlupe und eines für ultrarote Strahlen empfindlichen Filmes in Betracht. Ferner sprach noch Dipl. Ing. Herr über neue Untersuchungen von „Schweißungen mit Röntgenstrahlen".

In der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" (Vorsitzender Geh.-Rat Prof. Romberg, Charlottenburg), berichtete unter anderem Dr. Ing. Reinsch, Düsseldorf, über neue Fortschritte auf dem Gebiete der schnellaufenden namentlich der kompressorlosen Dieselmotoren. In der Aussprache wurden u. a. von Direktor Pavlikowsky, Görlitz, Mitteilungen über einen neuen Kohlenstaubmotor gemacht, ferner von Prof. M. Seilger, Paris, über ein neues Arbeitsverfahren für schnellaufende Dieselmotoren und von Prof. Romberg über Energiemessungen an Brennstoffstrahlen.

In der Fachsitzung „Metallkunde" wurden Vorträge von Dipl. Ing. Obermüller, Pforzheim, über „Aufgaben, Verfahren und Wirtschaftlichkeit beim Kokillenguß" und von Dr. Ing. Rommer, Berlin, über „Spritzguß und Konstrukteur" gehalten; letzterer besprach auch die Ausdehnung des Spritzgußverfahrens auf Zinklegierungen und auf hochschmelzende Metalle größerer Festigkeit (Aluminiumlegierungen, Elektron und Messing).

In der Fachsitzung „Ausbildungswesen" berichtete zunächst Prof. Dr. Matschoß über den Verein Deutscher Ingenieure und die Fortbildung der Ingenieure. Dieser dienen etwa 600 Vorträge im Jahre, ferner die umfassenden Veröffentlichungen des Vereines, das sind neben neun deutschen und zwei fremdsprachigen Zeitschriften die Hefte über Forschungsarbeiten, das Jahrbuch des Vereines u. a. und schließlich die Unterrichtskurse, welche auf den verschiedensten Gebieten abgehalten wurden.

Eine ausführliche Schilderung auch der vielseitig wissenschaftlichen Tätigkeit des Vereines, der bereits nahezu 30 000 Mitglieder zählt, gibt der anläßlich der Hauptversammlung veröffentlichte Bericht über das Geschäftsjahr 1927/28. Die Fortbildung der in der Praxis tätigen Konstrukteure behandelte Prof. Dr. E. Kraft. Er verwies auf die Notwendigkeit für den Konstrukteur, seine Kenntnisse zu befestigen und zu erweitern, und auf die Pflicht des Betriebes, die bezüglichen Bestrebungen der Konstrukteure zu unterstützen.

Literaturberichte.

2190 **Isolierte Leitungen und Kabel.** Erläuterungen zu den für isolierte Leitungen und Kabel geltenden Vorschriften und Normen des VDE. Im Auftrage des VDE herausgegeben von Dr. Rich. Apt, 3. Auflage. Verlag Jul. Springer, Berlin, 1928. Preis: geh. M. 12·—, geb. M. 13·—.

Seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses Buches[2]) sind in den VDE-Vorschriften für isolierte Leitungen und Kabel gemäß den Fortschritten der Elektrotechnik wesentliche Änderungen vorgenommen worden, die eine nahezu völlige Neubearbeitung der Erläuterungen nötig machten. Das weite Gebiet der Fernmeldeleitungen wurde erschöpfend neu behandelt. Hiemit erscheint das für den projektierenden und praktisch arbeitenden Elektrotechniker wegen der weitgehenden Angleichung der Sicherheitsvorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien an die VDE-Vorschriften auch hierzulande wertvolle Buch dem gegenwärtigen Stande der Elektrotechnik wieder angepaßt.

Dr. Rich. Hiecke.

3543 **Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgegeben von Prof. Dr. F. Auerbach und Prof. Dr. W. Hort[3]) Band VII. Lieferung 1. 238 Seiten. Mit 125 Abb. im Text. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1928. Subskriptionspreis geh. M. 17·60, Einzelpreis M. 22·—.

Der größte Teil dieses Bandes (168 Seiten) ist von F. Auerbach bearbeitet und der Kapillarität gewidmet. Die Theorie der Oberflächenspannung und Oberflächenenergie, der Gestalt der freien Oberfläche, der Tropfenbildung wird ausführlich behandelt, auch die durch die Kapillarität beeinflußten Bewegungserscheinungen. Den Meßmethoden wird entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt. Anschließend an das Auerbachsche Referat bearbeiten H. Freundlich die Kapillarchemie und R. Fürth die Systematik der dispersen Systeme und die Brownsche Bewegung. Überall findet man ausführliche Literaturangaben. Basch.

3697 **Chemisch technisches Taschenlexikon** von Dr. techn. Georg Schluck, 220 S., Tagblattbibliothek Nr. 606/610, Steyrermühl-Verlag, Wien. Das Büchlein enthält eine kurze, allgemein verständliche Darstellung der Hauptzweige der reinen und angewandten Chemie in Form eines Lexikons. Die technischen Verfahren sind unter dem Namen ihrer Hauptprodukte zu finden. Die meisten handelsüblichen Elemente und Verbindungen sind mit ihrer Zusammensetzung angeführt, ihre chemischen Eigenschaften und ihre Darstellung, bzw. ihr Vorkommen und ihre Verwendung sind in knapper, für den Leser des Taschenbuches zweckentsprechender Form geschrieben. Auch die seltenen Elemente und damit zusammenhängenden Fragen sind, soweit sie ein über dem Rahmen der wissenschaftlichen Chemie hinausgehendes Interesse haben, angeführt. So enthält zum Beispiel der Artikel Radium einige Bemerkungen über Radioaktivität, etc. Die Begabung des Verfassers zu leicht faßlicher Darstellung auch komplizierterer Verhältnisse ist, wie insbesondere aus einigen technischen Artikeln hervorgeht, so groß, daß man wünschen darf, er möge in einer neuen Auflage auch die mehr abstrakten Begriffe der physikalischen Chemie ausführlicher und ein wenig schärfer behandeln. Ph. Groß.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die englische Elektroindustrie. Das seit 1924 unter dem Vorsitze von Sir Arthur Balfour bestehende Industrie- und Handelskomitee hat kürzlich einen ausführlichen Bericht herausgegeben[1]), in welchem neben der Eisen- und Stahlerzeugung, der Kohlenförderung, dem Schiffs- und Maschinenbau usw. auch die elektrotechnische Industrie besprochen wird. Es wird festgestellt, daß die letztere im Verhältnis zur technischen Industrie im allgemeinen (Maschinenbau, Eisenkonstruktionswerkstätten usw.) an Bedeutung in der letzten Zeit viel mehr gewonnen hat. So ist zwar bei 27 führenden technischen Unternehmungen das Kapital von 1911/13 bis 1925 von 33·7 auf 74·7 Mill. Pf. gestiegen, aber der Reingewinn von rund 4 Mill. auf 3 gefallen und es mußten im Jahre 1925 sogar Reserven zur Dividendenzahlung herangezogen werden. Diesen mißlichen Verhältnissen wird durch die Gründung von größeren Konzernen entgegenzuwirken versucht, die sowohl technisch als auch finanziell in der Lage sind, große Anlagen als Ganzes zu errichten. Die Fortschritte in der Elektroindustrie werden am besten durch die Steigerung der gesamten Erzeugung von 14 Mill. Pf. im Jahre 1907 auf über 65 Mill. im Jahre 1924 gekennzeichnet. 144 Gesellschaften mit zusammen 73 Mill. Pf. Aktienkapital und Anleihen zahlten 1926/27 im Durchschnitt 7·73 vH Dividende und Zinsen. Aber im Gegensatze zur Deutschen und amerikanischen Elektroindustrie ist die englische noch stark zersplittert, denn es werden 1926/27 nicht weniger als 508 Erzeugerfirmen gezählt, von welchen 200 mit 80 vH der gesamten Erzeugung (außer Kabeln) in der Beama (British Electrical und Allied Manufacturer Association) vereinigt sind. Allerdings beginnt auch hier die Konzentration Fortschritte zu machen, denn von dem gesamten Kapital von 75 Mill.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 22, S. 499 ff.
[2]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 719.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 698, 771; 1928, H. 24, S. 602, H. 27, S. 746.

[1]) Vgl. Electrical Review, Bd. 102, Nr. 2634 bis 2636, 1928.

Digitized by Google

Pfund sind 30 vH in vier großen Konzernen vereinigt und 18 Kabelerzeuger verfügen über fast 16 Mill. Pf. Kapital. An Handelsvereinigungen bestehen außer der Beama, die sich vorwiegend mit Starkstromanlagen befaßt, noch Vereinigungen der Kabel-, Lampen-, Akkumulatoren- und Radioerzeuger, ferner zwei allgemeine Interessenvereinigungen, die British Electrical Development Association, die Ausstellungen veranstaltet, die Verwendung der Elektrizität im Haushalt propagiert usw., und die Telephone Development Association. Großes und werktätiges Interesse wird den wissenschaftlichen Forschungen entgegengebracht. Neben den Hochschullaboratorien befassen sich damit das National Physical Laboratory in Teddington (dessen Berichte regelmäßig in der Zeitschrift veröffentlicht werden)[1]), das Radioversuchsamt und die oberste Postbehörde. Schließlich verwenden die Mitglieder der Beama in ihren eigenen Unternehmungen jährlich zusammen etwa 250 000 Pf. für Versuche, wozu noch die Tätigkeit einer besonderen Forschungsgesellschaft der Elektroindustrie kommt. Die Elektrizitätskommissäre haben von der Möglichkeit auf ihrem Arbeitsgebiete (Krafterzeugung und Verteilung) Untersuchungen anzustellen, noch keinen Gebrauch gemacht. Allerdings sind alle diese Aufwendungen, wie der Bericht feststellt, geringe im Vergleich zu den entsprechenden Ausgaben der amerikanischen Elektroindustrie.

Den Verkauf ihrer Erzeugnisse besorgt die Industrie zum überwiegenden Teile selbst durch eigene Vertreter und Verkaufsorganisationen, aber nur zum geringsten Teile durch Händler. Soweit es sich um die Dominions und die anderen außereuglischen Märkte handelt, macht sich die noch immer fehlende Verbindung zwischen Elektroindustrie und den Banken wie in Deutschland und den V. St. A. unangenehm geltend. Trotzdem ist aber die elektrotechnische Ausfuhr von 7·6 Mill. Pf. im Jahre 1913 auf 19·2 Mill. i. J. 1926 und 18·6 Mill. (oder auf Friedenswerte umgerechnet 13·1 Mill.) i. J. 1927 gestiegen, die Einfuhr dagegen nur von 2·6 Mill. auf 5·6 Mill. (3·9 Mill. Friedenswert) i. J. 1927. Das Verhältnis zwischen Erzeugung und Ausfuhr hat sich seit der Vorkriegszeit nicht verändert. Die Ausfuhr an elektrischen Maschinen und Apparaten stieg von 26 860 t i. J. 1923 auf 33 216 t i. J. 1925, hiebei ist bei der Ausfuhr nach den Dominions eine Verdopplung der Menge zu verzeichnen, während die nach den übrigen Ländern ausgeführte Menge auf etwa $^2/_3$ fiel. Im Jahre 1927 wurden 40 878 t ausgeführt, davon $^2/_3$ nach zum britischen Reich gehörenden Ländern. Die Einfuhr aus Deutschland, den V. St. A. und Belgien ist gegen die Vorkriegszeit gefallen, dagegen jene aus Frankreich und besonders der Schweiz gestiegen, die heute bezüglich der Stromerzeuger an erster Stelle steht. Hauptsächlich werden Motoren, Umformer und Transformatoren eingeführt. Magnetzünder, die vor dem Kriege fast auf der ganzen Erde und auch nach England ausschließlich von Deutschland geliefert wurden, werden jetzt schon im Inland — nach den Behauptungen des Berichtes (nicht aber nach der Meinung der Verbraucher) — in gleicher Güte oder sogar besser als in Deutschland erzeugt und auch zu ganz geringen Teilen ausgeführt. Zu den wichtigsten Zweigen der Elektroindustrie gehört die Kabelerzeugung (einschließlich Telephon-, aber ausschließlich Unterseekabel), die 1924 etwa 37 000 Personen beschäftigte. Die erzeugte Menge stieg von 1914 bis 1924 auf das Doppelte, der Wert der Erzeugnisse von 5·4 auf 15·75 Mill. Pf. Die Ausfuhr (rund 5 Mill. Pf. i. J. 1925) geht vorwiegend nach den Dominions und nach den V. St. A. Aus dem eine Reihe interessanter Einzelheiten enthaltenden Abschnitte über die Kabelindustrie sei nur noch hervorgehoben, daß die ziemlich weit vorgeschrittenen Normungsarbeiten auf diesem Gebiete auch schon praktische Erfolge gezeitigt haben; so konnten die Kupfervorräte der Werke stark herabgemindert werden. Die Telephonindustrie arbeitet vorwiegend für die staatlichen Postbehörden, welche 1912 das Telephonnetz übernahmen, an welches derzeit 1·6 Mill. Teilnehmer angeschlossen sind. Weiters werden von etwa 15 Unternehmungen dieser Industrie, davon 6 Großfirmen, auch Apparate für die drahtlose Übertragung gebaut. Die Ausfuhr hatte im Jahre 1925 einen Wert von 2·8 Mill. Pf., wovon 1·1 Mill. auf Radioapparate entfielen, und im Jahre 1926 einen Wert von 3·1 Mill., während sie 1927 auf 2·7 Mill. sank. Hauptausfuhrländer sind Australien Argentinien und Japan. Die Einfuhr im Werte von 835 700 Pf. im Jahre 1925 wird vorwiegend von Deutschland und den V. St. A. bestritten. Die Glühlampenerzeugung, die in den Händen weniger großer Unternehmungen konzentriert ist, stieg von 25 Mill. Stück jährlich vor dem Kriege auf 36 Mill. i. J. 1926 und 41 Mill. i. J. 1927. England steht damit in der europäischen Glühlampenerzeugung (200 Mill. Stück im Jahr) nach Deutschland und Frankreich an dritter Stelle. Die Ausfuhr hatte in den Jahren 1913, 1925, 1926 und 1927 einen Wert von 152 500, 510 800, 501 000 und 593 300 Pf. Etwa $^3/_5$ der Ausfuhr gehen nach anderen Teilen des Reiches, hauptsächlich nach Australien. Während die Zahl der ausgeführten Lampen von 1913 bis 1925 von 3·1 auf 7 Mill. stieg, ist die Einfuhr, vorwiegend aus Holland, Deutschland und Österreich von 2·7 Mill. auf 21 Mill. gestiegen.

Der Bericht schließt mit einer Übersicht über die elektrotechnische Industrie der ganzen Erde, welche gegenüber den Veröffentlichungen der letzten Jahre über dieses Thema[1]) im wesentlichen nichts Neues bringt, bemerkenswerter Weise aber nach der deutschen und französischen bereits die österreichische Industrie erwähnt, die zu Beginn des Jahres 1927, als die Fabriken mit etwa 60 vH ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt waren, rund 20 000 Angestellte und Arbeiter hatte.

[1]) Vgl. die letzten Berichte in E. u. M. 1926, S. 829; 1928, H. 5, S. 111.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 607.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	23. VII. 1928	25. VII. 1928	27. VII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139¾	139¾	139¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 27. Juli 1928)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	13	9	62	15	0
Standard 3 Monate .	63	1	3	63	3	9
Zinn:						
Engl. Ingots	214	10	0	216	0	0
Standard Kassa . .	216	10	0	216	15	0
Standard 3 Monate .	214	15	0	215	0	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	17	6	24	17	6
Remelted	25	5	0	—	—	—
English Swansea . .	25	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 12. August 1928 | Heft 33

Zur Theorie der Spannungskurve des Synchrongenerators.

Von Dr. techn. Milan **Vidmar**, ord. Prof. an der Universität Ljubljana.

Zweck der Arbeit: Synchrongeneratoren geben heutzutage Spannungen, die ziemlich zufriedenstellend die gewünschte Sinusform erreichen. Wohl trifft man immer wieder in Oszillogrammen Oberwellen an, zuweilen sogar von überraschender Stärke. Vor kurzem zum Beispiel hatte der Verfasser Gelegenheit, an einem 5000 kVA-Generator eines modernen großen Elektrizitätswerkes im Leerlauf eine kräftige Oberwelle 17facher Periodenzahl zu beobachten. Im allgemeinen aber darf man annehmen, daß die Frage der Spannungsform für Synchrongeneratoren konstruktiv gelöst ist.

Bei genauer Betrachtung fällt es auf, daß im Synchrongeneratorenbau nur eine gewisse Annäherung an die Sinusform von Haus aus konstruktiv angestrebt wird. Man begnügt sich mit Formen, die der Sinuswelle sehr nahe kommen, man baut gerne Polschuhe, die eine trapezförmige Verteilung der Magnetradliniendichte über die Polteilung ergeben, man schreckt nicht einmal vor rechteckigen Magnetradflüssen zurück, ist zufrieden, wenn der Drehfluß des Ständers ebenfalls nach einem Trapez seine Liniendichten verteilt, hält sich aber dabei an erprobte günstige Abmessungsverhältnisse, zum Beispiel an die Breite zweier Drittel der Polteilung beim Rechteckfluß oder an das Verhältnis 1 : 3 der beiden Grundlinien beim Trapezfluß.

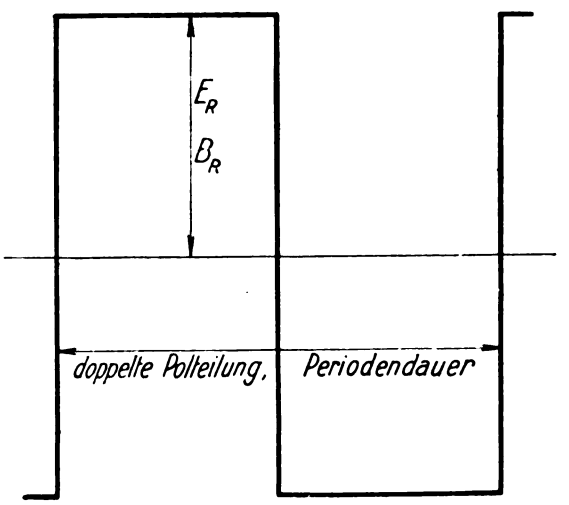


Abb. 1.

In der Literatur findet man keine klare, anschauliche Darstellung der Vorteile der erwähnten Abmessungsverhältnisse. Viel zu sehr wird mit der praktischen harmonischen Analyse verschiedener Kraftflußformen gearbeitet, wobei der physikalische Einblick zu kurz kommt.

Die vorliegende Arbeit soll mit ganz einfachen Hilfsmitteln die dem Praktiker längst bekannten Ergebnisse in theoretisch einwandfreier Form bringen. Bei vollständiger Klarstellung der Zusammenhänge wird manch ein scheinbar verwickeltes Problem einfach. Es ist vor allem die Untersuchungsmethode, die nach Ansicht des Verfassers die vorliegende Arbeit rechtfertigt. Sie ist bestimmt noch ausbaufähig und dürfte der Theorie elektrischer Maschinen ein neues Hilfsmittel in die Hand geben.

Die Form der Spannung eines Synchrongenerators — nur dreiphasige Generatoren kommen praktisch in Betracht — hängt einerseits von der Form des Magnetradkraftflusses, andererseits von der Form des Ständerdrehflusses ab. Um die notwendige Ordnung einhalten zu können, wollen wir zunächst nur den Leerlauf des Generators untersuchen und nachher erst den Einfluß des Belastungsstromes berücksichtigen.

Für den Magnetradfluß und für den Ständerdrehfluß gibt es zwei Urformen der Liniendichtenverteilung, die zwar praktisch nicht vorkommen können, auf die man aber merkwürdigerweise doch die ganze Theorie der Spannungskurve des Synchrongenerators aufbauen kann. Es sind dies die Rechteckform der Abb. 1 und die Dreieckform der Abb. 2. Gerade in der Ausnützung dieser beiden Urformen liegt der Sinn der vorliegenden Arbeit.

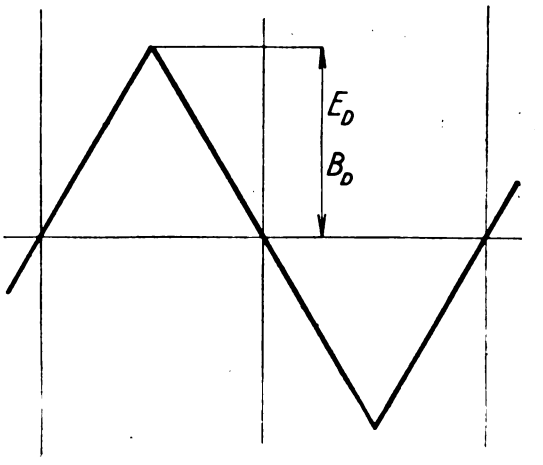


Abb. 2.

Die Rechteckform der Abb. 1 gibt bekanntlich in Sinuswellen aufgelöst das Ergebnis:

$$E = \frac{4}{\pi} E_R \left(\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \right.$$

$$\left. + \ldots \frac{\sin n\omega t}{n} \right) \ldots\ldots (1).$$

Digitized by Google

Die Grundwelle ist also

$$\frac{4}{\pi}\,\text{mal}$$

höher als die Gesamtwelle und die Oberwellen nehmen proportional mit der Ordnungszahl an Höhe ab.

Die Dreieckform der Abb. 2, in Sinuswellen aufgelöst, gibt den Ansatz:

$$E=\frac{8}{\pi^2}\cdot E_D\left(\frac{\sin\omega t}{1^2}-\frac{\sin 3\omega t}{3^2}+\right.$$
$$\left.+\frac{\sin 5\omega t}{5^2}\ldots\right)\quad\ldots\ldots(2).$$

Diesmal ist die Grundwelle im Verhältnis

$$\frac{8}{\pi^2}$$

niedriger als die Gesamtwelle, die Oberwellen fallen außerdem mit dem Quadrat der Ordnungszahl ab.

Die beiden Gleichungen (1) und (2) gelten schon für die Leerlaufspannungen der in den Abbildungen 1 und 2 festgelegten Urformen der Liniendichtenverteilung des Magnetradflusses, unter der

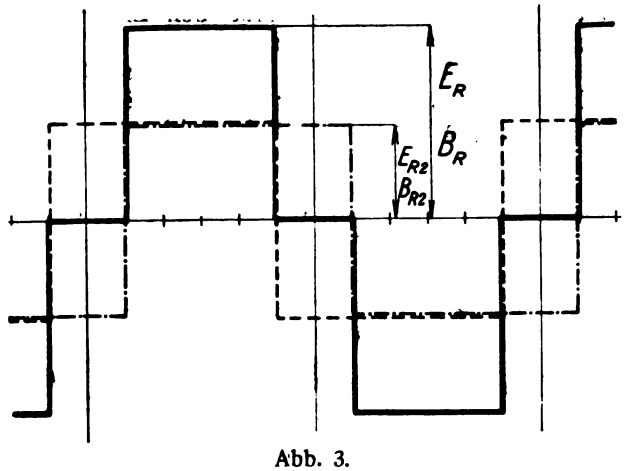


Abb. 3.

Voraussetzung natürlich, daß nur ein Stab, bzw. nur eine Windung je Pol und Phase die Ständerwicklung bildet. Kraftfluß und induzierte Spannung haben bekanntlich immer gleiche Form der örtlichen Liniendichtenverteilung bzw. der zeitlichen Höhenänderung der Spannung. Polteilung und halbe Periodendauer sind dabei die einander entsprechenden Größen.

Es ist bekannt, daß sich jede Spannungsform verbessert, wenn die Wicklung von einer einzigen Windung zu mehreren, auf dem Ständerumfang gegeneinander örtlich verschobenen Windungen aufsteigt. Aber je schöner die einzelne Stab- bzw. Windungsspannung ist, umso schöner wird die Wicklungsspannung. Es ist empfehlenswert, zunächst nur die einzelne Stabspannung in Betracht zu ziehen.

Die beiden Gleichungen (1) und (2) zeigen nun, daß die Verbesserungsbestrebungen, von den angenommenen Urformen des Magnetradflusses ausgehend, vor allem die dritte Oberwelle angreifen müssen. Gelingt es, sie zu unterdrücken, so ist schon sehr viel gewonnen. Die dritte Oberwelle ist aber noch aus einem anderen Grunde außerordentlich überwachungsbedürftig. Bei dreiphasigen Generatoren sind die dritten Oberwellen der drei Phasen untereinander in Phase, denn da die Grundwellen 120° Phasenverschiebung haben müssen, bekommen die dritten Oberwellen

$$3\times 120=360°.$$

Bei Dreieckschaltung der Ständerwicklung sind im

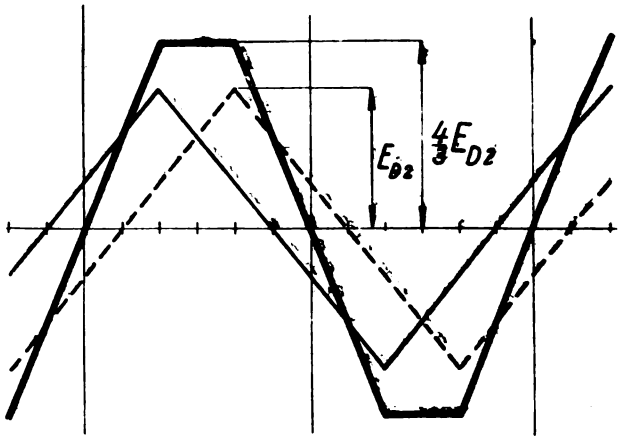


Abb. 4.

Wicklungsdreieck Ausgleichsströme unvermeidlich, wenn die dritten Spannungsoberwellen nicht unterdrückt werden.

Es ist aber ganz leicht, die dritten Oberwellen im Leerlauf zum Verschwinden zu bringen. Man braucht offenbar nur dem Magnetradkraftfluß eine Form zu geben, wie sie sich aus zwei gegeneinander um ein Sechstel der doppelten Polteilung verschobenen Urformen nach Abb. 1 bzw. Abb. 2 ergibt. Was dabei herauskommt, zeigen die beiden Abb. 3 und 4.

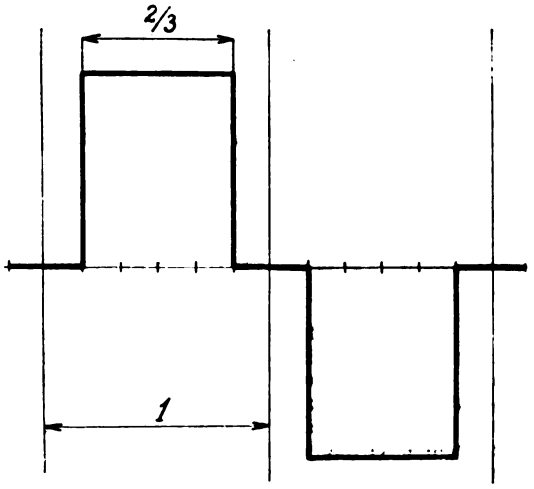


Abb. 5.

Wir sind in überraschender Weise zu zwei bewährten Formen des Magnetdrehflusses gekommen, zum Rechteckfluß nach Abb. 5 mit der Breite zweier Drittel der Polteilung und zum Trapezfluß nach Abb. 6 mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3.

Beide haben die dritte Oberwelle verloren.

Digitized by Google

Aber das ist nicht alles. Verschwunden ist offenbar auch die neunte Oberwelle, die fünfzehnte, die einundzwanzigste usw. Geschwächt erscheinen außerdem alle übrigen Oberwellen.

Die fünfte Oberwelle zum Beispiel setzt sich aus den beiden fünften Oberwellen der beiden um

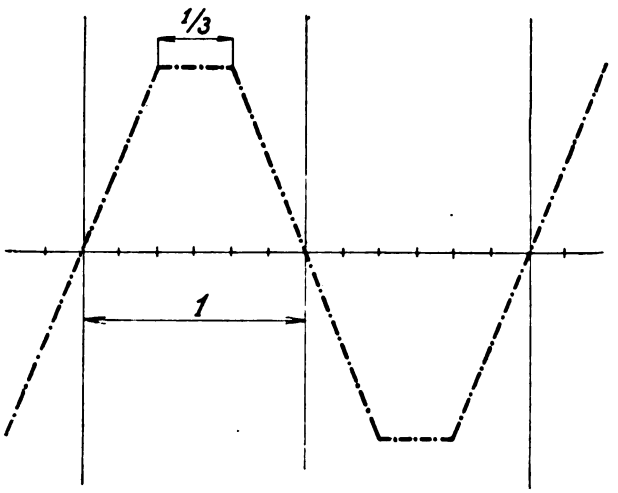


Abb. 6.

60° gegeneinander verschobenen Grundformen mit dem Phasenwinkel.

$$5 \times 60 = 300 = 60°$$

nach Abb. 7 zusammen, ihr Höchstwert ist offenbar im Verhältnis

$$\sqrt{3} : 2$$

gesunken.

Die siebente Oberwelle muß mit dem Phasenwinkel:

$$7 \times 60 = 420 = 60°$$

rechnen und ebenso alle übrigen Oberwellen.

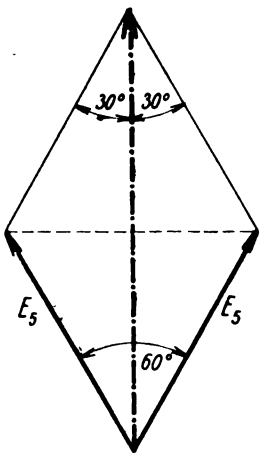


Abb. 7.

Allerdings ist die Grundwelle selbst auch im Verhältnis

$$\sqrt{3} : 2$$

kleiner als die doppelte Grundwelle der einzelnen Grundform. Das Ergebnis ist demnach schließlich doch nur die restlose Unterdrückung der dritten Oberwellen und aller übrigen Oberwellen, deren Ordnungszahl durch 3 teilbar ist.

So kommt man schließlich zum Ansatz:

$$E = \frac{4 \cdot \sqrt{3}}{\pi} E_{R_2} \left(\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 5 \omega t}{5} + \right.$$
$$\left. + \frac{\sin 7 \omega t}{7} + \frac{\sin 11 \omega t}{11} + \ldots \right) \quad . \; . \; (3)$$

für den Rechteckfluß nach Abb. 5, bzw.

$$E = \frac{8 \cdot \sqrt{3}}{\pi^2} E_{D_2} \left(\frac{\sin \omega t}{1^2} + \frac{\sin 5 \omega t}{5^2} - \right.$$
$$\left. - \frac{\sin 7 \omega t}{7^2} - \frac{\sin 11 \omega t}{11^2} \ldots \right) \quad . \; . \; . \; (4)$$

für den Trapezfluß nach Abb. 6.

Nun ist es ohneweiters verständlich, daß die Praxis so sehr die Trapezform bevorzugt, warum sie schräg abgeschnittene Polschuhe, die die Trapezform bringen, eingeführt hat und warum beim einfachen Rechteckfluß die Breite zweier Drittel der Polteilung als günstig gefunden wurde. Die beiden Gleichungen (3) und (4) lassen auch sofort erkennen, daß der Trapezfluß dem Rechteckfluß weit überlegen ist. Die Oberwellen des Trapezflusses sind schon bei der Einlochwicklung, auf die sich doch die Gleichungen (3) und (4) beziehen, sehr geringfügig, die elfte Oberwelle beträgt zum Beispiel nicht einmal ein Hundertstel der Grundwelle und die ganze Sorge um die Reinheit der Spannungsform gilt eigentlich nur noch der fünften Oberwelle.

Turbogeneratoren mit nicht ausgeprägten Polen erreichen ganz leicht die Trapezform des Läuferflusses, wenn sie zwei Drittel des Läuferumfanges mit der Erregerwicklung besetzen. Überhaupt ist die günstigste Trapezform mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3 konstruktiv leicht zu erreichen, so daß sie die beste Lösung, auch vom praktischen Standpunkt aus betrachtet, zweifellos darstellt. Der Rechteckfluß nach Abb. 5 bringt keineswegs derartige konstruktive Erleichterungen, daß er neben dem Trapezfluß erfolgreich bestehen könnte. Wenigstens die Verhältnisse im Leerlauf drängen zu diesem Urteil.

Wenn wir uns nun der Beeinflussung der Stabspannung durch den Belastungskraftfluß des Ständers zuwenden, wollen wir zunächst die Bauart mit nicht ausgeprägten Polen voraussetzen, damit der magnetische Widerstand überall am Ständerumfang gleich angenommen werden kann.

Der Aufbau des Ständerdrehflusses, wie er bei der Belastung der dreiphasigen Synchron- oder Asynchronmaschine entsteht, ist eine bekannte Sache. Wenn wir diesem Aufbau im Folgenden doch einige Aufmerksamkeit schenken, so geschieht dies lediglich, damit die Untersuchungsweise mit Hilfe der beiden in den Abb. 1 und 2 festgehaltenen Urformen auch in dieser Richtung zur Geltung kommt.

Eine Mehrlochphasenwicklung gibt, vom Betriebsstrom durchflossen, einen Phasenkraftfluß nach Abb. 8. Es handelt sich um einen Trapezfluß, wenn die Feinheiten der Abb. 8, die durch die Zerlegung der Phasenwicklung in Nutenwicklungen entstehen — die genaue Kraftflußkurve ist

Digitized by Google

die in der Abb. 8 ausgezogene Treppenkurve —, vernachlässigt werden.

Der trapezförmige Phasenkraftfluß hat das ungünstige Grundlinienverhältnis 2 : 3. Wir müssen erwarten, daß sich eine starke dritte Oberwelle zeigt, die doch nur, wie oben festgestellt, beim Grundlinienverhältnis 1 : 3 verschwindet.

In der Tat kann man auch die Trapezform mit dem Grundlinienverhältnis 2 : 3 aus zwei

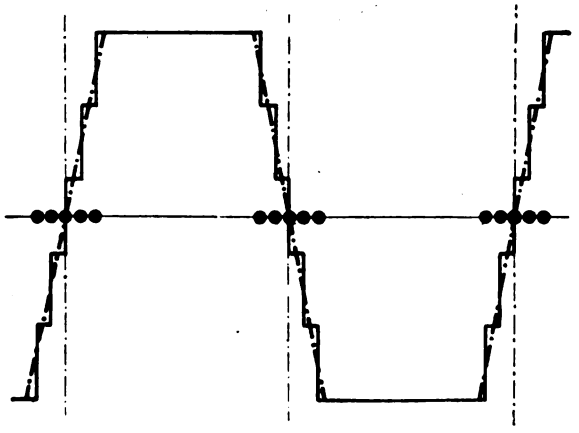


Abb. 8.

Dreieckformen aufbauen. Nur müssen jetzt die beiden Dreieckformen um 120° nach Abb. 9 gegeneinander verschoben werden, außerdem erreicht diesmal das Trapez nur zwei Drittel der Höhe der beiden Urdreiecke, während beim Grundlinienverhältnis 1 : 3 nach Abb. 4 das Trapez im Verhältnis 4 : 3 höher ist als die Dreiecke.

Für die dritten Oberwellen der dreieckigen Urformen bedeutet die Phasenverschiebung von 120° der Grundwellen Phasengleichheit. Sie addieren sich unmittelbar. So erreicht die dritte Oberwelle

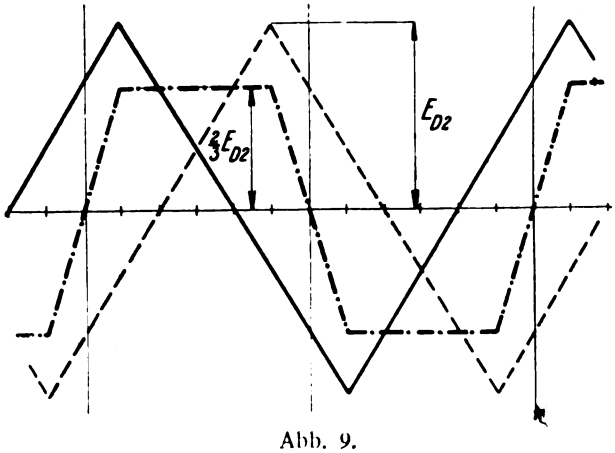


Abb. 9.

der Trapezform mit dem Grundlinienverhältnis 2 : 3 offenbar:

$$100 \times \frac{2}{9} = 22{\cdot}2\ vH$$

der Höhe der Grundwelle.

Glücklicherweise verschwindet der Nachteil des Phasentrapezflusses im Gesamtbild des dreiphasigen Drehflusses. Bekanntlich schwankt der Drehfluß zwischen den beiden Formen der Abb. 10, die jenem Augenblick entspricht, in dem ein Phasenstrom im Höchstwert, die beiden an-

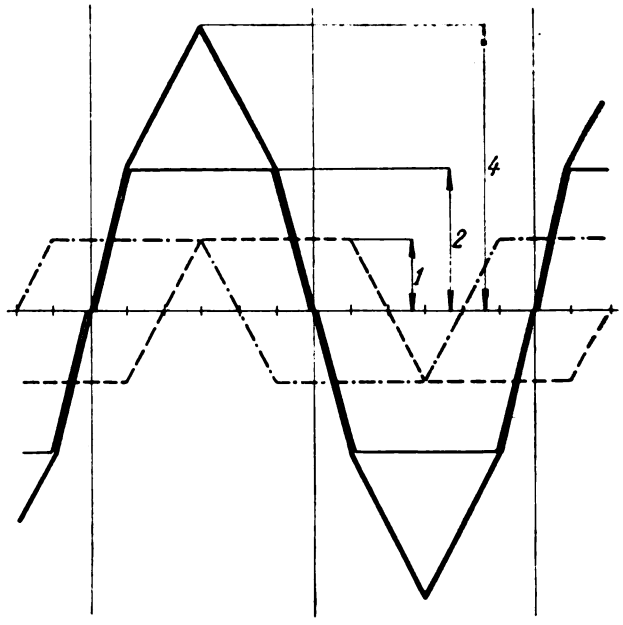


Abb. 10.

deren Phasenströme also je im negativen Halbwert stehen, und der Abb. 11, die ein Sechstel Periode später auftritt, wenn ein Phasenstrom durch Null geht, die beiden anderen Phasenströme dagegen $\frac{\sqrt{3}}{2}$ des Höchstwertes bei verschiedenem Vorzeichen aufweisen.

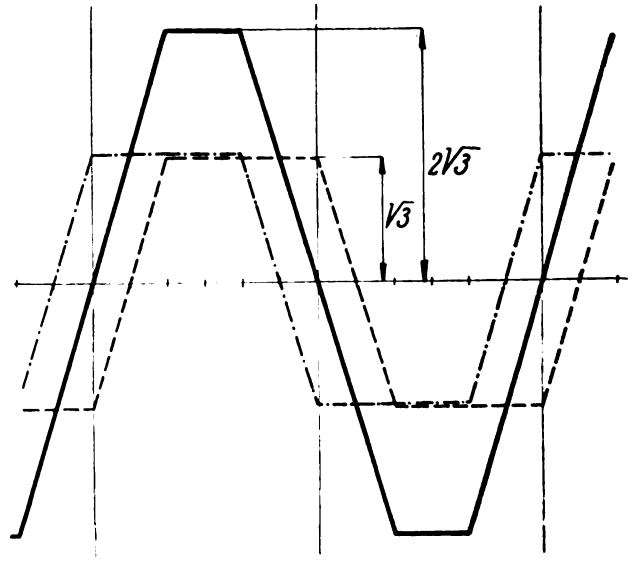


Abb. 11.

Die Trapezform der Abb. 11 hat wieder das günstige Grundlinienverhältnis 1 : 3, sie hat, wie wir bereits wissen, keine dritte Oberwelle. Sie ist, wie ein Vergleich der beiden Abb. 10 und 11 sofort erkennen läßt, im Verhältnis $\sqrt{3} : 2$ niedriger als die Form der Abb. 10.

Nun kann man die Form der Abb. 10 ganz

Digitized by Google

einfach durch eine Dreieckform und eine dreieckige dritte Oberwelle nach Abb. 12 ersetzen. Die Dreieckform ist im Verhältnis 4·5 : 4 höher, die dritte dreieckige Oberwelle im Verhältnis 0·5 : 4 kleiner als die Ausgangsform der Abb. 10. Diese Verhältniszahlen liest man ohne Mühe der Abb. 12 sofort ab.

Wenn aber zwischen der Dreieckform und der dreieckigen dritten Oberwelle das Größenverhältnis:

$$4{\cdot}5 : 0{\cdot}5 = 9 : 1$$

steht, so ist, wie man leicht einsieht, die dreieckige dritte Oberwelle einfach die Zusammenfassung der dritten, neunten, fünfzehnten usw. Sinusoberwelle der erhaltenen Dreieckform, nur mit der Beigabe, daß sie deren negative Zusammenfassung darstellt.

Gerade so, wie sich die dreieckige Urform aus der sinusförmigen Grundwelle, der sinusförmigen dritten, fünften usw. Oberwelle aufbaut,

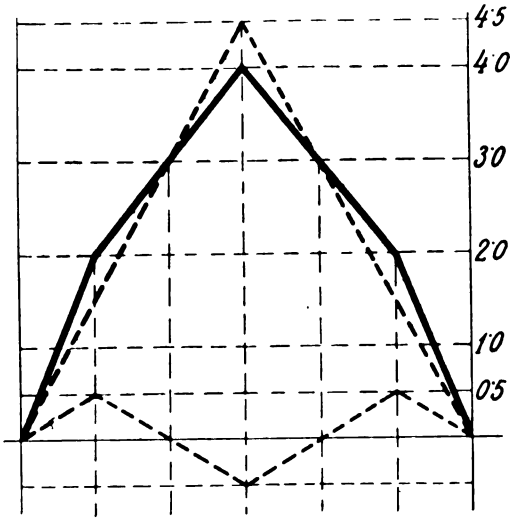


Abb. 12.

baut sich natürlich die Dreieckwelle dreifacher Periodenzahl aus der $3\times$ 1-ten, aus der $3\times$ 3-ten, aus der $3\times$ 5-ten usw. Oberwelle der Dreieckgrundwelle auf.

Das entgegengesetzte Vorzeichen bewirkt nach all dem das vollständige Verschwinden der dritten, neunten, fünfzehnten usw. Oberwelle der Drehflußform nach Abb. 10. Dieselben Eigenschaften fanden wir beim Trapezfluß mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3. Der Ständerdrehfluß ist also praktisch ebenso sinusförmig wie der Magnetradtrapezfluß. Dies gilt natürlich nur unter der gemachten Voraussetzung, daß der magnetische Widerstand der Maschine in allen radialen Richtungen gleich groß ist, was nur bei der Bauart mit nicht ausgeprägten Polen wirklich zutrifft.

Der Luftspalt zwischen Ständer und trommelförmigem Läufer, δ (cm), enthält immer den Hauptanteil des magnetischen Widerstandes der Maschine. Erhöhen wir ihn auf δ' (cm), so daß er tatsächlich den ganzen magnetischen Widerstand vertreten kann, so können wir nun auch ganz leicht die sinusförmige Grundwelle des Ständerdrehflusses, die, wie wir wissen, praktisch allein in Betracht kommt, berechnen.

Der Ständer habe z_2 Stäbe und werde von I_2 effektiven Ampere Phasenstrom durchflossen. Die Höchstdichte des Phasentrapezflusses nach Abb. 8 erreicht bei einer p-poligen Konstruktion

$$\frac{4\pi}{10}\cdot\frac{z_2 . I_2 . \sqrt{2}}{2\times 3p . \delta'} \text{ Gauß.}$$

Die Höchstdichte der Drehflußform nach Abb. 10 ist doppelt so groß, die Höchstdichte der Ersatzdreieckform nach Abb. 12

$$\frac{4{\cdot}5}{4}\times 2\times\frac{4\pi}{10}\cdot\frac{z_2 . I_2 . \sqrt{2}}{6p . \delta'} \text{ Gauß.}$$

Wir wissen aber, daß die Sinusgrundwelle dieser Ersatzdreieckform im Verhältnis $8 : \pi^2$ niedriger ist. So ergibt sich die Höchstliniendichte des sinusförmigen Drehflusses zu:

$$\mathfrak{B}_2 = \frac{8}{\pi^2}\times\frac{4{\cdot}5}{4}\times 2\times\frac{4\pi}{10}\cdot\frac{z_2 I_2\sqrt{2}}{6p\delta'} =$$

$$= \frac{12\times\sqrt{2}}{10\pi}\cdot\frac{z_2 I_2}{p . \delta'} = 0{\cdot}54\,\frac{z_2 I_2}{p\delta'} \quad . . (5).$$

Die Trapezform des Drehflusses nach Abb. 11 erreicht die 3-fache Dichte des Phasenkraftflusses. Nun ist das Trapez mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3 immer $\frac{4}{3}$mal höher als die beiden Dreieckformen, die es zusammensetzen. Die beiden Sinusgrundwellen dieser Dreieckformen sind natürlich 60° gegeneinander verschoben, sie setzen sich deshalb zu einer $\sqrt{3}$mal größeren Gesamtgrundwelle zusammen. So erhalten wir den zweiten Ansatz für die Höchstdichte des sinusförmigen Drehflusses:

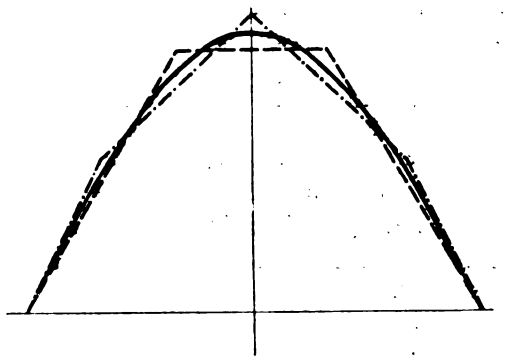


Abb. 13.

$$\mathfrak{B}_2 = \sqrt{3}\times\frac{8}{\pi^2}\times\frac{3}{4}\times\sqrt{3}\times\frac{4\pi}{10}\cdot\frac{z_2 I_2\sqrt{2}}{6p . \delta'} =$$

$$= \frac{12\times\sqrt{2}}{\pi}\cdot\frac{z_2 I_2}{p . \delta'}$$

ganz in Übereinstimmung mit der vorangehenden Berechnung.

Ein schönes Gesamtbild der Ständerdrehflußform gibt Abb. 13, in der die spitze und die Trapezform neben der Sinusgrundwelle auftreten. Nachdem die Höhe der spitzen Drehflußform, die der Einfachheit wegen als Einheit genommen

Digitized by Google

wurde, gerade den doppelten Höchstwert des Phasenkraftflusses, die Trapezform dagegen den $\sqrt{3}$-fachen Höchstwert des Phasenkraftflusses erreicht, lassen sich noch folgende Beziehungen berechnen.

Die Sinusgrundwelle ist, wie oben ermittelt, einfach die Grundwelle der in der Abb. 12 angenommenen Dreieckform, die $\frac{9}{8}$-mal höher ist als die spitze Drehflußform. Es ist also, auf diese Drehflußspitze als Einheit bezogen, die Höhe der Sinusgrundwelle:

$$\mathfrak{B}_1 = \frac{9}{8} \times \frac{8}{\pi^2} = 0{\cdot}914,$$

sie erreicht also den 1·828-fachen Höchstwert des Phasenkraftflusses.

Die fünfte Oberwelle der spitzen Drehflußform ist natürlich 25mal kleiner als die Sinusgrundwelle. Für die Trapezflußform muß die Berechnung der fünften Oberwelle auf die beiden Dreieckformen zurückgreifen, aus denen sich das Trapez aufbaut (Abb. 4). Sie sind $\frac{3}{4}$-mal niedriger als das Trapez, somit $\frac{3}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$mal niedriger als die spitze Drehflußform. Die fünften Oberwellen der beiden Dreieckurformen sind gegeneinander um:

$$5 \times 60 = 60^0$$

verschoben, weil die Dreieckformen um 60° verschoben sind. So ergibt sich endlich die Höhe der fünften Oberwelle der Trapezdrehflußform zu:

$$\frac{8}{\pi^2 . 25} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{3} = \frac{9}{\pi^2 . 25},$$

auf die Höhe der spitzen Drehflußform als Einheit bezogen. Sie beträgt also ebenfalls ein fünfundzwanzigstel der Höhe der Sinusgrundwelle des Drehflusses.

Der dreiphasige Synchrongenerator ohne ausgeprägte Pole zeigt nach all dem ein sehr günstiges Bild der Stabspannung. Der trapezförmige Magnetradfluß mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3 ist ebenso fast rein sinusförmig wie der Ständerdrehfluß. Beide sind ohne dritte Oberwelle und die fünfte Oberwelle erreicht nur 4 vH der Sinusgrundwelle. Die siebente und die höheren Oberwellen sind praktisch wohl schon bedeutungslos.

Die schöne Stabspannung des dreiphasigen Synchrongenerators ohne ausgeprägte Pole bürgt schon genügend für eine schöne Wicklungsphasenspannung. Aber man kann noch mehr erwarten. Es ist durch eine einfache Rechnung leicht nachzuweisen, daß die Wicklungsspannung erheblich schöner ist als die Stabspannung. Es handelt sich wohl um eine bekannte Tatsache, aber die Rechnung soll doch noch hier durchgeführt werden.

Jede Mehrlochwicklung vereinigt in jeder Nut eine Anzahl von Stäben, deren Spannungen nicht ganz phasengleich sind. Man pflegt gleichwohl nur mit den Phasenverschiebungen von Nut zu Nut zu rechnen. An diesen Vorgang wollen wir uns auch hier halten.

Beim üblichen einschichtigen Aufbau der dreiphasigen Ständerwicklung steht jeder Phase ein Drittel der doppelten Polteilung zur Verfügung. Das gibt einen elektrischen Bogenwinkel von

$$\frac{180}{3} = 60^0$$

für die Phasenwicklungsseite und bei q Nuten je Pol und Phase entsteht ein Phasenwinkel von Nut zu Nut von

$$\frac{60}{q} \text{ elektrischen Graden}$$

für die Grundwelle der Stabspannungen und natürlich von

$$\frac{60}{q} n \text{ elektrischen Graden}$$

für die n-te Oberwelle der Stabspannungen.

Der Vektor der n-ten Oberwelle der Wicklungsspannung baut sich nach all dem aus q gleichen Einzelvektoren A_n auf, deren Größe q umgekehrt proportional ist, weil doch die Gesamtstabzahl fest gegeben ist. Die Einzelvektoren sind gegeneinander um je $\frac{60n}{q}$ Grad phasenverschoben (Abb. 14).

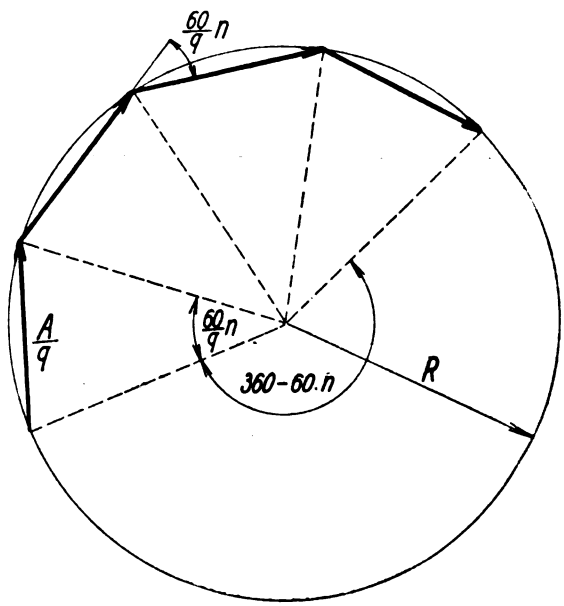


Abb. 14.

Aus der Abb. 14 kann man leicht die Tatsache herauslesen, daß die Einzelvektorenfolge einen Kreis mit dem Halbmesser:

$$R = \frac{A_n}{2q \sin \frac{60}{2q} n}$$

bestimmt und daß der Vektor der Gesamtspannung immer der Sehne dieses Kreises mit dem Restwinkel:

$$360 - q \cdot \frac{60}{q} \cdot n$$

gleichkommt. Es ist also:

Digitized by Google

$$E_n = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{360 - 60\,n}{2}\right) = \frac{A_n}{q} \cdot \frac{\sin\frac{60}{2}\,n}{\sin\frac{60}{2q}\,n}$$

und die relative Größe der n-ten Oberwelle:

$$100\,\frac{E_n}{E_1} = 100 \cdot \frac{A_n}{A_1} \cdot \frac{\sin\frac{60}{2}\,n}{\sin\frac{60}{2q}\,n} \cdot \frac{\sin\frac{60}{2q}}{\sin\frac{60}{2}}\ \text{vH}.$$

Für die fünfte Oberwelle ergibt sich so mit

$$100\,\frac{A_5}{A_1} = 4$$

sofort:

$$100\,\frac{E_5}{E_1} = 4 \cdot \frac{\sin 150}{\sin\frac{150}{q}} \cdot \frac{\sin\frac{30}{q}}{\sin 30} = 4\,\frac{\sin\frac{30}{q}}{\sin\frac{150}{q}}.$$

Eine Phasenwicklung mit 3 Nuten je Pol drückt daher die 4prozentige fünfte Oberwelle der Stabspannung auf

$$4\,\frac{\sin 10^\circ}{\sin 30^\circ} = 4\,\frac{0{\cdot}174}{0{\cdot}5} = 1{\cdot}4\ \text{vH}$$

der Phasenspannungsgrundwelle herunter.

Der dreiphasige Synchrongenerator mit voller Magnetradtrommel erreicht derart schöne Phasenspannungen, daß praktisch von bemerkenswerten Oberwellen kaum noch die Rede sein kann. Nur die von den Nuten verursachten örtlichen Schwankungen des magnetischen Widerstandes der Maschine, die in der vorliegenden Arbeit vernachlässigt wurden, kommen noch zum Ausdruck. Die Nutenoberschwingungen sind vollständig aufgeklärt, so daß sich eine weitere Untersuchung hier wohl nicht empfiehlt.

Maschinen mit ausgeprägten Polen haben ein wesentlich anderes Spannungsbild. Zwischen den Polen fällt der Ständerdrehfluß fast ins Leere. Die schöne Sinusform des Ständerdrehfeldes wird durch den unbeständigen magnetischen Widerstand der Maschine arg entstellt. Es ist unbedingt nötig nachzusehen, wie das Ergebnis aussieht.

Wir wollen die Untersuchung auf Rechteckflüsse des Magnetrades beschränken, deren Breite gerade zwei Drittel der Polteilung erreicht. Der Rechtechtfluß dieser Form setzt auf der Breite zweier Drittel der Polteilung einen unveränderlichen magnetischen Widerstand voraus. Das restliche Drittel der Polteilung hat dann einen sehr großen magnetischen Widerstand.

Die Beschränkung der Untersuchung auf den bezeichneten Rechteckfluß ist begründet. Wir erwarten gerade vom Rechteckfluß bei ausgeprägten Polen die größten Unannehmlichkeiten. Natürlich gibt es noch ungünstigere Möglichkeiten, aber sie kommen praktisch nicht in Betracht.

Dazu kommt noch der weitere Umstand, der gerade für das Ziel der vorliegenden Arbeit ganz besonders wichtig ist, daß der ausgeprägte Pol von der Breite zweier Drittel der Polteilung die Anwendung der hier eingeführten Untersuchungsweise sehr begünstigt. Schließlich kann eine kurze Beschreibung verwickelter Erscheinungen nicht alles berücksichtigen.

In bewährter Weise zerlegen wir den Ständerdrehfluß in zwei Teilflüsse, deren erster mit dem Magnetradfluß gleichachsig, deren zweiter eine zur Magnetradflußachse senkrechte Achse bekommt und sich so zum Querfluß der Maschine ausbildet.

Die beiden Ständerteildrehflüsse würden natürlich räumlich am Ständerumfang praktisch nach dem Sinusgesetz verteilt sein, wenn der magnetische Widerstand, oder, wenn man will, der reduzierte Luftspalt, allüberall gleich groß wäre. Die Höhe ihrer Sinuswellen ist sofort angebbar. Bildet der Belastungsstromvektor mit dem Spannungsvektor den Phasenwinkel φ, so hätte bekanntlich der Querfluß die Höchstdichte $\mathfrak{B}_2 \cos\varphi$, der mit dem Magnetradfluß gleichachsige Ständerdrehfluß die Höchstdichte $\mathfrak{B}_2 \sin\varphi$, wobei $\mathfrak{B}_2$ nach Gl. (5) zu berechnen wäre.

Nun aber fällt nach Abb. 15 der Querfluß gerade mit seinem kräftigsten mittleren Drittel

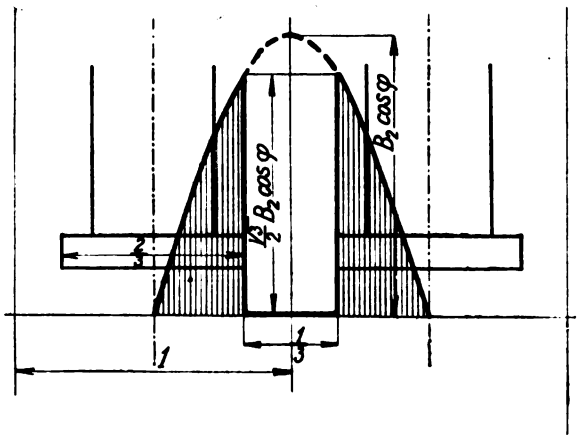


Abb. 15.

zwischen die Magnetradpole und wird so gut wie ganz weggelöscht. Es bleibt ein verunstalteter Querfluß nach Abb. 15 übrig, dessen Höchstdichte

$$\frac{\sqrt{3}}{2}\,\mathfrak{B}_2 \cos\varphi$$

erreicht.

Dieser wirkliche Querfluß der Maschine mit ausgeprägten Polen, deren Breite zwei Drittel der Polteilung ausmacht, läßt sich aber sofort als Differenz zweier Kraftflüsse gleicher Höchstdichte darstellen, deren einer offenbar ein Trapezfluß mit dem Grundlinienverhältnis 1 : 3 ist, deren zweiter ein Rechteckfluß von der Breite eines Drittels der Polteilung wird.

Der Trapezfluß hat keine dritte Oberwelle, wie wir wissen, der Rechteckfluß dagegen läßt eine kräftige dritte Oberwelle erwarten. Sie läßt sich leicht bestimmen.

Den Rechteckfluß der Abb. 15 können wir aus zwei um 120° gegeneinander verschobenen Rechteckurformen aufbauen. Diese Urformen haben je die halbe Höhe des Rechteckflusses und addieren unmittelbar ihre dritten Oberwellen. Auf

Digitized by Google

die Höhe des Rechteckflusses als Einheit bezogen, ergibt sich so die Höhe der dritten Oberwelle zu

$$2 \times \frac{1}{2} \times \frac{4}{\pi . 3} = 0{\cdot}425$$

oder auch zu

$$0{\cdot}425 . \frac{\sqrt{3}}{2} . \mathfrak{B}_2 \cos\varphi \text{ Gauß.}$$

Bei induktionsfreier Belastung kann somit der Querfluß doch eine 37prozentige dritte Oberwelle in den Ständerdrehfluß hineinpressen.

Sehr interessant ist die Tatsache, daß der Querfluß eine sehr kleine Grundwelle hat. Die Sinusgrundwelle des Trapezflusses, auf dessen Höhe als Einheit bezogen, erreicht die Höchstdichte:

$$\frac{3}{4} \times \sqrt{3} \times \frac{8}{\pi^2} = 1{\cdot}05,$$

die Sinusgrundwelle des Rechteckflusses dagegen:

$$\frac{1}{2} \times \frac{4}{\pi} = 0{\cdot}635.$$

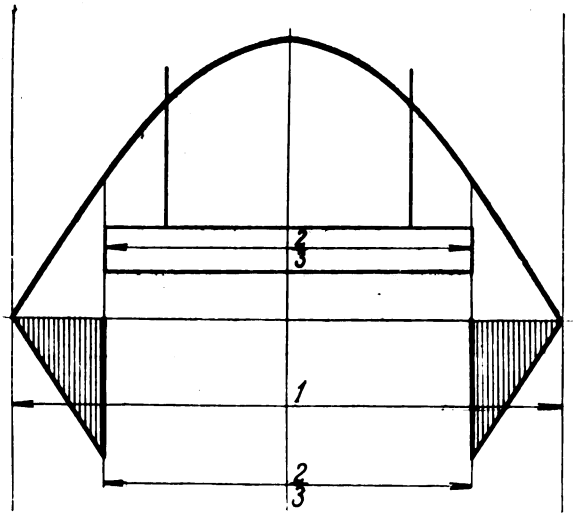


Abb. 16.

Die Sinusgrundwelle hat demnach fast genau dieselbe Höhe wie die dritte Oberwelle.

Auch die mit dem Magnetradfluß gleichachsige Komponente des Ständerdrehflusses wird vom unbeständigen magnetischen Widerstand am Ständerumfang verunstaltet. Abb. 16 zeigt, daß sie auf zwei Sechsteln der Polteilung so gut wie ganz abgebaut wird.

Man kann aber trotzdem so rechnen, als würde die Hauptkomponente des Ständerflusses ganz unversehrt bleiben, das heißt räumlich nach dem Sinusgesetz, wie bei nicht ausgeprägten Polen, mit dem Höchstwert $\mathfrak{B}_2 \sin\varphi$ verteilt sein. Nur muß man dann einen zusätzlichen Fluß von der eigentümlichen, in der Abb. angedeuteten Form annehmen und dessen Wirkungen untersuchen.

Dieser zusätzliche Ständerfluß läßt sich leicht in einen Trapezfluß mit dem Grundverhältnis 2 : 3 und mit der Höchstdichte $0{\cdot}5\,\mathfrak{B}_2 \sin\varphi$, sowie in einen Rechteckfluß gleicher Höchstdichte von der Breite zweier Drittel der Polteilung zerlegen.

Der Rechteckfluß hat bekanntlich keine dritte Oberwelle. Der Trapezfluß mit dem Grundlinienverhältnis 2 : 3 zerfällt nach Abb. 9 in zwei Dreieckurformen von $\frac{3}{2}$facher Höchstdichte und gegenseitiger Verschiebung von 120 elektrischen Graden. Er erhält also eine dritte Oberwelle, die, auf die Höhe des Trapezflusses als Einheit bezogen,

$$2 \times \frac{3}{2} \times \frac{8}{\pi^2 . 9} = 0{\cdot}271$$

als Höchstdichte erreicht.

Auch die Grundwelle des zusätzlichen Ständerflusses läßt sich leicht berechnen. Der Rechteckfluß hat eine Grundwelle, die, auf seine Höhe als Einheit bezogen, die Höchstdichte

$$\frac{1}{2} \times \frac{4}{\pi} \times \sqrt{3} = 1{\cdot}105$$

erreicht.

Für den Trapezfluß erhält man die Grundwelle zu

$$\frac{3}{2} \times \frac{8}{\pi^2} = 1{\cdot}22.$$

So bleibt für den zusätzlichen Ständerfluß nur noch die Grundwelle von der Höhe

$$1{\cdot}22 - 1{\cdot}105 = 0{\cdot}115$$

übrig und die Hauptkomponente des Ständerflusses bekommt auf diese Weise als Sinusfluß die endgültige Höhe:

$$\mathfrak{B}_2 \sin\varphi \left(1 - \frac{0{\cdot}115}{2}\right),$$

sie wird also durch den unbeständigen Luftspalt um 5·75 vH geschwächt.

Die Hauptkomponente und die Querkomponente des Ständerflusses setzen natürlich ihre beiden dritten Oberwellen, die räumlich um

$$3 \times 90 = 270 = 90$$

elektrische Grade gegeneinander verschoben sind, zur dritten Gesamtoberwelle zusammen, die sich nach der vorangehenden Rechnung leicht bestimmen läßt. Sie erreicht die Höchstdichte:

$$\mathfrak{B}_3 = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2} . \mathfrak{B}_2 \cos\varphi . 0{\cdot}425\right)^2 + \left(\frac{1}{2} . \mathfrak{B}_2 . \sin\varphi . 0{\cdot}271\right)^2} = 0{\cdot}136 . \mathfrak{B}_2 . \sqrt{1 + 6{\cdot}35 \cos^2\varphi}.$$

Die dritte Oberwelle des Ständerflusses beträgt bei den üblichen Belastungsphasenverschiebungen rund 30 vH der Grundwelle und die Stabspannung muß deshalb eine entsprechende dritte Oberwelle zeigen.

In der Phasenspannung wird allerdings die dritte Oberwelle erheblich abgebaut. Aber 10 vH der Grundwelle kann sie immer noch erreichen und ist dann eine sehr unangenehme Beigabe, die energisch zur Sternschaltung drängt.

Zusammenfassung.

Der Aufbau der Phasenspannung des Synchrongenerators ist einer Untersuchungsweise, die in der vorliegenden Arbeit eingeführt wird, beson-

Digitized by Google

ders zugänglich. Deshalb wurde er als Untersuchungsobjekt gewählt, obwohl die zu erwartenden Ergebnisse bekannt sind.

Die Trapez- und Rechteckwellen, mit denen praktisch gearbeitet werden muß und die mit genügender Annäherung zu den gewünschten Sinuswellen führen, lassen sich, wie gezeigt wird, leicht auf Wellenurformen zurückführen, mit denen vorteilhaft gearbeitet werden kann. Die Ergebnisse werden auf diese Weise außerordentlich durchsichtig. Sogar die Bauart mit ausgeprägten Polen läßt die Behandlung mit Wellenurformen ohne weiters zu. Die dritte Spannungsoberwelle wird auf diese Weise der Rechnung ohne Schwierigkeiten zugänglich.

Das Arbeiten mit Wellenurformen läßt sich natürlich ausbauen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist deshalb zunächst nur die Einführung einer einfachen Untersuchungsweise, die zu weiterer Ausgestaltung anregen soll.

Das novellierte Elektrizitätsförderungsgesetz.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Das Elektrizitätsförderungsgesetz liegt nunmehr in seiner neuen Gestalt, in der es vom Nationalrat in seiner Sitzung vom 13. Juli 1928 verabschiedet wurde, vor. Gegenüber dem Vorentwurfe, der den fachlichen und wirtschaftlichen Korporationen zur Begutachtung vorgelegt war, hat das Gesetz einzelne einschneidende Änderungen erfahren, die vor allem darin bestehen, daß die Erfordernisse, an welche die finanziellen Begünstigungen des Gesetzes geknüpft werden, eine Milderung nach der Hinsicht erfahren haben, daß die Probleme der Stromausfuhr und der Stromsteuer ausgeschaltet wurden. Der Bewerber um die Gunst des Gesetzes hat es nicht nötig, sich um die Dekkung des Inlandbedarfes an Strom zu bekümmern, ehe an die Stromausfuhr geschritten werden darf, und er hat nicht dafür Sorge zu tragen, daß sein Stromabsatz, so erwünscht ihm dies selbst wäre, von der Stromsteuer der Gebietskörperschaften (Länder und Gemeinden) frei zu lassen sei. Diese Beziehungen, die freilich noch einer deutlichen und sichtbaren Regelung bedürfen, gehören jedenfalls auf eine andere Gesetzestafel, so daß es nur als richtig erkannt werden kann, wenn die Regierung den bezüglichen Vorstellungen Gehör geschenkt und die einschlägigen Bestimmungen kurzerhand gestrichen hat.

Geblieben ist dagegen der streng fakultative Aufbau der finanziellen Erleichtungen, der an die Stelle ihrer halbwegs obligatorischen (unbedingten) Gewährung gesetzt wurde, durch welche das frühere Elektrizitätsförderungsgesetz[1]) im Wesen ausgezeichnet war. Derart ist die Verleihung der vom Gesetze vorgesehenen Förderung fortab in das ganz freie Ermessen der Staatsverwaltung gerückt, das sonach einen Rechtsanspruch des Unternehmens vorab nicht aufkommen läßt. Allerdings soll die Institution der Vorentscheidung dem Ungefähr und der Unsicherheit der Bewerbung ein rasches Ziel setzen, was immerhin als eine beachtenswerte behördliche Zuvorkommenheit einzuschätzen ist, zumal die Promesse über die Dauer des Privilegs doch in den Bereich der Vorentscheidung mit einbezogen wird. Die erwirkbare Steuerbefreiung bezieht und beschränkt sich auf die Körperschaftssteuer; andere als gesellschaftsrechtliche Gebilde und somit Einzelunternehmer sind von ihr ausgenommen. Die Steuerbefreiung und die ihr korrespondierende Gebührenbegünstigung erstreckt sich aber auch auf solche Unternehmungen, welche lediglich die Leitung und Verteilung von steuerfreiem Fremdstrom bewirken, so daß der Handel mit steuerbefreitem Strom grundsätzlich gleichfalls steuerfrei zu lassen ist, ferner auf Reserve- und Spitzendeckungswerke. Die Steuerfreiheit findet grundsätzlich für Wasserkraftwerke von mindestens 5000 PS Anwendung, ausnahmsweise aber auch auf Dampfkraftwerke mit minderwertiger Kohlenfeuerung und geringerer Kapazität, so daß hier die Parität der Leistungsfähigkeit eigentlich zu Gunsten der kalorischen Anlagen verschoben ist. Die Steuerbefreiung gilt für neue Anlagen, deren Baubeginn in den bis 1931 befristeten Zeitraum fällt, die den Strom ganz oder überwiegend an Dritte absetzen, somit nicht durchwegs für den Eigenbetrieb verwerten und bei der Vergebung des Werkes und seiner Vorrichtungen der inländischen Arbeit den Vorrang geben. Die Steuerfreiheit ist keine volle; sie ist auf 10 bis 20 Jahre begrenzt und auf einen Ertrag von 9 vH eingeengt, der bei Lockerung des Zinsfußes bis auf 7 vH herabgedrückt werden kann, wozu allerdings eine nachträgliche Regierungserklärung vorliegt, daß bei Ermittlung dieser Höchstgrenze dem Grundkapital auch das dauernd gewidmete Schuldkapital verhältnismäßig zugerechnet werden soll. Die Steuerveranlagung wird überdies durch ein gesetzlich festgelegtes Bilanzschema mit bestimmtem Abschreibungsschlüssel aufgezäumt. Als bemerkenswerte Neuerung ist schließlich die Verfügung hervorzuheben, welche sich die Unifizierung der Elektrizitätswerke verschiedener Bauperioden angelegen sein läßt. Diese Vereinheitlichung hat die Wirkung, daß jene Elektrizitätswerke, welche sich im Besitze früher erworbener Begünstigungen befinden und neue anstreben, auf der mittleren Linie eines Kompromisses behandelt werden, kraft dessen die Befreiungswerber sich der Obhut des neuen Gesetzes anvertrauen müssen auf die Gefahr hin, daß hiedurch die Dauer und Reichweite früherer Rechte verkürzt wird. In diesem Rahmen bewegten sich auch die Haupt- und Gesichtspunkte, von denen sich die gutachtliche Äußerung des Elektrotechnischen Vereines leiten ließ, die sich ausgesprochenermaßen

[1]) Wiedergegeben in E. u. M. 1925, H. 25, S. 482.

Digitized by Google

mehr mit den technischen und finanzwirtschaftlichen und weniger mit den steuerrechtlichen Wirkungen des Gesetzes befaßten[2]). Wurde ihnen wohl nur in einzelnen Belangen, namentlich was die Frage des Stromexportes und der Elektrizitätsabgaben sowie der Vorentscheidung anlangt, vollends Rechnung getragen, in anderen aber nicht, so daß der Elektrizitätsförderung in ihrer erneuerten Fassung eine etwas bläßlichere Struktur geliehen wird, so ist doch das Zustandekommen des Gesetzes lebhaft zu begrüßen, weil hiedurch der gesetzeslosen Zwischenzeit ein Ende bereitet und der Elektroindustrie und der Energiewirtschaft ein wichtiger Behelf für die gedeihliche Entfaltung ihrer Schaffensfreude wiedergewonnen wurde.

Nunmehr lassen wir den Wortlaut des Gesetzes folgen.

Elektrizitätsförderungsgesetz vom Jahre 1928.

(Bundesgesetz vom 13. Juli 1928, betreffend Steuer- und Gebührenbefreiungen für gewisse Elektrizitäts-Werke und -Leitungs- und Verteilungsanlagen. BGBl. 1928, Stück 53, Nr. 195, ausgegeben am 24. Juli 1928.)

I. Steuerbefreiung.

§ 1. (1) Wenn besonders wichtige volkwirtschaftliche Gründe dafür sprechen, können Körperschaften hinsichtlich ihrer Werke, die elektrische Energie aus Wasserkräften mit einer Mindestleistung von 5000 Bruttopferdestärken während sechs Monaten des Jahres erzeugen (Großkraftwerke), vom Bundesminister für Finanzen bis zum Ablauf mindestens des zehnten und höchstens des zwanzigsten Jahres nach Betriebsbeginn von der Körperschaftssteuer befreit werden. Die angegebene Mindestleistung kann in einer Anlage oder in mehreren zusammengehörigen Anlagen erzielt werden, sofern bei letzteren die Ausnützung einer Gefällsstrecke oder mehrerer benachtbarter Gefällsstrecken nach einem einheitlichen Plane erfolgt.

(2) Wenn die Körperschaft auch die Leitung und Verteilung der in ihrem steuerfreien Werke gewonnenen Energie besorgt, bezieht sich die Befreiung auch hierauf.

(3) Der Umstand, daß zur aushilfsweisen Unterstützung des Wasserkraftwerkes oder zur Spitzendeckung Elektrizität auf anderem Wege gewonnen wird, steht der Befreiung nicht im Wege. Die Befreiung erstreckt sich auch auf solche Aushilfs- und Spitzendeckungswerke.

§ 2. (1) Die Befreiung darf nur gewährt werden:

a) wenn der Baubeginn der Anlagen (§ 1) in die Zeit zwischen dem 1. Jänner 1927 und dem 31. Dezember 1931 fällt und der Bau gehörig fortgesetzt wird;

b) wenn die Bauführung von inländischen Firmen durchgeführt wird und Maschinen und sonstige Betriebseinrichtungen inländischen Ursprunges angeschafft werden; die Anschaffung von Maschinen und sonstigen Betriebseinrichtungen ausländischen Ursprunges steht der Befreiung nicht im Wege, wenn diese Werksvorrichtungen im Inlande überhaupt nicht oder nicht in der erforderlichen Güte hergestellt oder nur zu erheblich höheren Preisen geliefert werden, schließlich auch, wenn diese Werksvorrichtungen den sonstigen gegenüber nur einen geringfügigen Wert besitzen;

c) wenn nach Ablauf des dritten Betriebsjahres die elektrische Energie ganz oder zum überwiegenden Teil an Dritte abgegeben wird.

(2) Wird während der Steuerfreiheit gegen die im ersten Absatze bezeichneten Bedingungen verstoßen, so geht die Steuerfreiheit verloren. Über derlei Vorstöße hat die Körperschaft die Anzeige gemäß § 116 P. St. G. zu erstatten. Im Falle eines Verstoßes gegen die unter Buchstabe c bezeichnete Bedingung kann der Bundesminister für Finanzen die Steuerfreiheit nach Wiederherstellung des gesetzlich vorgesehenen Zustandes für die restliche Dauer der ursprünglich zuerkannten Steuerfreiheit wieder gewähren.

(3) Als überwiegend an Dritte erfolgt gilt jene Abgabe, die wenigstens 55 vom Hundert der nutzbar verwendeten elektrischen Energie umfaßt, wobei als nutzbar verwendete Energie jene zu betrachten ist, die nach Abzug der Energieverluste bei der Fortleitung von der Erzeugungsstätte bis zum Verbraucher und der zum Betrieb von Hilfseinrichtungen der eigenen Werksanlage dienenden Energiemengen verbleibt.

(4) Abgabe an Dritte liegt nicht vor, wenn infolge der zwischen der begünstigten Körperschaft und dem Stromverbraucher bestehenden Beziehungen der eine Teil in der Lage ist, die Willensbildung des anderen Teiles in maßgebender Weise zu beeinflussen. Strommengen, die von einer Stromerzeugungsunternehmung an eine Leitungs- und Verteilungsunternehmung (§ 6) und von dieser an die Verbraucher abgegeben werden, gelten sowohl gegenüber der Stromerzeugungsunternehmung als auch gegenüber der Leitungs- und Verteilungsunternehmung als von den letzten Abnehmern verbraucht. Die von Gebietskörperschaften für öffentliche Zwecke, für Zwecke der von ihnen betriebenen Verkehrsunternehmungen und Versorgungszwecke der Bevölkerung und von Erwerbs- und Wirtschaftsgenossenschaften an ihre Mitglieder abgegebenen Energiemengen gelten immer als an Dritte abgegeben, bei Erwerbs- und Wirtschaftsgenossenschaften unter der Voraussetzung, daß sie wenigstens zwanzig Mitglieder haben und die elektrische Energie nur für den Haushalt oder einen landwirtschaftlichen oder nichtfabriksmäßigen Betrieb der Mitglieder verwendet wird.

§ 3. (1) Vom Betriebsbeginn angefangen bis zum Ablaufe der Steuerfreiheit sind alljährlich von Wasserkraftanlagen mindestens 1·25 vom Hundert, von Wärmekraftanlagen mindestens 3 vom Hundert und von Leitungs- und Verteilungsanlagen mindestens 2 vom Hundert abzuschreiben. Der Abschreibung ist die Hinterlegung in Sonderrücklagen (§ 95, erster Absatz, Buchstabe f, P. St. G.) gleichzuhalten.

(2) In den ersten fünf Jahren nach Betriebsbeginn dürfen die Abschreibungen hinter den im ersten Absatze bezeichneten Mindestausmaßen zurückbleiben. Wird von dieser Gestattung Gebrauch gemacht, so müssen die unterlassenen Abschreibungen längstens im Laufe des noch übrigen steuerfreien Zeitraumes unter gleichmäßiger Verteilung auf dessen einzelne Jahre nachgeholt werden. Die Verpflichtung, in jedem einzelnen dieser Jahre die nach dem ersten Absatze vorzunehmenden Abschreibungen durchzuführen, wird hiedurch nicht berührt; ein Zurückbleiben der Abschreibungen in einzelnen auch dieser Jahre hinter den Mindestausmaßen ist nur insoweit zulässig als die Gesamtsumme der seit Betriebsbeginn durchgeführten Abschreibungen nicht unter jenen Betrag sinkt, der sich unter Berücksichtigung der im ersten Absatze bezeichneten Mindestaußmaße für den seit Betriebsbeginn jeweils verstrichenen steuerfreien Zeitraum ergibt.

(3) Der hienach in jedem einzelnen Jahre für Abschreibungen verfügbare Betrag ist auf die einzelnen Anlageteile nach Verhältnis ihres Verschleißes, beziehungsweise ihrer Veraltung aufzuteilen. Jedenfalls müssen Anlageteile, deren Lebensdauer kürzer ist als der steuerfreie Zeitraum, innerhalb dieses Zeitraumes gänzlich abgeschrieben sein.

(4) Nach Ablauf der ersten fünf Jahre nach Betriebsbeginn tritt die Steuerfreiheit für jedes Jahr außer Kraft, in welchem die im ersten bis dritten Absatze angeführten Bestimmungen nicht eingehalten werden. Betriebsverluste, die in einem solchen nur vorübergehend steuerpflichtigen Werke eintreten, dürfen vom Ertrage steuerpflichtiger, von derselben Körperschaft betriebener Unternehmungen nicht in Abzug gebracht werden.

[2]) Der Elektrotechnische Verein in Wien hat zu dem Gesetzentwurf auf Grund der Beratung in seinem Elektrizitätswirtschaftskomitee ein Gutachten abgefaßt.

Digitized by Google

§ 4. (1) Der Reinertrag, welcher nach Deckung der im nachfolgenden zweiten Absatze angeführten Ausgaben erübrigt, ist nur dann steuerfrei, wenn er die im nachfolgenden dritten Absatze festgesetzte Höchstgrenze nicht überschreitet.

(2) Bei Errechnung des steuerfreien Ertrages sind von den Einnahmen neben den nach dem P. St. G. anrechenbaren Abzugsposten sämtliche Passivzinsen mit Ausnahme jener in Abzug zu bringen, die der Verzinsung der von den Aktionären (Gesellschaftern, Genossenschaftern usw.) außer dem Grundkapital dem Geschäftsbetriebe dauernd gewidmeten Kapitalien (§ 100, vierter Absatz, P. St. G.) dienen.

(3) Als zulässige Höchstgrenze des steuerfreien Reinertrages gilt der Betrag, welcher ausreicht, um die gemäß § 53, Z. 1, des Aktienregulativs, R. G. Bl. Nr. 175 vom Jahre 1899, allenfalls gebotenen Hinterlegungen in die Rücklage zu decken, ferner den Aktionären (Gesellschaftern, Genossenschaftern usw.) folgende Verzinsung des Grundkapitales einschließlich der von ihnen außer dem Grundkapital dem Geschäftsbetriebe dauernd gewidmeten Kapitalien (§ 100, vierter Absatz, P. St. G.) zuzuweisen:

a) für die Geschäftsjahre bis einschließlich 1934 eine Verzinsung von 9 vom Hundert,

b) für die späteren Geschäftsjahre eine Verzinsung, deren Höhe durch Verordnung unter Berücksichtigung der in diesem Zeitpunkte herrschenden Gewinnanteil- und Zinsfußverhältnisse festgestellt werden wird, jedenfalls aber wenigstens 7 und höchstens 9 vom Hundert zu betragen hat.

(4) Im Falle der Überschreitung der zulässigen Höchstgrenze darf die vorzuschreibende Steuer samt Zuschlägen 75 vom Hundert des über die Höchstgrenze erzielten Mehrertrages nicht übersteigen.

(5) Die Prüfung des Umstandes, ob ein steuerpflichtiger Mehrertrag vorliegt, erfolgt mit den durch das Personalsteuergesetz an die Hand gegebenen Mitteln (§§ 93, 111 und 269 bis 280); allenfalls ist die erforderliche Richtigstellung vorzunehmen.

§ 5. Werken, welche die Erzeugung von elektrischer Energie mittels Ausnützung der Wasserkraft in einem kleineren als dem im § 1, erster Absatz, bezeichneten Umfange zum Gegenstande haben, kann die Steuerbefreiung gemäß der §§ 1 bis einschließlich 4 nur zuerkannt werden, wenn das Werk die Versorgung eines Gebietes mit elektrischer Energie bezweckt, welches von einem Großkraftwerke (§ 1, erster Absatz) in absehbarer Zeit in wirtschaftlich zweckentsprechender Weise nicht wird beliefert werden können.

§ 6. (1) Die im § 1 vorgesehene Steuerbefreiung kann mit den in den hier folgenden Absätzen enthaltenen Einschränkungen auch Körperschaften zuerkannt werden, welche die Leitung und Verteilung in fremden Werken erzeugter elektrischer Energie besorgen. Die Bestimmungen der §§ 2, 3 und 4 finden Anwendung.

(2) Rührt die von der Körperschaft (erster Absatz) geleitete und verteilte elektrische Energie aus fremden Werken her, von denen die einen steuerfrei, die anderen steuerpflichtig sind, so gilt die Befreiung von der Körperschaftssteuer nur für jenen Teil des Ertrages der Leitungs- und Verteilungstätigkeit, der nach dem Verhältnis der von sämtlichen Werken gelieferten Energiemengen zu den von den steuerfreien Werken gelieferten Energiemengen auf letztere entfällt.

(3) Maßgebend für die Behandlung des einzelnen stromliefernden Werkes als steuerfrei oder steuerpflichtig (zweiter Absatz) ist der Rechtszustand, wie er sich im Zeitpunkte der Bemessung der Leitungs- und Verteilungsunternehmung jeweils ohne Rücksicht auf spätere Veränderungen ergibt (letzte rechtskräftige Steuerbemessung für die Stromerzeugungskörperschaft, beziehungsweise die dem stromliefernden Erzeugungswerke die Steuerbefreiung zuerkennende Entscheidung des Bundesministeriums für Finanzen). Wenn für eine Stromerzeugungsunternehmung in dem angegebenen Zeitpunkte überhaupt noch keine rechtskräftige Körperschaftssteuerbemessung und auch noch keine Entscheidung des Bundesministeriums für Finanzen über die Steuerfreiheit des stromliefernden Erzeugungswerkes vorliegt, ist von dem voraussichtlichen Ergebnis der noch nicht abgeschlossenen Verhandlungen auszugehen.

§ 7. Der Bundesminister für Finanzen ist ermächtigt, die im § 1 vorgesehene Steuerbefreiung Körperschaften auch hinsichtlich jener Werke zuzuerkennen, die elektrische Energie aus im Inlande gewonnener minderwertiger Kohle oder inländischer Abfallkohle, und zwar im ersteren Falle mit einer Leistung von mindestens 1500, im letzteren von mindestens 1000 Pferdestärken, in wirtschaftlich zweckentsprechender Weise erzeugen, sofern nicht durch die betreffenden Kraftanlagen die Ertragsmöglichkeit von etwa bestehenden oder im Bau begriffenen Wasserkraftwerken in Frage gestellt wird. Die Bestimmungen der §§ 2, 3 und 4 finden Anwendung.

§ 8. (1) Um die Steuerbefreiung nach § 7 zu erlangen, müssen die Bergbaue, deren Kohle zur Erzeugung der elektrischen Energie dienen soll, ausdrücklich bezeichnet werden und muß der Nachweis erbracht sein, daß diese Bergbaue durch ihr Kohlenvermögen und ihre Betriebseinrichtungen imstande sind, im Inlande gewonnene minderwertige oder inländische Abfallkohle in jener Menge dauernd zu liefern, die zur Erzielung der vorgesehenen Mindestleistung erforderlich ist, und daß der Bezug dieser Kohlenmenge durch Eigentumsrechte oder Verträge für das Werk gesichert ist.

(2) Minderwertige Kohlen sind Lignitkohlen, die im frischgeförderten Zustande im Durchschnitte keinen größeren Heizwert als 3300 Wärmeeinheiten besitzen. Abfallkohlen sind jene Kohlensorten, die wegen ihrer geringen Korngröße, ihres niedrigeren Heizwertes oder ihres höheren Aschengehaltes keinen regelmäßigen Absatz finden.

(3) Die Körperschaft kann verpflichtet werden, das Elektrizitätswerk mit der Gewinnungsstätte durch eine mechanische Fördereinrichtung für minderwertige oder Abfallkohle zu verbinden; jedenfalls müssen die Beschickungs- und Heizeinrichtungen für die wirtschaftlich zweckentsprechende Verwertung solcher Kohlen geeignet sein. Von jeder Änderung der Förder-, Beschickungs- und Heizeinrichtungen hat die Aufsichtsbehörde der Steuerbehörde Mitteilung zu machen.

(4) Wenn die ausschließliche Verwendung einer den Bedingungen des Gesetzes entsprechenden Kohle nicht schon durch die Betriebseinrichtungen gewährleistet ist, so kann der Kohlenbezug durch Steueraufsichtorgane ständig überwacht werden; der Ersatz der hiedurch entstehenden Kosten obliegt der Körperschaft.

§ 9. Die Verwendung anderer Brennstoffe als der in den §§ 7 und 8 bezeichneten Kohle sowie die Nichteinhaltung der Sicherheitsvorschriften des § 8 zieht die Verwirkung der Steuerbefreiung nach sich.

II. Gebührenbefreiungen.

§ 10. (1) Wird die Steuerbefreiung auf Grund der Bestimmungen des Abschnittes I zuerkannt, so ist auch die Befreiung von den skalamäßigen oder nach Hundertteilen des Wertes zu entrichtenden Stempel- und Rechtsgebühren im nachstehenden Umfange zu gewähren:

a) für die von der begünstigten Körperschaft geschlossenen Verträge und errichteten Urkunden zum Zwecke der Kapitalsbeschaffung, des Baues und der Ausrüstung der Anlagen; die Befreiung erstreckt sich insbesondere auf Gesellschaftsverträge, auf die Ausgabe von Aktien, Anteilscheinen und Teilschuldverschreibungen mit Einschluß der Interimsscheine, auf die Erwerbung von Liegenschaften, dinglichen Rechten und Wasserrechten, dann auf Bau- und Lieferungsverträge, soweit die betreffenden Verträge und Urkunden zum angegebenen Zwecke abgeschlossen oder errichtet werden;

b) für die grundbücherlichen Eintragungen, die auf Grund der unter Buchstabe a angeführten Verträge und Urkunden durchgeführt werden;

c) für die Empfangsbestätigungen der Bauunternehmer und Lieferer über Zahlungen für den Bau und die Ausrüstung der Anlagen.

Digitized by Google

(2) Die im ersten Absatze vorgesehenen Gebührenbefreiungen gelten für die Zeit bis zum Ablaufe des dritten Betriebsjahres der Anlage; bei mehreren zusammengehörigen Anlagen (§ 1, erster Absatz) ist die vorerwähnte Frist für jede einzelne dieser Anlagen abgesondert nach dem Zeitpunkte ihres Betriebsbeginnes zu berechnen.

(3) Die Bestimmungen des ersten Absatzes, Buchstabe a, und des zweiten Absatzes finden auch auf die Bezugsrecht- und Syndikatsteuer Anwendung.

(4) Wird die Steuerbefreiung nach den Bestimmungen des § 2, zweiter Absatz, oder des § 9 für einen Zeitraum verwirkt, der ganz oder zum Teil vor den Ablauf des dritten Betriebsjahres (zweiter Absatz) fällt, so tritt die Gebührenbefreiung insoweit außer Kraft, als der Anspruch des Bundes auf die Abgabe während des gedachten Zeitraumes nach Eintritt des die Verwirkung begründenden Umstandes entstanden ist.

III. Allgemeine Bestimmungen.

§ 11. (1) Ob, inwiefern und unter welchen Bedingungen für die Verzinsung und Tilgung der hypothekarisch sichergestellten langfristigen Anlehen von Körperschaften, welche die Befreiungen der Abschnitte I und II genießen, oder für die Verzinsung und Tilgung der von solchen Körperschaften ausgegebenen Schuldverschreibungen die Bundesgarantie zu übernehmen ist, wird in jedem einzelnen Falle durch eine der Genehmigung des Hauptausschusses unterliegende Verordnung der Bundesregierung bestimmt.

(2) In den betreffenden Verordnungen ist die Übernahme der Bundesgarantie vor allem immer an die Bedingung zu knüpfen, daß die an der Körperschaft interessierten Länder eine entsprechende Mithaftung übernehmen.

(3) In den einzelnen Verordnungen kann auch festgesetzt werden, daß der Haftungsfall in jedem einzelnen Jahre schon dann eintritt, wenn und insoweit die Verzinsung und planmäßige Tilgung der Anlehen oder der Schuldverschreibungen der Körperschaft in dem betreffenden Jahre die Ausschüttung eines bestimmten, 5 vom Hundert des voll eingezahlten Grundkapitals (Aktien-, Stammkapitals) der Körperschaft nicht übersteigenden Gewinnanteiles an die Aktionäre (Gesellschafter, Genossenschafter) unmöglich machen würde.

(4) Die etwa nach den vorangehenden Absätzen zugestandene Bundesgarantie wird verwirkt, wenn es die betreffende Körperschaft beim Baue oder bei der Betriebführung an der Sorgfalt eines ordentlichen Kaufmannes (Artikel 282 H. G. B.) fehlen läßt.

§ 12. Im § 84, zweiter Absatz, des Personalsteuergesetzes, B. G. Bl. Nr. 307 vom Jahre 1924, treten hinter die Worte „Wasserkraftförderungsgesetz-Novelle, B. G. Bl. Nr. 113 vom Jahre 1922", die Worte „und des Elektrizitätsförderungsgesetze vom Jahre 1925 und 1928".

§ 13. Wird nach Inkrafttreten dieses Gesetzes die Steuerbefreiung für ein Werk auf Grund des Wasserkraftförderungsgesetzes vom Jahre 1921, beziehungsweise der hiezu ergangenen Novelle oder auf Grund des vorliegenden Gesetzes angestrebt, so darf die Befreiung nur gewährt werden, wenn sich der Befreiungswerber für die Zukunft hinsichtlich aller schon zuerkannten und auch hinsichtlich der seinen Werken auf Grund des Elektrizitätsförderungsgesetzes vom Jahre 1925 noch zuzuerkennenden Befreiungen den Bestimmungen dieses Gesetzes unterwirft. Die Dauer der bereits zuerkannten Befreiungen sowie der Anspruch auf zwanzigjährige Steuerbefreiung nach dem Elektrizitätsförderungsgesetze vom Jahre 1925 bleibt unberührt.

§ 14. Der Partei bleibt es insbesondere unbenommen:

1. schon im Zeitpunkte der Planung eines Werkes unter Angabe der nach ihrer Meinung für die Steuer- und Gebührenbefreiung sprechenden wichtigen volkswirtschaftlichen Gründe sowie der in Aussicht genommenen Höhe und Laufzeit allfälligen Leihkapitals eine Vorentscheidung des Bundesministeriums für Finanzen darüber einzuholen, ob und auf welche Dauer bei Erfüllung der Voraussetzungen dieses Gesetzes die Steuerbefreiung gewährt würde;

2. schon vor Anschaffung von Maschinen und sonstigen Betriebseinrichtungen ausländischen Ursprungs eine Vorentscheidung des Bundesministeriums für Finanzen darüber einzuholen, ob diese Anschaffung gemäß § 2, erster Absatz, Buchstabe b, der Befreiung nicht im Wege steht; insbesondere wie hoch sich solche Anschaffungen belaufen dürfen, ohne den Charakter der Geringfügigkeit einzubüßen;

3. auch schon vor Aufstellung des Rechnungsabschlusses eine Vorentscheidung der zuständigen Steuerbehörde über die Frage, ob eine Ausgabe als anrechenbar (§ 4, zweiter Absatz) anerkannt wird u. dgl., einzuholen.

§ 15. Mit der Vollziehung dieses Bundesgesetzes ist der Bundesminister für Finanzen im Einvernehmen mit den beteiligten Bundesministern betraut.

Hainisch

Seipel Kienböck

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Beleuchtungsaggregat für elektrische Lokomotivbeleuchtung. Von F. Tischendörfer. Der Bau der neuen deutschen Einheitslokomotiven, die das Lichtraumprofil der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft nahezu ausfüllen, brachte es mit sich, daß die bisher verwendete AEG-Lokomotiv-Beleuchtungsmaschine L 0, 5 RS[1]) noch verkleinert werden mußte. Das Turboaggregat ist 665 mm lang, 265 mm hoch und wiegt 65 kg. Die Leistung der Gleichstrommaschine beträgt 0·5 kW bei 24 bis 32 V, bei einem Dampfdruck von 5 bis 16 at und 3600 U/min. Zum Unterschied von der alten Bauart aus Vollbronze wird das Turbinenrad aus Stahl hergestellt und die Stahlschaufeln nach einem besonderen Verfahren hart aufgelötet[2]); dadurch wurde eine Verringerung im Dampfverbrauch von 63 kg/h auf 57 kg/h erreicht. Außerdem werden jetzt durchwegs Kugellager verwendet, welche gar keine Wartung benötigen, da die gefetteten Lager ein Jahr ohne Erneuerung des Fettes auskommen. Zur Tourenregelung wird ein Zentrifugalregler mit Federnbelastung verwendet, welcher durch Übertragungsorgane einen Doppelkolbenschieber verstellt, welcher den Dampfeintritt steuert. Zwischen Leer- und Vollast ändert sich die Tourenzahl um 1 vH, der Dampfverbrauch von 26 kg/h auf 57 kg/h. Die Turbinenleistung ist von der Dampfspannung zwischen 5 bis 16 at unabhängig, da ein Reduzierventil den Dampfdruck vor der Düse auf 4 at abdrosselt. Der Gleichstromgenerator hat eine Kompoundwicklung zur Konstanthaltung der Spannung. Außer dieser kleinen Type sind noch zwei Typen zur Beleuchtung ganzer Züge entwickelt worden, eine für 1·5 und eine für 3 kW. Für die Einheitslokomotiven sind als normale Ausführung an Beleuchtungskörpern vorgesehen: 2 vordere Stecklaternen, 2 hintere Stecklaternen, 1 Signallaterne, 1 Führerhausdeckellampe, 1 Wasserstandlampe, 2 Handlampen, die wahlweise an Steckdosen angeschlossen werden können. Die Leitung ist in Stahlpanzerrohr verlegt, um gegen Wetterunbilden unempfindlich zu sein. Hum.

(Glasers Annalen, 51. Jg., Bd. 102, H. 3, 1928.)

[1]) Vgl. AEG-Mitteilungen 1926, Heft 6.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 304.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Die Kenngleichung von Turbomaschinen, insbesondere von Turboarbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren), die bei Nenndrehzahl den Zusammenhang des in der Zeiteinheit den Rotor durch-

Digitized by Google

strömenden Flüssigkeitsvolumens Q mit dem im Längenmaß dargestellten Flüssigkeitsdruck H darstellt, ergibt sich nach Prof. Dr. W. Kummer, Zürich, bei verlustfreier Energieumsetzung zu

$$H = K_1 + K_2 Q,$$

und erweitert, bei Berücksichtigung der Reibung, zu

$$H = K_1 + K_2 Q - K_3 Q^2.$$

Für den Zustand des Nennbetriebes sind die Werte H_n, Q_n und der Wirkungsgrad

$$\eta_n = \frac{H_n}{H_n + K_3 Q_n^2}$$

maßgebend, woraus die Konstante

$$K_3 = \frac{H_n}{Q_n^2} \frac{1 - \eta_n}{\eta_n}$$

gegeben ist. Wird bei geschlossenem Auslaufe $Q = 0$, und geht hiebei H bei der Nenndrehzahl in H_0 über, so ergibt sich unter Einführung der Verhältniszahl δ die Konstante K_1 zu

$$K_1 = H_0 = \delta H_n.$$

Damit ist auch K_2 gegeben:

$$K_2 = \frac{H_n}{Q_n} \left(1 - \delta + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n}\right).$$

Die erweiterte Kenngleichung der Turboarbeitsmaschinen lautet daher

$$\frac{H}{H_n} = \delta + \left(1 - \delta + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n}\right) \frac{Q}{Q_n} - \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \frac{Q^2}{Q_n^2}.$$

Ein Extremwert von H ergibt sich demnach bei der rückwärts gekrümmten Schaufel mit $1 > \delta \eta_n$ für

$$Q = Q_n \frac{1 - \delta \eta_n}{2(1 - \eta_n)};$$

bei der radial auslaufenden Schaufel mit $1 = \delta \eta_n$ liegt der Höchstwert von H bei $Q = 0$, während die vorwärts gekrümmte Schaufel mit $1 < \delta \eta_n$ keinen Höchstwert von H zu verzeichnen hat. *β.*

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 90, Nr. 25, 1927.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Einphasen-Lokomotivmotor der Maschinenfabrik Oerlikon. Von P. Gaibrois. Für die bekannten Schnellzugslokomotiven mit Einzelachsantrieb der S. B. B.[1]) hat die Maschinenfabrik Oerlikon einen neuen, zum Einbau in die normalisierten mechanischen Teile bestimmten Triebmotor entwickelt, für den nebst den Leistungseigenschaften eine durch die Auswechselbarkeit mit vorhandenen Motoren gegebene Geschwindigkeit—Strom—Zugkraft-Charakteristik eingehalten werden mußte. Die Garantiewerte der Leistung betrugen 740 PS einstündig und 650 PS dauernd bei etwa 67 vH der Höchstdrehzahl, wobei die Erwärmungsvorschriften der S. B. B. (AIEE-Vorschriften 1915 für stationäre Maschinen) einzuhalten waren. Die Ausführung des neuen Motors hat eine etwas über der garantierten Einstundenleistung liegende Dauerleistung von 760 PS ergeben, wobei Dauer- und Einstundenleistung infolge wirksamer Kühlung einander so nahe gebracht sind, daß die erstere 95 vH der letzteren erreicht. Bei Zugrundelegung des Vorschriftenentwurfes der IEC 1926[2]) stellt sich die Dauerleistung des Motors auf 900 PS bei 67 vH und auf 960 PS bei 90 vH der Höchstdrehzahl. Die erwähnte Bindung an eine gegebene Charakteristik erforderte die Ausführung des Motors mit künstlich vergrößerter Induktivität der Statorwicklungen. Die Überlastungsprobe erfolgte nach dem erwähnten IEC-Entwurf mit doppeltem Einstundenstrom bei normaler Spannung, entsprechend einer Leistung von 1300 PS, die Schleuderprobe mit 1060 U/min entsprechend 25 vH Übertouren. W.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 77, November 1927.)

Elektrische Meßkunde.

Ein Glühkathodenoszillograph für Vakuumaufnahmen. Von W. Rogowski und K. Baumgart. Zu den bisher bekannten Glühkathodenoszillographen für Aufnahmen von 100 000 Per/s[1]) und den Kathodenoszillographen mit kalter Kathode[2]) tritt als wichtigster Konkurrent der von den Verfassern beschriebene Glühkathodenoszillograph für Innenaufnahmen. Er ist überall dort am Platze, wo das nötige Hochvakuum bequem und sicher hergestellt werden kann. Der Aufbau des neuen Oszillographen geht aus Abb. 1 hervor. Die Aufnahmekammer *a* und das Ablenkrohr *b* sind von gleicher Bauart wie beim Kathodenoszillographen mit kalter Kathode[3]). Im Abschlußstück *c* ist die Anodenspitze aus Molybdän, die Schieberblende, der Pumpenstutzen und ein Kühlmantel für die Wasserkühlung angeordnet. An das Messingstück *c* schließt sich mittels einer Piceindichtung ein Hartglaszylinder an, der am oberen Ende den Glühdraht und die Hilfselektrode trägt. Die Spule *d* dient zur Konzentrierung des Elektronenbüschels. Die Kreuzspule *e* gibt dem Fleck die gewünschte Anfangslage.

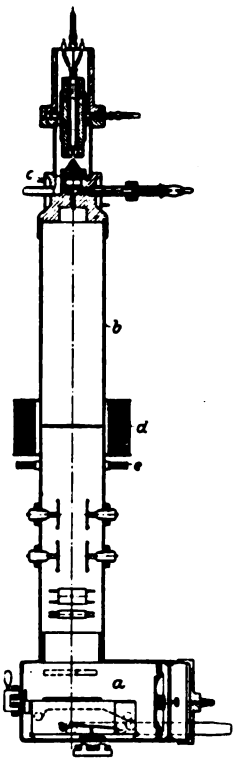


Abb. 1.

Aufnahmen der Klemmenspannung einer Wechselstromsirene bei 3000 Per/s, welche die Schärfe der Darstellung erweisen, zeigen, daß durch eine Vergrößerung des Heizstromes die photographische Schwärzung verstärkt wird. Diese bleibt jedoch praktisch dieselbe, wenn die Erregerspannung verändert wird. Dagegen wird durch eine Verminderung der Erregerspannung die Empfindlichkeit des Oszillographen gesteigert, so daß größere Amplituden entstehen. Der neue Oszillograph eignet sich auch in hervorragendem Maße zur Aufnahme von Wanderwellen, wofür in der Arbeit wiedergegebene Kurven den Beweis erbringen, so daß er mit dem Kathodenoszillographen mit kalter Kathode in ernsten Wettbewerb treten kann. G. O.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, H. 4, 1928.)

Gleichrichter.

Die Erzeugung sehr hoher Gleichspannung behandelt E. Marx. Hohe Gleichspannungsstöße werden erzeugt, indem man Kondensatoren in Parallelschaltung über hohe Widerstände ladet und in Reihenschaltung über Funkenstrecken entladet. Solche Anordnungen werden von mehreren Firmen gebaut[4]). Abb. 2 zeigt eine

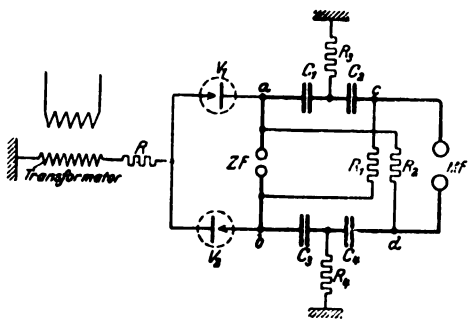


Abb. 2.

solche Vervielfachungsschaltung. V_1 und V_2 sind zwei Glühkathodenventile; durch das erste werden die Kondensatoren C_1 und C_4, letzterer über den Widerstand

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 390; 1927, S. 574; 1928, H. 13, S. 292.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 589; 1927, S. 976.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 400.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 302; 1924, S. 122; 1926, S. 431, 569; 1927, S. 330.

[3]) Vgl. Arch. f. Elektr. Bd. 18 (1927), H. 6.

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 17, 537, 918; 1926, S. 503.

Digitized by Google

R_2, durch das zweite in ähnlicher Art die Kondensatoren C_2 und C_3 geladen. Die Punkte a und d werden auf die Spannung $-U$ (U = Scheitelwert der Transformatorspannung), die Punkte b und c auf die Spannung $+U$ gegen Erde geladen. Zwischen a und b liegt dann die Spannung $2U$; schlägt nun an der Zündfunkenstrecke ZF ein Funke über, so schaltet er die Kondensatoren, deren Spannungen sich über die hohen Widerstände R_1 bis R_4 nicht sofort ausgleichen können, in Reihe und die Spannung an der Meßfunkenstrecke MF steigt plötzlich auf $4U$ und fällt hierauf nach Maßgabe der Entladung durch R_1 bis R_4 sofort wieder ab. Legt man parallel zur Zündfunkenstrecke eine Reihenschaltung bestehend aus zwei Hilfskondensatoren C_a und C_b zwischen zwei Widerständen R_a und R_b (Abb. 3) und erdet die Mitte dieser Schaltung zwischen C_a und C_b, so wird einerseits die Spannung gegen Erde in a und b festgelegt, andererseits der Zündfunken verstärkt. Die Kondensatoren C_3 und C_4 sowie die Erdungswiderstände R_3 und R_4 können dann entfallen, wenn man dafür die Kondensatoren C_1 und C_2 entsprechend größer wählt. Der Spannungsstoß zwischen c und d fällt dann langsamer ab, da die Kondensatoren sich nur mehr über R_1 und R_2 entladen können. Durch passende Wahl von R_a und R_b läßt sich ferner die Aufladegeschwindigkeit und damit das Zeitintervall zwischen zwei Zündungen verändern. Solche Schaltungen lassen sich beliebig erweitern, so daß auch viel höhere Spannungsstöße als $4U$ erzeugt werden können.

Abb. 3 zeigt, wie sich aus rasch folgenden Spannungsstößen ruhende Gleichspannung erzeugen läßt. Hiezu dienen die Ventile V_3, bzw. V_4. MF ist durch

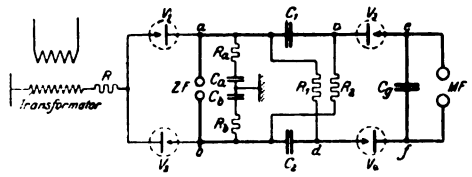


Abb. 3.

eine Kapazität C_g überbrückt. Beim Funkenüberschlag in ZF würde, wenn die Ventile keinen Strom durchließen, die Spannung zwischen c und d auf $4U$ steigen. Durch die Ventile geht aber die Spannung zwischen c und d zum Teile auf e und f über, bis c und e, bzw. d und f auf gleicher Spannung sind. Sinkt nun die Spannung in c und d infolge der Entladung der Hauptkondensatoren C_1 und C_2 weiter, so bleibt dessen ungeachtet die Spannung an C_g konstant, weil die Ventile für den Entladungsstrom C_g undurchlässig sind. Bei der nächsten Zündung ZF wird C_g auf eine etwas höhere Spannung aufgeladen usf., bis die Scheitelspannung der Spannungsstöße erreicht ist. Der durch die Widerstände R_1 und R_2 fließende Entladestrom wird zweckmäßig klein gegen den Emissionsstrom der Ventile gemacht. Ist nun C_s die Kapazität der Reihenschaltung der Haupt- oder Stoßkondensatoren (zum Beispiel bei zwei Kondensatoren C_1 und C_2 gleich $C_1/2$ oder $C_1/2$), ferner U_0 die Spannung, auf die C_g schon vor dem ersten Spannungsstoß aufgeladen wird, U_s die Höhe des Spannungsstoßes ohne C_g, U_1 und U_n die Spannungserhöhung an C_g nach dem ersten, bzw. n-ten Spannungsstoße und schließlich $U_d = U_s - U_0$ die Spannungserhöhung nach unendlich vielen Stößen, so ist

$$U_1 = U_d \cdot C_s/(C_s + C_g); \quad U_n = U_d \cdot (1 - r^n);$$
$$r = C_g/(C_s + C_g).$$

Je kleiner also r ist, desto weniger Spannungsstöße sind notwendig, um C_g annähernd auf U_s aufzuladen.

Mit der beschriebenen Gleichspannungsschaltung wurden Versuche angestellt, wobei ein Transformator von 10 kVA bei 100 kV_{eff}, vier Glühventile für je 200 kV abzudrosselnde Spannung und 300 mA Emission, ferner Kondensatoren $C_a = C_b = 0{\cdot}003\,\mu F$, $C_1 = C_2 = 0{\cdot}006\,\mu F$, $C_g = 0{\cdot}009\,\mu F$ (Reihenschaltung zweier Kondensatoren von je $0{\cdot}018\,\mu F$, Mitte geerdet) verwendet wurden. Es war also $C_s = 0{\cdot}003\,\mu F$; $r = 0{\cdot}75$; ferner war $R = 50\,000\,\Omega$; R_a und R_b waren gleich Null; $R_1 = R_2 = 10^6\,\Omega$ bzw. bei der 4. Versuchsgruppe $10^5\,\Omega$. Es wurde erhalten:

Versuchsgruppe	Spannung an ZF in kV_{max}	Stoßzahl n	Stoßintervall in s	Gleichspannung an MF in kV beobachtet	Gleichspannung an MF in kV berechnet
	20·5			35	35
1	36	4	1	61	61
	54			91	91
	14·2			27	28
2	24·8	10	1/2	52	50
	38			77	76
	35			52	60
3	57	4	8	77	97
	72			97	121
	18·4			26	31
4	34	4	1	49	57
	50			79	82

Die Abweichungen sind in Gruppe 3 auf die Verluste von C_g während der langen Stoßintervalle, in Gruppe 4 auf die zu geringe Größe der Widerstände R_1 und R_2 zurückzuführen.

Abb. 4 zeigt die Schaltung zur Erzeugung einer Gleichspannung von 600 kV gegen Erde. Der Transformator ist für 100 kV_{eff} zu wählen, C_1 hat eine Spannung von 100 kV, C_2 bis C_4 haben je 200 kV auszuhalten. Auf der Seite von C_g sind drei Glühkathodenventile für je 200 kV Gegenspannung angeordnet. Die parallel geschalteten Kondensatoren dienen zur Spannungsteilung und die Funkenstrecken sichern die Ventile gegen Überspannungen.

Für die praktischen Anwendungen ist auch die Stromleistung maßgebend, welche jener gleichkommt, die die Ventile mit Rücksicht auf ihre Verlustwärme bei unmittelbarer Gleichrichtung einer Wechselspan-

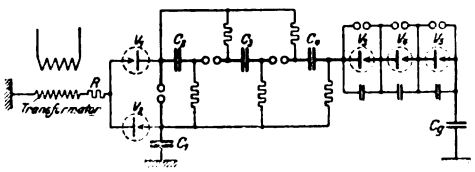


Abb. 4.

nung abgeben können. Zugleich mit der Stromleistung wächst die Ungleichförmigkeit der Gleichspannung; mit der Stoßfrequenz nimmt sie ab; bei 50-periodigem Wechselstrom können höchstens 50 Zündungen je sec erreicht werden. Bei hohen Stoßfrequenzen empfiehlt sich Anblasen der Funkenstrecke. R_1 und R_2 (Abb. 2) müssen entsprechend rasches Aufladen von C_1 und C_2 ermöglichen, können aber, wenn dadurch die Spannung von C_g zu sehr erniedrigt würde, vorteilhaft durch Glühkathodenventile ersetzt werden. Die beschriebene Art der Erzeugung hoher Gleichspannungen besitzt den Vorteil, nur geringe Transformatorspannungen zu erfordern. Sie ist anwendbar für das Braunsche Rohr, den Kathodenstrahlen-Oszillographen, zur Prüfung von Hochspannungskabeln, zur elektrischen Gasreinigung, zur Erzeugung von Röntgenstrahlen, zu Durchschlagsversuchen usw. Bestehende Einrichtungen zur Stoßspannungsprüfung können leicht in diesem Sinne ergänzt werden.

R. H.

(ETZ, Bd. 49, H. 6, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Der AEG-Spreizkopf für Kabelabschlüsse. Von W. Steiner. Bei höheren Spannungen, etwa ab 30 kV, ergibt es sich oft, daß der Kabelendverschluß aus baulichen Erfordernissen in einer bestimmten Lage angebracht werden muß, von welcher Stellung die abgehenden blanken Leitungen sich nur unter Schwierigkeiten an das Sammelschienensystem anschließen lassen, oder es zeigt sich, daß die gewünschten Trennwände zwischen den Phasen sich nicht gleich vom Kabelkopf weg anbringen lassen. Um diesen Übelständen abzuhelfen, wurde von der AEG der Kabelendverschluß als „Spreizkopf" durchgebildet. Bei dieser Bauart wird das Kabel in einen sogenannten Kabelabschluß, ähnlich einem Kabelendverschluß, jedoch ohne Isolatoren, eingeführt; die von dem gemeinsamen Bleimantel befreiten Kabeladern treten auf der anderen Seite wieder aus und wer-

Digitized by Google

den in die, bereits in der gewünschten Lage angebrachten Einphasenendverschlüsse eingeführt. Vorher werden über die zwischen diesen beiden Organen befindlichen Kabeladern je nach Umständen verschieden lange Bleirohre als Schutzmantel übergeschoben. Außer den für die räumliche Anordnung sich ergebenden Vorteilen weist diese Bauart noch andere Vorzüge auf, deren wichtigster darin besteht, daß man Einleiterendverschlüsse mit eingebauten Stromwandlern verwenden kann. V. H.

(AEG-Mitteilg., Heft 3, 1928.)

Literaturberichte.

3441 **Berliner Städtische Elektrizitätswerke A.-G.** Jahresbericht der Betriebsdirektion 1926. Veröffentlichungen der Bewag: Reihe II, Band 3, 413 Seiten, 403 Abb. und 45 Zahlentafeln.

Die vorjährige erste Ausgabe der Jahresberichte der Bewag[1]) ist mit großem Interesse aufgenommen worden und sehr bald vergriffen gewesen. Auch vom zweiten Bericht ist schon eine zweite Auflage notwendig geworden. Das zeigt nicht nur von der Aufmerksamkeit, mit der die Entwicklung[2]) der Bewag verfolgt wird, sondern gibt auch ein Urteil über den Wert dieser Publikationen. Das vorliegende umfangreiche Buch enthält im Hauptteil in den Abschnitten Stromerzeugung, Städtebeheizung und Stromverteilung (Umformerwerke, Leitungsnetze, Umspannwerke, Unfälle — Störungen) den eigentlichen Bericht über die Arbeiten des Jahres 1926. Mit Ausnahme von Mitteilungen über das Großkraftwerk Klingenberg in Rummelsburg — dessen Beschreibung in besonderen Veröffentlichungen erfolgte[3]) — sind alle wesentlichen Änderungen und Neuerungen aufgenommen. Mehr als den halben Raum beansprucht der Anhang. Er enthält Sonderbeiträge einiger Abteilungsleiter. Besonders hervorzuheben ist da der ausführliche und sehr interessante Bericht von Schulz über „Bau und Betrieb amerikanischer Kraftwerke". (Eindrücke auf einer Studienreise, 193 Seiten, 173 Abb.).

Das Buch kann und muß allen, die mit dem Bau oder Betrieb von insbesondere städtischen elektrischen Anlagen beschäftigt sind, zur Durchsicht wärmstens empfohlen werden. E. Groß.

3540 **Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik.** Von Dr. Ing. P. Schimpke und H. A. Horn, 2. Auflage, 1. Band: Gasschmelzschweißung und Schneidetechnik. 222 Seiten mit 229 Abb. Verlag Julius Springer, Berlin, 1928. Preis geb. M. 12·—.

Gegenüber der ersten Auflage des Buches aus dem Jahre 1924 sind nebst kleineren Verbesserungen in der Einteilung und Darstellung des Stoffes auch alle neueren Forschungsergebnisse berücksichtigt. Besonders wertvoll erscheinen neben vielen Beispielen aus der Praxis ausführliche Unterlagen über Leistungen und Kosten, wobei vergleichsweise auch die Kosten der Elektroschmelzschweißung mit angeführt werden. Aus den bisher scharf widersprechenden Angaben scheinen sich nunmehr doch bereits richtige Mittelwerte herauszubilden, an Hand deren über die Wirtschaftlichkeit und Anwendung des einen und anderen Verfahrens für vorliegende Fälle entschieden werden kann. Unter den Prüfmethoden wird die neuerlich eingeführte Untersuchung mittels Röntgenstrahlen erwähnt[4]). Für den Leiter von Schweißwerkstätten und Unterrichtskursen bildet der Auszug aus den vom V. D. I. und vom Verband für autogene Metallbearbeitung aufgestellten Richtlinien für Schweißkurse einen angenehmen Behelf.

Trotz der äußerst sorgfältigen Durcharbeit haben sich leider noch kleine sinnstörende Ungenauigkeiten erhalten, die bei einer Neuauflage auszumerzen wären. (So stimmen beispielsweise Abb. 11 und die zugehörige Beschreibung in der Bezeichnung der einzelnen Teile nicht überein.) Herrmann.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 18.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 819.
[3]) VDI-Zeitschrift Bd. 71 (1927), Sonderheft: Großkraftwerk Klingenberg, ETZ 1926, S. 1249 u. 1928, S. 12.
[4]) Vgl. Heft 22 d. J., S. 495.

Eingelaufene Bücher.

Bücherverzeichnis der Handbibliothek des großen Lesesaals der preußischen Staatsbibliothek, Abteilung 10 (Technik). 42 S., Berlin 1928, Preußische Staatsbibliothek.

Das Verzeichnis umfaßt etwa 400 Werke, auch das französische und englische Schrifttum umfassend. In der Handbibliothek sind die wichtigsten allgemeinen Nachschlagewerke (Repertorium der technischen Journal-Literatur, technische Zeitschriftenschau, Luegers Lexikon usw.) und Wörterbücher, ferner die führenden Zeitschriften auf allen Gebieten (auch hier einige französische und englische) und schließlich die besten und zum allergrößten Teil auch die neuesten Werke über die einzelnen Zweige der Technik zu finden. —k.

2823 Werkstoffprüfung (Metalle). Von Prof. Dr. Ing. P. Riebensahm und Dr. Ing. L. Traeger. 68 S. mit 92 Abb. (Werkstattbücher, Heft 34.) Berlin 1928, Verlag von Julius Springer. Preis Mk. 1·80.

Das Heft enthält eine gedrängte Darstellung der wichtigsten Prüfverfahren zur Untersuchung der mechanischen Eigenschaften (statische und dynamische Festigkeitsuntersuchungen, technologische Prüfungen), außerdem wird die metallographische Untersuchung und ganz kurz die Röntgenuntersuchung besprochen. In allen Abschnitten wird auch auf die Bedeutung der einzelnen Prüfverfahren verwiesen. Auf die Prüfmaschinen selbst ist mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum nicht näher eingegangen. Mit der Materialprüfung Beschäftigte, denen die Maschinen dem Wesen nach bekannt sind, werden das Heft mit Vorteil zur Vertiefung ihrer Kenntnisse über die Prüfverfahren verwenden können. J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Das Telegraphen- und Fernsprechwesen in Österreich im Jahre 1927[1]). Der Baudienst war durch die fortschreitende Verkabelung, Leitungsumbauten bedingt durch die weitere Elektrifizierung der Bundesbahnen, Neueinrichtungen von Ämtern sehr stark beschäftigt. Das Überlandnetz der Fernsprechleitungen wurde durch Neubau und Zuspannung von 5914 km Drähten verdichtet und erweitert. Ende 1926 waren eingebaut 619 300 imprägnierte Telegraphenstangen (+ 16 000 gegen 1926). An Ortskabeln wurden 384 km, Bezirkskabeln 590 km gelegt; letztere sind je nach der Verkehrsdichte 38-, 24-, 18- oder 6paarig, Adernstärke 1·4 mm. Je zwei Adern bilden einen Sprechkreis und aus je zwei Adernpaaren ist ein weiterer Sprechkreis nach Dieselhorst-Martin gebildet: jedes n-paarige Bezirkskabel ergibt demnach $n + n\,2$ Sprechkreise. An Fernkabeln wurden gelegt 573 km, darunter das Fernkabel Wien—Budapest (108 paarig), das Fernkabel Wien—Linz—Salzburg—Innsbruck — Arlberg — Feldkirch — Schweiz (100 paarig) und das Fernkabel Innsbruck—München (98 paarig). Die Adernstärken sind 0·9 und 1·4 mm, nur in der Strecke Salzburg—Wörgl sind die Adern wegen des längeren Verstärkerfeldes um 0·1 mm stärker. Der Baudienst war weiters sehr stark beschäftigt durch Neubauten und Erweiterungen der Innenanlagen. Der Übergang auf das Millionensystem der Wiener Ämter wurde in Angriff genommen, die Arbeiten für die Vollautomatisierung fortgesetzt. Für das künftige Überland-Fernsprechamt in Wien, Schillerplatz, wurden alle Pläne ausgearbeitet und sämtliche Einrichtungen bestellt. Der erste Ausbau erfolgt für 500, der endgültige Ausbau für 1000 Fernleitungen. Außerhalb Wiens wurde in Wiener-Neustadt ein neues Amt in Betrieb genommen und die Arbeiten für neue Ämter in Leoben, Bad-Gastein, Innsbruck begonnen. Erweitert wurde das Amt in Linz und in Graz wurden die Vorarbeiten für den Übergang vom vollautomatischen Zehntausender- auf das Hunderttausender-System begonnen.

Telegraphenverkehr. Die Länge der Bun-

[1]) Aus dem Geschäftsbericht der Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung 1927, 59 Seiten Text, 29 Seiten Tabellen, 4 Vollbilder. Wien 1928, Druck der Österr. Staatsdruckerei. Vgl. den Bericht für 1926, E. u. M. 1927, S. 843.

Digitized by Google

des-Telegraphenleitungen betrug 9711 km (davon 8694 oberirdisch, 1016 unterirdisch), der Bahnleitungen 2582 km, der Privatleitungen 126 km. Die Länge der Bundes-Telegraphendrähte betrug 47 718 (davon 37 173 oberirdisch, 10 545 unterirdisch), der Bahn-Telegraphen-Drähte 30 064 km, der Privat-Telegraphendrähte 265 km. Von den Bundesleitungen sind 33 920 km aus Eisendraht, 3252 km aus Bronzedraht, 10 545 km in Kabel verlegt. Im Inlande wurden befördert 1 872 108 Telegramme (— 10·9 vH gegen 1926), im Auslandsverkehr 3 576 370 (— 7·2 vH); der Durchgangsverkehr betrug für 1926 (1927 noch nicht bekannt) 1 037 038 Telegramme (— 9 vH). Die Gesamtzahl der Telegraphenstationen betrug 3219 (im Vorjahr 3074), davon sind 717 Bahn- und 6 Privat-Telegraphenstationen. Eine Telegraphenstation kommt demnach auf 2016 Einwohner und auf 26 km². In den Ämtern sind aufgestellt: Morse 14·8 (davon in Betrieb 1418), Klopfer 232 (206), Hughes einfach 138 (110), Hughes zweifach 31 (5), Baudot zweifach 5 (2), Baudot vierfach 18 (14), Siemens zweifach 7 (3), Ferndrucker 10 (4). Den Betriebsstrom lieferten 70 Akkumulatorenbatterien, 748 Daniell-, 8323 Meidinger- und 5757 Beutel-Elemente. Die Verminderung der Telegraphenbatterien entspricht prozentuell der Abnahme des Telegraphenverkehres.

Fernsprechverkehr. Das Leitungsnetz bestand aus Überlandleitungen oberirdisch 11 374, unterirdisch 1446 km. In den Ortsnetzen oberirdisch 10 666, unterirdisch 2858 km, Privatfernsprechleitungen oberirdisch 2490, unterirdisch 211 km. Die Gesamtlänge der Fernsprechdrähte betrug 836 921 km. Der Gattung nach waren 80 vH Kabel, 17 vH aus Bronze- und 3 vH aus Eisendraht. Die Anzahl aller Orte mit Fernsprechverbindung betrug 2426 (plus 188). Die Gesamtzahl aller Sprechstellen 165 613 (plus 7184); davon waren Einzelanschlüsse 78 864, halbe GL-Anschlüsse 16 059, viertel GL 26 520, Landanschlüsse 263, Teilnehmernebenstellen 40 689. Auf 39 Einwohner kommt daher eine Sprechstelle, gegen 43 des Vorjahres. Die Gesamtzahl der Sprechstellen in den größeren Orten betrug für Wien 105 420, Graz 6383, Linz 5267, Innsbruck 3376, Salzburg 3318. Die Gesprächszahl im Ortsverkehr betrug auf Grund einer Stichtagzählung 1 540 590 täglich. Dies gibt eine jährliche Gesprächszahl von 3400 für eine Teilnehmerstelle und 86 für jeden Einwohner. Der Überlandssprechverkehr im Inlande betrug 20 878 489 Gesprächsminuten. Ein Vergleich mit den Vorjahrszahlen ist erschwert durch den Umstand, daß vor 1927 jedes Gespräch über 3 Minuten als sechsminutiges berechnet wurde, während ab 1927 über 3 Minuten nach angefangenen Minuten berechnet wird. Der Verkehr nach dem Auslande betrug 3 597 848 und vom Auslande 3 855 407 Gesprächsminuten. Im allgemeinen ergibt sich eine starke Zunahme des Verkehres, der besonders in jenen Sprechbeziehungen, die durch die neuen Fernkabel erweitert wurden, zum Ausdruck kommt. Für Wien ergibt sich eine 10 vH-Zunahme der Gesprächszahl und eine 20 vH-Zunahme der Einnahmen. Durch die am 4. Jänner 1927 erfolgte Eröffnung des Fernkabels Wien—Passau[1]) haben sich die früher zur Verfügung gestandenen Sprechkreise verdoppelt und außerdem wurden eine große Anzahl neuer Sprechkreise mit wichtigen Städten in Deutschland neu geschaffen. Die Dauerverbindungen zwischen Teilnehmerstellen mit länger diensthaltenden Vermittlungsämtern und Teilnehmerstellen fremder Netze betrugen 1049 bzw. 283, das ist 20 bzw. 50 vH Zunahme gegen das Vorjahr.

Radioverkehr. Der Radiotelegraphendienst mit dem Auslande (im Betriebe der Radio-Austria A.-G.[2]) erfuhr eine Steigerung von 45 vH gegen das Vorjahr. Die Gesamtzahl der Telegramme betrug 1 124 042. Davon entfallen auf Deutschland 289 977, England 215 412, Rumänien 187 504, Frankreich 90 923, Holland 89 593, Jugoslawien 78 714. Die Tschechoslowakei, Schweiz und Ungarn sind diesem Verkehre noch nicht beigetreten. Der Rundspruchdienst und Radiotelegraph im Inlande im Betrieb der Radio-Austria A.-G. entwickelte sich günstig. Die Teilnehmeranzahl im Rundspruchdienst stieg von Ende 1926 bis Ende 1927 von 245 673 auf 291 548. Im Flugsicherungsdienst sind 21 059 Telegramme abgegangen und angekommen gegen 10 562 des Vorjahres. Die starke Verkehrszunahme im Radioverkehr bedingt auch stetige Neueinrichtungen und Erweiterungen. So wurden am Laaerberg je zwei Lang- und Kurzwellenempfänger aufgestellt, beim Sender Deutsch-Altenburg der Kurzwellenversuchssender mit Welle 38·5 m und 500 W vollendet. Die Bildübertragungsversuche mit dem Karolographen wurden fortgesetzt und dürften 1928 zum Abschlusse gelangen. Für den Inlanddienst wurde am 12. Februar in Klagenfurt und am 2. Juni in Innsbruck ein neuer Zwischensender mit 0·5 kW eröffnet[1]). Die Hochfrequenztelephoniesender werden von Wien aus moduliert und befinden sich für Klagenfurt in Wien, für Innsbruck in Linz. Der Empfänger für Klagenfurt befindet sich in Klagenfurt, jener für Innsbruck in Wörgl. Von Wörgl bis Innsbruck wird die Steuerenergie niederfrequent im 60 km langen Bezirkskabel übertragen. In Linz wurde mit der Errichtung eines neuen Zwischensenders begonnen. Bildübertragungsversuche für das Inland sind nach den Verfahren Thorne-Baker-Fulton und Tschörner im Gange[2]).

Postkraftfahrdienst. Von den Kraftfahrzeugen (Anzahl im Bericht nicht angegeben) fuhren die Benzinwagen 4 562 666, die Elektrowagen 590 577 km. Die reinen Betriebskosten betrugen für erstere 0·84, für letztere 1·46 S. Die Gesamtbetriebskosten einschließlich Abschreibung und Verzinsung für erstere 1·34 für letztere 2·27 S für einen Wagen-km. Die durchschnittliche Leistung eines Luftreifens betrug 11 000 km, Vollgummireifen sind keine mehr in Verwendung[3]).

[1]) Vgl. a. Die Radiotechnik 1928, H. 3, S. 22.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1928, H. 1, S. 12, Ravag-Jahresbericht.
[3]) Vgl. Herbatschek, Das Elektrofahrzeug. E. u. M. 1928, Heft 11, S. 233 ff.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 57, 269.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, S. 81.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	30. VII. 1928	1. VIII. 1928	3. VIII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139¾	139¾	139¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98·99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 3. August 1928)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	10	0	62	11	3
Standard 3 Monate .	62	18	9	63	0	0
Zinn:						
Engl. Ingots	211	10	0	212	10	0
Standard Kassa . .	213	5	0	213	7	6
Standard 3 Monate .	212	0	0	212	2	6
Blei:						
Engl. pig common .	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	13	9	24	18	9
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea . .	25	3	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 19. August 1928 | Heft 34

Hochspannungs- und Fernmessungen.

Von A. **Palm**, Frankfurt a. M.[1])

Einleitung: Aus dem großen Gebiet der Meßtechnik seien zwei Spezialgebiete ausgewählt: Hochspannungsmessungen und Fernmessungen. Die ersteren sind die älteren und die Physiker haben schon Hochspannung mit Schlagfunken gemessen, bevor es überhaupt noch eine Elektrotechnik gab. Im Laufe der Zeit wurden von Physikern und Elektrotechnikern sehr zahlreiche Methoden und Konstruktionen zur Messung hoher Spannungen erdacht. Im nachfolgenden sei ein möglichst vollständiger Überblick über diejenigen Konstruktionen gegeben, die sich in der Praxis eingebürgert haben. Die Fernmessungen dagegen sind neueren Datums und manche schöne Idee steckt heute noch im Versuchsstadium. Ich werde mich daher darauf beschränken, diejenigen Methoden und Konstruktionen vorzuführen, die bereits bekannt geworden und schon zu einer gewissen Reife gediehen sind.

Hochspannungsmessungen.

Die Entwicklung der Elektrotechnik hat in den letzten Jahrzehnten ein außerordentliches Anwachsen der verwendeten Spannung mit sich gebracht, sowohl bei der Übertragung elektrischer Energie, als auch in den Prüfräumen und Laboratorien. In den letzteren ist heute eine Spannung von 1000 kV schon vielfach überschritten. Dabei ist es wichtig nicht nur den Effektivwert, sondern auch den Scheitelwert hochspannungsseitig zu messen, denn gerade der letztere ist maßgebend für die Beanspruchung der Isoliermaterialien. Wir werden uns hier mit der Messung beider Werte beschäftigen und beginnen mit der:

I. Messung des Effektivwertes.

Voltmeter mit Vorschaltwiderständen, die sich bei kleinen und mittleren Spannungen so ausgezeichnet und vielseitig bewähren, sind bei Spannungen von etwa 100 kV an aufwärts nicht mehr rationell verwendbar; einmal wegen ihres großen Energieverbrauches in den Vorschaltwiderständen, vor allem aber wegen der Unsicherheit, die diese ihrer Kapazität und Induktivität wegen mit sich bringen. Viele schöne Ideen sind hier entstanden, die sich aber alle in der Praxis nicht eingeführt haben. Die Grenze der Verwendbarkeit von Spannungswandlern liegt ebenfalls bei etwa 100 kV. Die Apparate werden hierbei schon außerordentlich umfangreich und teuer, sodaß sie nur dort Anwendung finden, wo es sich nicht um reine Spannungsmessungen, sondern auch um Leistungsmessungen, die Betätigung von Relais und dergleichen handelt.

Das elektrostatische Voltmeter ist bei sehr hohen Spannungen den eben beschriebenen Meßmethoden überlegen, und zwar vor allem seines kleinen Verbrauches wegen. Man kann hier zwei Klassen unterscheiden: solche mit und solche ohne Spannungsteiler.

Die elektrostatischen Voltmeter ohne Spannungsteiler lehnen sich alle mehr oder weniger an die von Thomson angegebene Konstruktion

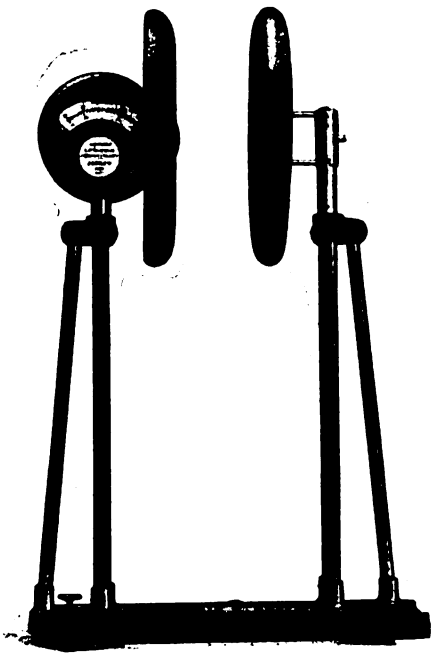


Abb. 1. Elektrostatisches Voltmeter nach Abraham-Villard (Carpentier).

des Schutzring-Elektrometers an. Es stehen sich hier zwei ebene Platten gegenüber; aus der einen ist ein kleiner Kreis herausgeschnitten, der im elektrostatischen Feld eine Kraftwirkung in Richtung auf die andere, feste Platte erfährt. Diese Kraftwirkung wird nach bekannten Gesetzen zur Messung der Spannung herangezogen. Eine der ältesten Konstruktionen auf diesem Prinzip ist die von Abraham-Villard, die von der Firma Carpentier in Paris ausgeführt wird und in Abb. 1 dargestellt ist. Es stehen sich

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 11. Jänner 1928.

Digitized by Google

hier zwei Metallplatten gegenüber, die zur Vermeidung der Randwirkung mit Wulsten versehen sind. Aus der bei dem Meßinstrument befindlichen Platte ist ein kleines Kreisstück herausgeschnitten, das frei beweglich auf dem Übertragungs-Mechanismus des Meßwerkes befestigt ist. Die Bewegung der kleinen kreisförmigen Platte wird auf den Zeiger des Instrumentes übertragen, der auf diese Weise die Ablesung der Spannung gestattet. Zur Ausbildung verschiedener Meßbereiche lassen

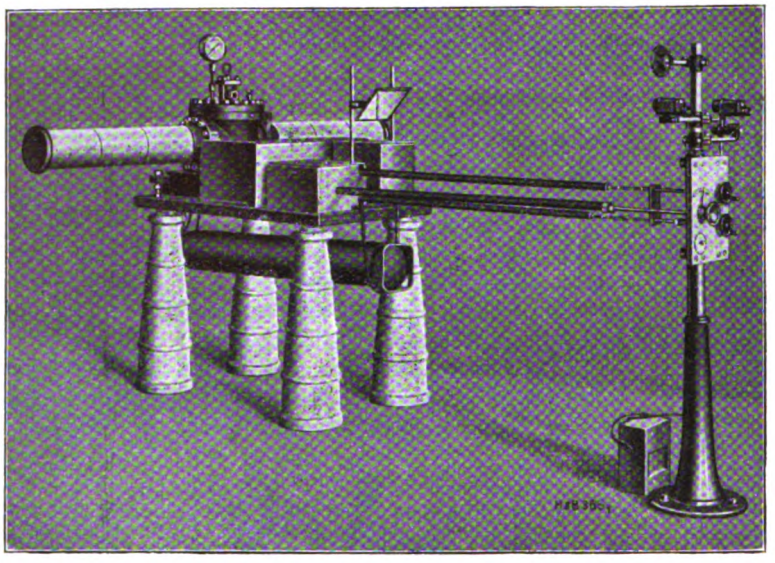


Abb. 2. Absolutes Voltmeter für 360 kV (Hartmann & Braun).

sich die Metallplatten durch geeignete Einrichtungen auf ihrem Gestell verschieben, das heißt die Entfernung zwischen den Platten kann vergrößert oder verkleinert werden. Derartige Instrumente werden bis zu Spannungen von einigen Hundert kV ausgeführt.

Die Abb. 2 zeigt ein von der Firma Hartmann & Braun ausgeführtes sogenanntes absolutes Voltmeter[2]). Es sind auch hier wie bei dem Schutzring-Elektrometer von Thomson ebene Platten verwendet mit einem kleinen, kreisförmig ausgeschnittenen Plattenstück, dessen ponderomotorische Kraft, hervorgerufen durch das elektrostatische Feld, sich genau berechnen läßt. Sie wird hier durch ein Elektrodynamometer kompensiert, in dessen Stromkreis ein Drehspul-Amperemeter eingebaut ist, das die zu messende Hochspannung anzeigt. Diese Spannungsstromwage ist in ein starkwandiges Bronzegefäß eingebaut, in das von beiden Seiten Hochspannungs-Isolatoren führen. Das Gefäß und die Hochspannungs-Isolatoren sind mit komprimiertem Stickstoff (12 at) gefüllt, wodurch es möglich wurde, sehr hohe Spannungen bei verhältnismäßig geringem Plattenabstand zu messen. In der Abb. 2 stehen vor dem eigentlichen Meßinstrument, das auf einem isoliert aufgestellten Tisch aufgebaut ist, eine Akkumulatoren-Batterie zur Speisung des Dynamometers, ein Amperemeter, das über einen schrägen Spiegel abgelesen wird und eine Regulierereinrichtung zur Einstellung des Gleichstroms. Auf einer Schaltsäule (rechts im Bild) sind zwei Fernrohre befestigt, das eine zur Ablesung des Amperemeters, das andere zur Einstellung des Gleichgewichts an der Spannungsstromwage, das mit Hilfe einer geeigneten Spiegeleinrichtung, die oben an dem Bronzegefäß herausragt, kontrolliert werden kann. An der Schaltsäule befinden sich noch die nötigen Regulierereinrichtungen für den Gleichstrom, unten steht eine Batterie, die eine kleine Ablesemarke oben an der Schaltsäule speist, die durch das linke Fernrohr über die Spiegeleinrichtung der Spannungsstromwage beobachtet wird. Das Instrument wurde für Effektivspannungen bis 360 kV ausgeführt.

Elektrostatische Voltmeter mit Spannungsteiler.

Das Schema einer Spannungsteilung mit Kondensatoren C_1 und C_2 ist in der Abb. 3 dargestellt. Die Teilspannungen verhalten sich hier bekanntlich umgekehrt wie die Kapazitäten der Kondensatoren. Durch diese Spannungsteilung ist es möglich, den einen Kondensator C_1 als Hochspannungs-Kondensator auszuführen. Es kann dort auch statt eines Kondensators eine Anzahl von Kondensatoren in Serie geschaltet sein, während der Kondensator C_2 im allgemeinen eine große Kapazität besitzt, aber nur eine Spannung zwischen einigen 100 V bis zu einigen 1000 V führt[3]). Bei dieser Anordnung ist es möglich, die Spannungsfestigkeit in den Kondensator C_1 zu verlegen, während zu dem Kondensator C_2 das elektrostatische Voltmeter V parallel geschaltet ist, das bekanntlich keine sehr große Spannungssicherheit besitzt. Bei einem Überschlag im Voltmeter V wird lediglich der Kondensator C_2 kurz geschlossen. Der Strom im Voltmeter V kann nicht höher wachsen als dies

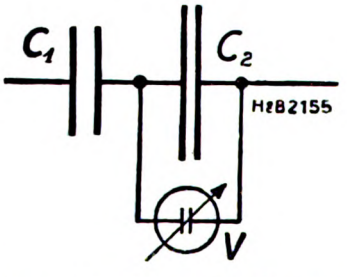


Abb. 3. Schema einer kapazitiven Spannungsteilung.

der Kondensator C_1 zuläßt. Ich mache besonders darauf aufmerksam, daß diese kapazitive Spannungsteilung für Gleichstrom nicht verwendbar ist. Bei einem Gleichstromstoß verteilen sich die Spannungen zwar entsprechend der Wechselstromregel, nach einiger Zeit verteilen sich jedoch

[2]) Siehe A. Palm, Zeitschrift f. techn. Physik 1920, S. 137; vgl. E. u. M. 1921, S. 37.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 524.

Digitized by Google

die Ladungen so, daß die Spannungsunterteilung den Isolationswiderständen der Kondensatoren entspricht.

Als erstes Beispiel bringe ich das Kugelvoltmeter nach Sterzel, das in der Abb. 4 dargestellt ist. Es befindet sich hier zwischen zwei großen hohlkugelförmigen Metallscheiben mit umgebogenem äußeren Rand eine Kugel, in welche das elektrostatische Voltmeter zur Messung einer kleinen Teilspannung eingebaut ist. An dieser inneren Kugel sind gegenüber den äußeren Metallplatten Kugelsegmente ausgeschnitten, die isoliert

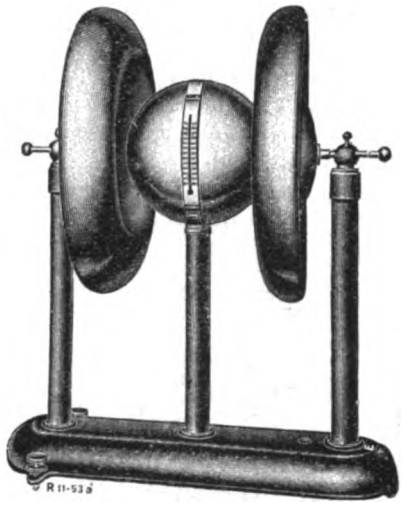


Abb. 4. Kugel-Voltmeter nach Sterzel (Koch & Sterzel).

in die Kugel selbst eingesetzt sind. Das elektrostatische Voltmeter innerhalb der Kugel mißt die Spannungsdifferenz zwischen diesen isoliert eingesetzten Metallstücken und der Kugel selbst. Die Anordnung ist in Bezug auf die elektrische Feldverteilung und Überschlagsfestigkeit ganz außerordentlich günstig.

Abb. 5 zeigt den Spannungsteiler von Siemens & Halske. Es ist hier ein Repelit-Durchführungsisolator mit den bekannten Metalleinlagen als

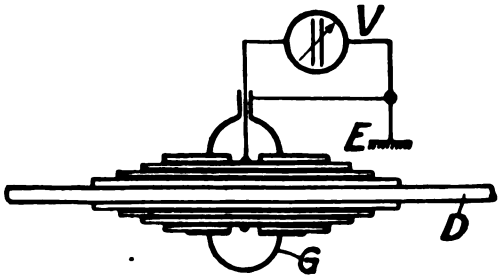


Abb. 5. Schema einer Meßdurchführung (Siemens & Halske).

Spannungsteiler-Kondensator verwendet[4]). Zwischen dem äußeren Belag und dem geerdeten Flansch liegt das elektrostatische Voltmeter, dessen anderer Pol geerdet ist. Die Anordnung hat den Vorteil, daß ein ohnedies erforderliches Element einer Schaltstation gleichzeitig als Spannungsteiler verwendet wird. Die Kapazität der Durchführungsklemme ist so hoch, daß es möglich ist, statt des elektrostatischen Voltmeters ein Weicheiseninstrument zu verwenden, das über einen geeigneten Transformator an die Durchführungsklemme angeschlossen wird. Diese Einrichtung wurde auch für die Messung von Leistungen und zur Betätigung von Relais und dergleichen verwendet.

Abb. 6 stellt ein Hochspannungs-Voltmeter der Firma Trüb, Täuber & Co., Zürich, dar. Das Voltmeter selbst führt eine Spannung von wenigen kV. Der Hochspannungskondensator besteht aus zwei Platten, die obere ist über eine Sicherung an Hochspannung angeschlossen, die untere besitzt einen

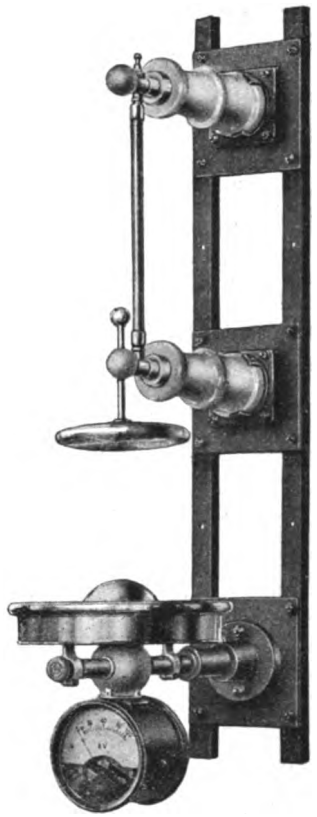


Abb. 6. Hochspannungs-Voltmeter (Trüb, Täuber & Co).

halbkugelförmigen Meßbelag, während der ebene Teil geerdet ist. Das abgebildete Instrument ist für 100 kV ausgeführt, es werden jedoch ähnliche Einrichtungen bis zu mehreren 100 kV hergestellt[5]).

In der Abb. 7 wird ein Hochspannungs-Voltmeter[6]) von Hartmann & Braun gezeigt, bei dem zwei Spannungsteiler verwendet sind (im Hintergrund des Bildes). Sie bestehen aus Säulen, die aus einzelnen Kondensatoren aufgeschichtet sind. Auf dem obersten Kondensator befindet sich ein großer Schirm, der die Spannungsverteilung längs der Kondensatorsäule günstig beeinflußt. Im Fuß der Kondensatorsäule sind die Niederspannungs-Kondensatoren eingebaut. Es führen von dort Meßkabel nach den links im Bild aufgestellten Meßinstrumenten. Auf dem kleinen Tisch steht rechts

[4]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 218.

[5]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 392.

[6]) Ausführliche Beschreibung siehe ETZ 1926, H. 30, S. 873 und H. 31, S. 904.

Digitized by Google

ein elektrostatisches Multizellular-Voltmeter, das den Effektivwert der Spannung angibt, links ein Scheitelspannungsmesser, von dem später noch die Rede sein soll. Die dargestellte Einrichtung ist für 500 kV mit geerdeter Mitte; ähnliche Instrumente wurden bereits für 600 kV gegen Erde hergestellt. Die Kondensatoren des Spannungsteilers sind in Abb. 8 nochmals im Schnitt gezeigt.

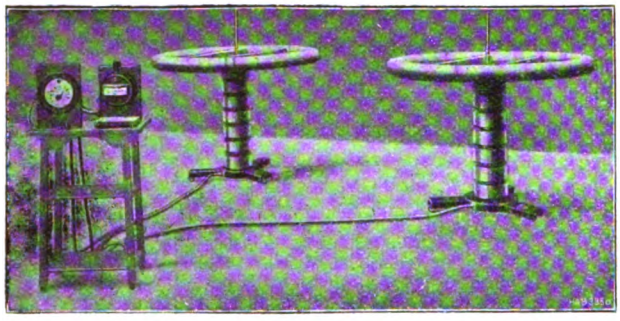


Abb. 7. Hochspannungs-Voltmeter für 500 kV*eff* und für 860 kV*max* (Hartmann & Braun).

Es sind dies Porzellan-Kondensatoren in Topfform mit doppeltem Rand. Der Boden des Topfes ist beiderseits mit Metallbelägen „*M*" versehen. In der wulstförmigen Ausparung am Topfrand sind Metallrohre *R* eingesetzt, die die Verbindung mit dem nächsten Kondensator aufnehmen. Die äußere Begrenzungsfläche dieser Kondensatoren ist so

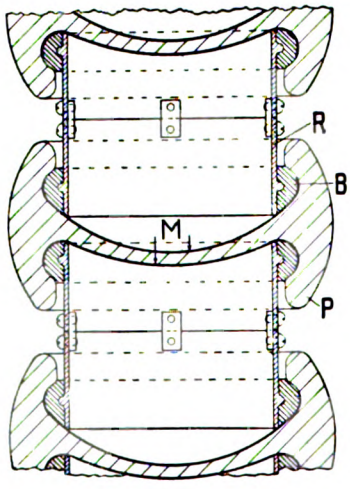


Abb. 8. Schnitt durch Spannungsteiler zu Instrument nach Abb. 7.

gewählt, daß hier der Spannungsgradient möglichst gleichmäßig und günstig wird. Tatsächlich gelingt es mit diesen Kondensatoren Spannungsteiler zu bauen, deren Prüfspannung das Zwei- bis Vierfache der Nennspannung beträgt.

II. Messung der Scheitelspannung.

Zur Messung der Scheitelspannung gibt es drei Meßprinzipien: die Beobachtung der Ionisierung eines Gases in den drei Formen Glimmlicht, Korona und Durchbruch, die Rückführung der Wechselspannungsmessung auf eine Gleichstrommessung mit Hilfe der Ventilröhre oder des Oszillographen und endlich die Ermittlung des Spannungsscheitelwertes aus dem Röntgenspektrum. Wir wollen diese Meßprinzipien der Reihe nach an Hand von Ausführungsbeispielen besprechen.

Bei dem Hochspannungs-Scheitelmesser von Hartmann & Braun wird als Spannungsnormale eine Glimmröhre verwendet, deren Zündspannung unabhängig ist von Frequenz, Temperatur und Zeit[7]) und deren Schaltung aus Abb. 9 hervorgeht. Es ist dort das Schema des Spannungsteilers, Abb. 7, dargestellt. C_1 und C_3 sind die Hochspannungs-Kondensatoren, an deren oberen Enden *m* und *n* die Spannung *V* angelegt ist. C_2 und C_4 sind Niederspannungs-Kondensatoren. Von den Punkten *a* und *b* führen die Meßleitungen durch Metallschläuche *M* (vgl. Abb. 7) nach den gestrichelt angedeuteten Gehäusen der Meßinstrumente. C_2' und C_4' sind Teile der Niederspannungs-Kondensatoren C_2 und C_4. Parallel zu den Punkten *a* und *b* liegt das Effektiv-Voltmeter,

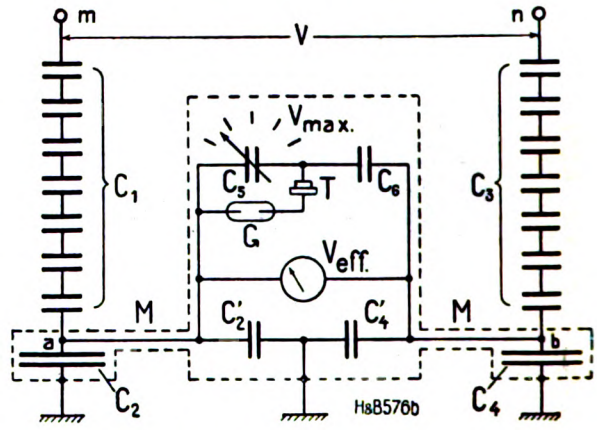


Abb. 9. Schaltschema zu Instrument nach Abb. 7.

das schon vorstehend besprochen wurde, und weiters die Einrichtung zur Messung der Scheitelspannung. Die Teilspannung (*a* und *b*) ist nochmals unterteilt durch zwei Kondensatoren C_5 und C_6. C_5 ist ein veränderlicher Luftkondensator, ähnlich wie die Drehkondensatoren der Radiotechnik. Parallel zu C_5 ist über ein Telephon *T* die Glimmröhre *G* geschaltet. Bei einem bestimmten Spannungswert *V* wird der Kondensator C_5 solange verkleinert, bis die Glimmröhre *G* eben anfängt zu glimmen. Man kann diesen Glimmeinsatz im Telephon *T* hören und durch eine im Apparat vorgesehenen Einschauöffnung an der Glimmröhre sehen. Aus der Stellung des Kondensators C_5 im Augenblick des Glimmeinsatzes ergibt sich die gesuchte Scheitelspannung und die Skala dieses Drehkondensators ist direkt in *KV* Scheitelwert geteilt.

Die Ausbildung der Korona wird bei dem sogenannten Korona-Voltmeter von Whitehead und Isshiki[8]) für die Messung hoher Spannungen verwendet. Abb. 10 zeigt das Schema; es

[7]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 324.
[8]) J. Am. Inst. El. Ing. 1920, S. 444.

Digitized by Google

ist dort durch die Achse eines großen Metallgefäßes ein Draht 1 isoliert durchgeführt, an den die Hochspannung gelegt wird. Zwischen dem äußeren Metallmantel des Gefäßes und dem zylinderförmigen Metallgitter 4 ist isoliert ein Metallzylinder 3 aufgestellt, der über eine Batterie 5 und ein hochempfindliches Galvanometer 6 mit der Erde 7 und dem äußeren Metallzylinder 2 verbunden ist. Bildet sich beim Überschreiten eines bestimmten Scheitelspannungswertes an dem Draht 1 eine Korona aus, so wird der Raum zwischen dem Gitter 4 und dem Zylinder 3 durch Stoßionisierung ionisiert. Es fließt aus der Batterie 5 über das Galvanometer 6 ein Strom, der erkennen läßt, daß die Ionisierung eingetreten ist. Man kann aus dem Luftdruck in dem Gefäß und dem Durchmesser des Drahtes 1 die Scheitelspannung berechnen.

Bei der Kugelfunkenstrecke dient die Beobachtung des Eintritts des vollkommenen Durchschlages eines Gases zur Messung der Spannung[9]). Die Funkenstrecke als solche ist vielleicht die älteste und verbreiteste Methode zur Messung

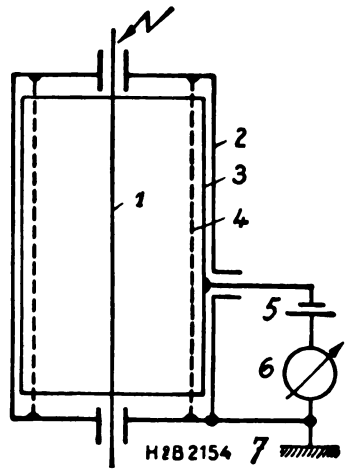


Abb. 10. Schema des Korona-Voltmeters.

sehr hoher Spannungen. Man hat früher sehr häufig Nadel-Funkenstrecken verwendet, ist heute aber allgemein zur Form der Kugelfunkenstrecke übergegangen, da bei genügend großem Kugeldurchmesser der Überschlag plötzlich, das heißt ohne vorherige Glimmerscheinung eintritt. Die Kugelfunkenstrecke stellt einen relativ einfachen Apparat dar, der vor allem sehr leicht nachkontrolliert werden kann und daher insbesondere für Abnahmeprüfungen sehr beliebt ist. Für betriebsmäßige Messungen ist diese Methode vollkommen ungeeignet, da im Moment des Überschlages ein Kurzschluß in der Stromquelle entsteht, was auf die Dauer nur bei Prüfungstransformatoren kleiner Leistungen zulässig ist. Der Spannungsscheitelwert ergibt sich für bestimmte Kugeldurchmesser aus dem Kugelabstand, der noch einer Korrektur bedarf, in welcher die Änderung der Luftdichte berücksichtigt wird[10]).

[9]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 809, 829.

[10]) Vgl. W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen, Berlin 1923 (besprochen in E. u. M. 1923, S. 620). Es sind dort zahlreiche Meßresultate zusammengestellt.

Abb. 11 zeigt eine Schaltung zur Messung des Maximalwertes von Hochspannungen mit dem Drehspul-Galvanometer, unter Verwendung einer Ventilröhre. Ein Hochspannungs-Kondensator C, dessen Kapazität genau bekannt sein muß, ist einerseits an die Hochspannung geschaltet, anderseits ist er über zwei Ventilröhren K an Erde gelegt. Von den Ventilröhren läßt die eine die eine Halbwelle, die andere die andere Halbwelle durch. In Serie mit der einen Ventilröhre ist ein Galvanometer geschaltet, das den hier fließenden Strom i mißt. Die Scheitelspannung ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$V_{max} = \frac{i}{2.f.C}.$$

Hier ist f die Frequenz und C die Kapazität des Hochspannungskondensators. Diese Meßmethode wurde zuerst von Bedell[11]), eine einfache Ableitung der vorstehenden Gleichung von Schimpf[12]) angegeben. Auf Grund dieser Methode wurde von der Firma Haefely in Basel eine Konstruktion durchgebildet, die es ermöglicht, in sehr einfacher Weise den Scheitelwert einer Spannung an einem Galvanometer ständig zu verfolgen. Ein Nachteil der Methode ist, daß sie bei gewissen Kurvenformen (sogenannte Sattelkurven) falsche Werte angibt.

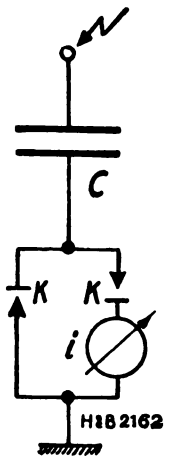


Abb. 11. Schema zur Messung der Scheitelspannung mit Ventilröhre und Galvanometer.

Es ist möglich, aus dem Röntgen-Spektrum die Spannung zu ermitteln, mit der die Röntgenröhre betrieben wird. Die Plancksche Gleichung für die elektromagnetische Strahlungsenergie lautet:

$$h.\nu = e.V.$$

Hierin ist h die Plancksche Wirkungskonstante, ν die Frequenz, e das Elementarquantum der elektrischen Ladung und V die Spannung an der Röhre; h und e sind genau bekannte Konstanten.

Man kann die Strahlungsfrequenz einer Röntgenröhre im Spektrogramm ermitteln; dort ist auch ohne weiteres die maximale Frequenz festzustellen, so daß deren Ermittlung einen Rückschluß auf die maximale Spannung ermöglicht. Die Methode wurde hauptsächlich in medizinischen Instituten verwendet und ist daher in der Elektrotechnik recht wenig bekannt. Eine Zusamenstellung der Erfahrungen haben Glocker und Kaupp[13]) gegeben. Nach Angabe dieser Autoren beträgt der maximale Meßfehler nur ganz wenige Prozente.

[11]) Bedell, Journ. Franklin-Inst. 1913, 2/355.

[12]) Schimpf, ETZ 1925, S. 75.

[13]) Glocker und Kaupp, Über die Genauigkeit der Spannungsmessung auf spektrographischem Wege, Strahlungstherapie 1926.

Digitized by Google

Fernmessungen.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft mit ihren immer größer werdenden Zentralen und der immer enger werdenden Vermaschung der Netze hat in den letzten Jahren ein neues Bedürfnis auf dem Gebiet der Meßtechnik gezeitigt: die Fernmessung. Die hier gestellten Aufgaben sind sehr verschieden. Bald handelt es sich darum, in einem Kessel- oder Maschinenhaus von riesigen Außmaßen die richtigen Betriebsdaten allgemein sichtbar anzuzeigen, im Kommandoraum soll sich der Betriebsleiter von seinem Stuhl aus rasch über den Stand aller veränderlichen Vorgänge in einer großen Zentrale, einem ausgedehnten Stadtnetz oder einem weitverzweigten Fernversorgungsnetz orientieren können usw. Das Telephon reicht hier heute nicht mehr aus und so

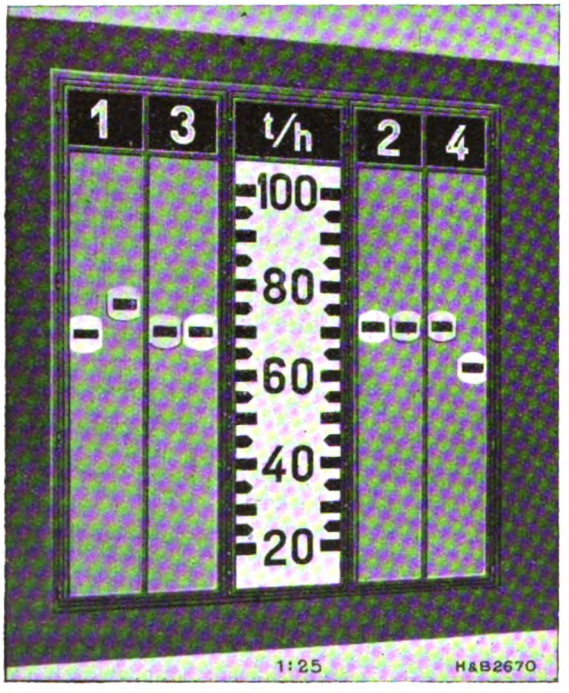


Abb. 12. Ansicht eines Großinstrumentes „Profilux" für ein Kesselhaus (Hartmann & Braun).

wurden Methoden zur Durchführung der verschiedensten Fernmessungen ersonnen. Im Nachstehenden sollen einige typische Vertreter dieser Einrichtungen vorführen werden.

Abb. 12 zeigt einen Teil eines Großinstrumentes, wie es von der Firma Hartmann & Braun für das Großkraftwerk Klingenberg ausgeführt wurde. Das Instrument hat den Zweck, den augenblicklichen Stand der Kesselbelastung in zwei Werten, dem Sollwert und dem Istwert, anzuzeigen. Der Sollwert wird von der Warte aus befohlen und der Heizer hat seinen Kessel so zu fahren, daß seine Istmarke, zum Beispiel am Kessel 1, mit der Sollmarke zusammenfällt. Die Höhe der Zeigerbahnen und der Skala beträgt etwa 1·8 m; das Instrument ist von der entferntesten Stelle des 70 m langen Kesselhauses noch gut ablesbar. Abb. 13 zeigt einen schematischen Schnitt durch die optische Einrichtung dieser Intsrumente. Unten an dem ziemlich tiefen Gehäuse befindet sich ein Scheinwerfer, dessen Lichtstrahl auf einen am Meßwerk angebrachten Drehspiegel fällt. Der Lichtstrahl projiziert eine Marke auf eine rechts angedeutete Mattglas-

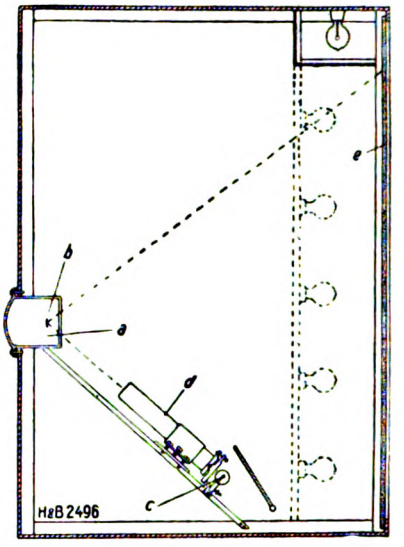


Abb. 13. Schematischer Schnitt durch Instrument nach Abb. 12.

scheibe. In das links angedeutete Meßinstrument ist ein Kreuzspul-Meßwerk eingebaut, das durch eine elektrische Fernanzeige-Einrichtung, die weiter unten noch beschrieben wird, mit dem Dampfmengenmesser gekuppelt ist.

Die Übertragung einer zu messenden Größe auf eine Entfernung läßt sich bis zu einem gewissen Grade mit Meßwandlern durchführen. Es ist hierbei jedoch schon bei wenigen Kilometern notwendig, die sekundäre Stromstärke der Meßwandler auf $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$ des üblichen Betrages zu vermindern; damit wird die sekundäre Windungszahl recht hoch, was im Falle einer Leitungsunterbrechung ganz unliebsam hohe Spannungen zur Folge hat. Überdies sind zum Beispiel zur Übertragung einer Drehstromleistung mit ungleich belasteten Phasen schon sieben Leitungen notwendig, ein Umstand, der eine wirkliche Fernmessung mit Meßwandlern verbietet.

Von den Instrumenten mit Geber und Empfänger, die durch Meßleitungen ver-

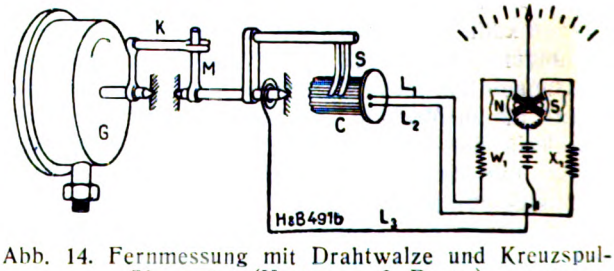


Abb. 14. Fernmessung mit Drahtwalze und Kreuzspul-Ohmmeter (Hartmann & Braun).

bunden sind, sind die ältesten wohl die Temperaturmesser. Man hat hier schon seit sehr vielen Jahren zwischen der eigentlichen Meßstelle, an der eine Temperatur gemessen werden soll, und an die als Geber ein Thermo-Element oder ein

Digitized by Google

temperaturabhängiger Widerstand eingebaut ist, und dem Empfänger viele 100 m überbrückt und somit die ersten elektrischen Fernmessungen geschaffen.

Aus diesen Temperatur-Fernmessungen heraus hat sich die in Abb. 14 dargestellte Fernmeßeinrichtung von H. & B. entwickelt. Es ist dort ein Widerstand auf dem Umfang einer

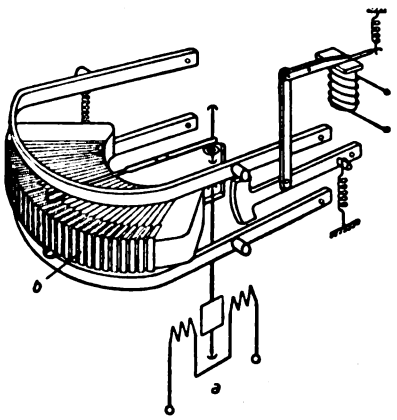


Abb. 15. Doppelfallbügelgerät zur Fernmessung (Siemens & Halske).

Walze aufgebracht, über den eine Bürste schleift. Durch die Bürste wird das Verhältnis der Teilwiderstände zwischen Bürste und den Widerstandsenden mit der zu messenden Größe verändert und durch ein Kreuzspulinstrument, dessen Wirkungsweise ich als bekannt voraussetze, ge-

Schematische Darstellung der Fernmeßeinrichtung

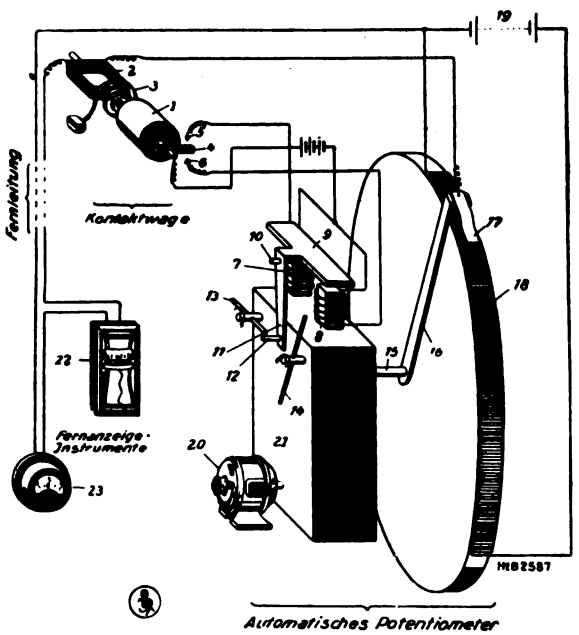


Abb. 16. Schema der Fernmessung mit automatischer Kompensation (Hartmann & Braun).

messen. Zwischen Geber und Empfänger sind hier drei Verbindungsleitungen notwendig oder zwei Verbindungsleitungen und Erde. Der Aktionsradius beträgt einige 100 km.

In ähnlicher Weise arbeitet der Ringrohrgeber von S. & H. Es ist dort in ein zu einem Ring gebogenes Glasrohr ein Drahtwiderstand und etwas Quecksilber eingebracht. Bei Verdrehung des Ringrohres wird durch das Quecksilber der Meßwiderstand verändert. Diese Widerstandsveränderung dient ebenfalls zur Fernanzeige der Meßgröße mit Hilfe eines Drehspulmeßgerätes.

Abb. 15 zeigt eine schematische Darstellung des sogenannten Doppelfallbügelgerätes von S. & H.[14]), das für einen Aktionsradius bis etwa 1000 km verwendet werden kann. Bei *a* ist das Meßwerk angedeutet, auf dessen Achse sich ein Greifzeiger befindet, der noch unterhalb des Widerstandes *b* herausschaut. Dieser Greifzeiger wird durch einen Fallbügel periodisch auf den Widerstand *b* gedrückt und greift dort eine der Meßgröße entsprechende Teilspannung ab, die zur Fernübertragung der Meßgröße dient. Würde nur dieser eine Greifzeiger vorhanden sein, so würde während der Kontaktpausen, die notwendig sind, damit das Meßwerk *a* einspielen kann, eine unerwünschte Unterbrechung der Fernanzeige eintreten. Zu diesem Zweck ist noch ein zweiter Greifzeiger oberhalb des Widerstandes *b* angeordnet, der sogenannte Erinnerungszeiger, der auf einer besonderen Achse gelagert und nur durch eine schwache Torsionsfeder mit dem eigentlichen Meßwerk *a* gekuppelt ist. Über dem Widerstand *b* befindet sich noch ein zweiter Fallbügel. Der Betätigungsmechanismus ist so eingerichtet, daß der obere Fallbügel den Erinnerungszeiger nur während der Kontaktpausen des unteren Greifzeigers auf den Widerstand *b* aufdrückt. Es werden hierdurch die unliebsamen Betriebsunterbrechungen während der Kontaktpausen des eigentlichen Greifzeigers vollständig vermieden. Die kleine Direktionskraft des Erinnerungszeigers hat selbstverständlich eine Rückwirkung auf das Meßwerk *a*, die sich jedoch nach wenigen Wiederholungen des Fallbügelspieles ausgleicht.

Bei dem Fernmeßsystem „Telewatt" von Aron[15]) wird auf die Achse eines Motorzählers ein kleiner, selbsterregter Gleichstromgenerator aufgebracht, dessen elektromotorische Kraft proportional der Umdrehungszahl der Zählerachse und damit bei Übertragung einer Leistung proportional der zu messenden Leistung ist. Der kleine Gleichstromgenerator gibt eine Spannung von etwa 1 V und einen Strom von etwa 1 mA ab. Es ist hier keine Hilfsbatterie notwendig. Der Aktionsradius wird mit etwa 100 km angegeben. Als Anzeigeinstrument an der Empfangsstation dient ein empfindliches Drehspulgalvanometer, dessen Skala in kW geeicht ist.

Abb. 16 zeigt in schematischer Darstellung eine neue Fernmeßeinrichtung von H. & B.[16]). Sie besteht im wesentlichen aus einer sogenannten Kontaktwage und einem automatischen Potentiometer. In der Abb. 16 ist 1 ein beliebiges

[14]) Siemens-Zeitschrift, Jg. 1927, H. 6, S. 422.
[15]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 27, S. 743.
[16]) Beim Vortrag vorgeführt.

Digitized by Google

Meßwerk, zum Beispiel die Trommel eines Ferrarisinstrumentes, das mechanisch mit dem Meßwerk 2 gekuppelt ist, hier mit der Spule eines Drehspulinstrumentes. Die Torsionsfeder verleiht diesem Meßwerk eine geringe Direktionskraft. Auf der Achse des Meßwerkes befindet sich ein Kontakthebel 4, der zwischen Kontakten 5 und 6 spielt. Letztere schalten mit Hilfe einer Batterie die Spulen 7 oder 8 einer um die Achse 10 drehbar gelagerte Wippe ein, deren Hebel 11 mit einem Stift 12 in den Weg von umlaufenden Hebeln 13 und 14 kommt. Diese Hebel 13 und 14 werden von einem Motor 20 in entgegensetzter Richtung (siehe Pfeile), durch die Vermittlung eines doppelten Differentialgetriebes, im Gehäuse 21, angetrie-

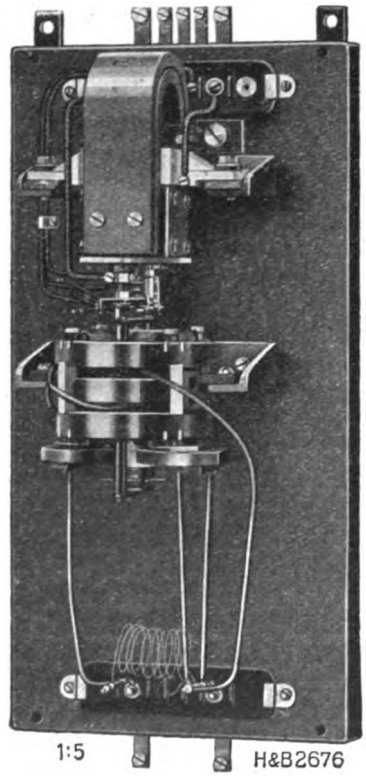


Abb. 17. Ansicht der Kontaktwage zu Abb. 16 (Hartmann & Braun).

ben. Mit dem doppelten Differentialgetriebe ist auch die Achse 15 des Potentiometerarmes 16 gekuppelt, der eine Schleifbürste 17 über einen kreisförmig gebogenen Widerstand 18 führt. Ist das Gleichgewicht an der Kontaktwage (1, 2) gestört, so wird zum Beispiel der Kontakt 6 anliegen, die Wippe 9 mit ihrem Stift 12 in den Weg des umlaufenden Hebels 13 kommen, dieser wird festgehalten, was zur Folge hat, daß der Hebel 16 so lange gedreht wird, bis der über die Drehspule 2 fließende Strom wieder der Meßgröße an 1 das Gleichgewicht hält und der Kontakt 6 durch den Kontakthebel 4 freigegeben wird. Es fließt dann auf alle Fälle über 2 ein Strom, der der Meßgröße 1 entspricht. Dieser Strom wird über die Fernleitung nach den Fernanzeigeinstrumenten 22 und 23 geführt, die direkt zeigend oder registrierend eingerichtet sein könen. Da das Ferninstrument mit dem kompensierenden Instrument 2 und der Stromwage (1, 2) in Serie liegt, wird die Anzeige von etwaigen Schwankungen des Widerstandes der Fernleitung oder von betriebsmäßigen Spannungsänderungen der Batterie 19 vollständig unabhängig.

Durch einen kleinen Kunstgriff ist es gelungen, Störungen, zum Beispiel in der Fernleitung oder im motorischen Antrieb, auch an der Empfangsstelle sofort leicht kenntlich zu machen. Die elektrische Größe wurde so eingestellt, daß beim Nullwert der Meßgröße (am Instrument 1) der Strom im Meßwerk 2 noch einen bestimmten Betrag behält, bei dem sich das Fernmeßinstrument 23 auf den Skalenwert Null einstellt. Tritt eine Störung ein, zum Beispiel durch Unterbre-

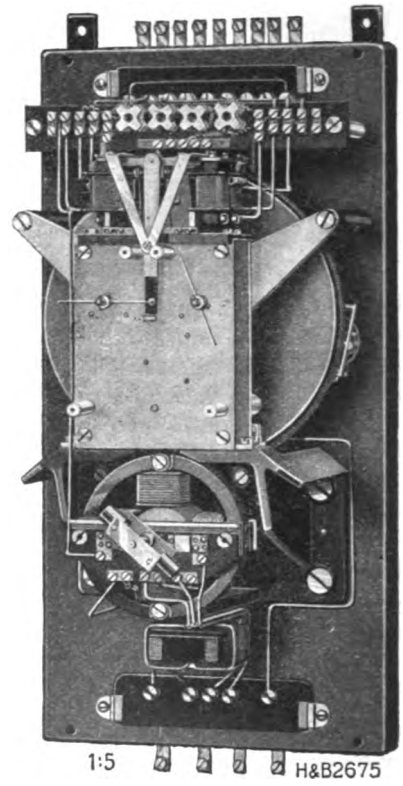


Abb. 18. Ansicht des automatischen Potentiometers zu Abb. 16 (Hartmann & Braun).

chung der Fernleitung, so wird der Strom ganz unterbrochen und der Zeiger des Ferninstruments stellt sich unterhalb des Wertes Null auf eine dort angebrachte rote Signalmarke ein. Der Fernmeßstrom wird auch über einen Schalter geleitet, der an dem Motor angebracht ist und der den Fernmeßkreis erst schließt, wenn der Motor die für die automatische Kompensation erforderlichen Tourenzahlen angenommen hat. Durch diese Einrichtung ist es möglich geworden, jede Störung sofort als solche zu erkennen oder durch geeignete Einrichtungen zu signalisieren.

Abb. 17 zeigt eine Ansicht der Kontaktwage ohne Gehäuse. Es ist dort ein Ferraris-Meßwerk mit einem Drehspulinstrument gekuppelt, zwischen den beiden Meßwerken ist die Kontakteinrichtung sichtbar. Abb. 18 zeigt das automatische Potentiometer. Unten ist ein Induktionsmotor mit dem Zentrifugalschalter sichtbar, in der Mitte befindet

Digitized by Google

sich auf der Grundplatte der Schleifwiderstand mit seiner Bürste, der auf den Rand einer runden Scheibe aufgebracht ist, vor der in dem rechteckigem Gehäuse das Doppel-Differentialgetriebe, dessen Wirkungsweise ich als bekannt voraussetze, untergebracht ist. Über dem Gehäuse des Differentialgetriebes ist die von der Kontaktwage gesteuerte Wippe (9 in Abb. 17) zu sehen.

Der durch die Kontaktwage gesteuerte Strom beträgt nur wenige mA, bei einer Spannung von nur wenigen Volt, während der eigentliche Fernmeßstrom etwa 10 mA beträgt bei einer Spannung, die je nach der Länge der Fernleitung 10 bis 100 V betragen kann. Die Einstellung der Apparate ist so getroffen, daß die Korrektur durch das Potentiometer ebenso schnell erfolgt wie die Änderung der Meßgröße, so daß eine praktisch kontinuierliche Fernanzeige gewährleistet ist. Ferner ist es ohne weiteres möglich, sowohl am Geber- wie am Empfangsort die zu messende Größe nicht nur anzuzeigen, sondern auch mit Tinte und Feder zu registrieren. Auch die häufig bei Fernübertragung verlangte Summierung verschiedener Größen ist hier exakt durchführbar. Es ist nicht nur möglich, Strom, Spannung oder Leistung zu übertragen, sondern auch Leistungsfaktor, Frequenz oder jede beliebige andere Zeigerstellung.

Kurzschlußdruck einer dünnen Röhrenspule.

Von Ing. Hans **Korisko**, Weiz.

Übersicht: Es wird eine einfache Näherungsformel für den in der Symmetrieebene einer dünnen Röhrenspule bei Stromdurchfluß auftretenden Druck abgeleitet.

Die einzelnen Windungen einer unendlich dünnen, von Strom durchflossenen Röhrenspule ziehen sich mit Kräften, die sich als Funktion der Lage dieser Windungen darstellen lassen, an. Denkt man sich die Spule an irgend einer Stelle geteilt und summiert die zwischen den Windungen beider Teile auftretenden Kräfte, so erhält man den Druck an der Trennstelle. Dieser wird am größten in der

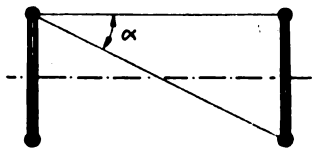


Abb. 1.

Halbierungsebene der Spule. Die exakte Berechnung dieser Kräfte führt zu elliptischen Integralen, deren Auswertung nicht leicht fällt.

Ein einfacher, allerdings nicht vollkommen genauer Weg ist folgender:

Zwei kreisförmige Ströme (mit gleichem Kreis-

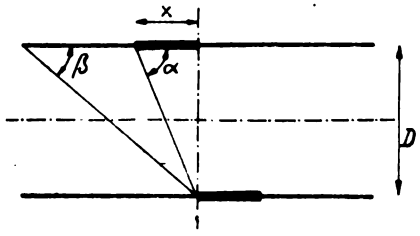


Abb. 2.

radius) von der Größe i_1 und i_2 in absoluten Einheiten ziehen sich mit einer Kraft

$$p = i_1 i_2 2\pi \sin^3\alpha \operatorname{tg}\alpha (1 - 0{\cdot}423\cos\alpha) z \quad (1)^1)$$

in Dyn an, wobei α der in Abb. 1 eingezeichnete Winkel ist. Vernachlässigt man den Faktor z, der zwischen 1·021 und 0·979 schwankt, so ergibt die Formel eine Genauigkeit von ± 2·1 vH.

[1]) Siehe Korisko, Kraftwirkung von Kreisströmen, E. u. M. 1928, Heft 7, S. 158, Formel (17).

Um die doppelte Integration über die ganze Spulenfläche zu vermeiden, faßt man nach Abb. 2 alle Elemente, die von einander gleichen Abstand, also auch gleichen Winkel α, haben, in Gruppen zusammen und erhält, wenn die lineare Stromdichte j absolute Einheiten pro Längeneinheit beträgt, für eine solche Gruppe von der Länge x, solange $\alpha > \beta$, die Kraft

$$p_1 = j^2 x\, dx\, 2\pi \sin^3\alpha \operatorname{tg}\alpha (1 - 0{\cdot}423\cos\alpha) \quad (2),$$

und da

$$\left.\begin{aligned} x &= D \operatorname{ctg}\alpha, \\ dx &= -D\frac{d\alpha}{\sin^2\alpha} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (3),$$

$$p_1 = -j^2 D^2 2\pi \sin\alpha (1 - 0{\cdot}423\cos\alpha) \quad (4).$$

Indem man von $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bis $\alpha = \beta$ integriert, erhält man:

$$P_1 = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\beta} p_1\, d\alpha = j^2 D^2 2\pi \cos\beta \left(1 - \frac{0{\cdot}423}{2}\cos\beta\right) \quad (5).$$

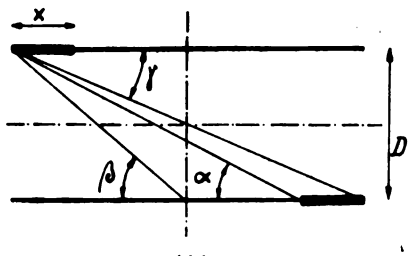


Abb. 3.

Für Werte von α zwischen β und γ ergibt sich in ähnlicher Weise nach Abb. 3, da

$$\left.\begin{aligned} x &= D(\operatorname{ctg}\gamma - \operatorname{ctg}\alpha) \\ dx &= D\frac{d\alpha}{\sin^2\alpha} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (6),$$

$$p_2 = j^2 D^2 2\pi \left(\operatorname{ctg}\gamma \frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha} - \sin\alpha\right)(1 - 0{\cdot}423\cos\alpha) \quad \ldots\ldots (7)$$

Digitized by Google

und als Integral zwischen den Grenzen γ und β

$$P_2 = \int_\gamma^\beta p_2 \, d\alpha =$$

$$= j^2 D^2 2\pi \left\{ \operatorname{ctg}\gamma \left[\ln \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\beta}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\gamma}{2}\right)} - \sin\beta + \sin\gamma - \right.\right.$$

$$\left. - \frac{0{\cdot}423}{2}(\beta - \gamma - \sin\beta\cos\beta + \sin\gamma\cos\gamma) \right] +$$

$$+ \cos\beta\left(1 - \frac{0{\cdot}423}{2}\cos\beta\right) -$$

$$\left. - \cos\gamma\left(1 - \frac{0{\cdot}423}{2}\cos\gamma\right) \right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Summiert man P_1 und P_2, so wird unter Berücksichtigung, daß nach Abb. 4

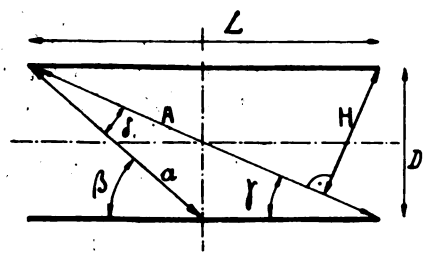


Abb. 4.

$$\operatorname{ctg}\gamma = 2\operatorname{ctg}\beta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9),$$

$$P = P_1 + P_2 = j^2 D^2 2\pi \operatorname{ctg}\beta \left\{ 2\ln \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\beta}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\gamma}{2}\right)} - \right.$$

$$\left. - 0{\cdot}423(\beta - \gamma) \right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Führt man die Bezeichnungen a, A, L, δ der Abb. 4 ein, so geht Formel (10) nach einiger Umformung über in den Ausdruck

$$P = j^2 \pi D L \left\{ 2\ln \frac{A-D}{2(a-D)} - 0{\cdot}423\,\delta \right\} \quad (11).$$

Für unendlich kurze Spulen ergibt sich hieraus als Grenzwert, da

$$\lim_{L=0} \frac{A-D}{2(a-D)} = \lim_{L=0} \frac{\sqrt{L^2+D^2}-D}{\sqrt{L^2+4D^2}-2D} = 2$$

und $\delta = 0$,

$$P = j^2 \pi D L \ln 4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12),$$

welcher Ausdruck auch, wie sich leicht zeigen läßt, exakt richtig ist.

Für die unendlich lange Spule folgt, da

$$\lim_{D=0} \left[2\frac{L}{D} \ln \frac{A-D}{2(a-D)} \right] = 2$$

und $\lim_{D=0} \delta \frac{L}{D} = 1$,

$$P = j^2 \pi D^2 (2 - 0{\cdot}423) = 1{\cdot}577\,\pi j^2 D^2 \quad (13).$$

Die exakte Formel lautet in diesem Fall

$$P = j^2 \frac{\pi^2}{2} D^2 = 1{\cdot}5708\,\pi j^2 D^2 \quad . \quad . \quad (14).$$

Um die Übereinstimmung für diesen Grenzfall zu erreichen, muß statt 0·423 in Formel (1) der Wert

$$2 - 1{\cdot}5708 = 0{\cdot}4292$$

gesetzt werden, wodurch Ausdruck (11) in

$$P = j^2 \pi D L \left\{ 2\ln \frac{A-D}{2(a-D)} - 0{\cdot}4292\,\delta \right\} \quad (15)$$

übergeht.

Bezieht man die Kraft auf die Längeneinheit des Umfanges $D\pi$, so erhält man aus Formel (15)

$$k = \frac{P}{D\pi} = j^2 L \left\{ 2\ln \frac{A-D}{2(a-D)} - 0{\cdot}4292\,\delta \right\} \quad (16).$$

Diese Formel gilt genau für unendlich lange und für unendlich kurze Spulen und ergibt für endliche Spulenlängen Werte, die von den exakten Größen, entsprechend dem vernachlässigten Faktor z der Formel (1), um Geringes abweichen. Die Grenzwerte von k sind entsprechend den Ausdrücken (12) und (14)

$$\left.\begin{aligned} k_0 &= j^2 L \ln 4 \text{ für } L \ll D \\ k_\infty &= j^2 D \frac{\pi}{2} \text{ für } L \gg D \end{aligned}\right| \quad . \quad . \quad . \quad (17).$$

Eine Größe, die für kurze Spulen in L und für lange Spulen in D übergeht, ist der größte Abstand eines Punktes der Basis der Röhrenspule von der

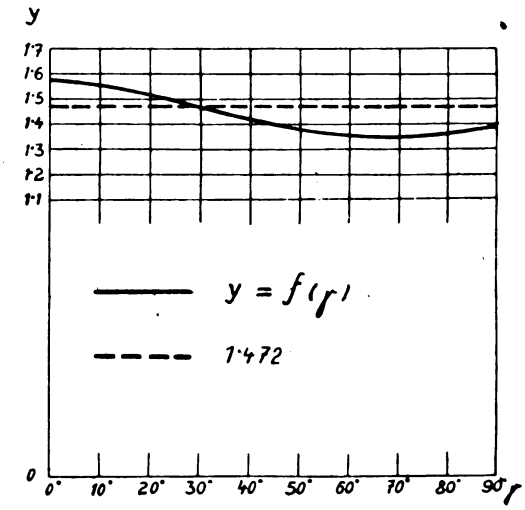


Abb. 5.

Diagonale derselben. Er sei nach Abb. 4 mit H bezeichnet. Man kann daher statt Formel (16) unter Berücksichtigung, daß $L : H = A : D$, auch schreiben

$$k = j^2 H . y$$

$$y = \frac{L}{H}\{\ldots\} = \frac{A}{D}\left\{ 2\ln \frac{A-D}{2(a-D)} - 0{\cdot}4292\,\delta \right\} \quad (18).$$

Einige Werte von y sind in untenstehender Tabelle berechnet und in Abb. 5 als Funktion des Winkels γ dargestellt.

Digitized by Google

$\frac{L}{D}=\operatorname{ctg}\gamma$	γ	y	Y
0·0	90° 00′	1·386	0·942
0·2	78° 41′	1·355	0·920
0·4	68° 12′	1·349	0·916
0·6	59° 02′	1·357	0·922
1·0	45° 00′	1·395	0·948
1·5	33° 41′	1·445	0·982
2·5	21° 48′	1·505	1·023
5·0	11° 19′	1·551	1·054
∞	00° 00′	1·578	1·075

Die Größe von y schwankt zwischen 1·35 und 1·58. Es soll noch der Wert 1·472 (= 1·5 × 0·981) herausgehoben werden.

Es ergibt sich dann

$$k = j^2 . 1{\cdot}472\, H . Y \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

mit

$$Y = \frac{1}{1{\cdot}5 . 0{\cdot}981}\,\frac{A}{D}\left\{2 \ln \frac{A-D}{2(a-D)} - 0{\cdot}4292\,\delta\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

für die Kraft in Dyn pro Längeneinheit des Umfanges, wenn j die Stromstärke in absoluten Einheiten pro Längeneinheit bedeutet. Rechnet man auf kg und Ampere um, so erhält man für die Kraft K in kg/cm des Umfanges

$$K = 1{\cdot}5 j^2 H . 10^{-8} . Y \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21),$$

wobei

J die Stromstärke in Ampere/cm bedeutet,

H die in Abb. 4 eingezeichnete Höhe des Dreiecks in cm ist und

Y in Abb. 6 dargestellt erscheint.

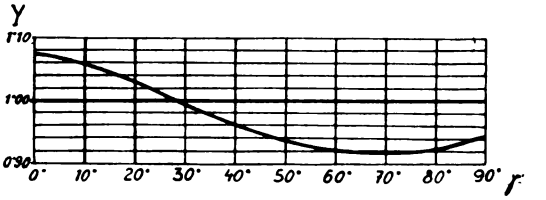


Abb. 6.

Begnügt man sich mit einer Genauigkeit von ± 8 vH, so kann der Faktor Y in obiger Formel gleich 1 gesetzt werden und man erhält:

$$K = 1{\cdot}5 j^2 H\, 10^{-8} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22).$$

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der einphasige Kurzschluß des Drehstromgenerators mit Resonanzkreis an der offenen Phase[1]). Von A. Mandl. An der offenen Phase entstehen im einphasigen Kurzschluß Überspannungen. Besonderes Interesse hat der Fall, wenn der an die nicht kurzgeschlossene Phase angeschlossene Kreis einen Resonanzkreis für eine der induzierten Harmonischen vorstellt. Der Einfluß der Sättigung wird vernachlässigt. Die Wicklungen werden widerstandsfrei angenommen. Es sind drei Fälle von Resonanz möglich:

a) die angeschlossene Leitung bildet den Resonanzkreis für sich allein ohne Einbeziehung der Generatorinduktivität, das heißt ihre Eigenschwingungszahl stimmt überein mit einer der erzeugten Harmonischen;

b) mit Einbeziehung der Generatorgesamtinduktivität;

c) einer Kombination von *a* und *b*.

Jede stromdurchflossene Wicklung erzeugt mit sich selbst 100, mit der gleichachsig gelegenen Wicklung des anderen Teiles (Stator oder Rotor) 100 . α Kraftflußverkettungen. (α ist eine Verhältniszahl, die wenig kleiner als 1 ist). Der Zusammenhang der Größe α mit den Teilstreuungskoeffizienten τ_1 bzw. τ_2 und mit dem totalen Streuungskoeffizienten τ ist einfach herzustellen. Es ist

$$1 + \tau_1 = 1 + \tau_2 = \frac{1}{\alpha} \quad \text{somit} \quad \alpha = \frac{1}{1+\tau_1} = \frac{1}{1+\tau_2}$$

und

$$\tau = 1 - \frac{1}{(1+\tau_1)(1+\tau_2)} = 1 - \alpha^2$$

$$\text{somit } \alpha^2 = 1 - \tau \text{ und } \alpha = \sqrt{1-\tau}.$$

Zur Einführung in die neue Rechenmethode werden die bekannten Fälle des einphasigen Dauer- und plötzlichen Kurzschlusses mit und ohne Querfelddämpfung untersucht. Der Dauerkurzschluß wird dabei einmal vom Rotor (System 1) und dann vom Stator (System 2) mit Gleichstrom erregt gedacht. Die im Rotor und Stator entstehenden Wechselfelder werden in mit- und gegenläufige Drehfelder zerlegt. Die Spannungsgleichgewichtsbedingung für die widerstandslos angenommenen Wicklungen werden für jede Harmonische angeschrieben. Es gilt für jede der kurzgeschlossenen Wicklungen ein Gleichungssystem. Die Auflösung ergibt alle Harmonischen und ermöglicht die Berechnung der Spannungen an der offenen Phase. Die im Stator und Rotor entstehenden Harmonischen fallen mit zunehmender Ordnungszahl je nach einer geometrischen Reihe mit dem Faktor $K = \frac{a^2 - 2 + 2\sqrt{1-a^2}}{a^2}$; K ist stets negativ und zwar ist für

$a =$	0·7	0·8	0·9	1
$K =$	− 0·166	− 0·25	− 0·394	− 1

Der Dauerkurzschluß bei Gleichstromerregung des Rotors (System 1) erzeugt in der Rotorwicklung eine bestimmte konstante Verkettungszahl, in der Statorwicklung die Verkettungszahl 0. Umgekehrt ergibt der Dauerkurzschluß bei Gleichstromerregung des Stators (System 2) für die Rotorwicklung die Verkettungszahl 0 und für die Statorwicklung eine konstante Verkettungszahl. Indem man jede dieser Verkettungszahlen den durch den plötzlichen Kurzschluß festgehaltenen Verkettungszahlen gleichsetzt, ist es möglich, den plötzlichen Kurzschluß durch Übereinanderlagerung von zwei Dauerkurzschlüssen darzustellen, die mit passend gewählter Stromstärke im Stator und Rotor erregt werden.

Diese Berechnungsmethode ermöglicht die Untersuchung der oben angegebenen Fälle:

a) Wenn die angeschlossene Leitung für sich selbst einen Resonanzkreis bildet, so werden alle höheren Harmonischen, deren Frequenz gleich oder größer ist als die Resonanzfrequenz, an den Klemmen der offenen Phase verschwinden. Hingegen fließt ein Strom von Resonanzfrequenz ins Netz. Die der Resonanzfrequenz benachbarten Harmonischen setzen sich mit vergrößerten Werten der Spannung an der Selbstinduktion oder Kapazität des Resonanzkreises an. Der Spannungshöchstwert an den Klemmen der offenen Phase ist stets geringer als bei vollständig offenem Kreis. Mit Querfelddämpfung entsteht an der offenen Phase nur die Leerlaufspannung.

b) Die Resonanz mit Einbeziehung der Generatorgesamtinduktivität ist dadurch charakterisiert, daß ein Strom von Resonanzfrequenz in der nichtkurzgeschlossenen Phase fließen kann, ohne daß irgendeine Spannung vom Rotor aus erregt wird. Der Summenscheinwiderstand Generator + Netz ist Null. Es ergibt sich demnach als Bedingung, daß keine solche Spannung an der offenen Phase induziert wird. Der wichtigste Fall

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 26, S. 679.

Digitized by Google

ist Resonanz mit der ersten Gesamtinduktivität. Der Generator ist bei Grundfrequenz an der Grenze der Selbsterregung. Es entstehen jetzt auch im Dauerkurzschluß ohne Querfelddämpfung sehr hohe Werte von Spannung und Strom im Resonanzkreis, im plötzlichen Kurzschluß an den Klemmen der offenen Phase für

$a = 0{\cdot}7 \quad 0{\cdot}8 \quad 0{\cdot}9$

das 5·8 6·83 11·41 fache

der Leerlaufspannung. Die gleichen Werte für vollkommen offene oder verstimmte Phase betragen das 2·93, 4·55 und 9·55-fache und werden demnach um 98, 50 und 20 vH übertroffen. Mit Querfelddämpfung bleibt die Spannung unter der doppelten Leerlaufspannung.

c) Die Fälle gleichzeitiger Resonanz mit der Gesamtinduktivität und mit einer anderen höheren Eigenfrequenz des angeschlossenen Kreises ergeben kleinere Überspannungen als die Fälle *b*).

Die Untersuchungsmethode wird auch auf den Fall ungleicher magnetischer Leitfähigkeiten (Verhältnis λ) in der Längs- und Querachse angewendet, indem jede im Stator erzeugte Drehstromdurchflutung durch zwei am Rotor haftende, räumlich und zeitlich 90° gegeneinander versetzte Wechselstromdurchflutungen ersetzt wird, die also in der Rotorlängs- bzw. Querachse magnetisieren. Im plötzlichen Kurzschluß ohne Querfelddämpfung und ohne Resonanzkreis an der offenen Phase nimmt der Faktor C in der geometrischen Reihe der aufeinanderfolgenden Harmonischen mit zunehmendem λ ab und erreicht für $\lambda = \frac{1}{1-a}$ den Wert 0, das heißt es fließen im Stator und Rotor keine Ströme von höherer als der zweiten Frequenz. Der Höchstwert der Spannung an der offenen Phase fällt von dem für $\lambda = 1$ geltenden Wert geradlinig bis zu $\lambda = \infty$ fast bis auf Null.

Der Fall der fehlenden Gegenfelddämpfung wird dadurch verwirklicht gedacht, daß die Erregung des Rotors über einen großen Widerstand mit hoher Spannung erfolgt. Die Querfelddämpfung wird hingegen als vorhanden angenommen. Es wird der plötzliche Kurzschluß ohne Resonanzkreis und bei Resonanz der offenen Phase mit der ersten Gesamtinduktivität untersucht. Es zeigt sich, daß die fehlende Gegenfelddämpfung lange nicht so gefährlich ist wie die fehlende Querfelddämpfung. Die Dämpferwicklung ist deshalb in erster Linie als Querfelddämpfung auszubilden, auf die Verbindung im Polzwischenraum kommt es besonders an. Der Einbau der Dämpferwicklung vergrößert die Polschuhhöhe und damit die Polschuhstreuung und verschlechtert die Spannungskurve. Trotzdem ist die Anordnung einer richtigen, den Polzwischenraum überquerenden Querfelddämpfung als unerläßlich zu bezeichnen.

(Archiv für Elektrotechnik, Bd. 19, H. 4, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Zerstörung des Bleimantels von Kabeln durch Brüche und ihre Verhütung. Von S. Beckinsale und H. Waterhouse. Die Beobachtungen ergaben, daß Brüche am häufigsten in den nachstehenden Fällen auftraten: bei längs Eisenbahnlinien verlegten Kabeln an den Überführungen, Brücken, in oder bei Tunnels; bei Luftkabeln, unter Umständen schon nach wenigen Jahren, an den Aufhängepunkten. Bei den gewöhnlichen unterirdisch verlegten Kabelleitungen waren Brüche verhältnismäßig selten, die Stellen, wo solche auftraten, dürften Erschütterungen ausgesetzt gewesen sein. Auf Schiffen mit Turbinenantrieb kommen Brüche häufiger vor als bei solchen mit Kolbenmaschinen. Schließlich sind auch Brüche bei Verschiffungen von Kabellieferungen vorgekommen, die um so unerklärlicher sind, als andere Trommeln, die unter den ganz gleichen Umständen versendet worden sind, ganz unversehrt geblieben sind. Das Aussehen der Brüche ist meist ziemlich das gleiche: scharfe („gehackte") oder abgerundete Ränder. Wesentlich erscheint, daß die Brüche von innen auszugehen scheinen, da man an der Innenfläche Risse fand, die noch nicht nach außen gedrungen sind. Anfressungen sind, wie mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte, nicht ursprünglich, sondern erst nach dem Bruch entstanden.

Die Ursachen der Brüche nachzuweisen, ist außerordentlich mühevoll, da sich die Zerstörungsbedingungen schwer nachahmen lassen. Nach mikroskopischen Untersuchungen dürfte eine der Ursachen in dem mehr oder weniger groben kristallinischen Gefüge liegen, dessen Einfluß aber nicht sehr bedeutend zu sein scheint. Ein Einfluß von chemischen Verunreinigungen konnte nicht festgestellt werden, da Brüche sowohl an ganz reinen, wie an schwach verunreinigten Stücken auftraten. Wesentlich scheint der Einfluß von Säuren zu sein[1]). Am meisten greift Essig- und Bleiessigsäure an; widerstandsfähig erwies sich der Bleimantel gegen Nitrate, Schwefel-, Hydrochlor- und Pottaschesäuren. Eine Legierung mit Zinn und Antimon verbesserte die Unempfindlichkeit, die Schutzwirkung wird auf die Bildung einer feinen schützenden Haut zurückgeführt. Hölzer, wie sie zum Befestigen oder Tragen der Kabelleitungen verwendet werden, greifen, auch wenn sie mit Creosot getränkt sind, den Kabelmantel nicht an. Eine Ausnahme bildet nur die Eiche, die man daher möglichst vermeiden sollte. Zitterschwingungen, unter welchem Sammelnamen verschiedene Erscheinungen inbegriffen sind, dürften an der Zerstörung der Kabel stark beteiligt sein. Maßgebend scheinen hiebei auch Temperaturänderungen zu sein. Da nämlich das Blei einen bedeutend größeren Ausdehnungswert als der innenliegende Leiter besitzt, können große Zugbeanspruchungen im Bleimantel auftreten. Ermüdungsprüfungen ergaben eine starke Herabminderung der Festigkeit. Eine der Prüfungen wurde mit einer Beanpruchung von ± 64 kg/cm² begonnen und führte nach 10 Mill. Umkehrungen zu einer Ermüdungsgrenze von ± 29 kg/cm². Gleichfalls konnte ein ziemlicher Einfluß der wechselnden Beanspruchung bei erhöhter Temperatur, wie zum Beispiel beim Umpressungsvorgang, festgestellt werden. Wesentliche Verbesserungen lassen sich durch doppelte und dreifache Legierungen, wobei letztere den Vorzug haben, erzielen. Es eignen sich hiezu Zinn und Antimon oder Kadmium. Eine Beimengung von 0·5 vH erhöht die Ermüdungsgrenze schon auf das dreifache derjenigen des reinen Bleis. Diese dreifachen Legierungen üben auch eine günstige Wirkung auf den Schmelzvorgang und die Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation aus. V. H.

(Engineering, Bd. 125, Heft 3243, 3244, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die gegenwärtigen Bestrebungen in der Konstruktion von Bahnmotoren. E. G. Choisy bespricht die Tendenzen in der modernen Bahnmotorenkonstruktion, und zwar an Hand der Konstruktionen der S. A. des Ateliers de Sécheron in Genf. Für die Entwicklung in den letzten Jahren ist ein Vergleich bezeichnend, der zwischen einem Einphasendoppeltriebmotor für die New York, New Haven and Hartford-Bahn[2]), gebaut im Jahre 1912 von Westinghouse, und einem in Anordnung und Dimensionen gleichwertigen Motor, geliefert im Jahre 1926 von Sécheron für die Lötschbergbahn[3]), angestellt wird. Der neue Motor besitzt bei gleichem Gewicht die doppelte Einstundenleistung des alten Motors, wobei freilich der Vergleich etwas dadurch beeinflußt wird, daß der neue Motor mit nur $16^2/_3$ gegenüber 25 Per/s arbeiten muß.

Die Fortschritte in der modernen Bahnmotorenkonstruktion basieren hauptsächlich auf drei Gründen: der höheren Drehzahl, dem verbesserten Wirkungsgrad bzw. Leistungsfaktor (Einphasenmotoren) und der wirksameren Kühlung. Die höhere Drehzahl ist, abgesehen von der entsprechenden Konstruktion des Rotors und den Eigenschaften seiner Baustoffe, erst durch geeignete Vorgelege zwischen Motor und Triebachse möglich geworden. Wenn man, wie der Autor, sich auf den (immer mehr sich durchsetzenden) Einzelachsantrieb beschränkt, so soll dieser, wenn das Motorgewicht gänzlich abge-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 603; 1927, S. 549.
[2]) Vgl. E. u. M. 1912, S. 339.
[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 73, 391, 575, 766.

Digitized by Google

federt sein soll, drei Zwecke erfüllen, und zwar: Drehzahlumwandlung, elastisches Zwischenglied der Kraftübertragung und schließlich Verbindung zwischen dem im Rahmen gelagerten Triebmotor und den Rädern. Alle diese drei Aufgaben vereinigt in einfachster Weise der Westinghouseantrieb, der von Sécheron bzw. deren Obering. Werz weitergebildet und verbessert wurde[1]). Der Westinghouseantrieb gestattet im Gegensatz zu den meisten anderen Antriebsarten wesentlich höhere Übersetzungsverhältnisse bei einfachem Zahnradgetriebe unterzubringen (bis 1 : 7). Die weitere Ausbildung des Antriebes durch Sécheron erlaubt darüber hinaus durch die besondere Federanordnung die Verwendung kleinerer Triebraddurchmesser (gegenüber 1600 mm beim Westinghouseantrieb Ermäßigung bis auf 975 mm bei Sécheronantrieb, ausgeführt bei einer Lokomotive für die meterspurige Berninabahn). Dadurch wird diese Antriebsart auch für langsamer fahrende Lokomotiven sehr geeignet (Güterzugslokomotiven). Ferner gestattet dieser Antrieb durch die Verwendung kleinerer Triebräder das ungefederte Gewicht sowie überhaupt das Gesamtgewicht der Lokomotiven herabzusetzen (neue Lötschberglokomotiven mit 4500 PS Stundenleistung; nur 3·14 kg pro PS Stundenleistung). Schließlich läßt er die Verwendung von Doppelmotoren mit ihren bekannten Vorteilen zu.

Bei Motorwagen, insbesondere für Straßenbahnen, ist auch das Streben allgemein, das Motorgewicht herabzusetzen, das bei der bisherigen Übung (Tramantrieb mit einfachem Vorgelege) infolge der niederen Drehzahl groß ist. Ein doppeltes Stirnradvorgelege läßt sich nach Ansicht des Autors nur in Ausnahmsfällen verwenden. Sécheron hat insbesonders für Straßenbahnen eine besondere, bereits erprobte Antriebsanordnung (Straßenbahn Zürich) herausgebracht. Sie besteht in einem kombinierten Kegelrad- und Stirnradvorgelege, das auch eine elastische Kupplung enthält. Das Vorgelege ist mit dem mit seiner Achse in der Fahrzeuglängsachse angeordneten Motor zusammengebaut und dieser ganze Körper wird nach Art eines Trammotors eingebaut. Ein solcher Motor (ventiliert) wiegt samt Vorgelege nur 800 kg bei 65 PS Stundenleistung. Diese Anordnung gestattet auch die Verwendung sehr kleiner Triebräder (bis etwa 550 mm), was für die Wagenkonstruktion sehr günstig ist.

Die Verbesserung des Wirkungsgrades erweist sich bei den modernen Bahnmotoren schon deshalb gegenüber älteren Modellen als notwendig, weil bei den kleineren Abmessungen sonst die Verlustwärme pro Raumeinheit zu groß wäre. Die Eisenverluste lassen sich in bekannter Weise durch Verwendung legierter Bleche etwas reduzieren. Viel mehr läßt sich bei den Kupferverlusten, zumal im Rotor erreichen, wo insbesonders bei raschlaufenden Motoren starke zusätzliche Verluste auftreten können. Ein gutes Mittel zur Verminderung dieser liegt außer in möglichster Schließung der Nuten in der Anordnung von abgetreppten Nuten mit gegen die Ankeroberfläche zu kürzeren und dafür breiteren Stäben. Für Einphasenlokomotiven gewinnt die Verbesserung des Leistungsfaktors noch besondere Bedeutung. Bei kleineren Motoren bis höchstens etwa 100 PS kommt man mit dem Grundsatz, den Kraftfluß und die Windungszahl jeder Wicklung so weit als möglich zu verringern, zum Ziele. Man kann dabei mit Vorteil eine Anordnung mit konzentrierter Erreger- und Wendepolwicklung (ohne eigentliche Kompensationswicklung) wie bei Gleichstrommaschinen wählen. Bei größeren Maschinen genügt diese Methode nicht, wenn man nicht die Motorabmessungen unnötig vergrößern will, und es ist notwendig, die übliche Kompensationswicklung vorzusehen. Durch diese Mittel und entsprechende Auslegung des Transformators war es zum Beispiel bei den neuen Lötschberglokomotiven möglich, den $\cos\varphi$ der ganzen Lokomotive auf 0·97 bei maximaler Anhängelast zu bringen.

Ein wichtiger und unerläßlicher Punkt in der modernen Bahnmotorenkonstruktion ist die Ventilation, die in Selbst- oder Fremdlüftung bestehen kann. Die letztere kann viel intensiver als die erstere gemacht werden, so daß bei ihr die Stundenleistung bis auf 90 vH der Dauerleistung und sogar mehr gebracht werden kann, während bei Eigenlüftung das Verhältnis bestenfalls 75 bis 80 vH beträgt. Für Straßenbahnen und ähnliche Betriebe ist aus Raumgründen nur ein selbstlüftender Motor möglich, der mit reichlicher Stundenleistung gewählt werden soll. Wichtig ist für manche Betriebsarten die Anwendung von Filtern für die Kühlluft, insbesondere wenn nicht die Möglichkeit besteht, die Luftansaugeöffnung in erheblicher Höhe über Boden anzuordnen und von dort die Kühlluft über Kanäle den Motoren zuzuführen. Der Nachteil der Eigen- gegenüber Fremdlüftung besteht zum wichtigsten Teil darin, daß die erstere bei Stillstand unwirksam ist. Bei den Motorwagenzügen der S. S. B. zum Beispiel, die ursprünglich selbstlüftende Motoren hatten, war deshalb bei ihrem Dienst die Lüftung während 1/6 der Fahrzeit nicht vorhanden und während 2/6 der Zeit wegen geringer Fahrgeschwindigkeit wenig wirksam. Der nachträgliche Einbau von Fremdlüftung bei der ersten Serie dieser Wagen (die zweite erhielt sie von allem Anfang) genügte, um die Motortemperaturen auf zirka 50 vH zu erniedrigen. Für die Wirksamkeit der Ventilation ist natürlich die Luftführung von großem Einfluß und es sind in dieser Hinsicht kompensierte Motoren wegen der zum Teil verteilten Wicklung günstiger.

Für die Beurteilung von Bahnmotorenkonstruktionen sind die Erhaltungskosten im Betriebe von ausschlaggebender Bedeutung. Der Westinghouse- bzw. Sécheron-Antrieb ist auch diesbezüglich äußerst günstig. Das Auswechseln eines defekten Motors ist sehr leicht möglich. Die Übertragungsglieder, die Schraubenfedern, können, wenn nötig, leicht ausgetauscht werden im Gegensatz zu den Verhältnissen bei anderen Einzelachsantrieben, die aus vielen Einzelheiten bestehen. Tatsächlich entfallen von den Unterhaltungskosten der mit diesem Antrieb ausgerüsteten Lokomotiven der S. B. B. nur 2 bis 3 vH auf den Antrieb, was etwa 1 bis 2 vT der Kosten pro Lokomotiv-km beträgt. Für den Betrieb ist ferner die Lebensdauer bzw. Abnützung der Zahnräder von höchster Bedeutung. Dafür ist abgesehen von anderen Umständen, unter welchen die Dichtheit der Zahnradschutzkästen gegen Schmierölverlust eine große Rolle spielen kann, eine Federung im Getriebe, wie sie der Sécheronantrieb hat, von großer Wichtigkeit. Die Federung ist ebenso für den normalen Tramantrieb sehr wünschenswert (Federzahnräder). Als eine Verbesserung des Tramantriebes in dieser und anderer Hinsicht könnte auch die Motoranordnung der Lokomotiv-Reihe 1170 der Österr. Bundesbahnen bezeichnet werden, da diese von der Elin, Wien, gebauten Lokomotiven Sécheron-Einzelachsantrieb mit einer sonst beim Tramantrieb üblichen Aufteilung erhalten. B. G.

(Bull. techn. de la Suisse Romande, H. 3, 4 und 5, 1928.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 578, 582.

Röntgentechnik.

Die Röntgenanlage an der Tierärztlichen Hochschule in Wien. Die Erfindung Röntgens hat von der Humanmedizin bald auch auf die Veterinär-Medizin übergegriffen. Zwei Momente standen einer nutzbringenden allseitigen Anwendung auf diesem Gebiet im Wege: 1. Großtiere konnten mit den in der Human-Medizin noch brauchbaren Strahlenqualitäten nicht röntgenisiert werden. 2. Allen Tieren eigentümlich ist, daß sie nicht längere Zeit ruhig verweilen und dadurch klare Aufnahmen unmöglich machen, da bei der geringsten Bewegung des Tieres bei der Exposition das Bild unscharf wird. Letzterem Übelstande wird durch die hohe Leistungsfähigkeit der modernen Röntgenapparate abgeholfen, so daß man in der Lage ist, sämtliche Aufnahmen von kleineren und mittleren Tieren sowie auch von Extremitäten von Großtieren einwandfrei herzustellen. Schwieriger ist dem unter 1. genannten Umstand Rechnung zu tragen, da durch die Steigerung der Spannung an der Röntgenröhre, welche auch Großtier-Aufnahmen ohne weiters möglich machen könnte, die Bilder durch Streuung der Röntgenstrahlung stark verschleiert werden. In der Human-Medizin ist es gelungen, diese schädlichen Wirkungen der Streustrahlen durch

Digitized by Google

Anwendung von Blenden nach Dr. Bucky, nach Akerland u. a. zu eliminieren[1]). Auch bei kleineren und mittleren Tieren gestattet die Wirkung der Buckyblende, vorzügliche Resultate zu erzielen. Ob nun durch Anwendung sehr harter Strahlen und gleichzeitiger Verwendung eines Buckygerätes die Großtier-Aufnahmetechnik in ein gedeihliches Stadium gebracht werden kann, wird erst die nächste Zeit entscheiden, da diesbezüglich Versuche durch Verwendung entsprechender Instrumentarien angestellt werden.

Die Anlage im Röntgen-Institut der Tierärztlichen Hochschule in Wien trägt den eben geschilderten Anforderungen durchaus Rechnung und besitzt darüber hinaus noch eine Leistungsreserve, um für Versuchszwecke ganz extreme Leistungsabgaben zu gestatten. Die Apparatur ist von der Firma Siemens & Halske A. G. geliefert und stellt ein Universal-Instrumentarium dar, genannt Pandoros. Der Hochspannungstransformator ist für sämtliche Spannungen bis zu etwa 130 kV Scheitelwert durchschlagsicher gebaut. Nur die Sekundärwicklung ist in Öl gebettet und befindet sich in einem Pertinaxgehäuse, bestehend aus zwei Pertinaxzylindern mit seitlichen Pertinaxverschlüssen. Die Polhörner sind gleichzeitig als Ölausdehnungsgefäße durchgebildet. Sämtliche Regulierelemente sind in einem Schalttisch untergebracht, der sich außerhalb des Apparatenraumes in einem strahlensicheren Schutzbau befindet, um das Bedienungspersonal vor den schädigenden Wirkungen der Röntgenstrahlen zu schützen. Die Spannungsregulierung geschieht mittelst eines Stufentransformators; die einzelnen Stufen desselben sind noch durch einen induktiven Regler kontinuierlich überbrückbar, so daß jeder gewünschte Spannungswert genau eingestellt werden kann. Ein Voltmeter erlaubt die Ablesung der Hochspannung in kV. Dieses Instrument ist nach dem Übersetzungsverhältnis des Transformators geeicht, mißt also die primär in den Hochspannungstransformator kommende Spannung und ist „voranzeigend" geschaltet, das heißt, man kann die zu erwartende Hochspannung bereits ablesen, bevor noch der Hochspannungstransformator unter Spannung gesetzt wird.

Weiters sind noch Regulier- und Schaltelemente für die Heizung der Röntgenröhren vorgesehen sowie für die Ventilröhren. Ein kleines Motorrelais gestattet im Verein mit einem Schützschalter die Einstellung beliebiger Zeiten zwischen 1/10 und 12 Sekunden für Kurzzeitaufnahmen. Die Anlage arbeitet vollkommen geräuschlos. Ein schwach hörbares Summen einer Alarmvorrichtung dient als Warnungssignal, wenn Hochspannung die Leitungen durchfließt.

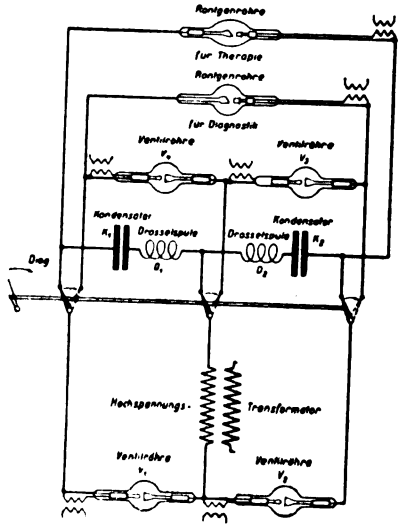


Abb. 1.

Die diagnostische Schaltung im sekundären Hochspannungskreis ist eine Grätzsche Vierröhrenschaltung (Abb. 1, Schaltstellung „Diag"). Ein eigener Ausgleichstransformator dient zur Kompensation der Heizung sowohl der Ventilröhren als auch der Röntgenröhren, falls bei starken Stromentnahmen die Netzspannung nachgeben sollte. Die Ventilröhren sind für Kurzzeitbelastungen von etwa 600 mA gebaut. Der Apparat selbst in seiner diagnostischen Schaltung gestattet alle Untersuchungen mittels Durchleuchtungen und Aufnahmen bei Stromentnahmen bis zu 400 mA und darüber. Durch einen besonderen Schalter (sogenannte Duodenal-Schaltvorrichtung) ist es möglich, sofort im Anschluß an eine Durchleuchtung durch Drehen dieses Schalters bei jeder gewünschten mA-Zahl, die man dem Apparat entnehmen kann, eine Aufnahme zu machen.

Durch ein Umschalter-System kann das Instrumentarium als Therapie-Apparat geschaltet werden (Abb. 1, Schaltstellung „Ther."). Hiebei finden nur zwei Glühventile Verwendung, die mit Hilfe der Hochspannungskondensatoren die sogenannte Greinacher-Schaltung[1]) ergeben, derzufolge es möglich ist, die Scheitelspannung des Transformators annähernd zu verdoppeln und andererseits an die Röntgenröhre diese Spannung als nahezu konstante Gleichspannung zu legen. Selbst bei 10 mA-Stromentnahme fluktuiert diese Spannung bloß um etwa 5 vH. Die Spannung kann bis über 200 kV geschaltet werden. Dr. Painsipp.

1) Vgl. E. u. M. 1928, H. 27, S. 743.

Energiewirtschaft.

Der Ausbau der Berliner Elektrizitätswerke[2]). Bei einer jährlichen Steigerung von rund 20 vH rechnet die Bewag nach Erklärungen von Dir. Rehmer für 1932 mit einer Höchstbelastung von 720 000 kW. Fügt man hiezu noch 25 vH Reserve, so müssen bis zu diesem Zeitpunkte rund 465 000 kW Leistung, zu den bereits vorhandenen 500 000 kW neu hinzukommen. Durch den teilweisen Anschluß der elektrischen Vorortebahn verminderte sich die im Winter 1927/28 vorhandene Kraftreserve von 28·8 auf 16 vH. Gemäß dem Erweiterungsplan wurde eine neue Turbineneinheit von 20 000 kW in Betrieb genommen und das Kraftwerk Spandau übernommen. Im Jahre 1929 soll im Kraftwerk Charlottenburg eine Ruthsspeicheranlage von 40 000 kW Spitzenleistung und in Spandau eine neue Turbineneinheit von 25 000 kW in Betrieb kommen, außerdem wird von den Elektrowerken eine um 50 000 kW höhere Leistung zur Verfügung gestellt werden.

Für die Versorgung des aufstrebenden Westens wie auch für die Allgemeinversorgung wird das Westkraftwerk erbaut werden, in dem 1930 ein Stromerzeuger von 90 000 kW, 1931 bereits ein zweiter derselben Größe laufen soll. Es sind Bensonkessel[3]) mit 242 at in Erwägung gezogen worden. Da die gesamte Erzeugung von Abfallkohle bereits durch die bestehenden Staubkohlenanlagen voll beansprucht wird und die Vermahlung von Sortenkohle unwirtschaftlich ist, wird keine Staubfeuerung gebaut werden. Nach Fertigstellung dieses Kraftwerkes soll das Werk Klingenberg[4]) auf die doppelte Größe (Vollausbau) ausgebaut werden. Der Plan des Baues eines Pumpspeichers an der Havel ist, da seine Wirtschaftlichkeit noch nicht festgestellt ist, derzeit zurückgestellt worden, die Frage wird jedoch im Verein mit den öffentlichen Stellen weiter verfolgt. Die Akkumulatoren, die bisher wesentlich nur als Reserve gedient haben, sollen stärker für die Spitzendeckung herangezogen werden[5]).

Das Belastungsbild wird sich künftig wie folgt aufbauen: Die Grundbelastung wird mit 200 000 kW vom Kraftwerk Klingenberg gedeckt werden, darüber lagert sich der Grundfernstrom mit 60 000 kW, darüber die 180 000 kW-Leistung des Westkraftwerkes, und die darüber hinausragende Spitze wird mit 210 000 kW

1) Vgl. E. u. M. 1924, S. 157; 1928, H. 4, S. 96.

2) Über die Entwicklung der letzten Jahre vgl. W. Majerczik, E. u. M. 1927, H. 39, S. 819.

3) Über den Bensonkessel vgl. E. u. M. 1923, S. 502; 1927, S. 360, 762; 1928, H. 1, S. 19; H. 29, S. 777; H. 32, S. 837.

4) Vgl. E. u. M. 1927, S. 805, 822; Das El.-Werk, S. 27.

5) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 871.

Digitized by Google

durch die alten Kraftwerke, mit 30 000 kW durch den Spitzenfernstrom und mit 40 000 kW durch Ruthsspeicher und Batterien gedeckt werden. Ein Verbindungskabel von 100 kV wird die einzelnen Kraftwerke zum Lastausgleich und zu gegenseitiger Aushilfe miteinander verbinden.

Die Kosten dieses Ausbaues werden auf rund 100 Mill. Mark geschätzt. Für die weitere Zukunft denkt man an den Bau von Kraftwerken an der Elbe oder an der Oder, da der Havel mit Rücksicht auf die Schifffahrt kein Wasser mehr entzogen werden kann. V. H.

(VDI-Nachrichten, 8. Jahrg., Heft 14, 1928.)

Literaturberichte.

860 **Elektrotechnik.** Einführung in die Starkstromtechnik von Prof. J. Herrmann. I. Die physikalischen Grundlagen. Fünfte neubearbeitete Auflage. Sammlung Göschen, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1928. Preis: in Leinen geb. M. 1·50.

Die vierte Auflage dieses Bändchens wurde in der E. u. M. 1923, S. 399 besprochen. Die damals gerügten Fehler erscheinen großenteils beseitigt. Nur die unrichtige Zusammensetzung der Wechselspannungen auf S. 96 ist geblieben. Der Verfasser bildet noch immer die vektorielle Differenz statt der vektoriellen Summe der beiden, einander nahe entgegenwirkenden Wechselspannungen E_1 und E_2. Das kommt daher, daß er die Zusammensetzung der Spannungen merkwürdigerweise ebenso, wie die Zusammensetzung der Ströme auf einen Knotenpunkt B zwischen den beiden Spulen AB und BC, in denen die Wechsel-EMKe E_1 und E_2 wirken, zu beziehen sucht. Die in der Wechselstromtechnik übliche vektorielle Zusammensetzung der Wechsel-EMKe bezieht sich jedoch stets auf eine Leiterfolge, sie stellt gewissermaßen die Bildung $\int e\,ds$ dar, sowie sich auch die Kirchhoffschen Spannungsgleichungen auf Leiterfolgen (Schleifen) und nur die Stromgleichungen auf Knotenpunkte beziehen. Die Darstellung des Verfassers ist daher geeignet, die Vorstellungen der Studierenden arg zu verwirren. Hievon abgesehen erscheint der Inhalt wesentlich verbessert, so daß nunmehr auch dieses Bändchen als brauchbarer Behelf zur allgemeinen Orientierung über die Grundlagen der Elektrotechnik empfohlen werden kann. Dr. Rich. Hiecke.

2693 **Die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben.** Einführung in den praktischen Gebrauch. Von Hugo Ring. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage mit 50 Textabb. Berlin, Julius Springer, 1928. Preis M. 4·50.

Gegenüber der ersten Auflage[1]) zeigt die vorliegende wesentliche Änderungen, namentlich Umänderungen des begrifflichen Ausdruckes und Erweiterung der allgemeinen Rechnung, insbesonders durch Aufnahme eines Abschnittes über die Leistung im Wechselstromkreise; ferner kamen neue Beispiele aus der Praxis hinzu. Diese Neuerungen haben den Gebrauchswert des Büchleins erhöht. Es kann jedem mit der Addition, Subtraktion und Multiplikation komplexer Größen Vertrauten als kürzester Weg, die rechnerische Behandlung von Wechselstromaufgaben zu beherrschen, empfohlen werden. Ondracek.

3668 **Das österreichische Patengesetz.** Von Dr. Ferd. Arlt, Rat des Patentamtes, Verlag Tagblattbibliothek (Nr. 586/589).

Dem Verfasser war es in diesem Büchlein vor allem darum zu tun, dem Techniker einen Leitfaden des Patentrechtes an die Hand zu geben, welcher ihn in klarer und leicht verständlicher Weise mit der Materie vertraut macht. Infolgedessen mußte alles überflüssige Beiwerk weggelassen und konnte auf bestehende Meinungsverschiedenheiten in verschiedenen Fragen nicht verwiesen werden. Sehr klar wird gezeigt, was als Erfindung patentiert werden kann und welche Neuerungen eines Schutzes nicht teilhaftig werden können. Nicht nur die im Patentgesetz enthaltenen Bestimmungen, sondern auch die Bestimmungen der Nebengesetze werden, insoweit sie den Techniker interessieren, hervorgehoben, zum Beispiel Akteneinsicht, Wiedereinsetzung in den vorigen Stand, kurz alles, was überhaupt von Wichtigkeit sein kann, wird behandelt. Die herrschende oder dem Verfasser richtig scheinende Ansicht wird als positives Recht wiedergegeben, um auf diese Weise das Entstehen von Zweifeln bei dem Leser zu vermeiden. Was der Techniker vom Patentrecht wissen muß, war dem Verfasser aus seiner Tätigkeit im österreichischen Patentamte genau bekannt, so daß es sich nur darum gehandelt hat, die richtige Form für den Stoff zu finden, damit er auch von demjenigen, für den das Patentrecht ein vollständig neues Gebiet ist, leicht verstanden werden kann. Dieser Zweck wurde vom Verfasser vollkommen erreicht. Sowohl der Techniker, der selbst erfinden will, als auch der Techniker, der bereits gemachte Erfindungen zu verwerten hat, und diesbezüglich Abmachungen mit dem Erfinder treffen soll, wird in diesem Buche alle notwendigen Anhaltspunkte finden. Daher ist auf diejenigen gesetzlichen Bestimmungen, welche sich mit der Geltendmachung der Rechte aus dem Patente beschäftigen, weniger Gewicht gelegt; ausführlich werden alle diejenigen Bestimmungen behandelt, welche sich auf die Entnahme der Patente beziehen. Auch für den Nichttechniker bildet das Buch eine leicht faßliche Einführung in das Patentrecht. Alle, die mit Patenten zu tun haben, werden dem Verfasser für sein Buch Dank wissen und sich desselben als ersten Ratgeber in allen Fragen auf dem Gebiete des Patentrechtes gerne bedienen.

Dr. L. Gallia.

Eingelaufene Bücher.

3560 Schlosserei- und Montage-Arbeitszeitermittlung und Zeitbedarf verwandter Handarbeiten. Herausgegeben von K. Gottwein. (Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, Band V). 312 S. mit 139 Abb. und 106 Zahlentafeln. Berlin, Verlag von J. Springer, 1928. Preis M. 26·—.

Der Band enthält nebst einer allgemeinen Einführung und einer Zusammenfassung mit Literaturangabe unter anderem Entwicklungs- und Berechnungsbeispiele für verschiedene Schlosserarbeiten, Berechnungsunterlagen für Montagearbeiten, eine Besprechung der Schlosserarbeiten in der Lokomotivmontage und im Großmaschinenbau, ferner der Arbeitszeitermittlung in Handwerksbetrieben und des Zusammenbaues einer Universalrundschleifmaschine. Mit diesen Zusammenstellungen ist für die Praxis, insbesondere für die größeren Betrieb, eine überaus wertvolle Arbeit auf einem noch wenig behandelten Gebiete geleistet worden, deren Benützung sicherlich zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit dieses Teiles der Maschinenerzeugung beitragen wird. Sowohl hinsichtlich des Inhaltes als auch der Behandlung des Stoffes und der Ausstattung steht der Band auf gleicher Höhe wie früher erschienene Bände der Reihe[1]). J.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Bergmann-Elektrizitäts-Werke, A.-G., Berlin. (Aus dem Bericht betreffend das Geschäftsjahr 1927.) Die eingegangenen Aufträge weisen eine erhebliche Steigerung gegenüber dem Vorjahre auf. Der Jahresumsatz hob sich um ein Drittel gegenüber 1926. Der Auftragsbestand für das neue Geschäftsjahr ist um zwei Drittel erhöht. Trotz dieses erhöhten Umsatzes entspricht das Ergebnis des Jahres nicht den Erwartungen, welche an die Rationalisierungsmaßnahmen geknüpft wurden. Es ließen z. B. die Verkaufspreise zu wünschen übrig, andererseits wurde die Minderung der Unkosten durch Erhöhung der Löhne und Gehälter wieder wettgemacht. Hinsichtlich der einzelnen Abteilungen der Werke wird berichtet: Die auch im Berichtsjahre abermals eingetretene Steigerung im Verbrauch elektrischer Arbeit und der dadurch

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 71.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 19, S. 438; H. 30, S. 803.

Digitized by Google

veranlaßte Ausbau neuer Energiequellen brachten der Abteilung für Zentralen, insoweit es sich um die Erstellung neuer Wasserkraftwerke handelt, nennenswerte Aufträge auf Generatoren, überwiegend vertikalwellige, ferner auf Leitungsbauten, Schalteinrichtungen und Umformer-Aggregate. An den Projekten und örtlichen Vorarbeiten für die vor der Ausführung stehende Energie-Übertragung mit 220 kV wurde an mehreren Stellen mitgearbeitet. Die Weiterentwicklung im Dampfturbinenbau kam im verflossenen Geschäftsjahre im prinzipiellen Aufbau infolge der Durchbildung von großen Leistungseinheiten zu einem gewissen Abschluß. An Turbogeneratoren wurden neue Typen entwickelt. Der Eingang an Aufträgen für Turbinen-Anlagen war im Jahre 1927 unbefriedigend und blieb hinter dem Vorjahre zurück. In der Transformatoren-Abteilung haben sich die eingegangenen Aufträge sowohl nach der Stückzahl wie nach der Steigerung der Leistung wesentlich erhöht. Die Hochspannungs-Apparate und das gekapselte Schaltmaterial haben sich sehr gut eingeführt. Die Beschäftigung in der Abteilung für Schaltanlagen war zufriedenstellend. Die Aufträge der Abteilung für Berg- und Hüttenwesen betraten hauptsächlich Ausrüstungen für neuzeitliche große Kokereien und für Anlagen zur Gewinnung von Stickstoffdungesalzen aus Kokereigasen, ferner eine Turmförderanlage für eine Spitzenleistung von 6000 PS. Für die Betriebe unter Tage wurden die Konstruktionen besonders für schlagwettersichere Ausführung vervollkommnet. Der Elektroofenbau sowie die industrielle Beheizung haben sich weiter gut entwickelt, ebenso das Geschäft in der Chemischen Industrie. Die Spezial-Antriebe für die Papier-Industrie wurden in gesteigertem Maße verkauft. Der Umsatz in der Textilindustrie weist eine Steigerung auch über die Besserung hinaus auf, die der Konjunkturentwicklung entspricht. Die kurzgebauten Spezial-Kollektormotoren in der Spinnerei finden guten Anklang. Der Auftragseingang in Elektrowerkzeugen ist gestiegen. Auf die Universal-Bohrmaschinen entfällt nach wie vor der Hauptanteil des Umsatzes. Die Beschäftigung der Schiffs-Werften nahm im Jahre 1927 weiter zu; infolgedessen erhöhten sich die Aufträge auf Schiffs-Dynamos und Motoren. Die neuen Modelle für Lichtbogen-Schweißumformer haben sich gut bewährt. Die Vollbahnenabteilung erhielt an größeren neuen Aufträgen mehrere Güterzug- und Schnellzug-Lokomotiven, beide in den bereits vielfach ausgeführten Bauarten, die sich im Betrieb seit Jahren gut bewährt haben. Der im Vorjahre eingegangene Auftrag auf die Steuerungen für die Berliner Stadtbahn, der im Laufe dieses Jahres noch vermehrt wurde, ist in der Abwicklung begriffen. Die Fahrleitungsabteilung konnte für die deutsche Reichsbahn und im Auslande verschiedene Strecken fertigstellen und neue in Auftrag nehmen, ebenso auch für Straßenbahnen mehrere Oberleitungen. Die Kleinbahnabteilung hat von den neu herausgebrachten schnellaufenden Leichtgewichts-Bahnmotoren bedeutende Mengen abgesetzt, ebenso fanden auch neue Nockenfahrschalter für Straßenbahnwagen gute Aufnahme. Im Laufe des Jahres 1927 wurden in der Hauptsache die Aufträge der Abteilung für Stromschienen-Anlagen für die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen erledigt. Die Gleichrichterabteilung hat bereits Gleichrichter für größte Leistungen entworfen und Apparate für automatische Bedienung. Die Abteilung für elektrische Lastkraftwagen war in der ersten Hälfte des Berichtsjahres gut, in der letzten jedoch schwach beschäftigt. Die nach einem besonderen Verfahren hergestellten Hochspannungskabel von 30 000 V und höheren Spannungen haben wesentlich zur Umsatzerhöhung beigetragen. Eingehende Versuche mit Kabeln bis 100 000 V, vor allem mit Verbindungsmuffen für diese Höchstspannungen, sind im Gange. Die Beschäftigung des Metallwerkes war zufriedenstellend. In der Maschinenabteilung ist auch die Umstellung der neuen Gleichstrom-Typen abgeschlossen. Die Neuentwicklungen auf dem Gebiete des Großmaschinenbaues, bei welchen auch in erheblichem Umfange an Stelle von schweren Gußteilen leichtere geschweißte Schmiedeeisenkonstruktionen Verwendung finden, sind zum Abschluß gelangt. Für das Ausland werden einfachere und billigere Installations-Materialien erzeugt, um den Absatz auch außerhalb Deutschlands steigern zu können. In der Lampenabteilung ist der Umsatz auch weiter im Steigen begriffen. Neukonstruktionen von Zählern haben sowohl im In- wie im Auslande gute Aufnahme gefunden. Mit Rücksicht auf den immer größer werdenden Bedarf an elektrischen Haushaltungsgeräten wurde die Fabrikation in den Werkstätten in München vollständig zur Versorgung dieses Gebietes umgestellt und modernisiert.

Im Hinblick auf den Auftragsbestand, der in das neue Geschäftsjahr übernommen werden konnte, sowie in Anbetracht der seit dem 1. Januar eingegangenen Aufträge, dürfte ein zufriedenstellender Umsatz und ein angemessenes Ergebnis auch für das abgelaufene Geschäftsjahr zu erwarten sein. Aus einem Geschäftsgewinn von rund 11·1 Mill. M. verbleibt ein Reingewinn von rund 4·48 Mill. M., aus welchen 9 vH Dividende auf das im Berichtsjahre um 11. Mill. M. auf 44 Mill. erhöhte Aktienkapital verteilt wird. Aus dem Rechnungsabschluß auf den 31. Dezember 1927, mit rund 86·86 Mill. M. als Endziffer auf beiden Seiten sind folgende Bewertungen (in Mill. M.) nach entsprechenden Abschreibungen zu erwähnen: Grundstück 3·5, Gebäude 10, Maschinen 2·8, Beteiligungen 2·3, Rohmaterialien, Fertig- und Halbfabrikate 23·5. Die Konten Werkzeuge, Fabrikutensilien, Modelle und Konstruktionen, Mobilien, Patente sind auf M. 2·— abgeschrieben.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	6. VIII. 1928	8. VIII. 1928	10. VIII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	139³/₄	139³/₄	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken, Walz- oder Drahtbarren)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	87—92	87—92	86—91

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 10. August 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	7	6	62	10	0
Standard 3 Monate .	62	17	6	62	18	9
Zinn:						
Engl. Ingots	214	10	0	215	0	0
Standard Kassa . .	215	15	0	215	17	6
Standard 3 Monate .	213	0	0	213	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	7	6	24	12	6
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea . .	24	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 26. August 1928 | Heft 35

Regelsätze und Netzkupplung.

Von Dr. W. Seiz, Baden (Schweiz)[1].

Das einfachste Bild über die grundsätzliche Wirkungsweise der Drehzahlregelung von Asynchronmotoren durch Kommutator-Hintermaschinen gibt Abb. 1. Hierbei ist, wie auch bei allen späteren Überlegungen, der Spannungsabfall in der Ständerwicklung des Asynchronmotors vernachlässigt, die in der Läuferwicklung vom Hauptfluß des Motors induzierte Schlupfspannung also der Schlüpfung proportional gesetzt. Auch die durch die Streuflüsse im Läuferkreis des Regelsatzes induzierten Spannungen werden nicht berücksichtigt. Der durch beide Vereinfachungen entstehende Fehler ist gering. Als Abszisse ist in Abb. 1 die

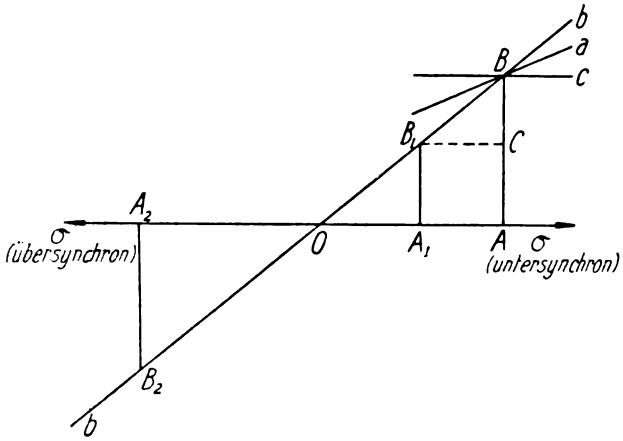


Abb. 1. Spannungen im Erregerkreis des Asynchronmotors in Abhängigkeit von der Schlüpfung.

Schlüpfung aufgetragen, die Ordinate zeigt die Spannungen im Läuferkreis. Bei der Schlüpfung OA sei die Schlupfspannung des Hauptmotors gleich AB. Bei wechselnder Schlüpfung wandert B auf der Geraden b. Deren linker Ast gilt für übersynchronen Lauf des Hauptmotors. Bei diesem hat für gegebenen Augenblickswert der Netzspannung und bestimmte räumliche Lage des Läufers die Schlupfspannung entgegengesetzter Richtung als untersynchron.

Der Läuferstrom des Asynchronmotors und sein Drehmoment sind bei konstantem Läuferwiderstand der resultierenden Spannung im Läuferkreis proportional. Das Drehmoment des Asynchronmotors ohne Hintermaschine ist demnach der Schlupfspannung, also der Ordinatendifferenz zwischen der Geraden b und der Abszisse proportional. So lange nicht der Widerstand des Läuferkreises durch Vorschaltung eines zusätzlichen Widerstandes vergrößert wird, erreichen Strom und Drehmoment des Motors schon bei einer Schlüpfung von etwa 1 bis 3 vH ihren Nennwert. Bei Leerlauf hat der Motor die synchrone Drehzahl. Vergrößerung des Läuferwiderstandes verkleinert das Drehmoment bei gegebener Schlüpfung, vergrößert also die Schlüpfung bei gegebenem Drehmoment. Die Drehzahl des Motors bei Belastung kann also durch den zusätzlichen Läuferwiderstand geregelt werden, die Leerlaufdrehzahl bleibt die synchrone. Die Schlupfleistung wird im Läuferkreis in nutzlose Wärme umgewandelt.

Sollen Läuferstrom und Drehmoment des Motors nicht bei der Schlüpfung Null, sondern bei einem andern Wert, zum Beispiel bei der Schlüpfung OA zu Null werden, so muß in den Läuferkreis eine zusätzliche Spannung eingeführt werden, welche bei dieser Schlüpfung den Einfluß der Schlupfspannung aufhebt, ihr also entgegengesetzt gleich ist. Diese zusätzliche Spannung muß demnach gleich BA sein. Sie wird in einer an die Schleifringe des Hauptmotors angeschlossenen Kommutator-Hintermaschine induziert, die mit dem Hauptmotor oder mit einer getrennten Antriebsmaschine gekuppelt ist. Die Größe der zusätzlichen Spannung wird durch entsprechende Erregung der Hintermaschine eingestellt, auf die wir später näher eingehen. Wird die Spannung der Hintermaschine nicht auf den Wert BA, sondern beispielsweise auf den Wert CA geregelt, so sind beim Schlupf OA der Läuferstrom und das Drehmoment nicht mehr Null, da ja eine resultierende Spannung CB erheblicher Größe im Läuferkreis vorhanden ist. Die Leerlaufschlüpfung des Motors ist jetzt durch die Schlüpfung OA_1 gegeben, bei der die Schlupfspannung A_1B_1 entgegengesetzt gleich CA ist. Um Leerlauf des Hauptmotors bei übersynchroner Drehzahl zu erreichen, zum Beispiel beim Schlupf OA_2, muß die Spannung der Hintermaschine wieder der Schlupfspannung entgegengesetzt gleich, also gleich B_2A_2 sein. Auch die Spannung der Hintermaschine muß demnach, vom Ständer aus betrachtet, bei übersynchronem Lauf

[1]) Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien am 25. Jänner 1928. Der erste Teil ist nur im Auszug wiedergegeben, der zweite etwas erweitert.

Digitized by Google

entgegengesetzte Richtung als untersynchron haben. Je größer die Spannung der Hintermaschine ist, desto größer ist die Schlüpfung, desto größer also die Drehzahl im übersynchronen und desto kleiner im untersynchronen Gebiet.

Auch das Verhalten des Hauptmotors bei Belastung hängt von der Spannung der Hintermaschine ab. Hat diese Spannung konstanten Wert, wird sie also bei wechselnder Schlüpfung zum Beispiel durch die horizontale Gerade *c* dargestellt, so ist bei jeder Schlüpfung des Hauptmotors die resultierende Spannung im Läuferkreis gleich der Ordinatendifferenz zwischen den Geraden *b* und *c*. Diese resultierende Spannung bestimmt wieder Strom und Drehmoment des Motors. Damit im Läufer ein bestimmter Strom fließt, muß demnach bei konstanter Spannung der Hintermaschine die Drehzahl des Hauptmotors um den gleichen Betrag sinken, wie die Drehzahl des Asynchronmotors ohne Hintermaschine bei gleichem gesamten Läuferwiderstand. Unabhängig davon, welche Drehzahl durch die Hintermaschine eingestellt wird, ist also für kleinen Läuferwiderstand die Drehzahländerung bei wechselnder Belastung verschwindend klein, wenn die Spannung der Hintermaschine sich bei einer Belastungsänderung nicht ändert. Der Hauptmotor arbeitet auf jeder Regelstufe mit Nebenschlußverhalten. Steigt die Drehzahl durch äußern Antrieb über den Leerlaufwert hinaus, so haben die resultierende Spannung und der Strom im Läuferkreis entgegengesetzte Richtung als bei sinkender Drehzahl, der Hauptmotor arbeitet als Generator.

Soll durch den Einfluß der Hintermaschine der Hauptmotor auf jeder Regelstufe mit Reihenschlußverhalten arbeiten (Kompoundcharakteristik), soll also seine Drehzahl mit steigender Belastung stark abfallen, so darf die Spannung der Hintermaschine bei wechselnder Schlüpfung nicht konstant sein, sondern sie muß über- und untersynchron mit wachsender Schlüpfung des Hauptmotors ansteigen. Beim gleichen Leerlaufschlupf *OA* des Hauptmotors und gleicher Leerlaufspannung *BA* der Hintermaschine soll also ihre Spannung bei wechselnder Schlüpfung nicht durch die Gerade *c*, sondern durch die Gerade *a* dargestellt sein. Bis in diesem Fall die Ordinatendifferenz zwischen den Geraden *b* und *a* einen bestimmten Wert erreicht, muß die Drehzahl des Hauptmotors viel stärker fallen, als bis die Ordinatendifferenz zwischen der Geraden *b* und der horizontalen Geraden *c* den gleichen Wert hat. Da diese Ordinatendifferenz wieder gleich der resultierenden Spannung im Läuferkreis und somit proportional dem Drehmoment des Motors ist, übt infolge des Anwachsens der Spannung der Hintermaschine der Hauptmotor ein bestimmtes Drehmoment erst bei viel größerem Drehzahlabfall aus als bei konstanter Spannung der Hintermaschine. Die Schlüpfungsänderung des Hauptmotors gegenüber dem Leerlaufwert ist dabei wieder der Belastungsänderung proportional. Die gleiche Arbeitsweise des Hauptmotors ergibt sich also auch, wenn die Spannung der Hintermaschine nicht von der Schlüpfung, sondern unmittelbar von der Belastung des Hauptmotors abhängt, und zwar muß sie mit wachsender Belastung um einen ihr proportionalen Betrag untersynchron ansteigen und übersynchron sinken.

Ein grundlegender Vorteil der Drehzahlregelung durch die Kommutatorhintermaschine liegt darin, daß diese, die bei Widerstandsregelung in Form von Wärme verlorene Schlupfleistung des Hauptmotors in nutzbare mechanische Energie umformt. Weitere Vorteile von gleicher wirtschaftlicher Bedeutung sind die Möglichkeit der Drehzahlregelung auch bei Leerlauf, die Möglichkeit übersynchronen Laufes bei motorischer Belastung und schließlich die Verbesserung des Leistungsfaktors des Hauptmotors.

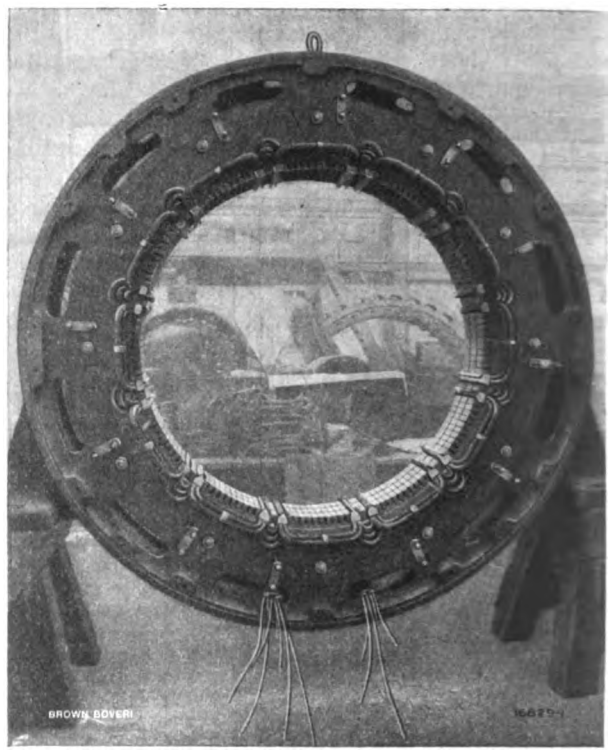


Abb. 2. Stator der Scherbiusmaschine, teilweise bewickelt.

Nach den bisherigen Ausführungen muß die Spannung der Hintermaschine, wenn sie die Drehzahl des Hauptmotors beeinflussen soll, der Schlupfspannung entgegengerichtet sein, also um 180° gegen sie voreilen. Eilt sie um einen kleineren Winkel vor, so enthält sie wohl eine der Schlupfspannung entgegengerichtete Komponente, welche wieder die Drehzahl regelt, außerdem aber eine 90° voreilende Komponente, die im Läuferkreis einen Blindstrom fließen läßt. Dieser Blindstrom erregt das magnetische Feld des Hauptmotors, entlastet also die Ständerwicklung vom Magnetisierungsstrom und kompensiert den Motor. Der Leistungsfaktor des Hauptmotors ist um so günstiger, je größer die voreilende Spannungskomponente der Hintermaschine ist. Soll bei jeder Drehzahl und Belastung die gleiche Blindleistung gegenüber dem unkompensierten Betrieb eingespart

Digitized by Google

werden, so muß diese Spannungskomponente annähernd konstant sein.

Bei den Ausführungen der Firma Brown Boveri, auf die ich mich im folgenden beschränke, wird als Kommutatorhintermaschine stets die Scherbiusmaschine (ständergespeiste Kommutatorhintermaschine) verwendet (Abb. 2 zeigt den Stator). Sie ist eine Dreiphasen-Kommutatormaschine, die mit Wendepolen ausgestattet ist und demnach unter sehr günstigen Kommutierungsbedingungen arbeitet. Da sie in der Literatur schon behandelt wurde[2]), sei hier nur kurz in Erinnerung gerufen, daß ihre Ankerspannung dem Produkt aus Induktionsfluß und Drehzahl proportional ist; bei konstanter Drehzahl und ungesättigter Maschine, die im folgenden stets vorausgesetzt werden, ist also die Ankerspannung dem Erregerstrom proportional. Die Ankerspannung ist ferner in Phase mit dem Induktionsfluß, gegen den Erregerstrom kann sie um jeden beliebigen Winkel phasenverschoben sein, dessen Größe von der Schaltung der Erregerwicklung abhängt, bei gegebener Schaltung aber konstant ist, unabhängig von der Größe und Frequenz des Erregerstromes. Die Frequenz der Ankerspannung ist stets gleich der des Erregerstromes.

Als Hilfsmaschine kleiner Leistung wird oft noch ein Frequenzwandler (Frequenzumformer oder läufergespeiste Kommutatormaschine)[3]) verwendet, eine dem bekannten Einankerumformer ähnliche Maschine. Sie wird mit dem zu regelnden Asynchronmotor schlüpfungsfrei derart gekuppelt, daß für beide Maschinen das Produkt aus Drehzahl und Polzahl gleichen Wert hat. Ihre drei Schleifringe werden mit einer Spannung der Netzfrequenz gespeist. Zwischen den drei Bürstensätzen des Kommutators wird dabei eine Dreiphasenspannung induziert, deren Effektivwert stets gleich dem der Spannung an den Schleifringen, deren Frequenz aber gleich der Schlupffrequenz des Hauptmotors ist. Bei synchroner Drehzahl des Hauptmotors liefert der Frequenzwandler also Gleichstrom. Die Spannung auf der Kommutatorseite ist gegen die Schlupfspannung des Hauptmotors um einen Winkel phasenverschoben, der von der Belastung und von der Schlupffrequenz annähernd unabhängig ist, aber durch Änderung der Bürstenstellung des Frequenzwandlers oder durch Änderung der Phasenlage der Spannung, die seinen Schleifringen aufgedrückt wird, auf jeden verlangten Wert eingestellt werden kann. Abb. 3 und 5 zeigen Asynchronmotoren mit Frequenzwandler und doppelseitiger Regelung durch eine Scherbiusmaschine.

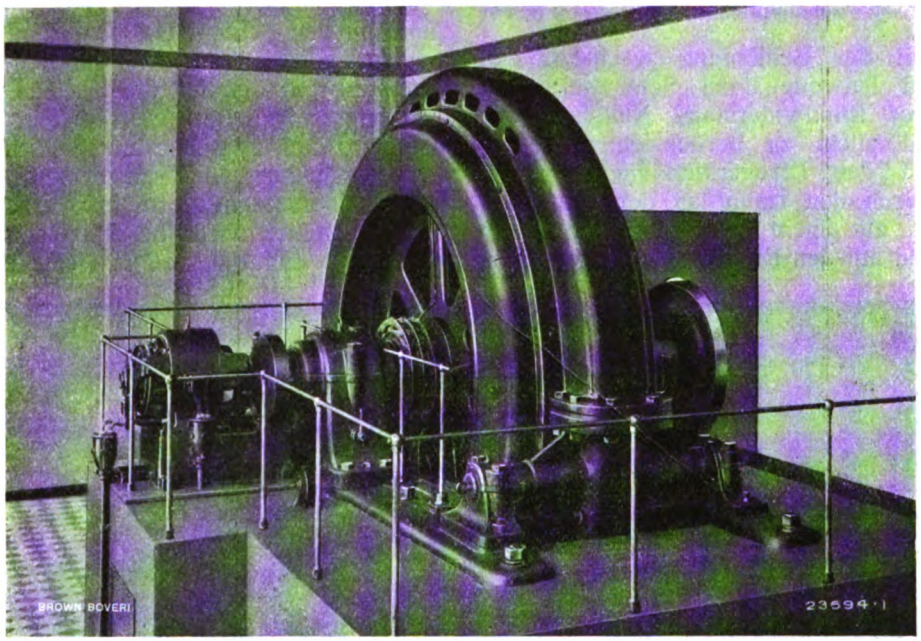


Abb. 3. Asynchronmotor 1640 kW, mit über Zahnrad gekuppeltem Frequenzwandler. Doppelseitige Regelung durch getrennt aufgestellte Scherbiusmaschine mit Erregertransformator.

Grundlegend für die Wirkungsweise des Regelsatzes ist die Art der Erregung der Scherbiusmaschine. Ihr Erregerstrom muß stets mit der Schlupffrequenz pulsieren, da ein richtiges Zusammenwirken von Hauptmotor und Hintermaschine überhaupt nur möglich ist, wenn die Ankerspannung der Hintermaschine gleiche Frequenz wie die Schlupfspannung des Hauptmotors hat. Da bei allen folgenden Schaltungen die Scherbiusmaschine von der Schleifringspannung des Hauptmotors oder von der Kommutatorspannung eines Frequenzwandlers erregt wird, ist diese Bedingung stets erfüllt.

[2]) Seiz: Die Regelung der Drehzahl von Induktionsmotoren usw. E. u. M. 1924, S. 110. — Moderne Schaltungen zur Regelung von Asynchronmaschinen durch Scherbiusmaschinen. Mitteilungen der Technisch-wissenschaftlichen Vereine Schlesiens 1928. Heft 2, S. 22.

[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 128.

Digitized by Google

Die verschiedenen möglichen Schaltungen des Erregerkreises der Scherbiusmaschine können wir in zwei Gruppen einteilen. Bei der ersten Gruppe ist der Widerstand des Erregerkreises, wenigstens bei großer Schlüpfung, im wesentlichen gleich dem Widerstand der Erregerwicklung selbst. Bei großer Schlüpfung überwiegt dabei deren Blindwider-

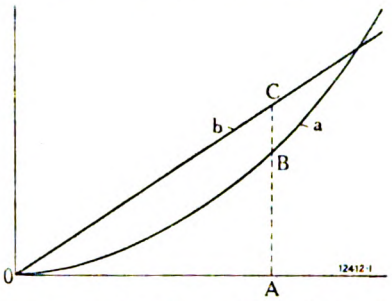


Abb. 4. Spannungen im Erregerkreis (*a*) und im Ankerkreis (*b*) der Hintermaschine in Abhängigkeit von der Schlüpfung.

stand, der mit der Schlüpfung wechselt, den Wirkwiderstand beiweiten, bei Schlüpfung Null dagegen ist der Blindwiderstand Null und der Wirkwiderstand allein zu berücksichtigen. Der Blindwiderstand der Erregerwicklung wird in erster Linie durch den Hauptfluß der Hintermaschine bedingt, zu einem Bruchteil auch durch Streuflüsse. Sind auf den Erregerpolen der Hinter-

der Erregerspannung der Hintermaschine transformiert wird. Da diese Komponente dem Produkt aus Schlüpfung und Induktionsfluß der Hintermaschine proportional, der Induktionsfluß selbst aber der Schlüpfung proportional ist, ist die Blindkomponente der Erregerspannung dem Quadrat der Schlüpfung des Hauptmotors proportional. Sie ist in Abb. 4 in Abhängigkeit von der Schlüpfung durch die Parabel *a* dargestellt, während die Gerade *b* die Schleifringspannung des Hauptmotors darstellt, die der Schlüpfung angenähert proportional ist. Soll der Hauptmotor zum Beispiel beim Schlupf *OA* leerlaufen, so muß, damit der Kraftfluß der Hintermaschine den verlangten Wert hat, ihrer Erregerwicklung zur Überwindung ihres induktiven Widerstandes eine Erregerspannung *AB* aufgedrückt werden. Da die Schleifringspannung bei der gleichen Schlüpfung gleich *AC* ist, muß sie demnach im Verhältnis $\frac{AB}{AC}$ verkleinert werden, um den Schlupf *OA* des Hauptmotors zu erzwingen. Die Transformierung der Schleifringspannung auf den für die Speisung der Erregerwicklung verlangten Wert erfolgt in der Regel dadurch, daß zwischen die Schleifringe und die Erregerwicklung ein Transformator mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis (Erregertransformator) geschaltet wird; bei einzelnen Ausführungen erfolgt sie dadurch, daß in Reihe zur Schleifring-

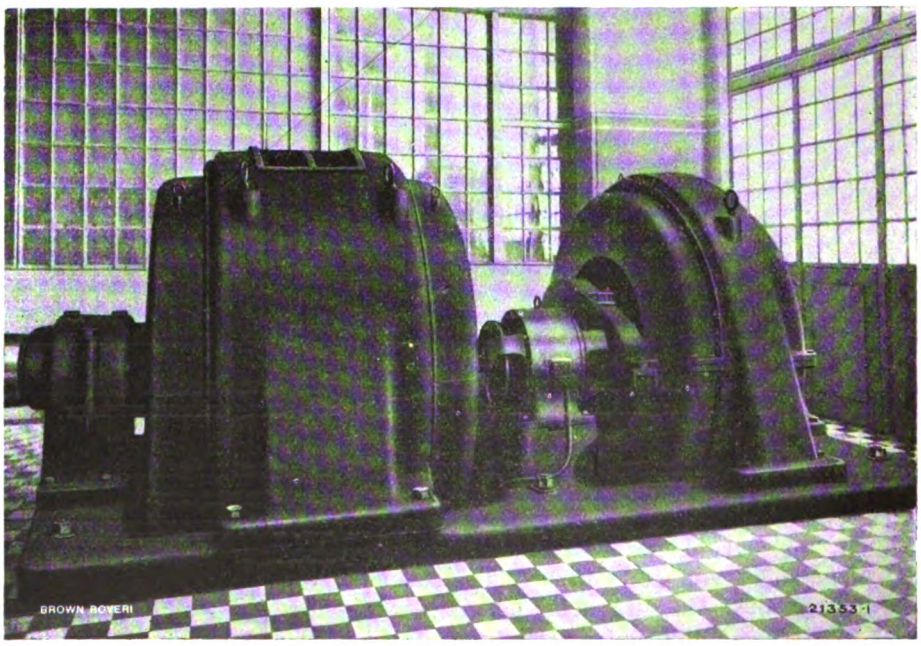


Abb. 5. Asynchronmotor 2200 kW, mit direkt gekuppelter Scherbiusmaschine und über Zahnrad gekuppeltem Frequenzwandler, doppelseitige Regelung.

maschine zwei Erregerwicklungen angeordnet, die getrennten Stromkreisen angehören, so spielt deren gegenseitige induktive Beeinflussung eine wesentliche Rolle.

Die Hintermaschine besitzt dabei stets einen an die Schleifringe des Hauptmotors angeschlossenen Erregerkreis, in dem die Schleifringspannung auf einen Betrag gleich der Blindkomponente

spannung die gleich- oder entgegengerichtete, regelbare Spannung einer besonderen Erregermaschine geschaltet wird.

Diese Erregermaschine unterscheidet sich wesentlich von der im folgenden bei der zweiten Gruppe von Schaltungen behandelten Erregermaschine. Die Wirkkomponente der Erregerspannung wird entweder durch die Kommutatorspannung

Digitized by Google

eines Hilfsfrequenzwandlers oder ebenfalls durch eine Komponente der Schleifringspannung gedeckt. Die Schaltungen der ersten Gruppe erlauben eine Drehzahlregelung des Hauptmotors mit Nebenschluß- oder mit Reihenschlußverhalten auf den einzelnen Regelstufen. Da hierüber schon mehrere Veröffentlichungen bestehen[4]), sei hier nicht näher darauf eingegangen.

Bei der zweiten Gruppe von Schaltungen dagegen[5]), die wir eingehend behandeln werden, sind der Erregerwicklung der Hintermaschine zusätzliche Widerstände vorgeschaltet, die im ganzen Regelbereich ein Mehrfaches des Blindwiderstandes der Wicklung betragen. Die in der Erregerwicklung der Hintermaschine von deren Induktionsfluß induzierte Spannung ist also von vernachlässigbar kleinem Einfluß auf den Erregerstrom, auch wenn der Fluß nicht nur vom Strom der Wicklung selbst, sondern teilweise vom Strom einer getrennten, auf den gleichen Polen liegenden Erregerwicklung induziert wird. Der Erregerstrom wird also im wesentlichen durch die den Erregerkreis speisende Spannung und durch den Vorschaltwiderstand festgelegt. Wird die Hintermaschine mit mehreren, getrennten Kreisen angehörigen Erregerwicklungen ausgestattet, wie es fast stets der Fall ist, so ist deren gegenseitige induktive Beeinflussung unwesentlich, jeder Erregerkreis kann getrennt betrachtet werden. Die resultierende Durchflutung und der resultierende Induktionsfluß der Hintermaschine ergeben sich durch geometrische Addition der Durchflutungen und Induktionsflüsse der einzelnen Erregerkreise.

Als erstes Beispiel betrachten wir eine Schaltung für Reihenschlußverhalten des Hauptmotors mit synchroner Leerlaufdrehzahl, bei der für Leerlauf und Belastung des Hauptmotors Phasenkompensation möglich ist. Reihenschlußverhalten des Hauptmotors wird für Antriebe verlangt, bei denen starke Belastungsstöße auftreten. Da solche Antriebe oft auch längere Zeit mit sehr geringer Belastung arbeiten, ist für sie Phasenkompensation bei Leerlauf und Teillast besonders wichtig. Die behandelte Anordnung wird deshalb nicht als Regelsatz, sondern als Phasenkompensator für Zusatzschlupf bezeichnet[6]). Die Phasenkompensation bedingt dabei nicht, wie es bei anderen Kompensatoren oft der Fall ist, zusätzliche Verluste, sondern im Gegenteil eine beträchtliche Energieersparnis, da der Kompensator gleichzeitig als Regelsatz arbeitet und die Schlupfenergie des Hauptmotors nutzbar macht.

Die Scherbiusmaschine trägt (Abb. 6) außer der noch zu behandelnden Reihenschlußerregerwicklung *i* zwei weitere Erregerwicklungen *d* und *e*. Bei praktischen Ausführungen werden diese beiden Wicklungen, die meist gleiche Windungszahl haben, in der Regel zu einer Wicklung vereinigt, sind aber hier des einfacheren Verständnisses wegen getrennt gezeichnet. Die eine Wicklung *d*, die sogenannte Widerstandserregerwicklung, ist über einen Wirkwiderstand *f* an die Schleifringe des Hauptmotors angeschlossen, die zweite, die Drosselerregerwicklung *e*, über einen Blindwiderstand, also eine Drosselspule *g*. Der Blindwiderstand beträgt bei mittlerer und großer Schlüpfung, der Wirkwiderstand bei jeder praktisch auftretenden Schlüpfung ein Mehrfaches des Scheinwiderstandes der Wicklung selbst, der ihnen gegenüber vernachlässigt werden kann.

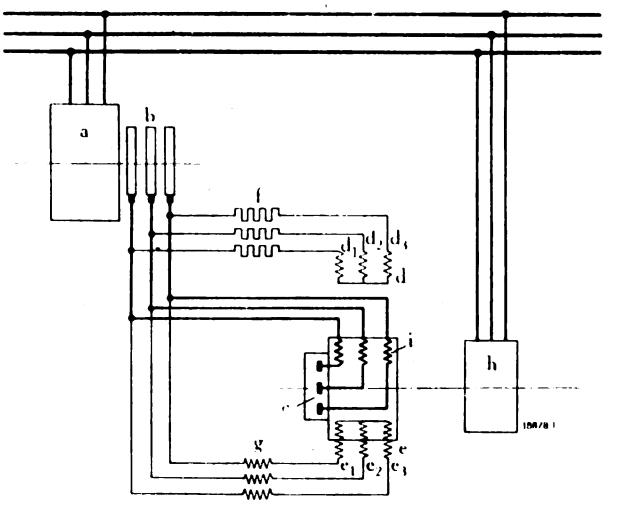


Abb. 6. Schaltung des Phasenkompensators für Zusatzschlupf.

a = Asynchronmotor mit Schleifringen *b*, *c* = Scherbiusmaschine mit Widerstandserregerwicklung *d*, Drosselerregerwicklung *e* und Reihenschlußerregerwicklung (und Kompensationswicklung) *i*, *f* = Wirkwiderstand, *g* = = Blindwiderstand (Drosselspule), *h* = Antrieb zu *c*.

Der Strom in der Widerstandserregerwicklung ist also der Schleifringspannung proportional, der Strom der Drosselerregerwicklung ist, solange wir von sehr kleinen Werten der Schlüpfung absehen, bei wechselnder Schlüpfung konstant, da die Schleifringspannung und der Blindwiderstand der Drosselspule der Schlüpfung proportional sind. Entsprechend der Zusammensetzung der resultierenden, erregenden Durchflutung besteht auch die Ankerspannung der Scherbiusmaschine aus zwei Komponenten, deren eine, die Widerstandsspannung, bei wechselnder Schlüpfung der Schleifringspannung proportional ist, während die andere, die Drosselspannung, konstant ist. Beide Erregerwicklungen sind in Stern geschaltet und mit solchem Wickelsinn ausgeführt, daß die Widerstandsspannung der Schleifringspannung entgegengerichtet und die Drosselspannung 90° dagegen phasenverschoben ist. Die Drosselspannung bedingt die

[4]) Seiz: Die Regelung der Drehzahl usw., E. u. M. 1924, S. 109 und 128. — Drehzahlregulierung von Induktionsmotoren nach System Brown-Boveri-Scherbius. BBC-Mitteilungen Baden 1925, S. 29 (Referat E. u. M. 1925, S. 630). — Drehzahlregelung von Asynchronmotoren nach System Brown-Boveri-Scherbius, ETZ 1926, S. 1412. — Moderne Schaltungen zur Regelung von Asynchronmaschinen durch Scherbiusmaschinen. Mitteilungen der Technisch-wissenschaftlichen Vereine Schlesiens 1928, Heft 2 und Heft 3, S. 22 und S. 41.

[5]) Seiz: Neue Schaltungen zur Phasenkompensation und Drehzahlregelung von Induktionsmotoren. BBC-Mitteilungen 1925, S. 121 und 150.

[6]) Seiz: Phasenschieber für verlustlosen Schlupf. ETZ 1926, S. 888.

Digitized by Google

Phasenkompensation des Hauptmotors bei jeder Schlüpfung. Auf die Verhältnisse bei sehr kleiner Schlüpfung kommen wir noch zurück.

Der Widerstand des Widerstandserregerkreises ist nun so bemessen, daß die Widerstandsspannung etwas kleiner als die Schleifringspannung ist. Schleifringpannung und Widerstandsspannung ergeben also zusammen eine der Schleifringspannung proportionale und ihr gleichgerichtete Spannung im Läuferkreis, die viel kleiner als die Schleifringspannung ist, und diese resultierende Spannung ist gleich dem Spannungsabfall des Wirkstromes. Der Hauptmotor arbeitet also in dieser Schaltung, von der Phasenkompensation abgesehen, wie ein normaler Asynchronmotor ohne Hintermaschine, dessen Schlupfspannung aber bei jeder Schlüpfung auf einen Bruchteil ihres normalen Wertes verkleinert ist. Entsprechend sind für gegebene Schlüpfung Läuferstrom und Drehmoment viel kleiner, als wenn die Schlupfspannung des Hauptmotors voll zur Wirkung käme, ein bestimmtes Drehmoment wird also durch die Einwirkung der Hintermaschine erst bei größerer Schlüpfung erreicht, der Hauptmotor arbeitet mit Zusatzschlupf.

Die gleiche Wirkung wie eine Verkleinerung der Schlupfspannung hat eine Vergrößerung des Läuferwiderstandes, der Asynchronmotor arbeitet also auch wie der Motor mit zusätzlichem Widerstand im Läuferkreis, hat aber höheren Leistungsfaktor und Wirkungsgrad. Je kleiner der Vorschaltwiderstand im Widerstandserregerkreis bemessen wird, desto größer werden die Spannung der Hintermaschine und der Zusatzschlupf. Der Widerstand muß aber dabei stets groß gegenüber dem Blindwiderstand des Widerstandserregerkreises sein. Bei großem Zusatzschlupf ist in der bisher betrachteten Schaltung die Summe aus Widerstands- und Drosselspannung der Hintermaschine nur wenig kleiner als die Schleifringspannung des Hauptmotors. Der Spannungsabfall in der Hintermaschine ist also gleich der Differenz von zwei annähernd gleichen Spannungen.

Ein prozentual kleiner Fehler in der Spannungsgröße der Hintermaschine bedingt deshalb einen prozentual großen Fehler im Läuferstrom. Diese Fehlerquelle wird dadurch vermieden, daß der Läuferwiderstand soweit vergrößert wird, daß der Spannungsabfall nicht mehr sehr klein gegen jede der genannten Spannungen ist. Eine Vorschaltung von Widerstand in den Läuferkreis verbieten aber wirtschaftliche Rücksichten. Statt dessen wird die Hintermaschine mit einer vom Ankerstrom durchflossenen Reihenschlußerregerwicklung i ausgestattet, durch die bei ungesättigter, mit konstanter Drehzahl arbeitender Maschine im Läufer eine dem Läuferstrom proportionale und entgegen gerichtete Spannungskomponente induziert wird. Dieser Rotationsspannung gegenüber ist die durch Pulsation des Erregerflusses in der Reihenschlußwicklung induzierte Spannung vernachlässigbar klein. Die durch Rotation im Anker induzierte Spannungskomponente ist in elektrischer Hinsicht gleichwertig mit dem Spannungsabfall in einem der Hintermaschine vorgeschalteten Widerstand. Bei entsprechender Windungszahl der Reihenschlußerregerwicklung beeinflußt sie das Verhalten des Regelsatzes ebenso wie die Vorschaltung eines konstanten Widerstandes erheblicher Größe vor die Hintermaschine. Die der Gegenspannung entsprechende Leistung wird aber nicht in Wärme, sondern in nutzbare mechanische Energie umgewandelt. Die geometrische Summe aus der Schleifringspannung des Hauptmotors und der Widerstands- und Drosselspannung der Hintermaschine ist dabei nicht mehr gleich dem Spannungsabfall im Läuferkreis, sondern gleich der Summe aus diesem Spannungsabfall und der von der Reihenschlußwicklung der Hintermaschine induzierten Ankerspannung, ist also auch bei großem Zusatzschlupf nicht mehr klein gegen eine der erstgenannten Spannungen. Die Einwirkung der genannten Fehlerquelle ist also auf einen vernachlässigbar kleinen Betrag abgeschwächt. Auch bei allen späteren Schaltungen ist die Hintermaschine aus dem gleichen Grunde mit einer Reihenschlußerregerwicklung ausgestattet. Da der Strom aller Erregerwicklungen durch äußere Ursachen festgelegt ist, tritt eine Abdrosselung der Durchflutung der Reihenschlußwicklung durch die anderen, gleichachsig liegenden Erregerwicklungen nicht auf[7]).

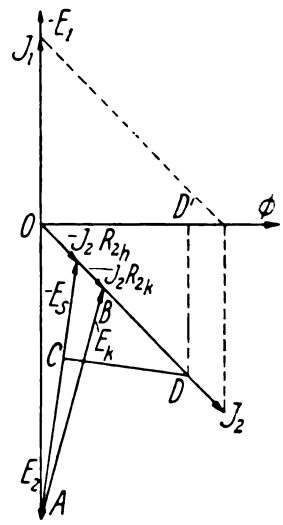


Abb. 7. Diagramm des Phasenkompensators für Zusatzschlupf.

Aus diesen Überlegungen folgt das Spannungs- und Durchflutungsdiagramm des Phasenkompensators für Zusatzschlupf (Abb. 7). Φ ist der Induktionsfluß des Hauptmotors, E_1 die im Ständer und $E_{20} = \sigma \cdot E_{20}$ die im Läufer bei bestimmter Schlüpfung σ induzierte Spannung, die Schlupfspannung; J_2 ist der Läuferstrom, der gegen die Schlupfspannung stark voreilt, so daß der Ständerstrom J_1 in Phase mit der Ständerspannung liegt. $J_2 \cdot R_{2h}$ ist der Spannungsabfall des Läuferstroms im Hauptmotor, E_s ist also die Schleifringspannung; $J_2 \cdot R_{2k}$ ist der Spannungsabfall im Läufer der Hintermaschine und E_k die in der Hintermaschine zu induzierende Spannung. Der Spannungsabfall im Läuferkreis ist viel kleiner als die Schlupfspannung, der Hauptmotor arbeitet also mit starkem, zusätzlichem Schlupf.

[7]) Ist dagegen eine Erregerwicklung der Hintermaschine an eine durch äußere Ursachen festgelegte Spannung angeschlossen (Schaltungen mit Erregertransformator), so ist, wenn der induktive Widerstand der Wicklung den ohmschen überwiegt, der resultierende mit dieser Spule verkettete Induktionsfluß festgelegt; die magnetische Einwirkung jeder anderen gleichachsig liegenden Erregerwicklung wird durch entsprechende Stromänderung der ersten Wicklung abgedrosselt, ist also ohne Einwirkung auf den Induktionsfluß (E. u. M. 1924, S. 133; ETZ 1926, S. 1416).

Digitized by Google

Entsprechend den drei Erregerkreisen der Hintermaschine setzt sich deren resultierende Durchflutung *AB*, die infolge entsprechender Wahl des Maßstabes gleich der Ankerspannung E_k der Hintermaschine ist, zusammen aus der Durchflutung *AC* der Widerstanderregerwicklung, die der Schleifringspannung entgegengerichtet ist, aus der 90° dagegen nacheilenden Durchflutung *CD* der Drosselerregerwicklung und aus der dem Strom entgegengerichteten Durchflutung *DB* der Reihenschlußerregerwicklung. Die Durchflutung *DB* induziert im Ankerkreis eine durch die gleiche Strecke dargestellte Spannung $DB = -J_0 . K$; die entgegengesetzt gleiche Spannung $BD = J_2 . K$ kann auch als Spannungsabfall eines fiktiven Wirkwiderstandes *K* im Läuferkreis aufgefaßt werden. Die gesamte dem Läuferstrom proportionale Spannung *OD* im Läuferkreis zerlegen wir in die dem Blindstrom proportionale horizontale Komponente *OD'* und die dem Wirkstrom proportionale vertikale Komponente *D'D*. Stellen wir nun das gleiche Diagramm für eine andere Schlüpfung auf, so ändern sich alle in vertikaler Richtung wirkenden Spannungskomponenten proportional der Schlüpfung, die in horizontaler Richtung wirkenden Spannungskomponenten bleiben konstant. Also ändern sich bei einer Schlüpfungsänderung der Wirkstrom und das Drehmoment des Motors der Schlüpfung proportional, der Blindstrom bleibt konstant. Der Hauptmotor arbeitet mit konstanter Phasenkompensation unabhängig von der Schlüpfung.

Bei sehr kleiner Schlüpfung darf der bisher nicht berücksichtigte Wirkwiderstand des Drosselkreises nicht mehr vernachlässigt werden. Bei synchroner Drehzahl wird durch den Einfluß dieses Widerstandes der Drosselstrom zu Null und die Phasenkompensation fällt weg. Infolge des Einflusses des Drosselwiderstandes läuft aber der Hauptmotor bei Leerlauf überhaupt nicht synchron, sondern mit einem Schlupf von $^1/_2$ bis 1%, und bei diesem Schlupf hat der Strom des Drosselerregerkreises schon fast den gleichen Wert wie bei großer Schlüpfung. Phasenkompensation des Hauptmotors bleibt also auch bei Leerlauf bestehen.

Da sich die gesamte Durchflutung der Hintermaschine aus der Durchflutung von 3 Wicklungen zusammensetzt, haben wir in der Größenwahl der einzelnen Durchflutungen Spielraum. Je größer wir nun die Durchflutung der Reihenschlußwicklung machen, desto größer muß auch die Durchflutung der Drosselerregerwicklung und desto größer die Drosselspule sein, desto kleiner aber wird die Durchflutung der Widerstandserregerwicklung und desto kleiner der Verlust im Widerstand. Für die zweckmäßigste Unterteilung der gesamten Durchflutung sind also auch wirtschaftliche Rücksichten maßgebend. Bei entsprechender Verstärkung der Reihenschlußwicklung kann man die Widerstandserregerwicklung ganz weglassen, doch ergibt sich dabei eine sehr große Drosselspule. Wird nur Phasenkompensation bei Leerlauf und Belastung, aber kein Zusatzschlupf verlangt, so fallen Reihenschluß- und Widerstandserregerwicklung weg, der Blindwiderstand des Drosselkreises kann in die Wicklung selbst verlegt werden und die Schaltung geht in die schon lange bekannte des Nebenschlußphasenkompensators über. Er fällt außerhalb des Rahmens unserer Betrachtungen.

Die Verluste im Widerstandserregerkreis ändern sich für eine gegebene Anlage mit dem Quadrat des Erregerstromes, also mit dem Quadrat der Schlüpfung und des Drehmomentes des Motors. Davon zu unterscheiden ist die Frage, wie die Verluste von der maximalen Schlüpfung abhängen, die verlangt ist. Bei der größten auftretenden Schlüpfung muß ja die den Erregerkreis speisende Schleifringspannung noch ein Vielfaches der Spannung an den Klemmen der Erregerwicklung sein. Da diese Spannung für gegebene Windungszahl sich nach Abb. 4 mit dem Quadrat der Schlüpfung ändert, muß die Erregerwindungszahl des Kompensators umso kleiner gewählt werden, für je größere Schlüpfung er bemessen ist. Mit der Verkleinerung der Windungszahl wachsen aber der Strom und sein Verlust im Vorschaltwiderstand, und zwar steigt bei Verwendung der gleichen Hintermaschine der bei der größten verlangten Schlüpfung auftretende Verlust mit der dritten Potenz dieser Schlüpfung. Muß für größere Schlüpfung auch eine größere Type der Hintermaschine mit entsprechend größerer Erregerleistung verwendet werden, so steigt der Verlust noch schneller. Ist die Anlage bei Netzfrequenz 50 nur für etwa 5 bis 10% Schlüpfung zu be-

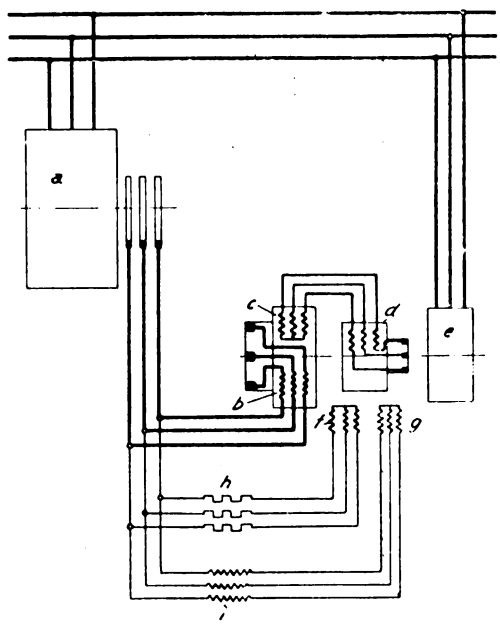


Abb. 8. Schaltung des Phasenkompensators für Zusatzschlupf mit Erregermaschine.
a = Asynchronmotor, *b* = Reihenschlußerregerwicklung (und Kompensationswicklung) der Scherbiusmaschine, *c* = fremd erregte Erregerwicklung der Scherbiusmaschine, *d* = Erregermaschine, *e* = Antrieb der Scherbiusmaschine und der Erregermaschine, *f* = Widerstandserregerwicklung der Erregermaschine, *g* = Drosselerregerwicklung der Erregermaschine, *h* = Wirkwiderstand, *i* = Blindwiderstand (Drosselspule).

Digitized by Google

messen, so ist der Verlust im Widerstand vernachlässigbar klein, bei 20 bis 30% Schlüpfung dagegen kann der Verlust unzulässig groß werden.

Durch eine Erweiterung der Schaltung kann er aber stets auf einen sehr geringen Wert verkleinert werden. Obwohl diese Erweiterung mehr für die späteren Schaltungen als für den Phasenkompensator für Zusatzschlupf in Frage kommt, sei sie doch jetzt schon behandelt. Sie ist durch Verwendung einer besonderen Erregermaschine (Abb. 8) gekennzeichnet. Die an die Hauptmaschine *a* angeschlossene Hintermaschine besitzt außer der Reihenschlußerregerwicklung *b* nur noch eine Erregerwicklung *c*, die von der Erregermaschine *d* gespeist wird. Diese besitzt ihrerseits *2* von der Schleifringspannung über Widerstand *h* und Drosselspule *i* gespeiste Erregerwicklungen *f* und *g*. Statt der Hintermaschine ist also die Erregermaschine nach dem Prinzip des Phasenkompensators für Zusatzschlupf erregt. Der Verlust im Erregerkreis der Erregermaschine ist naturgemäß viel kleiner als der Verlust im Erregerkreis der Hintermaschine bei der Schaltung Abb. 6. Auf den ersten Blick scheint die Schaltung ohne weiteres verständlich. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich aber eine Schwierigkeit. Wenn die Schaltung richtig wirken soll, muß die erregende Durchflutung der Hintermaschine nach dem gleichen Gesetz verlaufen, dem sie in der früheren Schaltung folgte. In der neuen Schaltung ist dieses Gesetz zunächst aber nur für die resultierende Durchflutung der Wicklungen *f* und *g* der Erregermaschine erfüllt. Nun wechselt der Scheinwiderstand des Erregerkreises der Hintermaschine sehr stark mit der Schlupffrequenz. Der Erregerstrom der Hintermaschine ist also bei wechselnder Schlüpfung der in der Erregermaschine induzierten Spannung nicht proportional.

Trotzdem kann die verlangte Proportionalität zwischen dem Ankerstrom der Erregermaschine und der resultierenden fremderregten Durchflutung der Erregerwicklungen *f* und *g* dadurch erreicht werden, daß auch die Erregermaschine *d* mit einer Reihenschluß-Erregerwicklung ausgestattet wird, die wieder eine dem Strom entgegengerichtete, ihm proportionale Spannung im Ankerkreis der Erregermaschine induziert. Wird die Windungszahl dieser Reihenschlußwicklung so groß gewählt, daß bei jeder betriebsmäßig auftretenden Schlüpfung die von ihr allein im Anker der Erregermaschine durch Rotation induzierte Spannungskomponente ein Mehrfaches der Erregerspannung der Hintermaschine beträgt, so dient bei jeder Schlüpfung der Hauptbetrag der Widerstands- und Drosseldurchflutung der Erregermaschine dazu, die gegenwirkende Durchflutung der Reihenschlußwicklung aufzuheben, nur der verbleibende Restbetrag induziert die Ankerspannung der Erregermaschine. Wenn aber die Durchflutung der Reihenschlußwicklung, die vom Erregerstrom der Hintermaschine durchflossen ist, annähernd entgegengesetzt gleich der Summe aus Widerstands- und Drosseldurchflutung der Erregermaschine ist, ist auch der Erregerstrom der Hintermaschine dieser Summe proportional. Er setzt sich also aus einer der Schleifringspannung proportionalen und aus einer konstanten Komponente zusammen. Die Ankerspannung der Erregermaschine diktiert in dieser Schaltung nicht den Ankerstrom, sie stellt sich vielmehr so ein, daß der Ankerstrom dem durch die Reihenschlußerregerwicklung diktierten Gesetz folgt.

Die Erregermaschine der angegebenen Bauart wird auch in den späteren Schaltungen verwendet. Sie trägt außer der Reihenschlußerregerwicklung stets eine oder mehrere fremderregte

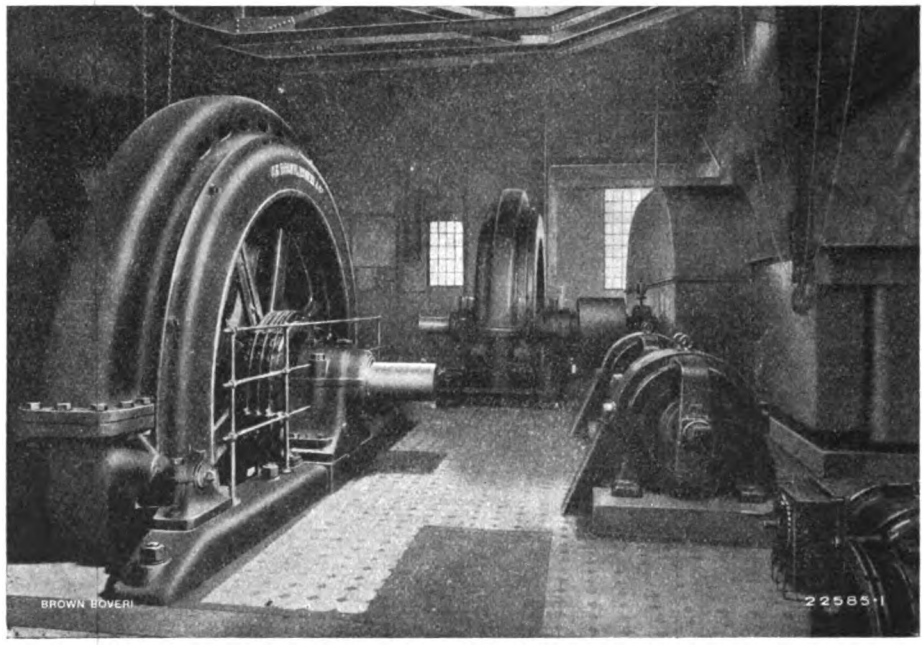


Abb. 9. Asynchronmotor 880 kW, mit Phasenkompensator für Zusatzschlupf (Doppelmaschine).

Digitized by Google

Erregerwicklungen. Jede dieser Wicklungen erzwingt eine ihrer Durchflutung proportionale Stromkomponente im Anker der Erregermaschine und damit auch eine ihr proportionale Spannungskomponente im Anker der Hintermaschine. Meist ist der resultierende Widerstand der fremderregten Erregerkreise der Erregermaschine infolge Vorschaltung eines großen Wirkwiderstandes annähernd konstant, unabhängig von der Schlüpfung. Die von dem einzelnen fremderregten Erregerkreis über deren Ankerkreis im Anker der Hintermaschine induzierte Spannungskomponente ist dabei der den Erregerkreis speisenden Spannung proportional. Durch Änderung des Vorschaltwiderstandes im Erregerkreis kann das Verhältnis beider Spannungen beliebig geregelt werden. Der gesamte Wirkwiderstand des Erregerkreises muß aber dabei stets das Mehrfache des Blindwiderstandes der Erregerwicklung betragen. Einen Asynchronmotor mit Phasenkompensator für Zusatzschlupf zeigt Abb. 9.

(Schluß folgt.)

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Speicherkraftwerk am Rocky River der Connecticut Light and Power Co. besteht nach E. J. Amberg aus einem Hochbecken am Rocky River, einem Nebenflusse des Housatonicflusses, und einem Kraft- und Pumpwerke am letztgenannten Flusse. Kraft- und Pumpwerk sind durch eine einzige Rohrleitung mit dem Hochbecken verbunden. Das Hochbecken hat ein Einzugsgebiet von rund 100 km², wovon 21 km² auf das Becken entfallen. 1/4 des Jahresbedarfes des Kraftwerkes wird aus dem Einzugsgebiete gedeckt, 3/4 dagegen wird aus dem Housatonicflusse bei einer Förderhöhe von 60 bis 69 m hochgepumpt mit Hilfe von Dampfkraft, die aus dem Devonkraftwerke der eingangs erwähnten Gesellschaft bezogen wird. Der Wirkungsgrad dieser Speicherung beträgt 61 vH, so daß je 100 kWh ursprüngliche Dampfkraft 61 kWh Wasserkraft liefern. Da jedoch unterhalb des Rocky River-Werkes eine zweite Gefällsstufe von 57 m liegt, von welcher 21 m im Stevenson-Kraftwerke bereits ausgebaut sind, können je 100 kWh ursprüngliche Dampfkraft 110 kWh Wasserkraft erzeugen. Das turmförmige Einlaufbauwerk ist durch eine 72 m lange, 4·8 m weite Betonleitung, anschließend durch eine 300 m lange, 4·5 m weite, unter 0·5 vH Neigung offen verlegte Holzrohrleitung mit einem Standrohre verbunden, von welchem eine 116 m lange, 3·9 bis 3·3 m weite Stahlrohrleitung zum Kraftwerke führt. Darin ist vorerst eine 33 300 PS vertikale Francisturbine mit Betonspirale aufgestellt, welcher als Absperrorgan eine Ringschütze vor dem Leitapparat vorgebaut ist. Der vertikale Dreiphasengenerator von 30 000 kVA hat bei einem Leistungsfaktor von 0·8 eine Spannung von 13 900 V, bei 200 U/min und 60 Per/s. Die aufgebaute Erregermaschine von 154 kW besitzt eine Spannung von 250 V. Im Krafthause sind auch zwei je 8100 PS Kreiselpumpensätze mit vertikaler Welle für eine Fördermenge von 6700 l/s bei 72 m Förderhöhe und 327 U/min aufgestellt, die durch je einen vertikalachsigen Dreiphasen-Synchronmotor von 7900 kVA bei 13 200 V betätigt werden. Die erzeugte Kraft wird unter 66 und 32 kV den Fernleitungen zugeführt. *β.*

(Electrical World, Bd. 91, Nr. 19, 1928.)

Die Wärmewirtschaft bei der Alpinen Montangesellschaft. Von G. Pohl. Im Werk Donawitz stehen von zwei Hochöfen mit einer Erzeugung von zusammen 1000 t Roheisen in 24 Std. etwa 34 Mill. m³ Gichtgas von 700 bis 750 Kal/m³ zur Verfügung. Der Koksverbrauch je t Roheisen beträgt 800 bis 900 kg. Von dem Gas erhalten die Gasmaschinen 1 Mill. m³, die Kesselheizung und die Winderhitzung (Hochofen) je 900 000 m³ in 24 Std., für die Erzröste und für Verluste sind 500 000 m³ in 24 Std. zu rechnen. In derselben Zeit verbraucht das Werk rund 1·52 Mill. kg Dampf, davon das Walzwerk 800 000 kg, die Dampfturbinen des Kraftwerkes 120 000 kg, die Hochofengebläse 130 000 kg, während der Rest auf verschiedene Verbrauchsstellen entfällt. Für die Dampferzeugung sind vorhanden: Im Zentralkesselhaus 7 gasgefeuerte Dampfkessel mit einer Leistung von 420 000 kg Dampf in 24 Std., ferner 16 gasgefeuerte Dampfkessel des Hochofenkesselhauses (330 000 kg Dampf in 24 Std.), 9 Kessel mit Heizung durch die Auspuffgase der Gasmaschinen (250 000 kg in 24 Std.) und 10 Abhitzekessel hinter den Martinöfen (490 000 kg in 24 Std.), so daß durch Ausnützung der Abwärme etwa 1·4 Mill. kg Dampf täglich erzeugt werden. Der Rest von rund 130 000 kg wird mit einem täglichen Aufwand von 30 bis 40 t Kohle gedeckt. Da der Kohlenverbrauch vor der Aufstellung der Gas- und Abhitzekessel rund 300 t täglich war, ergibt sich eine tägliche Ersparnis von 260 bis 270 t. Im Zentralkesselhaus in Donawitz sind von 21 Batteriekesseln für 10 atü mit je 136 m² Heizfläche und Überhitzern von 44·5 m² 7 für Gichtgasfeuerung eingerichtet, die 18 kg Dampf/m² und Std. erzeugen, während die restlichen in Reserve stehenden 14 Kesseln mit Plutostokern von je 5 m² mit Dampfgebläse ausgerüstet sind. Zur Kesselspeisung wird auch für die Kessel des Stahlwerkes und die Gaszentrale das Kühlwasser der Stahlwerksgeneratoren benutzt, das auf 75° mit Pumpenabdampf vorgewärmt wird. Einer der gasgefeuerten Kessel ist auch mit einer Teerfeuerung versehen, um den beim Betriebe der Kerpely-Generatoren anfallenden Teer von etwa 800 Kal. Heizwert als Brennstoff zu verwerten. Außerdem ist im Kesselhaus noch ein Steilrohrkessel für 10 atü mit 600 m² Heizfläche und 140 m² Überhitzerfläche sowie Gasfeuerung und einem Plutostoker von 19·1 m² mit Unterwind vorhanden, der bei Kohlenfeuerung 12 000 bis 15 000, bei Gasfeuerung 6000 bis 9000 kg Dampf/Std. liefert. Die Kessel des Hochofenhauses sind Zweiflammrohrkessel für 9·5 atü mit je 82 m² Heizfläche und 12 m² Überhitzerfläche und einer Dampferzeugung von 12 bis 16 kg/m² und Std. Zur Ausnützung der Abhitze der Martin-Öfen des Stahlwerkes, deren Abgase mit 550 bis 900° aus den Öfen austreten und mit 500 bis 820° in die Abhitzekessel eintreten, stehen 4 Kesselsysteme in Verwendung. Bei einem Steilrohrkessel für 12 atü von 200 m² Heizfläche, 144 m² Vorwärmer- und 26 m² Überhitzerfläche treffen die Abgase vom Martin-Ofen zuerst den Überhitzer und gelangen dann zum Kessel und endlich zum Vorwärmer, der teilweise oder ganz ausgeschaltet werden kann. Der Weg der Abgase ist der gleiche bei einem Garbekessel von 320 m², 195 m² Vorwärmer- und 26 m² Überhitzerfläche. Ferner sind noch 3 vertikale Wasserrohrkessel für 10 atü von je 70 m² Heizfläche mit gemeinsamen Überhitzern von 45·2 m² und einem Vorwärmer von 120 m² vorhanden. Während bei allen diesen Abhitzekesseln die Wärmeausnutzung recht mäßig ist (37·2 bis 56·5 vH), gelang es, bei zwei liegenden Rauchröhrenkesseln für 12 atü von je 245 m² Heizfläche mit darüberliegenden Vorwärmern von 99 m², sowie Überhitzer von 25·8 m² eine Wärmeausnutzung von 70 bis 75 vH und eine Dampfleistung von 55 000 bis 60 000 kg/24 Std. (das sind 9·4 bis 10·2 kg/m² und Std.) gegen 35 000 bis 40 000 kg bei den erstangeführten zu erreichen. Zu jeder 1500 bis 3000 PS Gasmaschine des Kraftwerkes Donawitz gehört ein Abhitzekessel der zuletzt erwähnten Bauart für 12 atü von 165 m² (5 Stück), 180 m² (1) und 270 m² (1) Heizfläche (einschließlich der Vorwärmer), welche zusammen

Digitized by Google

7 bis 9 kg Dampf/m² und Std. von 230° erzeugen. Einer Maschinenleistung von 1 kWh entspricht eine Dampferzeugung von rund 1 kg. Zwei weitere Abhitzekessel von 180 m² gehören zu zwei Großgasmaschinen, die mit den Hochofengebläsen gekuppelt sind.

In Eisenerz sind täglich 1·44 Mill. m³ Gichtgase von 750 bis 1200 Kal. vorhanden, von welchen 45 vH für Kesselheizung, 25 vH für Maschinenbetrieb und 30 vH für Winderhitzung usw. verwendet werden. Normal werden täglich in 5 Garbekesseln für 10 atü und 350° von je 500 m² Heizfläche, 90 m² Überhitzer- und 192 m² Vorwärmerfläche (bei 4 Kesseln) rund 400 000 kg Dampf erzeugt, $^9/_{10}$ davon für das Hochofengebläse. Die Kessel sind außer mit Gasfeuerung auch mit Plutostokern von 15·5 m² und Unterwind ausgerüstet, sie nützen aber 75 vH der zugeführten Wärme aus. Der Kraftbedarf des Werkes Eisenerz wird durch zwei Gasdynamos von rund 2400 PS gedeckt, ferner sind die Werke Donawitz, Eisenerz, Fohnsdorf und Zeltweg durch eine 35 kV Leitung verbunden, die auch den Kohlenbergbau in Seegraben bei Leoben mit Strom versorgt. J.

(Z. d. Dampfkesselunters. u. Versich. Ges., 52. J., Nr. 9 u. 10, 1927.)

Gasmaschine oder Dampfturbine als Antriebsmaschine in Hüttenwerken. Die Frage der Antriebsmaschinen auf Hüttenwerken wird in zwei Berichten von Dr. Ing. H. Wolf und Fr. Bartscherer behandelt. Der erstere verweist darauf, daß aus den Hochofengasen der deutschen Hüttenwerke mit einer Maschinenleistung von 600 000 bis 700 000 kW jährlich etwa drei Milliarden kWh erzeugt werden, und daß mit den auch bei den Hüttenwerken vorhandenen Bestrebungen zum Kraftausgleich und zur Kraftzentralisierung, das heißt also mit dem Bau von Großkraftwerken die Dampfturbine auch hier immer mehr in den Vordergrund tritt. Bei der Verwendung von Hochofengasen als Brennstoff für Dampfkessel ist zu beachten, daß man den Besonderheiten dieses Brennstoffes (geringer Heizwert, niedrige Verbrennungstemperatur, usw.) bisher im Kesselbau kaum Rechnung getragen hat, woraus sich die hohen Wärmeverbrauchsziffern je kWh auf Hüttenwerken (vereinzelt bis 12 000 Kal) erklären. Auch wird die Verfeuerung von Kohle niemals zu umgehen sein, weil man mit Ausfällen in der Gaszufuhr rechnen muß. Restlose Ausnutzung der Hochofengase bedingt ferner auch bei Gasmaschinenbetrieb die Anwendung von Dampfkraft bei den Abhitzeanlagen. Der Betrieb mit Kohle bietet überdies für die Werke eine günstige Verwertungsmöglichkeit minderwertiger Kohlen, die bekanntlich in Kohlenstaubfeuerungen mit guter Wärmeausnutzung verbrannt werden können. Für den neuzeitlichen Kesselbetrieb auf Hüttenwerken ergeben sich folgende Forderungen: Sonderausführung für Gas- und Staubfeuerung, sowie kombinierte Feuerung, möglichst große Einheiten, 40 at Mindestdampfdruck und 450° Dampftemperatur, Lufterhitzung, Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf, ausschließliche Verwendung von (gereinigtem) Maschinengas und destilliertem Zusatzspeisewasser. Es kann dann je nach der Größe der Anlage im Dauerbetrieb mit einem Wärmeverbrauch je abgegebene kWh von 4400 bis 3900 kcal einschließlich Kondensation, ohne Luftvorwärmung und Speisewasser gerechnet werden. Die beiden genannten Maßnahmen vermindern den Wärmeverbrauch um 6 bis 8 vH. Bei der Berechnung der Energiekosten ist ein Preis von 2·20 M. für 1 Mill. kcal gereinigtes Hochofengas und von 11·5 M (einschließlich Fracht) für 1 t Kohle bei Staubfeuerung zugrunde gelegt. Die Gaskosten je kWh sind dann 1·06 bis 0·83 Pf. je kWh, die Kohlenkosten 0·77 bis 0·61 Pf. Die Betriebskosten gasgefeuerter Dampfanlagen für 500 bis 600 Mill. kWh Jahresleistung liegen zwischen 0·392 und 0·19 Pf., die für kohlenstaubgefeuerte Anlagen zwischen 0·603 und 0·367 Pf. Die Anlagekosten wurden bei gasgefeuerten Werken je nach der Größe mit 281 bis 170 M je installiertes kW ermittelt, bei den kohlenstaubgefeuerten mit 308 bis 199 M. Hiebei ist überall 30 at Dampfdruck und 400° Überhitzungstemperatur angenommen. Mit 15 vH Abschreibungen und Verzinsung kommt man schließlich zu Stromkosten von 2·414 bis 1·648 Pf. je kWh für die gasgefeuerten und von 2·454 bis 1·7 Pf. für die kohlenstaubgefeuerten Werke. Die kleineren Zahlen gelten überall für die größten Werke; es ist also wichtig, die Krafterzeugung soweit als möglich zusammenzuziehen. Um nun zu einem Vergleiche zwischen dem Dampfbetriebe und dem reinen Gasbetriebe (mit Abhitzeverwertung) zu gelangen, wurden für vier Hüttenwerke verschiedener Größe die Gesamtkosten der Kraft- und Windversorgung (die hier mit Rücksicht auf die Eigenart des Betriebes nicht zu trennen sind) berechnet, wobei bei den Gasdynamos ein Wärmeverbrauch von 4000 kcal/kWh zugrundegelegt ist. Das Ergebnis ist, daß heute beide Arten des Kraftbetriebs rein wirtschaftlich betrachtet, gleichwertig sind. Der Dampfbetrieb hat aber den Vorteil der Überlastbarkeit, des geringeren Platzbedarfes und Anlagekapitals. Bei Neuanlagen werden also nicht die Kosten der kWh maßgebend sein, sondern ein etwa vorhandener Gasüberschuß oder ein Mangel an Gas, die Möglichkeit des Bezuges billiger Kohle, der Beschäftigungsgrad des Werkes usw. Jedenfalls liegt kein Grund vor, an der Abneigung vieler Hüttenwerke gegen die Dampfturbine festzuhalten.

Während Dr.-Ing. Wolf sich vorwiegend mit der Dampfturbine und dem durch sie Erreichbaren befaßt, erörtert Bartscherer in erster Linie die bauliche Entwicklung des Großgasmaschine und die Verbesserungen in der thermischen Ausnutzung. Die Anwendung der Abgasspülung und der Nachladung ermöglichte eine Leistungssteigerung bei gleicher Maschinengröße um 25 bis 30 vH und brachte außerdem den Vorteil, daß der thermische Wirkungsgrad mit abnehmender Belastung langsamer sinkt als bei der gewöhnlichen Maschine[1]). Die größten bisher gebauten Maschinen dieser Art leisten in Tandemanordnung 3800 bis 4000 kW, bzw. 5500 PSe. Da die Hochleistungsmaschine Abgasverluste von 50 bis 52 vH der zugeführten Wärme zeigt gegen 30 bis 32 vH bei der gewöhnlichen Maschine, ist auch die Bedeutung der Abhitzeverwertung gestiegen. In Abhitzekesseln mit Überhitzer und Speisewasservorwärmer kann das Temperaturgefälle der Abgase zwischen 700 bis 750° und 180 bis 200° ausgenutzt, und entweder Heißwasser oder Dampf erzeugt werden. Letzterer kann wieder zur Stromerzeugung nutzbar gemacht werden und man erhält je abgegebene kWh der Gasmaschine weitere 0·338 kWh. Ebenso kann man auch aus dem Kühlwasser — es werden schon Kühlwassertemperaturen von 80 bis 90° zugelassen — etwa 700 kcal je kWh gewinnen und entweder unmittelbar zur Heizung verwenden oder mittels Verdampfungskühlung in Niederdruckdampf verwandeln (die Kühlmantel der Deckel, des Zylinders und der Auslaßgehäuse bilden dabei zusammen mit einem besonderen Behälter den Wasserraum eines Niederdruckkessels) und damit noch etwa 0·1 kWh je abgegebene kWh erzeugen. Man kann dadurch insgesamt 32·3 vH der zugeführten Wärme in Strom verwandeln. Bei der Berechnung der Stromkosten setzt der Autor voraus, daß für das Hochofengas gar kein Preis eingesetzt wird, da es ja tatsächlich dem Werke ohne Kosten anfällt. In Rechnung müssen dagegen selbstverständlich jene Brennstoffkosten gestellt werden, die erwachsen, wenn das anfallende Gas zur Krafterzeugung nicht ausreicht. Die Betriebskosten je abgegebene kWh betragen nun bei der Gasmaschine allein 0·52 Pf., bei gleichzeitiger Anwendung von Abhitze- und Kühlwasserverwertung 0·50 Pf. Die Anlagekosten eines Werkes mit acht Gasdynamos von je 3800 kW sind je kW ohne Abhitzekessel 332 M. und mit Abhitzekessel 355 M. Beim Vergleiche zwischen Gas- und Dampfdynamoanlagen wird davon ausgegangen, ob für die Hütte die Möglichkeit einer Stromabgabe nach aussen und damit die Verwertung des Gasüberschusses gegeben ist oder nicht. Im letzteren Falle liegt der Vorteil (bei dem vom Autor durchgerechneten Beispiele eines Hüttenwerkes mit 150 000 t Rohstahlerzeugung

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 284.

Digitized by Google

im Monat) auf Seiten des Dampfturbinenbetriebes, allerdings darf dabei nicht übersehen werden, daß vom volkswirtschaftlichen Standpunkte Energie verschwendet wird. Bei restloser Ausnutzung der Hochofengase sind die Kosten der Gasdynamoanlage mit Stromerzeugung aus Abhitzedampf ungefähr gleich hoch. Die Verwendung der Kühlwasserwärme und der in Wirklichkeit meist höhere Dampfverbrauch der Dampfturbine ergeben aber eine Verschiebung zu Gunsten der Gasmaschine. Nach Beendigung der Tilgungszeit sind auch bei niedrigem Wärmeverbrauch der Dampfturbine die Kosten der Gasmaschinenanlage geringer. Weiters ist auch die Entwicklung der Brennstoffpreise zu berücksichtigen, die wahrscheinlich zu einer Verteuerung aller Brennstoffe führen wird und damit einen weiteren Vorteil der Gasmaschine zeitigt. Vom Standpunkt der Betriebssicherheit sind beide Maschinenarten gleichwertig. Beim Versagen einer Maschine bei Gasmaschinenwerken ist wegen der kleineren Einheiten der Ausfall an Leistung kleiner und damit die Sicherheit der Stromversorgung größer. Nach Ansicht Bartscherers ist vorläufig die Gasmaschine in den meisten Fällen noch die wirtschaftlichere, doch ist ihr Vorsprung vor der Dampfturbine in der letzten Zeit beträchtlich kleiner geworden.

(Archiv f. Eisenhüttenwesen, 1. Jg., H. 4, 1927.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Die Entwicklung des Kurzschlußschutzes in den 110 kV-Leitungsanlagen der Bayernwerk A.-G. Von Dipl. Ing. A. Schmolz. Der von Jahr zu Jahr steigende Energieumsatz des Bayernwerkes[1]) stellte immer größere Forderungen bezüglich der Betriebssicherheit der Fernstromversorgungsanlagen. Neben der Erhöhung der mechanischen Sicherheit der Leitungen mußten daher Mittel und Wege gefunden werden, um bei Störungen auf der Leitung Betriebszusammenbrüche unter allen Umständen zu vermeiden. Als betriebstechnisch wichtigste Störungsursachen wurden durch die Erfahrung der Erdschluß und Kurzschluß erkannt.

Der Erdschlußschutz im Netz des Bayernwerkes beschränkt sich auf eine selektive Anzeigeeinrichtung, die durch hochempfindliche Fallklappenrelais, die noch auf Erdschlußwischer von 1 ÷ 2 Perioden Dauer ansprechen, gebildet wird. Eine automatische Abschaltung einzelner Leitungsteile durch Relais erfolgt nicht. Dagegen ist das Netz derart mit Erdschlußlöscheinrichtungen ausgestattet, daß der Betrieb auch im Erdschluß bis zu 2 Stunden aufrechterhalten werden kann.

Bedeutend schwieriger war die Ausgestaltung eines Kurzschlußschutzsystems. Die bei einem Kurzschluß auftretenden hohen Ströme erheischen die Abschaltung der Fehlerstelle in kürzester Zeit. Mit Rücksicht auf ein sonst mögliches Außertrittfallen paralleler Netzkraftwerke hat die Erfahrung gelehrt, daß die Abschaltzeiten höchstens 3 sec betragen dürfen, wodurch dem Selektivschutzsystem sehr scharfe Grenzen gezogen wurden.

Die Anwendung eines zeitabhängigen Überstromschutzes, bei welchem also auf Überstrom ansprechende und staffelweise nach verschiedenen Abschaltzeiten eingestellte Relais Verwendung finden, kam für das Bayernwerksnetz nicht in Frage, da einerseits große Belastungsschwankungen den wechselweisen Einsatz verschieden großer Maschineneinheiten erforderten, wodurch es unmöglich wurde, eine allen Verhältnissen entsprechende Ansprechstromstärke einzustellen, und andererseits die Generatoren zu Zeiten geringer Stromabnahme infolge der großen angeschlossenen Netzkapazität mit Eigenerregung arbeiten, so daß bei einem auftretenden Kurzschluß die Erregung der Maschinen vollkommen verschwindet und es gar nicht zur Ausbildung eines Dauerkurzschlußstromes und damit zu einem Ansprechen der Relais kommt.

Auch der Überstromschutz in Verbindung mit Energierichtungsrelais und mit Anwendung einer gegenläufigen Zeitstaffelung führte nicht zum gewünschten Ziele, da bei diesem System Auslösezeiten bis zu 6 sec in Kauf genommen werden mußten und von der Forderung nur eines Speisepunktes mit Rücksicht auf die Möglichkeit eines sicheren Energieausgleiches von Wasser- und Kohlenstrom Abstand genommen werden müßte.

Man kam schließlich zu der Erkenntnis, daß für die Schutzeinrichtung der Quotient: Spannung durch Strom — das ist für Normalbetrieb die Betriebsimpedanz — maßgebend sei. Diese stellt in Abhängigkeit vom Betriebsstrom dargestellt eine Hyperbel dar (Kurve 1, Abb. 1). Die geringste mögliche Betriebsimpedanz beträgt im Bayernwerknetz etwa 120 Ω. Beim Auftreten eines Kurzschlusses bricht die Betriebsimpedanz an der Fehlerstelle zusammen; für die Kurzschlußimpedanz muß jedoch noch das Leitungsstück zwischen Relais und Fehlerort berücksichtigt werden. Sie ist eine proportionale Funktion dieser Entfernung. Für die längste Leitungsstrecke des Bayernwerknetzes ergibt sich eine Kurzschlußimpedanz von 45 Ω. Im Diagramm ist dieser Wert durch die Gerade 2 eingezeichnet. Bei einem auftretenden Kurzschluß verkleinert sich also die Betriebsimpedanz auf die zur gleichen Ordinate gehörige Kurzschlußimpedanz. Zwischen den beiden Kurven muß also die Ansprechkurve des Relais liegen. Für die Lage dieser Ansprechkurve ist jedoch noch ein Umstand maßgebend, der Einfluß des Lichtbogens an der

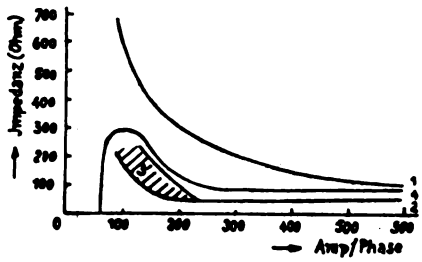


Abb. 1.

Kurzschlußstelle. Ausgedehnte Versuche ergaben, daß der Lichtbogenwiderstand fast rein Ohmschen Charakter trägt und seine Größe etwa zwischen 100 und 200 Ω schwankt. Er nimmt mit steigender Stromstärke ab und ist im Netz des Bayernwerkes bei Stromstärken über 200 A gegenüber den Kurzschlußimpedanzen zu vernachlässigen. Bei kleineren Stromstärken muß er zur Kurzschlußimpedanz addiert werden. In der Abb. 1 ist der Lichtbogenwiderstand durch die Fläche 3 angedeutet. Die Ansprechkurve 4 muß also für kleinere Stromwerte entsprechend gehoben werden.

Bisher wurde nur der Anlauf der Relais besprochen. Es gilt nun noch die für den Ablauf derselben, also die für die zeitabhängige Betätigung der Ölschalter notwendigen Gesetze zu entwickeln. Der Ablauf wird dann selektiv erfolgen, wenn er der Fehlerortsentfernung, das heißt dem damit bestimmten Widerstand entspricht. Würde man hier wieder die Impedanz als Kriterium wählen, so würde der Lichtbogenwiderstand je nach seiner Natur zu großen Schwankungen der Widerstandsgröße Anlaß geben. Dem kann abgeholfen werden, wenn man statt der Impedanz die Regelung des Ablaufes der Reaktanz der Widerstandsschleife überträgt. Berücksichtigt man den Einfluß der Transformatoren, so kommt man zu dem Ergebnis, daß 1. die Impedanzdifferenz swischen Ansprechkurve und unterer Grenzkurve mindestens 50 vH betragen soll und 2. auf der Niedervoltseite dasselbe Schutzsystem eingebaut werden soll, wie es für die Hochvoltseite beschrieben wurde. Der Verfasser beschreibt noch einige im Netz des Bayernwerkes vorgenommene Kurzschlußversuche großen Stiles, die einerseits zur Überprüfung der von S. & H., AEG und BBC für den Doppeldistanzschutz[1]) entwickelten Relais und andererseits zur Untersuchung über das Wesen des Kurzschlußlichtbogens dienten. Zum Schlusse wird die Frage aufgeworfen, ob es nicht günstig wäre, bei niedervoltseitigen

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 927 ff.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 802.

Digitized by Google

Kurzschlüssen die neuen Distanzrelais bis zu einer Ablaufzeit von 2 sec normal arbeiten, bei größeren Entfernungen des Kurzschlußortes aber erst nach etwa 7 sec auslösen zu lassen, um die mit langen Auslösezeiten versehenen Maximalrelais beibehalten zu können.

G. O.

(ETZ, Jg. 49, Heft 12, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Über eine praktische Methode zur Messung niedriger Drucke berichtet H. Teichmann. Im Ionisationsmanometer ist nach S. Dushmann und C. Found[1]) sowie nach H. Simon[2]) der Druck p durch die Formel

$$p = A \cdot i_g/i_a \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

gegeben, in der A eine durch Eichung zu ermittelnde Konstante und i_g/i_a das Verhältnis vom Gitter- zum Anodenstrom in einer Elektrodenanordnung nach Art der Elektronenröhren bei negativer Gittervorspannung bezeichnet. Der Gitterstrom i_g ist in diesem Falle auf die Bildung von positiven Ionen durch Stoßionisation zurückzuführen und ist im hohen Vakuum wegen der geringen Wahrscheinlichkeit der Zusammenstöße sehr klein. Die Empfindlichkeit der Methode läßt daher zu wünschen übrig, kann jedoch nach H. Simon durch Vertauschung der Rollen zwischen Gitter und Anode verdoppelt werden. Bedient man sich jedoch einer Methode von M. v. Ardenne zur Messung von i_g, die auf der Messung

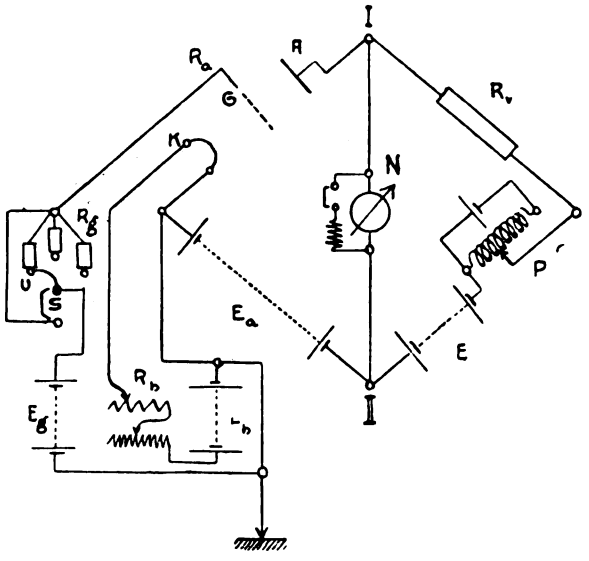


Abb. 2.

der Änderung von i_a bei Vorschaltung eines Widerstandes R_g vor das Gitter beruht, so können beliebig niedrige Drucke noch mit Zeigerinstrumenten, deren Empfindlichkeit geringer als $2{\cdot}5 \cdot 10^{-7}$ A/Skt. ist, gemessen werden[3]). Der Spannungsabfall in R_g ist

$$\Delta E_g = i_g \cdot R_g.$$

Andererseits äußert sich dieser Spannungsabfall durch eine entsprechend stärkere Änderung des Anodenstromes nach der Formel

$$\Delta E_g = \Delta i_a/S$$

(S = Steilheit der Röhrencharakteristik). Es kann also i_g durch die Änderung des Anodenstromes nach der Formel

$$i_g = \Delta i_a \, S \cdot R_g \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

gemessen werden. Zweckmäßig verwendet man je nach der Größe von i_g verschiedene Vorschaltwiderstände R_g, so daß Δi_a stets in der gleichen Größenordnung, 10^{-5} A, bleibt. Der Druck ist dann durch die Formel

$$p = A \cdot \Delta i_a/S \cdot R_g \cdot i_a = B \cdot \Delta i_a \quad \ldots\ldots (3)$$

gegeben.

[1]) Phys. Rev. Bd. 17 (1921), S. 7 und Bd. 23 (1924), S. 734.

[2]) Z. f. techn. Phys. Bd. 5 (1924), S. 221.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 94.

Eine für die Messung geeignete Brückenschaltung zeigt Abb. 2. Es sind A Anode, G Gitter, K Kathode, k_a innerer Röhrenwiderstand, $R_v = 3000$ Ohm der Vergleichswiderstand, E_a Anodenspannung, E_v Vergleichsspannung. P Potentiometer zur Abgleichung von E_v, R_g wahlweise einschaltbare Gitterwiderstände, E_g Gittervorspannung, N Nullinstrument. Bei abgeglichener Brücke ist $R_a : R_v = E_a : E_v$. Die Stärke des Elektronenstromes $i_a = E_a/R_a$ wird durch die Wahl von R_v/E_v so festgelegt, daß noch nicht alle Gasmoleküle ionisiert werden, also i_g beträchtlich unter dem Sättigungswerte bleibt, da nur dann die Gl. (3) gilt. Die Einstellung von i_a kann auf 1 μA genau erfolgen. Öffnet man den Schalter S, so wird je nach der Stellung des Umschalters U einer der Gitterwiderstände R_g, die sich wie 1 : 10 : 100 verhalten, eingeschaltet und i_a ändert sich um $\Delta i_a = \Delta E_v/R_v$, wenn ΔE_v die zur Wiederabgleichung der Brücke nötige, mittels des Potentiometers zu bewirkende Änderung von E_v bezeichnet. Die Gitterwiderstände und die Gitterzuleitung einschließlich der mit Bernstein isolierten Schalter U und S müssen wegen der Kleinheit von i_g sorgfältigst isoliert und durch einen geerdeten Metallkasten geschützt werden.

Die Versuchsmessungen wurden mit einer Elektrodenanordnung der Telefunkenröhre RE 11 vorgenommen; als Nullinstrument diente ein Zeigerinstrument von Hartmann und Braun mit einer Empfindlichkeit von 5 μA/Skt. Die Gitter-Widerstände waren Dralowid-Konstantwiderstände. Zum Vergleiche diente ein McLeod-Manometer[1]) an derselben Vakuumleitung. Bei Drucken von $4{\cdot}5 \cdot 10^{-6}$ bis $6{\cdot}2 \cdot 10^{-4}$ ergab sich gute Übereinstimmung zwischen den mittels eines Spiegelgalvanometers direkt gemessenen Werten von i_g und den aus ΔE_v berechneten. Die Röhrenheizung wurde auf $i_a = 3{\cdot}55$ mA bei $E_g = -8$ V eingestellt. Für diesen Anodenstrom erhielt man aus zahlreichen, nach der Methode der kleinsten Quadrate verwerteten Messungen mit einer Genauigkeit von 8·1 vH:

$$B = 2{\cdot}97/R_g.$$

Da der Meßfehler von Δi_a etwa 5 bis 7 vH beträgt, kann der Druck p bis auf rund 15 vH genau gemessen werden. Die Methode eignet sich nicht zur Messung von raschen Druckänderungen, da die Brückenabgleichung mit und ohne R_g bei demselben Druck vorgenommen werden muß.

R. H.

(Z. f. techn. Phys., Jg. 9, Nr. 1, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Neuere Untersuchungen an Hochspannungsisolatoren. Von R. Pfeiffer und Dipl. Ing. H. Becholdt. Als häufige Ursache von Leitungsbrüchen werden Seilschwingungen angesehen, die bei Hängeketten axiale Stöße, bei Abspannketten Schwingungen senkrecht zur Achse bewirken. Letztere sind die gefährlichen. Mit einer eigens zur Schwingungserzeugung[2]) erbauten Maschine wurden bei der „Hescho" diese Schwingungsarten unter gleichzeitiger elektrischer Beanspruchung nachgeahmt. Während das Porzellan allen Beanspruchungen (einigen hunderttausend Schwingungen) standhielt, kamen einige Klöppelbrüche vor, die glatte Abrisse am Klöppel zeigten, was Anzeichen von Ermüdungsbrüchen sind. Einige Klöppel brachen schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit. Die Ursache dieser Brüche wurde nicht in der chemischen Zusammensetzung, sondern in einer auffallenden Längsstruktur des Eisens gefunden. Als bester Werkstoff für die Klöppel wird Stahl mit hoher Streckgrenze gehalten, die bei Kohlenstoff-Mangan-Vergütungsstahl erreicht werden kann.

Wichtig erscheint auch das Verhalten von Isolatoren, die starken Verschmutzungen ausgesetzt sind, wie in der Nähe des Meeres[3]), bei chemischen Fabriken usw. Für diese Zwecke wurde im Versuchsfeld der „Hescho" ein eigener Versuchsstand aufgebaut, wo in einer geschlossenen Kammer die Isolatoren dem durch Druckluft eingeblasenen Verschmutzungsmittel ausgesetzt sind. Ihr Verhalten gegen Überschlag kann durch ein Fenster beobachtet werden. Es zeigte sich die große Bedeutung

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 721.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 189.

[3]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 572; 1928, S. 390, S. 404.

Digitized by Google

möglichst vieler Tropfkanten, die verhindern, daß das bei Regen und besonders bei Nebel abfließende verschmutzte Wasser leitende Bahnen bildet, die einen vorzeitigen Überschlag hervorrufen. In diesem Zusammenhang erklärt sich die Tatsache, daß normale Kettenisolatoren in wagrechter Lage sich besser bewähren als in senkrechter, da das abtropfende Wasser nicht auf den nächsten Isolator fällt. Bei Knüppelisolatoren brachte die Anbringung kleiner Schirme eine Erhöhung der Überschlagsspannung und eine Verdreifachung der Glimmspannung. Die schwedische Wasserfallbehörde schreibt in Übereinstimmung mit diesen Untersuchungen auf Leitungen in der Nähe der Küste für Delta- und Weitschirmisolatoren die Anbringung mehrerer starker Rippen auf der Unterseite des Schirmes vor.

Eine weitere Prüfeinrichtung der „Hescho" betrifft die Stützisolatoren von Drehtrennschaltern, von denen besonders die Mittelstützen heftigen Verdreh- und Biegebeanspruchungen ausgesetzt sind. Um die Betriebsverhältnisse nachzubilden, werden vier feste Stützer an den Eckpunkten eines Quadrates und in der Mitte desselben eine drehbare Stütze, die durch ein Getriebe in ständiger Drehung gehalten werden kann, aufgestellt. Letztere trägt ein Trennmesser, während die ersteren Federkontakte besitzen, die nachstellbar sind und so die Beanspruchungen einer mehr oder weniger starken Vereisung der Kontakte nachbilden. Es hat sich gezeigt, daß sich Stützer, die aus Isolatoren der Kappenart zusammengesetzt sind, infolge ihrer elastischen Bauart ausgezeichnet bewährt haben. Aber auch starr zusammengefügte Stützer, etwa aus Isolatoren der Vollkernart haben besonders bei Verwendung elastischer Zwischenlagen oder federnder Unterlagsscheiben vollkommen befriedigt. V. H.

(Mitt. der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. Hescho 5, Heft 38, 1928.)

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Synchronisierter Gleichstromantrieb des Rohrglättwalzwerkes Witkowitz. Von Ing. R. Kainz und Ing. J. Fiedler. Bei diesem Schrägwalzwerk wird

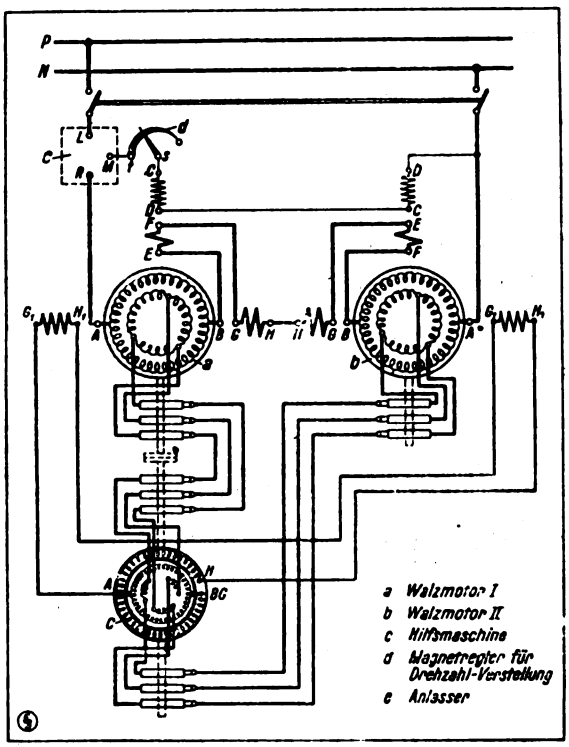


Abb. 3.

jede Walze durch einen eigenen Gleichstrommotor je 200 kW Dauer- und 300 kW Höchstleistung, im Nebenschluß regelbar von 350 bis 500 U/min, angetrieben. Gefordert war Drehzahlgleichheit mit höchstens 0·5 vH Toleranz bei einem Belastungsunterschied von 90 kW. Diese Forderung wurde nach der in der Abb. 3 dargestellten Schaltung erfüllt. Die Walzmotoren *a* und *b* haben neben der normalen je eine dreiphasig angezapfte Ankerwicklung; letztere sind über Schleifringe und die mit dem einen Walzmotor *a* gekuppelte Hilfsmaschine *c* untereinander verbunden und erzeugen so ein synchronisierendes Moment. Die Anker der Motoren sind hintereinandergeschaltet, ebenso ihre Feldwicklung, so daß die aufgenommene Leistung sich gleichmäßig auf beide Motoren verteilt. Im Drehstromkreis fließt also der halbe Belastungsunterschied. Der ihm entsprechende synchronisierende Strom würde Kommutierung und Kompensation der Motoren stören. Er wird daher in der Hilfsmaschine in Gleichstrom umgeformt und einer zweiten Wendepol- und Kompensationswicklung der Motoren zugeführt. Der umgeformte Gleichstrom durchfließt auch eine Kompensationswicklung der Hilfsmaschine, die sein Ankerfeld aufhebt; er ist daher bei ungesättigter Hilfsmaschine dem Drehstrom proportional. Durch Drehung des Ständers der Hilfsmaschine wird ihre EMK der regelbaren Walzdrehzahl angepaßt. Die metallischen Keile der Walzmotoren sind zu einem Dämpferkäfig verbunden; es tritt dadurch während des Anlassens selbsttätiges Synchronisieren schon bei geringer Drehzahl ein. Der Maschinensatz erlaubte im Prüffelde Belastungsunterschiede bis 300 kW bei vollkommenem Gleichlauf und einwandfreier Kommutierung.

L e n g.

(Siemens-Zeitschrift, 8. Jg., Heft 3, 1928.)

Baustoffe.

Der burgenländische Mikro-Asbest. Von H. R o s e n b e r g. Während Österreich als Lieferant von Makro-Asbest überhaupt nicht in Frage kommt, ist ihm durch die Mikro-Asbestlagerstätten in Rechnitz im Burgenland Gelegenheit gegeben, für dieses Erzeugnis Absatz zu finden, denn die aus Mikro-Asbest hergestellten Asbestmehle sind den aus den Abfällen der Makro-Asbestgewinnung und der Asbestverarbeitung ermahlenen Asbestpulvern überlegen. Der Mikro-Asbest von Rechnitz, ist ein homogenes, blaßgrünes bis weißes, mattes und feines Pulver. Unter dem Mikroskop erkennt man seine — durch ganz eigentümliche Hohlräume gekennzeichnete — faserige Struktur. Er greift sich fettig und seidig an. Der chemischen Zusammensetzung nach ist er den besten kanadischen Asbestsorten ebenbürtig; er enthält: Kieselsäure 51·08—49·88 vH, Tonerde 5·32—4·72 vH, Kalkerde 13·96—15·18 vH, Magnesia 21·92—23·76 vH, Feuchtigkeit bis 120 Grad 0·32—0·47 vH, Glühverlust bis 100 Grad 3·12—2·45 Grad. Die Bestimmung des freien Kalkes ergab das Vorhandensein von bloß 0·004 vH, was ein besonders günstiges Ergebnis ist.

Die Verarbeitung des Mikro-Asbestes erfolgt in folgender Weise: Das Mikro-Asbestrohgestein wird auf einem Steinbrecher zerkleinert und auf Hammermühlen vermahlen; das Mahlprodukt wird durch ein Rührwerk vollkommen ausgewaschen und auf einer Schlämmanlage sorgfältig geschlämmt, auf einem Saugtrockner und in einer Trockentrommel getrocknet und auf einer Schleudermühle gelockert. Das marktreife Erzeugnis ist feuer- und wetterbeständig, säure- und alkalifest, besitzt große Isolationsfähigkeit gegen Wärme und Kälte, gegen Elektrizität und Schall. Es besitzt dank seinen Hohlräumen und seiner faserigen Struktur eine große Adhäsion und starke Saugfähigkeit, es ist leicht formbar, mit anderen Stoffen leicht mischbar und stellt mit ihnen eine innige Verbindung her. Das Übergewicht des Mikro-Asbestes über die zermahlenen Abfälle aus dem Makro-Asbest ist einerseits darauf zurückzuführen, daß diese nach Mahlung ein totgemahlenes Pulver ergeben, während der burgenländische, lebend geschlämmte Mikro-Asbest die Vorzüge seiner mikroskopischen Faser beibehält, andererseits darauf, daß der Mikro-Asbest, der aus einem einheitlichen Gestein nach gleichmäßigem Erzeugungsvorgang hergestellt wird, eine annähernd immer gleichmäßige chemische Zusammensetzung beibehält, während bei den gemahlenen Asbestabfällen in dieser Hinsicht große Schwankungen vorkommen.

Digitized by Google

Neben den speziellen Verwendungsgebieten in der Bauindustrie (Steinholzerzeugung, Torkretierung, Betonröhren usw.), Farben-, Metall- und Gummiindustrie stehen dem Mikro-Asbest allen jene Anwendungen zu Gebote, für die bisher gemahlener Makro-Asbest verwendet worden ist. Dazu gehört die Verwendung als Füllstoff in der Papierindustrie, die Anfertigung von plastischen Massen und Kunstharzmassen, von Isolierpreßmaterialien für die Elektrotechnik und seine Verwendung in der Asphaltindustrie. —dl—

(Wiener Handelsblatt, März 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes schreibt E. Brylinski. Die Invarianz dieser Gleichungen bei Abwesenheit freier Ladungen gegenüber einer Galilei-Transformation hatte er bereits in einer früheren Arbeit[1]) nachgewiesen. Seine Gleichungen erhalten durch eine entsprechende Wahl der Einheiten die Form:

$$d\mathfrak{B}/dt = -\operatorname{rot}\mathfrak{E};\quad \operatorname{div}\mathfrak{B}=0 \quad . . . . . (1).$$
$$d\mathfrak{D}/dt = \operatorname{rot}\mathfrak{H};\quad \operatorname{div}\mathfrak{D}=4\pi\varrho \quad . . . . (2).$$

Im ladungsfreien Raume ist $\operatorname{div}\mathfrak{D}=0$. Der Verfasser wendet sich gegen die Anschauung, daß die Maxwellschen Gleichungen zur Behandlung der Induktion infolge der Bewegung eines Leiters im magnetischen Felde nicht ausreichten. Hiezu nimmt er in einem homogenen Dielektrikum ohne Ladungen und ohne präexistentes elektrisches Feld ein präexistentes magnetisches Feld

$$\mathfrak{H}_x=\mathfrak{H}_z=0,\quad \mathfrak{H}_y=f(x)$$

und außerdem ein Feld $\mathfrak{H}'$ an, das durch die infolge der Induktionswirkung auftretenden Verschiebungs- und Leitungsströme und mitbewegten Ladungen erzeugt wird. Nur dieses letztere Feld ist es, das durch die Gl. (2) bestimmt wird. Man kann nun alle Gleichungen wegen ihrer Linearität nach beiden Feldern in je zwei Gleichungen zerlegen, und zwar:

$$\mu\, d\mathfrak{H}/dt = -\operatorname{rot}\mathfrak{E} \quad . . . . . (1a),$$
$$\mu\, d\mathfrak{H}'/dt = -\operatorname{rot}\mathfrak{E}' \quad . . . . . (1b),$$
$$K\,.\,d(\mathfrak{E}+\mathfrak{E}')/dt = \operatorname{rot}\mathfrak{H}' \quad . . . . . (2a)$$

bezw. im Leiter:

$$4\pi\gamma(\mathfrak{E}+\mathfrak{E}') = \operatorname{rot}\mathfrak{H}' \quad . . . . . (2b),$$

worin γ die Leitfähigkeit bezeichnet. Die Gl. (1 *a*) zerfällt in die Differentialgleichungen:

$$\partial\mathfrak{E}_z/\partial y - \partial\mathfrak{E}_y/\partial z = 0$$
$$\partial\mathfrak{E}_x/\partial z - \partial\mathfrak{E}_z/\partial x = \mu\, d\mathfrak{H}/dt = \mu v\,.\,\partial\mathfrak{H}/\partial x \quad . (1a).$$
$$\partial\mathfrak{E}_y/\partial x - \partial\mathfrak{E}_x/\partial y = 0$$

Der Annahme nach sind alle durch das Feld $\mathfrak{H}$ erzeugten Änderungen der Feldstärke $\mathfrak{E}$ bezogen auf die z Richtung gleich Null, woraus auch nach den Gl. (1 *a*) $\partial\mathfrak{E}_z\partial y = 0$ und ferner aus $\operatorname{div}\mathfrak{E}=0$ auch $\partial\mathfrak{E}_x/\partial x + \partial\mathfrak{E}_y/\partial y = 0$ folgt. ($\operatorname{div}\mathfrak{E}=0$ könnte wohl nur insoferne angenommen werden, als man das Feld der sich an den Enden des offen angenommenen Leiters anhäufenden Ladungen als zu $\mathfrak{E}'$ gehörig betrachtet, oder, solange sich im Beginne der Bewegung noch keine Ladungen an den Leiterenden angehäuft haben. D. Ber.) Hieraus ergibt sich, zusammen mit den Ausgangsbedingungen, $\mathfrak{E}_x=\mathfrak{E}_y=0$ und die Gl. (1 *a*) gehen über in:

$$-\partial\mathfrak{E}_z/\partial x = \mu v\,.\,\partial\mathfrak{H}\,\partial x \quad . . . . . (1a)$$

und deren Lösung ist:

$$\mathfrak{E}_z = -\mu v\mathfrak{H} + C \quad . . . . . (3).$$

Da $\mathfrak{E}$ mit $\mathfrak{H}$ zugleich verschwindet, ist die Integrationskonstante $C=0$ und man erhält das Induktionsgesetz

$$\int_0^l \mathfrak{E}_z\,.\,dz = -\mu\mathfrak{H}l\,.\,v \quad . . . . . (4).$$

R. H.

(Revue générale de l'Électricité, Bd. 23, Nr. 4, 1928.)

[1]) Rev. gén. de l'Électr. Bd. 20 (1926), S. 85.

Literaturberichte.

3637 **Der Stromverbrauch in Industrie und Landwirtschaft.** Von M. Kühnert, Breslau. 107 Seiten mit 26 Abb. Franckhsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Preis M. 11·50.

Was der Untertitel: „Wirtschaftstechnische Untersuchungen aus dem Elektrizitätsbetrieb und aus der Praxis des Stromverbrauchs" verspricht, hält das Buch in vollem Masse. Nach einer kurzen Einleitung, insbesonders in bezug auf die Größe der Netztransformatoren im Verhältnis zur Anschlußleistung, werden die Betriebsbedingungen des vom Verfasser geleiteten großen Netzes nach den verschiedenen Abnehmern zergliedert. Es werden behandelt: Landwirtschaft, eine Fernleitung mit angeschlossenen kleineren Ortschaften, Kleinstädte, Ziegelei, Brennerei, Molkerei, Zuckerfabrik, Getreidemühlen, Textilfabriken, Steinbruchbetrieb, Futterkonservierung (Grünfuttersilierung) und eine keramische Fabrik. Über alle diese Betriebe liegen ausführliche Messungen des Höchstverbrauches je Erzeugungseinheit, der Benutzungsstundendauer, des auftretenden $\cos\varphi$ vor und es werden Angaben über die angewendeten Tarife gemacht. Letztere sind, wenn auch in wissenschaftlicher Hinsicht etwas stiefmütterlich behandelt, doch mit großer Erfahrung und warmem Herzen nicht nicht nur für das Elektrizitätswerk, sondern auch für den Verbraucher besprochen. Diesem wird nicht bloß vorgerechnet, wie der für das Elektrizitätswerk günstigste Tarif aussieht, sondern es wird auch betont, daß man dem Verbraucher entgegenkommen muß, damit er nicht, wie zum Beispiel bei Minderbezug infolge schlechten Geschäftsganges, auch gleich noch den höheren Kilowattstundensatz im Staffeltarif bezahlen muß. Die Frage, wie die Schwankungen der Netzspannung auf den Betrieb von Asynchronmotoren einwirkt, wird auf Grund eigener Versuche behandelt und im Gegensatz zu der für Lichtnetze noch zugelassenen Spannungsschwankung von 5 vH (was ja in Wirklichkeit ohnehin nie eingehalten wird), eine solche von 10 vH für Kraftbetriebe für erträglich gefunden.

Dieses Buch ist ein Werk, wie solche vielfach fehlen: aus großer Erfahrung mit großem Verständnis für das eigene wie für das fremde Werk geschrieben. Es wird sicherlich vielen Aufschluß und Rat geben können.

Ing. V. Horwatitsch.

Eingelaufene Bücher.

2775 Lehrbuch der zeitgemäßen Vorkalkulation im Maschinenbau von Ing. F. Kresta (Wien) unter Mitarbeit von Th. Käch. 2. umgearbeitete Auflage, 294 S. mit 132 Abb., 116 Tabellen und 7 logarithmischen Tafeln. Verlag von J. Springer, Berlin, 1928. Preis geb. M. 22·—.

Da die erste Auflage des Buches ausführlich besprochen wurde[1]), genügt es darauf hinzuweisen, daß in der fast den doppelten Umfang aufweisenden Neuauflage Ergänzungen und Erweiterungen u. a. über Maschinenkarten, über die Berechnung von Arbeitszeiten auf Zahnrad-, Hobel- und Schleifmaschinen und die Berechnung von Arbeitszeiten beim Autogen- und elektrischen Schweißen zu finden sind. Das Buch, das in Österreich auch als Lehrmittel an gewerblich-technischen Bundeslehranstalten zugelassen ist, kann für diesen Zweck ebenso wie für den Gebrauch in der Werkstatt bestens empfohlen werden. —k.

3560 Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. Von K. Gottwein. Bearbeitet im Auftrage des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung. 2. neubearbeitete Auflage. 93 S. mit 70 Abb. und 1 Übersichtstafel. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, 1928.

Die gegenüber der 1. Auflage[2]) sehr stark erweiterte Schrift behandelt den Zweck und Nachweis der Kühlung und Schmierung im einzelnen, die Arten der Kühl- und Schmiermittel für die Metallbearbeitung, die an sie gestellten Anforderungen und ihre betriebsmäßige Prüfung sowie ihre Anwendung bei den einzelnen Bearbeitungserfahren und Werkstoffen, ferner die Versorgung der Werkzeugmaschinen mit Hilfsflüssigkeit, die Rückge-

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 71.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 682.

Digitized by Google

winnung des Öles aus den Spänen, die Reinigung der Werkstücke und schließlich Erfahrungen und Beispiele aus der Praxis sowie Versuchsergebnisse. Besonders von den letzteren wird wohl in jedem metallverarbeitenden Betrieb mit Nutzen Gebrauch gemacht werden können, die Anschaffung der Schrift kann daher nur empfohlen werden. J.

3698 Dauerversuche zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, Beziehungen zwischen Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeiten. Von E. Becker und O. Föppl. Heft 304 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom VDI. 28 S. mit 39 Abb. und 12 Zahlentafeln. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, 1928. Preis M. 4·50.

Der erste Teil der Arbeit behandelt in der Hauptsache den Dauer-Verdrehungsversuch, unter dem Einfluß der Probestabform und von Fehlstellen, sowie auch Oberflächenbeschädigungen auf die Ergebnisse des Schwingungsversuches, schließlich auch die Frage der Bruchgefahr bei Schubspannung im Vergleich zur Bruchgefahr bei Normalspannung. Im zweiten, umfangreicheren Teile werden die Ergebnisse der von den Verfassern angestelltenVersuche mitgeteilt (und die zugehörigen Einrichtungen beschrieben), durch welche festgestellt werden sollte, welchen Einfluß die minutliche Lastwechselzahl auf die Dämpfungsfähigkeit[1]) der Baustoffe ausübt. Die mit Hilfe von Drehschwingungsmaschinen an einem Eisen- und einem Kupferstabe durchgeführten Versuche ergaben, daß die Dämpfung fester Baustoffe bei wechselnden Verformungen zwischen gleichbleibenden Grenzen von der Lastwechselzahl (Verformungsgeschwindigkeit) unabhängig ist. Man kann daher die Zeitdauer von Schwingungsversuchen durch Verwendung möglichst hoher Wechselzahlen wesentlich verkürzen und die Ergebnisse der Dämpfungsmessungen auf langsame Schwingungsvorgänge übertragen. Die Baustoffdämpfung kann schließlich mittels einfacher statischer Messungen festgestellt werden. Die Arbeit bildet daher eine wichtige Bereichung unserer Kenntnisse auf dem Gebiete der Baustoffprüfung. J.

3723 Technisches Hilfsbuch der Österreichisch-Alpinen Montan-Gesellschaft. 66 S. und 5 Kurventafeln. Kommissionsverlag von J. Springer in Wien, 1928. Preis S 6·—, bzw. M. 3·60.

Das vorwiegend für den Berg- und Hüttentechniker, bestimmte Büchlein enthält eine Zusammenstellung der üblichen technischen Bezeichnungen, zahlreiche Zahlentafeln über spezifische und Raumgewichte, physikalische und chemische Angaben, ferner Formeln und Tafeln aus dem Gebiete der Wärmelehre und schließlich eine Auswahl der in Betracht kommenden Gesetzesausgaben und Vorschriften. Es kann den in Frage kommenden Kreisen als Taschenbehelf empfohlen werden. —k.

3701 Die Bibliotheken der deutschen Technischen Hochschulen. Von Dr. P. Trommsdorf. 40 S. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, 1928. Preis M. 2·50.

In vier Abschnitten wird der Werdegang, der Umfang, die Verwaltung und die weitere Ausgestaltung der Bibliotheken der technischen Hochschulen im Deutschen Reiche, einschließlich Danzig, in Österreich sowie in Zürich, Prag und Brünn besprochen, wobei erfreulicherweise festgestellt werden kann, daß die Bibliothek der Wiener Technischen Hochschule dem Umfange nach an erster Stelle steht und auch sonst keinen Vergleich mit den anderen Bibliotheken scheuen muß. Da die Hochschulbibliotheken für die auf die Benutzung technischer Literatur angewiesenen Kreise in erster Linie in Frage kommen — die an sich sehr reichhaltigen Bibliotheken der Patentämter und anderer Behörden sowie der technischen Vereine sind, bei den ersteren aus Dienstesrücksichten, leider auch nur beschränkt zugänglich —, dürfte die kleine Schrift, die auch bezüglich der Bücherverzeichnisse und Bestände der einzelnen Bibliotheken als Nachschlagewerk dienen kann, für alle an der technischen Literatur Interessierten von Wert sein. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 554.

Vereins-Nachrichten.

Sitzungs-Berichte.

Über Beschluß des Vereinsausschusses sollen in der Folge kurze Berichte über wichtige Sitzungen des Ausschusses und der Komitees veröffentlicht werden, um die Mitglieder über die laufenden Angelegenheiten auch während des Jahres zu informieren; zusammenfassend erfolgt diese Berichterstattung — wie bekannt — alljährlich in dem der ordentlichen Generalversammlung vorzulegenden Tätigkeitsbericht. Die laufende Berichterstattung war in der Vorkriegszeit üblich, mußte jedoch dann später im Interesse der Vorbehaltung des verfügbaren Raumes der Zeitschrift für die fachlichen Aufsätze aufgelassen werden.

Ausschussitzung vom 22. Juni 1928.

Anwesend: Präsident Kallir (Vorsitz), die Ausschußmitglieder Döry, Frimmel, Luithlen, Maerz, Pick, Rieder, Schalkhammer, Schlögl, Stradner, sowie Schriftleiter Grünhut und Sekretär Marx.

Tagesordnung: 1. Verifizierung des Protokolles der letzten Ausschußsitzung. 2. Einlauf. 3. Wahl der Mitglieder der ständigen Komitees. 4. Genehmigung der Herausgabe von ergänzenden Bestimmungen der Sicherheitsvorschriften. 5. Allfälliges. 6. Aufnahme neuer Mitglieder.

Zu 1. und 2. Das Protokoll der letzten Ausschußsitzung wird ohne Einwand genehmigt, der Einlauf nach Bericht des Sekretärs erledigt.

Zu 3. Es werden gewählt: *a*) Finanz- und Wirtschaftskomitee: Beron, Frimmel, Luithlen, Maerz, Pernt, Reich, Rothweiler; *b*) Komitee für technische Angelegenheiten: Bambula, Brilli, Döry, Fuchs, Krenner, Pick, Rieder, Schlögl; *c*) Vortrags- und Exkursionskomitee: Döry, Frimmel, Fuchs, Kaan, Kann, Maerz, Pernt, Pick, Schalkhammer; *d*) Redaktionskomitee: Brilli, Döry, Fuchs, Kann, Krenner, Luithlen, Pick; *e*) Bibliothekskomitee: Krenner, Schlögl, Schalkhammer.

Zu 4. Nach dem Bericht des Sekretärs genehmigt der Ausschuß die Herausgabe der vom Regulativkomitee beschlossenen „Vorschriften für Bergwerke" (EVW 19) und die „Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Starkstromanlagen in Theatern wie auch in Rauch- und Saaltheatern, Singspielhallen, Zirkussen u. dergl. (Theatervorschriften)" (EVW 20).

Zu 5. Der Sekretär erinnert an den der 46. ordentlichen Generalversammlung vorgelegten Tätigkeitsbericht des Vereines[1]), in welchem leider festgestellt werden mußte, daß die Entwicklung des Mitgliederstandes in den letzten Jahren keine befriedigende war; es kann ja gewiß nicht verkannt werden, daß die wirtschaftliche Lage der Aufwärtsbewegung des Mitgliederstandes schon seit einer Reihe von Jahren nicht günstig ist, und daß auch andere Fachvereine die gleiche bedauerliche Feststellung machen mußten. Es erscheint notwendig, der Werbung neuer Mitglieder erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Der Ausschuß ist der Ansicht, daß durch die Veröffentlichung laufender Berichte über die Tätigkeit des Ausschusses und der Komitees, die — wie die der Generalversammlung vorgelegten Tätigkeitsberichte zeigen — eine sehr lebhafte und intensive ist, das Interesse der Mitglieder angeregt wird und dies auch der Werbung neuer Mitglieder günstig sein wird; er beschließt in diesem Sinne und beauftragt den Sekretär zur Veröffentlichung der Berichte. Der Ausschuß richtet an alle Mitglieder die Bitte, um die Werbung neuer Mitglieder bemüht zu sein; eine günstige Gelegenheit hiefür bieten die Vortragsversammlungen. Es muß festgestellt werden, daß bei den Vorträgen sehr viele Gäste anwesend sind, deren Interesse an den Vorträgen die Möglichkeit ihrer Werbung als Mitglieder zeigt. Da mit Rücksicht auf die begin-

[1]) Veröffentlicht in Heft 23, S. 582 d. J.

Digitized by Google

nenden Urlaube umfassendere Maßnahmen zur Mitgliederwerbung derzeit nicht zweckmäßig sind, soll die Angelegenheit in der nächsten im Herbst d. J. stattfindenden Ausschußsitzung neuerlich beraten werden.

Zu 6. Die angemeldeten Mitglieder Nr. 8311 bis Nr. 8330 werden aufgenommen.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Über Beschluß des Regulativkomitees (Obmann Direktor Ing. Kallir) sollen Anfragen in Angelegenheit der „Sicherheitsvorschriften" und ihre Erledigung durch Beschuß des Komitees — sofern ihm ein allgemeines Interesse zukommt — in der Folge in der Vereinszeitschrift veröffentlich werden; es ist auch beabsichtigt, diese Anfragen später gesammelt herauszugeben.

1. Anfrage, ob Schmelzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz nach Inkrafttreten der neuen „Sicherheitsvorschriften" — das ist ab 1. September 1927 — für Nennspannungen von 250 V zulässig sind.

Erledigung: Nach § 54, Abs. 2, der neuen „Sicherheitsvorschriften" gelten für Schmelzsicherungen auch die „Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen — EVW 3 —; in EVW 3, Abschnitt II sind Schmelzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz nur für Nennspannungen von 500 und 750 V vorgesehen; nur für Schmelzeinsätze in Steckdosen auch für 250 V Nennspannung.

Der erste Teil der „Sicherheitsvorschriften" (Ausführungsvorschriften) gilt nach § 1, Abs. 8 für die Ausführung von Anlagen, welche nach dem 1. September 1927 in Angriff genommen worden sind; für die am 1. September 1927 bereits bestehenden Anlagen gelten sie nur insoweit, als es sich um nach diesem Zeitpunkt in Angriff genommene grundlegende Veränderungen, Ausbesserungen und Erweiterungen handelt.

Es sind somit Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz für 250 V — ausgenommen die Schmelzeinsätze für Steckdosen — ab 1. September 1927 bei neu errichteten Anlagen nicht zulässig; bei den zu diesem Zeitpunkt bereits bestehenden Anlagen können sie weiter belassen werden, sind jedoch gelegentlich grundlegender Änderungen, Ausbesserungen oder Erweiterungen gegen Sicherungen für 500 V Nennspannung auszuwechseln.

Regulativkomitee-Beschluß vom 15. Mai 1928.

2. Anfrage, ob die Bereitstellung einer Isolierzange in Schaltstationen vorgeschrieben ist.

Erledigung: Die Bereitstellung einer Isolierzange in Schalt- und Transformatorenanlagen ist in den „Sicherheitsvorschriften" nicht vorgeschrieben; für die Bedienung dieser Anlagen ist eine Isolierzange als Schutzmittel wohl notwendig, diese muß jedoch nicht in der Anlage selbst aufbewahrt sein, sondern kann von der Bedienungsmannschaft mitgebracht werden.

Regulativkomitee-Beschluß vom 15. Mai 1928.

3. Anfrage, ob die Bestimmung des § 25, Abs. g, der „Sicherheitsvorschriften" auch auf Schaltstangen anzuwenden ist und daher zwischen spannungführendem Teil und Handgriff der Schaltstangen ein geerdetes Zwischenstück vorzusehen ist oder ob bei Schaltstangen aus Isoliermaterial das geerdete Zwischenstück entfallen kann.

Erledigung: Die Bestimmung des § 25, Abs. g) das geerdete Zwischenstück betreffend, hat auf Schaltungen keine Anwendung. Schaltstangen sollen zweckmäßigerweise ganz aus Isolierstoff bestehen und dürfen dann kein geerdetes Zwischenstück besitzen; das Regulativkomitee beabsichtigt bei der nächsten Revision der „Sicherheitsvorschriften" diese in diesem Sinne zu ergänzen.

Regulativkomitee-Beschluß vom 15. Mai 1928.

4. Anfrage, ob in Wohnräumen die Zuführungsleitungen zu den Schaltern und Steckkontakten im Handbereich durch Rohre geschützt sein müssen.

Erledigung: Nach § 47, Abs. 1, der „Sicherheitsvorschriften" müssen festverlegte isolierte Leitungen durch ihre Lage oder durch besondere Schutzverkleidungen vor Beschädigungen geschützt sein. Wenn in Wohnräumen eine Beschädigungsmöglichkeit der Zuführungsleitungen zu den Schaltern und Steckkontakten auch im Handbereich nicht anzunehmen ist, kann der besondere Schutz dieser Leitungen zum Beispiel durch Rohre im allgemeinen entfallen.

Regulativkomitee-Beschluß vom 15. Mai 1928.

5. Anfrage, ob Instandhaltungsarbeiten an Telephonleitungen, welche an Hochspannungsgestängen verlegt sind, unter Spannung zulässig sind.

Erledigung: Instandhaltungsarbeiten an den Telephonleitungen sind — ohne die Hochspannungsleitung spannungslos zu machen — nur dann zulässig, wenn es sich um Arbeiten handelt, bei welchen im Sinne des § 78, Abs. d) der „Sicherheitsvorschriften" ein ausreichender und zuverlässiger Schutz der Arbeitenden möglich ist. Zu solchen Instandhaltungsarbeiten ist keinesfalls die Auswechslung oder Neuverlegung von Telephondrähten zu rechnen, da es nicht möglich ist, gegen das Abschnellen der Drähte einen ausreichenden Schutz vorzukehren.

Regulativkomitee-Beschluß vom 15. Mai 1928.

Wien im Juli 1928.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär:
Ing. Marx e. h.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	13. VIII. 1928	15. VIII. 1928	17. VIII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	140	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH in Blöcken . . .	190	190	—
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	—
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	—
Antimon-Regulus	86—91	86—91	—

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 17. August 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	7	6	62	8	9
Standard 3 Monate .	62	17	6	62	18	9
Zinn:						
Engl. Ingots	213	10	0	214	10	0
Standard Kassa . .	215	15	0	216	0	0
Standard 3 Monate .	211	0	0	211	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	12	6	24	15	0
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea . .	25	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally). Wien. V., Wiedner Hauptstraße 96.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 2. September 1928 | Heft 36

Österreichs Energieerzeugung auf der Grazer Energiewirtschaftsausstellung.

Von Ing. Dr. Josef **Ornig**, Graz.

Im Rahmen des Festprogrammes für die Achthundertjahrfeier der Stadt Graz war eine große Energiewirtschaftsausstellung[1]) geplant. Manche Umstände sprachen gegen die Ausführung dieses Planes: Die Lage der Stadt außerhalb des mitteleuropäischen Fremdenverkehrs — war doch sogar die Weltkraftkonferenz in Basel ein finanzieller Mißerfolg —, die Verbindung der rein wissenschaftlich und wirtschaftlich gedachten Ausstellung mit einer „Messe" mit dem unvermeidlichen Kram, der sich dort breit macht, und nicht zuletzt die unzulänglichen Geldmittel — vergleicht man damit deutsche Ausstellungen. Aber trotz alledem muß dem Unternehmen ein Erfolg zugesprochen werden, und das Geleistete voll anerkannt werden. Die heimischen Behörden, die Versuchsanstalt für Wasserbau (Prof. Schaffernack von der Wiener Technik), die industriellen Fachverbände, die Montan- und Papierindustrie, die Turbinen- und Elektrofirmen, haben wertvolles Material, übersichtlich und belehrend vorgeführt; wir heben als besonders gelungen hervor die Modelle und Darstellungen der Kohlenwirtschaft und Flußregulierung. Ob es empfehlenswert war, die reichhaltige Ausstellung über den elektrischen Unfall in diesen Rahmen einzufügen, mag dahingestellt bleiben.

Im nachfolgenden sei die Ausstellung der österreichischen Elektrizitätsgesellschaften im einzelnen besprochen, um das hier gesammelte Material über die vorübergehende Aufgabe dieser Ausstellung hinaus einem breiteren Leserkreis bekannt zu machen. Da man damit rechnen kann, daß in der Folge, etwa zur Weltkonferenz im Jahre 1930 in Berlin, eine abermalige Ausstellung dieser Fachgruppe erfolgen wird, so sollen die nachfolgenden Zeilen nicht nur das Anerkennenswerte hervorheben, sondern in sachlicher Kritik die Richtlinien für eine folgerichtige Entwicklung und Weiterarbeit bringen; wir unterlassen die Berichterstattung, soweit Material schon in Basel gezeigt oder sonst veröffentlicht ist.[2]) Erwähnt sei, daß die Aussteller dieser Gruppe ihr Material auf Grund einheitlich aufgestellter Richtlinien beibrachten; dies hat, fußend auf der Vorarbeit und den Erfahrungen von Basel, im großen und ganzen gut geklappt. Die einzelnen Gesellschaften, Industrien und Elektrizitätswerke haben sich auch in anerkennenswerter Weise der leitenden Gesamtidee untergeordnet, mit wenigen Ausnahmen programmgemäß ihre Raumeinteilung bekanntgegeben und ihr Material zeitgerecht zugesandt und ausgestellt. Bedauerlicherweise konnten sich nach langem Schwanken die Illwerke in Vorarlberg nicht zur Ausstellung entschließen, obwohl gerade diesen Arbeiten das aktuellste Interesse gegolten hätte[3]). Auch maßgebende Tiroler- und Donauprojekte fehlten, obwohl sich gerade hier hätte zeigen können, welch technisch und wirtschaftlich reife Entwürfe vorliegen.

Die Plandarstellung und die gebrachten Lichtbilder zeigten eine anerkennenswerte technische Höhe, was man leider von den zur Belebung besonders erwünschten Modellen nicht immer sagen kann[4]). Manche Aussteller entwickeln mit großer Offenheit einerseits ihre Betriebs- und Wirtschaftsergebnisse, andererseits ihre Zukunftspläne, während andere leider in mehr oder weniger nichtssagenden Darstellungen ihre Vergangenheit und Zukunft eher zu verschleiern trachten.

Die Abteilung ist in einer großen achteckigen Halle untergebracht, die Mittelhalle nahmen die städtischen Elektrizitätswerke Wien, und die Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts A.-G. (NEWAG) in Anspruch, die umgebenden acht Zellen erfüllen die einzelnen Ländergesellschaften und die Kraftwerke der Bundes-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 12, S. 270.

[2]) Vgl. die eingehenden Berichte über Basel in dieser Zeitschrift, E. u. M. 1926, S. 841 ff., ferner Reindl, E. u. M. 1928, H. 8, S. 170 ff.

[3]) Über das Ausbauprogramm der Illwerke vgl. E. u. M. 1927, S. 776.

[4]) Erwähnt sei, daß nach meinem Dafürhalten Modelle von Hochdruckanlagen eigentlich wenig befriedigen, da gerade das Wesentliche einer Wasserkraftnutzung wie Stollen- und Schachtführungen, sowie das Gefälle bei unverzerrtem Maßstab nur unzulänglich zum Ausdruck kommen, und gegenüber dem „Landschaftlichen" verschwinden; sie passen eher in eine „Fremdenverkehrsausstellung". Man sollte daher bei solchen Reliefs das Hauptgewicht auf die räumliche Darstellung der Wasserfassung und Wasserführung in größerem Maßstab und durch auffallende Farbengebung legen; sonst sollte man sich lieber mit charakteristischen Schnitten oder mit schematischen Raumbildern (Perspektiven) begnügen.

Digitized by Google

bahnen; schwarze und weiße Kohle ist organisch eingegliedert, in den einzelnen Zellen stellen die maßgebenden Gesellschaften des betreffenden Landes gemeinsam aus, so daß sich in der Zusammenarbeit eine, für unsere künftige Verbundswirtschaft immer notwendiger werdende Verbindung praktisch betätigte und auch den Beschauer die organische Gliederung und die Zusammenhänge unserer Energiewirtschaft schon durch die räumliche Anordnung augenscheinlich wurden.

Dank dieser Gliederung hebt sich diese österreichische Sonderschau auch durch ihre systematische Anordnung von manchen übrigen Hallen vorteilhaft vorteilhaft ab; sie trägt sogar mit ihrer einheitlich durchgeführten Einrahmung und Verglasung der Bilder, sowie der Bemalung und Beschriftung der Zellen gewissen ästhetischen Rücksichten Rechnung. Wir wollen aber bei dieser Gelegenheit alle Aussteller für die Zukunft daran erinnern, daß es nicht darauf ankommt, möglichst viel zu zeigen, sondern nur das Beste auszuwählen und dies in vollendeter Form darzustellen, sowie gut und nicht zu gedrängt zu hängen[5]).

Statistische Abteilung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und des Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamtes (W. E. W. A.).

Das von Basel her bekannte Grundmaterial wurde auf den heutigen Stand ergänzt. Die Zahlenangaben wurden auch durch Schaubilder (Diagramme) anschaulicher, nur die Darstellung bezüglich der Fernleitungen scheint noch nicht voll gelungen; die Beschreibung (Definition) des Dargestellten sollte möglichst klar und eindeutig sein.

Die Reihenfolge der Länder bei statistischen Angaben sollte weder nach dem Alphabet, noch nach den gesetzlichen Bestimmungen, sondern nach ihrer geographischen Lage und ihren wirtschaftlichen Beziehungen versucht werden, etwa so wie in dem Buche des Autors, „Österreichs Energiewirtschaft": Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Kärnten, Tirol, Vorarlberg. Nur das Burgenland ist schwer einzupassen (auch ein Beweis dafür, daß es auf Niederösterreich und Steiermark aufgeteilt gehört), man kann es etwa nach Niederösterreich oder nach Steiermark oder, da für die Energiewirtschaft ohnedies von geringerer Bedeutung, auch am Schluß bringen. Unbedingt ist aber Wien getrennt und nicht gemeinsam mit Niederösterreich anzuführen, weil sonst diese Angaben (besonders Kopfquoten) jeden Vergleichswert verlieren. Diese Grundsätze sind übrigens auch in den Veröffentlichungen des Bundesamtes für Statistik befolgt.

Der in der Zeitschrift[6]) vor kurzem enthaltene eingehende Bericht des W. E. W. A., enthebt von der Notwendigkeit, nähere Zahlenangaben zu bringen, doch seien einige allgemeine Bemerkungen zur österreichischen Energiestatistik hier eingefügt.

Es ist anzuerkennen, daß die beiden staatlichen Stellen nunmehr gemeinsam arbeiten; es wird Aufgabe des Verbandes der Elektrizitätswerke und des Elektrotechnischen Vereines in Wien sein, bei der „Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs" die Verbindung mit den einschlägigen Veröffentlichungen der Behörden und des reichsdeutschen Verbandes herzustellen. Es ist begrüßenswert, daß die behördliche Statistik neuerdings die Eigenanlagen einbezieht, daß man die Kleinanlagen nur nebensächlich behandelt und die Angaben nicht auf die Installation beschränkt, sondern auf die „Erzeugung" erweitert[7]). Für die Zukunft wird man aber auch den Verbrauch nach Ländern und Produktionsstätten aufnehmen müssen, so schwierig dessen Erfassung im einzelnen sein mag, da mit dem Wachsen der Verbundwirtschaft die Verschiebung zwischen Erzeugung und Verbrauch immer größer wird[8]).

Interessant ist der Vergleich der bereits gebauten Fernleitungen mit den theoretisch angemessenen nach Weiner[9]). Der Meinung des Berichterstatters nach, müßte jedoch neben dem Gesichtspunkt der Stromversorgungsmöglichkeit auch die Ausbauwürdigkeit vom Standpunkte der Wirtschaftlichkeit treten, wobei man auf die Schichtung der Bevölkerung nach Aufnahmsfähigkeit von Energie und wirtschaftlicher Tragfähigkeit (Industrie und Landwirtschaft, Stadt und Land) Rücksicht nehmen müßte[10]), weiters ob und inwieweit in einem Gebiete bereits Eigenanlagen bestehen; daraus ließen sich Widersprüche der errechneten Ergebnisse mit den tatsächlichen Verhältnissen erklären. (Zum Beispiel Burgenland, wo ich die optimistische Einstellung des W. E. W. A. nicht teile).

Eine übersichtliche Darstellung der österreichischen Staubecken sowohl für Wasserkraft als auch landwirtschaftliche Zwecke zeigt, daß bisher 100 Mill. m³ (davon 70 Mill. m³ seit dem Jahre 1918) ausgebaut sind, 60 Mill. m³ stehen im Bau und Projekte für weitere 800 Mill. m³ liegen vor. Auch eine Sammlung von Merkblättern, die das Material über jeden einzelnen Speicher bringen, wurde begonnen. Doch muß an dieser Stelle wieder die Forderung gestellt werden, daß Wasserkraftspeicher getrennt auszuweisen und nicht nur nach Rauminhalt, sondern nach ihrem Energiewert zu beurteilen sind.

[5]) Der Geschmack unserer technischen Ausstellungen wurzelt noch vielfach in dem Geist, welcher unsere Museen einst gleich Magazinen vollpfropfte und deren Wände wie ein Briefmarkenalbum von oben bis unten beklebte. Ausstellungsstücke hingegen wirken heute nur, wenn sie in passender Umrahmung und entsprechendem Raumabstand von den nachbarlichen Gegenständen ihre Eigenart zur Geltung bringen können.

[6]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 716.

[7]) Wasserwirtschaft, Wien 1928, Heft 3.

[8]) Dies gilt zum Beispiel für E. u. M. 1928, H. 26, S. 717, Tafel 2; vgl. hingegen Ornig „Österreichs Energiewirtschaft", Verlag Springer, Abb. 8 u. 9, Tabelle 4.

[9]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 148 und 1928 Heft 26, S. 719, Tafel 2 u. 3.

[10]) Vgl. hiezu Ornig „Österreichs Energiewirtschaft", Abb. 11.

Digitized by Google

Zusammenfassend sieht man aus diesen Arbeiten und auch in den Darstellungen einzelner Gesellschaften, daß der Sinn und das Verständnis für den Wert und die Notwendigkeit einer Statistik im Wachsen ist. Es sei aber auch an dieser Stelle unterstrichen, daß viele Unternehmungen in der unsinnigen Elektrizitätssteuer ein Hindernis für ein offenes Bekenntnis ihrer energiewirtschaftlichen Betriebsergebnisse sehen, was jedenfalls deren lückenlose Erfassung sehr erschwert.

Donauentwürfe. Aus einer mustergültigen Zusammenstellung und planlichen Darstellung aller bekanntgewordenen Donauentwürfe durch das Ministerium greifen wir Tabelle I heraus. Im Einzelnen stellen Dr. Söllner und die Baufirmen Mayreder und „Universale" aus.

Oberösterreich: Stern & Hafferl und Oberösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitäts A. G. (OWEAG).

Stern & Hafferl zeigt in einer ausgezeichneten übersichtlichen Darstellung die großartige Entwicklung dieses österreichischen Pioniers in der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie von den ersten Anfängen der Elektrotechnik bis zu seiner heutigen Höhe als größte österreichische Landesgesellschaft. Mit Rücksicht auf die kürzlich hier erfolgte eingehende Darstellung kann von einer Wiedergabe der Entwicklung abgesehen werden[11]).

Die Gesellschaft stellt auch ihr Belastungsgebirge für das Jahr 1927 aus, getrennt für die Pflichtlieferung und einschließlich der erzielten Überschußlieferungen. Man sieht, welche hohe Ausnützung ein stark unterschiedener Verbrauch bei einer gesunden Tarifpolitik erzielen läßt.

[11]) Vgl. F. Kotschi, Die Entwicklung der Elektrizitätswerke Stern & Hafferl A. G., E. u. M. 1928, H. 26, S. 721.

Weiters finden wir eine interessante Absenkung des Gosausees durch eine schwimmende Pumpanlage, sowie die durch das Ingenieurbüro Schachermayer-Sing neu bearbeitete und mustergültig dargestellte Traunstufe Saag (vormals Hinterschwaiger Projekte[12]).

Eine Zusammenstellung der Traunprojekte der Stern & Hafferl A. G., Linz, zeigt Tabelle II.

Tab. I. Entwürfe von Donaukraftwerken.
Zusammenstellung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft.

Bezeichnung	Entwurf	Jahr	Ausgenützte Stromlänge km	Stufen	m³/s	Gefälle m	kW max	kW mittel	10^6 kWh
Aschach	Syndikat Wallsee	1915	35	1	360—1230	8—13·5	80 000	120 000	700
Wallsee	„ „	1917	29	1	500—1400	8—13·5	100 000	135 000	800
Struden *a*)	Mayreder-Universale, SSW	1926	21	1	370—1520	1·6—10·5	65 000	90 000	558
Persenbeug (Weins) *b*)	Höhn	1924	29	1	400—1500	4 - 9	75 000	87 000	644
Tullnerfeld (Krems-Korneuburg)	Bertschinger	1917	54	3	560—1200	7·1, 7·2, 7·6	115 000	145 000	1400
Wien-Schönau *c*)	Söllner	1910	32	3	55-600-1400	14, 8, 3	100 000	145 000	830
Langenzersdorf-Schönau	Donau-Regul.	1920	32	3	50—360	6·2, 2·1, 2·2	15 000	28 000	180
„ „	„	1920	32	3	50—360	5, 2, 4·3	15 000	28 000	180
Marchfeld	Janesch, Elin	1920	38	2	140—200	5·4, 7·6	13 000	17 000	120
Korneuburg-Schönau *d*)	Pernt, Redlich	1926	36	2	360—1100	15·4	38 000	95 000	330
Wien-Marchfeld *e*)	Schubert, Rella Co.	1927	42	2	400—1000	10·7, 8·3	82 000	127 000	710
Marchfeld	Grünhut, Elin	1927	36	1	450	8, 12·8	31 000	38 000	267

a) Dimbacherspeicher 96 000 kW.
b) Variante Kraftanlage bei Schloß Persenbeug 105 000 kW.
c) Pumpspeicher Bodenwiese-Payerbach.
d) Speicherinhalt 30 Mill. m³.
e) Akkumulierungs- und Kompensationsweiher.

Die OWEAG bringt außerordentlich wertvolle Beiträge über den Abflußverlauf österreichischer Flußgebiete, sowie Vergleichswerte und Berechnungsergebnissen ihres Prognosendienstes (Verfasser Ing. Beurle[13]). Die Darstellung der Speicherprojekte der OWEAG

Tab. II.

	Ausbau kW	Jahresarbeitsvermögen 10^6 kWh
Saag	18 000	117
	18 000	124
Hörsching	22 000	132
Linz 1	25 000	167
Linz 2 (Hafen)	6 000	37
Summe	89 000	577

im Einzugsgebiet der Mühl, ist jedoch recht dürftig ausgefallen, die den Techniker interessierenden Angaben wie Mauertype, Mauerkubatur, Inhaltskurve etc. fehlen, auch vermissen wir Pläne über die Projekte der unteren Enns, die unseres Wissens in Basel ausgestellt waren, hier aber nur in einer Landkarte vermerkt sind; wir fügen in Tabelle III deren Daten an, die gegenüber älteren Veröffentlichungen um ein Kraftwerk anschließend an die steirische Grenze vermehrt sind[14]).

[12]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 13, S. 284.
[13]) Vgl. Kvetensky, E. u. M. 1928, H. 17, S. 375.
[14]) Vgl. Kvetensky, E. u. M. 1928, H. 13, S. 283.

Digitized by Google

Tab. III.
Ennsprojekte der OWEAG.

	Ausbau kW	Jahresarbeitsvermögen 10^6 kWh
Kastenreith . . .	28 000	183
Großraming . .	14 000	96
Uferer	14 000	101
Losenstein . . .	14 000	102
Ternberg	19 000	118
Sand	19 000	123
Untere Enns . .	40 000	266
Summe . .	148 000	989

Steiermark: Steiermärkische Elektrizitäts-Gesellschaft (STEG) und Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. (STEWEAG).

Die STEG bringt ihre für die Entwicklung der Flußkraftwerke bahnbrechenden Murwerke Peggau und Lebring, und vor allem die größte Wasserkraftanlage im alten Österreich Faal a. d. Drau[15]). Dieses höchste Schützenwehr Europas (von der Gründungssohle bis zu den Windwerken 65 m hoch, Gründungstiefe 22 m) wird in einem ausgezeichneten Modell — dem besten der ganzen Ausstellung — auch dem Laien verständlich. Der Verlust dieser herrlichen Wasserkraftstufe läßt uns mit Wehmut an die großzügigen Pläne Roßhändlers erinnern[16]), welche bei Erhaltung des Drau- und Thayagebietes Österreichs Energieversorgung zweifellos anders und wirtschaftlicher gestaltet hätten. Auch bedauern wir, daß dieses technisch so hochinteressante Bauwerk in unserer Literatur noch keine eingehende Würdigung gefunden hat.

Tab. IV. Ausbau der Teigitschkraftwerke.

Ausbauzustand	Speicherinhalt Mio m³	Speicherinhalt Mio kWh	max. Rohgefälle m	Höchstleistg kW	Arbeitsvermögen Mio kWh Jahr	dv. Winter	%
Bestand	0·3	0·15	258	20·000	57	22	(39)
Zubau: +Speicher Pack + 3. Masch. Arnstein .	6·3	3·15	258	28·500	59	25	(42)
+Speicher und Stufe Stampf:	13·0	9·1	339	36·900	75	38	(48)
Vollausbau: +Speicher und Stufe Hierzmann: . .	20·0	15·5	443	47·900	93	50	(54)

Die STEWEAG zeigt den Vollausbau der Speicher- und Kraftanlagen im Teigitschgebiete[17]) auf Grund neuerer Untersuchungen (Tabelle IV) ihres Ing. Grengg und weiters eine neue Lösung des Ennskraftwerkes im Gesäuse (Tabelle V): Die Wehrfrage (Walzen-), die Kläranlage (Dufour), das hydraulische Problem (Freispiegelstollen, Speicher, Druckstollen), die Lösung der Zentrale: drei Großmaschinen mit je 50 000 bis 60 000 kW, die unmittelbare Umspannung auf 200 000 V bilden entscheidende Neuerungen. Außerdem ist die Kraftstelle „Gruber" im Vergleich zur Kraftstelle „Weißenbach" durchprojektiert; im Zusammenhang mit den genannten Neuerungen scheint letzterer Lösung der Vorzug in wirtschaftlicher und auch technischer Hinsicht zuzukommen. Die Übersichtspläne Teigitsch und Enns beweisen, wie man auf knappstem Raum möglichst viel darstellen kann. Auf eine anschauliche Darstellung — ausgestellt in Gruppe 1) — der Zusammenarbeit des Laufwerkes Pernegg[15]), des Speicherwerkes Teigitsch und der Schoeller-Dampfanlagen sei hingewiesen.

[15]) Rosshändler, E. u. M. 1925, S. 710 ff.
[16]) Vgl. E. u. M. 1917, S. 585; 1918, S. 126.
[17]) Beschreibung des Teigitsch-Kraftwerkes siehe E. u. M. 1922, S. 265; 1924, S. 89; 1925, S. 557.

Tab. V. Ennskraftwerk im Gesäuse.
STEWEAG-Entwurf.

	Hauptentwurf Kraftwerk Weissenbach	(Wahlentwurf) Kraftwerk (Gruber)
Höchstwassermenge		
Zuleitung m³/s	60	
ab Speicher m³/s . . .	100	
Speicherinhalt Mill. m³ .	3	
Mittleres Nutzgefälle m .	197	(185)
Ausbaugröße 1000 kVA .	195	(180)
Jahresarbeitsvermögen Mill. kWh . .	620	(580)

Steirische Industrie, steirische Elektrizitätswerke.

Außerordentlich lehrreich ist die Gegenüberstellung eines alten Wasserrades (Originalzeichnung aus dem Jahre 1846) der Firma Böhler mit ihren modernen Anlagen in Kapfenberg und Waidhofen (Kaplan-Turbine). Außerdem erwähnen wir Leykam-Josefsthal, Pölser Papierfabrik und die Hochofengastbetriebe und Leitungsbilder der Alpine Montangesellschaft, sowie der Dampfanlagen der Schoeller-Bleckmannwerke.

Tab. VI. Energieverbrauch der Stahlwerke Schoeller-Bleckmann in Ternitz und Mürzzuschlag.

	Gesamt Mill. kWh	dv. Wasserkraft*), vH
1923	24·8	(24)
1924	24·9	(24)
1925	26·3	(23)
1926	28·0	(72)
1927	32·6	(90)

*) Eigenanlagen, ab 1926 außerdem STEWEAG-Bezug.

Von den steirischen Elektrizitätswerken führen Bruck, Feldbach, Pichler, Pölswerke seit Jahren mustergültige statistische Aufzeichnungen; aus einer vom Baubüro der STEWEAG verfaßten Zusammenstellung ergeben sich die Werte der Tabellen VI, VII und VIII:

Tab. VII.
Entwicklung der Elektrizitätswerke.

Jahr	Bruck	Pölswerke	Pichler	Feldbach
	Jahreserzeugung Mill. kWh			
1911	—	1·6	0·6	0·1
1915	13·0	2·4	1·0	0·5
1920	10·0	4·1	1·5	0·9
1925	10·8	4·2	3·2	0·9
1926	9·0	4·2	3·6	1·1
1927	13·6	4·7	3·8	1·2

[18]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 664.

Digitized by Google

Tab. VIII.

Jahreserzeugung der steirischen Elektrizitätswerke 1927.

	Mill. kWh	Anteil in vH
STEG	54·5	(48)
STEWEAG	43·4	(38)
ALPINE, KÖFLACHER	15·1	(14)
	113·0	(70)
16 Elektr. Werke über 250 kW	42	(25)
27 „ „ unter 250 „	6	(5)
	161	(100)

Das EW der Stadt Graz[19]) fesselt auch den Laien mit einer wirkungsvoll durchleuchteten Darstellung ihres Kabelnetzausbaues, einem Belastungsgebirge der letzten drei Jahre, sowie Schaulinein der Entwicklung über 25 Jahre (vgl. auch Tabelle IX). Ein Vergleich mit den anderen Werken beweist, wie weit Graz trotz dieses raschen Aufstieges der letzten zwei Jahre bezüglich der Ausgeglichenheit und der absoluten Höhe der Erzeugung noch zurücksteht; hier könnte ein moderner Haushalttarif bahnbrechend eingreifen.

Tab. IX.

Entwicklung des E. W. Graz.

Jahr	Anschlußwerte				Energieverbrauch			Höchstspitze kW
	kW	dv. in vH			kWh	dv. in vH		
		Licht	Wärme	Kraft		Licht	Kraft	
1910	3000	(84)	(8)	(8)	900 000	(71)	(29)	800
1915	6000	(62)	(18)	(20)	1 200 000	(61)	(39)	1100
1920	8000	(62)	(12)	(26)	3 000 000	(60)	(40)	1700
1925	13000	(54)	(20)	(26)	4 500 000	(67)	(33)	3600
1926	16000	(52)	(20)	(28)	5 800 000	(65)	(35)	4200
1927	18000	(52)	(25)	(23)	7 100 000	(70)	(30)	4700

Im übrigen haben sich die steirischen Elektrizitätswerke darauf beschränkt, in gut ausgewählten Lichtbildern charakteristische Einzelheiten ihrer Anlage zu bringen.

Kärnten. (Tab. X bis XV.)

Dem verdienstvollen Leiter der Kärntner Landeskraftstelle Wallak ist viel gut durchgearbeitetes, einheitlich dargestelltes Material zu danken; es stellen aus: Die Kärntner Landeskraftstelle mit den Großprojekten und ihrer Erzeugungsmöglichkeit, die Mühldorfer Kraftwerke mit ihren Projekten, die KAEWAG mit den Ergebnissen der kärntnerischen Verbundwirtschaft, die Elektrizitätswerke Klagenfurt, Villach, St. Veit und die Ferlacher Eisen- und Stahlwerksindustrie.

Tab. X.

Ausgebaute Kärntner Kraftwerke.

Arbeitsvermögen in Mill. kW und Nutzung nach Abnehmergruppen.

	Jahresarbeit		Nutzung %
	möglich	erreicht	
	Mill. kWh		
El. Werke (Nahrungsmittel)	105	56	(52)
Chemie	33	32	(92)
Holz und Papier	69	53	(75)
Bergbau	25	12	(50)
Metalle (Stahl)	22	15	(73)
Baumaterial (Zement, Magnesit)	27	11	(40)
Verkehr (Tunnellüftung)	10	2	(18)
Kleinanlagen	18	3	(16)
	309	184	(59)

Die Kärntner Großprojekte zeigen für eine Energielieferung außerhalb des Landes nach meinem Dafürhalten noch eine zu große Unterteilung und verdienten eine möglichst zusammenfassende Neubearbeitung. Auch scheinen mir von den Seenprojekten die Wörthersee und die Millstätterstufe mit Rücksicht auf den Fremdenverkehr wenig aussichtsreich.

Tab. XI.

Übersicht über Kärntner Kraftwerkbestand und -Entwürfe.

Kraftwerke im Bau	Jahresarbeit in Mill. kWh	Geplante Flußkraftwerke	Jahresbeitrag in Mill. kWh	Geplante Seekraftwerke[20])	Jahresarbeit in Mill. kWh
Mölltal:		Mölltal	145	Fragant (Oschenigsee)	85
Mallnitz B. B.	50	Oberes Drautal	227	Weissensee	54
Liesertal:		Liesertal	98	Millstättersee	90
Kaning	22	Gailtal	179	Faakersee und Keutschaersee	7
Seekraftwerke		Mittel. und unteres		Drau-Wörthersee	248
Mühldorf	96	Drautal	335	Seen-Speicherwasser in Möll-	
		Glantal	16	und Draustufen	24
		Gurktal	58		
		Lavanttal	38		
Summe:	168	Summe:	1.096	Summe:	508

Eine vom Baubüro der STEWEAG verfaßte Übersichtskarte von Steiermark — Kärnten mit den bestehenden Kraftanlagen, Fernleitungen, Industrien verdient ob ihrer übersichtlichen Darstellung Erwähnung.

In der planlichen Darstellung ist das Arbeitsvermögen mit Kreisen von größerem Durchschnitt dargestellt, als die entsprechende Installation, was ungewohnt und auch nicht zweckmäßig ist. Richtiger ist es, das Arbeitsvermögen als Mittel-

[19]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 718.

[20]) Vgl. a. E. u. M. 1922, S. 389.

Digitized by Google

leistung $\left(\frac{\text{Jahresarbeit}}{8760}\right)$ im selben Maßstab wie die Installation zu zeichnen, so daß das Verhältnis der Kreise unmittelbar die Ausbaugröße $\left(\frac{kW_{max}}{kW_{Mittel}}\right)$ ergibt.

Mit besonderer Gründlichkeit und dankenswerter Offenheit sind auch die wirtschaftlichen Ergebnisse der Elektrizitätswerke ver-

Tab. XII.

Ausbaumöglichkeit des Forstsees[21]).

Zufluß	Stauziel m ü. M.	Absenkung m ü. M.	Installation kWh	Arbeitsvermögen Mill. kWh	davon Winter vH
Metaubach . . .	601	586	2500	1·8	(80)
	601	580	4500	1·8	(90)
Köstenbergerbach	601	580	6500	3·5	(60)
	606	580	6500	3·6	(75)

öffentlicht. Den Einfluß der Geldentwertung auf die Einnahme und Strompreise zeigt das E. W. Klagenfurt und regt damit die Behandlung dieses so wichtigen Gegenstandes auf breiterer Grundlage an[22]).

Tab. XIII.

Kraftwerksgruppe der Kärntner Verbundwirtschaft (Leitungsnetz 154 km).

	Installation kW	Arbeitsvermögen Mill. kWh	Erzeugung 1927 Mill. kWh
Forstsee	2500	1·8	1·45
E. W. Klagenfurt	3500	20·0	10·39
E. W. St. Veith	1000	4·9	2·45
Gurkwerk Launsdorf . . .	1100	6·5	0·24
Hüttenberg Alpine	600	2·5	2·25
Althofen	400	1·2	0·42
	9100	36·9	17·20

Versorgungsgebietes erkennen läßt (720 Gemeinden, Anschlußwert 63 000 kW).

Tab. XV.

E. W. Klagenfurt. Entwicklung der Stromerzeugung und des Ertrages.

Jahr	Erzeugung Mill. kWh	Gesamteinnahme ÖK	Kraft- und Lichtstromertrag Gh/kWh	Lichtstrompreis c) Gh/kWh
1914	5·1	600 000	11·8	45
1920	7·7	**110 000**	**1·5**	**5**
1925	10·3	980 000 *a*)	9·3 *a*)	27
1926	10·9	1 220 000 *a*)	11·0 *a*)	36
1927	11·1	1 300 000 *b*)	12·0 *b*)	38

a) einschließlich Gemeindeumlage 30 vH.
b) einschließlich Gemeindeumlage 20 vH.
c) bei 480 Benützungsstunden.

Die städtischen Elektrizitätswerke Wien.

bringen reichhaltiges, gut dargestelltes, für den Fachmann und Laien interessantes Material, welches teils in Basel, teils in Wiener Ausstellungen schon ausgestellt war[23]). Die Modelle stehen

Tab. XVI.

Entwicklung des E. W. Wien.

Jahr	Erzeugung Mill. kWh	Anteil in % Wasserkraft	Kohle Inland	Kohle Ausland	Anzahl der angeschlossene Anlagen	Zähler	Höchste Tageserzeugung kWh
1914	211	(3)	(—)	(97)	116 000	125 000	831 000
1919	229	(4)	(21)	(75)	183 009	139 000	900 000
1925	417	(26)	(32)	(32)	452 000	—	
1926	448	(35)	(32)	(33)	501 000	—	
1927	478	(36)	(32)	(32)	—	545 000	2 099 000 *a*)

a) mit höchster Tagesspitze von 166 000 kW. Die kleinste Sommertagesbelastung beträgt 1 140 000 kWh mit 70 000 kW.

Tab. XIV.

E. W. Klagenfurt, Villach, St. Veith a. d. Gl., Betriebsjahr 1927.

		Anteil in vH Licht	Wärme	Kraft Industrie	Kraft Übrige	Straßenbahn	Verluste
Klagenfurt	Anschluß kW 15 300	(24)	(24)		(45)	(8)	
	Erzeugung Mill. kWh 11·06 *a*) . .	(42)			(23)	(4)	(26)
Villach	Anschluß kW 8 300	(24)	(27)		(49)		
	Erzeugung Mill. kWh 24·376 *b*) . .	(16)		(55)*)	(8)		(21)
St. Veith a. d. Gl.	Anschluß kW 2 800						
	Erzeugung Mill. kWh 2·6 *c*) . .	(6)	(10)		(44)		(40)

a) dv. Forstsee 500 000.
b) Gailwerk 18 911 000 (vgl. E. u. M. 1912, S. 201), Arriach 5 465 000 (vgl. E. u. M. 1922, S. 281).
c) Passering 2 411 000 (vgl. E. u. M. 1922, S. 390), Launsdorf 138 000, Forstsee 38 000.
*) Zellulosefabrik.

Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts A. G. (NEWAG).

Von der NEWAG finden wir bekanntes Material von der Baseler Ausstellung, vor allem ihre große Energiewirtschaftskarte, welche die weitgehenden Intensivierung ihres

hier über den Durchnitt. Die werbende Darstellung der Wirkungsweise und Verwendungsmöglichkeiten eines Heißwasserspeichers verdient besonderes Lob[24]).

Salzburg.

Die Salzburger Elektrizitätswerke bringen die in der Literatur bereits veröffentlichten Pläne

[21]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 388; 1925, S. 149.
[22]) Vgl. W. Winkler, E. u. M. 1926, „Das El.-Werk", S. 117.
[23]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 625 ff.
[24]) Vgl. „Das El.-Werk" 1926, S. 95; 1927, S. 78.

Digitized by Google

ihrer Elektrizitätswerke Strubklamm[25]) und Wiestal[26]).

Tirol.

Das größte Wasserkraftwerk Österreichs am Achensee[27]) ist von der TIWAG in mehreren Lichtbildern und Plänen dargestellt, von denen der Bauvorgang im Stollen und Druckschacht besonders lehrreich sind. Reichhaltige Lichtbildermappen bringen wertvolle Einzelheiten von der Baudurchführung und der Installationen.

Die Tiroler Landeskraftstelle stellt eine übersichtliche Karte über alle bestehenden Kraftwerke und Leitungen Tirols aus.

Kraftwerke der Bundesbahnen.

Die reichhaltige und durch neue Darstellungen ergänzte Ausstellung der Kraftwerke Ruetz, Spullersee, Mallnitz, und Stubach ist von Basel und aus der Literatur bekannt[28]).

[25]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 211.
[26]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 193.
[27]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 690; 1927, S. 850; 1928, H. 26, S. 646 ff.
[28]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 32, S. 834, Fußnote 5.

Der Ausbau der österreichischen Landessammelschiene. Ornig und Grengg entwickeln Skizzen für den Ausbau der österreichischen Sammelschiene[29]) und ihre Eingliederung in das reichsdeutsche Versorgungsnetz, welche Studie trotz aller Unsicherheit der künftigen Entwicklung die Aufmerksamkeit auf eine einheitliche Gestaltung der Energiewirtschaft lenken soll. Es ist beabsichtigt, diese Studie später in einem Sonderberichte zu veröffentlichen.

* * *

Wenn man für eine künftige Ausstellung Wünsche äußern soll, so liegen sie schon größtenteils in der Kritik des Gebrachten. Wir wünschen auch eine Erweiterung und Ergänzung der Betriebswirtschaft, der Tarifpolitik und der Zukunftsabsichten. Weiters wäre es zu begrüßen, wenn eine Sammlung von Betriebsaufzeichnungen (das E. W. Wolfsberg bringt ein solches Beispiel), Tagesrapporten im Kraftwerk und Unterwerk, Tarifblättern, Rechnungsformularen usw. ausgestellt würde.

[29]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 13, S. 277 u. H. 26, S. 637.

Regelsätze und Netzkupplung.

Von Dr. W. **Seiz**, Baden (Schweiz).

(Fortsetzung aus Heft 35, Seite 873.)

Der Grundsatz, den Einfluß des veränderlichen Scheinwiderstandes der Erregerwicklung der Hintermaschine durch Vorschaltung eines entsprechend großen konstanten Widerstandes aufzuheben, schien der Verluste wegen ursprünglich nur in Sonderfällen, zum Beispiel dem des Kompensators für Zusatzschlupf, verwertbar. Erst die Entwicklung der erläuterten Erregermaschine gab ihm allgemeine Bedeutung.

Bei den folgenden Überlegungen ersetzen wir zur Vereinfachung die Reihenschlußerregerwicklung der Hintermaschine, die beim Strom J_2 im Anker eine Spannungskomponente $-J_2 . K$ induziert, durch einen den Ankerklemmen der Hintermaschine vorgeschalteten fiktiven Wirkwiderstand K. In rein elektrischer Hinsicht ist diese Ersatzschaltung gleichwertig mit der wirklichen; in bezug auf die Energieumsetzung und auf die magnetische Beanspruchung der Hintermaschine ergibt sie ein falsches Bild.

Bei dieser Vereinfachung wird im Anker des Phasenkompensators für Zusatzschlupf nur eine der Schleifringspannung des Hauptmotors proportionale, ihr entgegengerichtete und eine dagegen 90° phasenverschobene, konstante Spannungskomponente induziert. Die konstante Spannungskomponente beeinflußt die Phasenkompensation, nicht aber die Drehzahl des Hauptmotors. Durch eine geringe Änderung der Schaltung, auf die wir noch näher eingehen werden, kann nun das Verhalten des Hauptmotors wesentlich geändert werden. Es kann nämlich in der Hintermaschine auch eine konstante Spannungskomponente E_{k2} induziert werden, welche der Schlupfspannung des Hauptmotors gleich- oder entgegengerichtet ist, also dessen Drehzahl beeinflußt.

Ihre Einwirkung auf die Drehzahl zeigt die folgende Rechnung, in der wir nur die der Schlupfspannung des Hauptmotors gleich- oder entgegengerichteten Komponenten der Spannungen und Ströme im Läuferkreis berücksichtigen. Die 90° dagegen phasenverschobenen Komponenten, deren Einfluß auf die Drehzahl verschwindend klein ist, werden vernachlässigt. Die im Läufer des Hauptmotors induzierte Schlupfspannung setzen wir wie bisher der Schlüpfung σ proportional, also $\sigma . E_{20}$, wobei E_{20} die Stillstandsspannung ist. Die Schlüpfung ist untersynchron positiv, übersynchron negativ. Alle Ströme und Spannungen im Läuferkreis seien positiv, wenn sie der untersynchronen Schlupfspannung des Hauptmotors gleichgerichtet sind, sonst negativ. Es bezeichne noch R_{2h} und R_{2k} den Wirkwiderstand des Läufers des Hauptmotors und den des Läufers der Hintermaschine, K deren fiktiven Vorschaltwiderstand und J_{2w} den Wirkstrom im Läuferkreis. Die der Streuung entsprechende Blindkomponente des Läuferwiderstandes vernachlässigen wir. E_{k1} sei die über den Widerstandserregerkreis der Erregermaschine in der Hintermaschine induzierte Spannungskomponente und E_s die Schleifringspannung des Hauptmotors. Der Quotient $\frac{E_{k1}}{E_s} = -c_1$ ist bei konstantem Widerstand des Widerstandserregerkreises konstant, unabhängig von der Schlüpfung. Durch Regelung des Widerstandes kann der Quo-

Digitized by Google

tient c_1 auf jeden verlangten Wert eingestellt werden, soweit dabei nicht der kleinst zulässige Wert des Widerstandes unterschritten wird. Vergrößerung des Erregerwiderstandes verkleinert, Verkleinerung vergrößert den Quotienten c_1. Durch Änderung des Wickelsinnes der Widerstandserregerwicklung kann auch das Vorzeichen von c_1 geändert werden. Es gilt:

$$\sigma . E_{20} + E_{k1} + E_{k2} = J_{2w}(R_{2h} + R_{2k} + K) \quad (1).$$

Da $E_{k1} = -c_1 . E_s = -c_1 (\sigma . E_{20} - J_{2w} . R_{2h})$ ist, folgt daraus:

$$J_{2w} = \frac{\sigma . E_{20}(1 - c_1) + E_{k2}}{R_{2h}(1 - c_1) + R_{2k} + K} \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Das Drehmoment des Hauptmotors ist unter den gemachten Annahmen dem Wirkstrom J_{2w} proportional. Es wird Null für die Schlüpfung

$$\sigma_0 = -\frac{E_{k2}}{E_{20}(1 - c_1)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Die Leerlaufschlüpfung des Hauptmotors kann also durch Regelung der Spannungskomponente E_{k2} der Hintermaschine und durch Regelung des Widerstandes im Widerstandserregerkreis (Regelung des Quotienten c_1) auf jeden über- und untersynchronen Wert innerhalb des zulässigen Regelbereichs eingestellt werden. Für übersynchronen Leerlauf muß E_{k2} positiv, für untersynchronen Leerlauf negativ gerichtet sein. Für konstanten Wert von E_{k2} ist der Zahlenwert der Schlüpfung um so größer, je kleiner der Widerstand des Widerstandserregerkreises ist. Aus Gleichung (2) und (3) folgt für beliebige Schlüpfung σ

$$J_{2w} = (\sigma - \sigma_0)\frac{E_{20}(1 - c_1)}{R_{2h}(1 - c_1) + R_{2k} + K} = (\sigma - \sigma_0)\frac{E_{20}}{R_{2h} + \frac{R_{2k} + K}{1 - c_1}} \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Das Drehmoment des Motors ist also der Schlüpfungsänderung gegenüber dem Leerlaufwert proportional. Der Drehzahlabfall zwischen Leerlauf und Vollast ist um so größer, je größer der fiktive Widerstand K, je stärker also der Einfluß der Reihenschlußerregerwicklung ist und je größer c_1, je kleiner also der Widerstand des Widerstandserregerkreises ist. Der Hauptmotor arbeitet mit regelbarer Leerlaufdrehzahl und Reihenschlußverhalten auf jeder Regelstufe (Kompoundcharakteristik). Dabei ist meist $0 < c_1 < +1$. Bei negativem Wert von c_1 ist der Drehzahlabfall zwischen Leerlauf und Vollast kleiner als bei unterbrochenem Widerstandserregerkreis. Ist $c_1 > 1$ und $R_{2h}(1 - c_1) + R_{2k} + K > 0$, so steigt das Drehmoment des Motors mit steigender Drehzahl, was in der Regel nicht zulässig ist. Auf den sehr wichtigen Sonderfall $c_1 = +1$ kommen wir noch zurück.

Nach Gleichung (3) und (4) kann der Einfluß des Widerstandserregerkreises der Hintermaschine vernachlässigt werden, wenn dafür an Stelle der Schlupfspannung $\sigma . E_{20}$ die Spannung $\sigma . E_{20}(1-c_1)$ und an Stelle des Läuferwiderstandes R_{2h} des Hauptmotors der Widerstand $R_{2h}(1-c_1)$ in Rechnung gesetzt wird. Wenn c_1 nahe an -1 liegt, ist also der Einfluß des Läuferwiderstandes des Hauptmotors auf dessen Verhalten sehr klein. Wird er ganz vernachlässigt, wird also die im Läufer des Hauptmotors induzierte Schlupfspannung gleich der an seinen Schleifringen bestehenden Spannung gesetzt, so gibt die sich an Abb. 1 anlehnende Abb. 10 ein besonders einfaches Bild über das durch die Gleichungen 1 bis 4 festgelegte Verhalten des Hauptmotors. Die Schlupfspannung des Hauptmotors ist wieder durch die Ordinatendifferenz zwischen der Geraden b und der Abszisse dargestellt. Für den Schlupf OA ist BC die der Schlupfspannung proportionale und entgegengerichtete Widerstandsspannung im Anker der Hintermaschine; beim Phasenkompensator für Zusatzschlupf ist AC die resultierende Spannung im Läuferkreis, sie ist in der unteren Abbildung nochmals als Strecke AE aufgetragen. Bei wechselnder Schlüpfung wandert Punkt C auf der Geraden c und Punkt E auf der Geraden e. Das Drehmoment

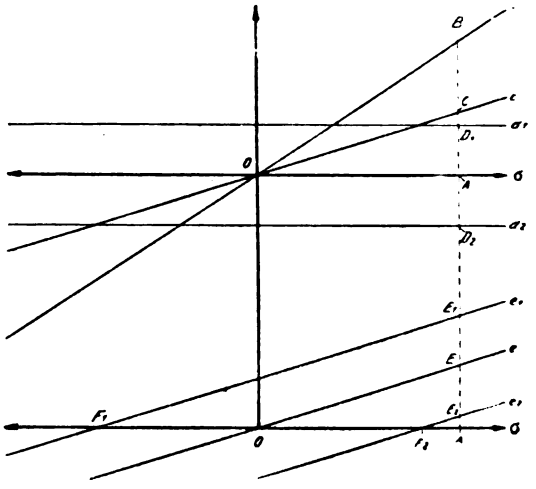


Abb. 10. Spannungen im Läuferkreis des Asynchronmotors in Abhängigkeit von der Schlüpfung.

des Hauptmotors ist, wie schon erläutert, der Schlüpfung proportional.

Wird nun durch die Hintermaschine ferner eine zusätzliche konstante Spannungskomponente AD_1 in den Läuferkreis eingeführt, so ist die resultierende Spannung des Läuferkreises gleich der Summe aus der Schlupfspannung AB, der Widerstandsspannung BC und der konstanten Spannung AD_1. Diese Summe ist im unteren Teil der Abb. 10 als Strecke AE_1 aufgetragen. Bei wechselnder Schlüpfung wandert Punkt E_1 auf der Geraden e_1. Hat die zusätzliche, konstante Spannung die entgegengesetzte Richtung AD_2, so ist die resultierende Spannung AE_2 und der Punkt E_2 wandert auf der Geraden e_2. Durch die konstante Zusatzspannung erfährt also die Gerade, welche die resultierende Spannung im Läuferkreis darstellt, eine Parallelverschiebung nach oben oder nach unten. Bei Einführung der konstanten Zusatzspannung sind für synchrone Drehzahl der Läuferstrom und das Drehmoment nicht mehr Null, da ja die konstante Spannungskomponente der Hintermaschine im Läuferkreis wirksam ist. Dagegen werden je

Digitized by Google

nach Richtung der konstanten Zusatzspannung die resultierende Spannung und das Drehmoment für die übersynchrone Schlüpfung OF_1 oder für die untersynchrone Schlüpfung OF_2 zu Null. Die Leerlaufdrehzahl des Hauptmotors ist in das über- oder untersynchrone Gebiet verschoben. Je größer die konstante Zusatzspannung ist, desto größer ist die Leerlaufschlüpfung. Ist die Drehzahl des Hauptmotors kleiner als der Leerlaufwert, so übt er ein Drehmoment aus, das der resultierenden Läuferspannung bei dieser Drehzahl, also der Ordinatendifferenz zwischen den Geraden e_1 oder e_2 und der Abszisse und damit der Drehzahländerung gegenüber Leerlauf proportional ist. Der Drehzahlabfall ist um so stärker, je kleiner wir den Widerstand des Widerstandserregerkreises einstellen, je größer also der Winkel zwischen den Geraden *b* und *c* der oberen Abbildung ist, und je größer der wirksame Widerstand des Läuferkreises, je stärker also die Reihenschlußerregerwicklung der Hintermaschine ist. Außer den betrachteten Spannungen kann natürlich in der Hintermaschine stets eine 90° dagegen phasenverschobene, auf Phasenkompensation wirkende Spannungskomponente induziert werden.

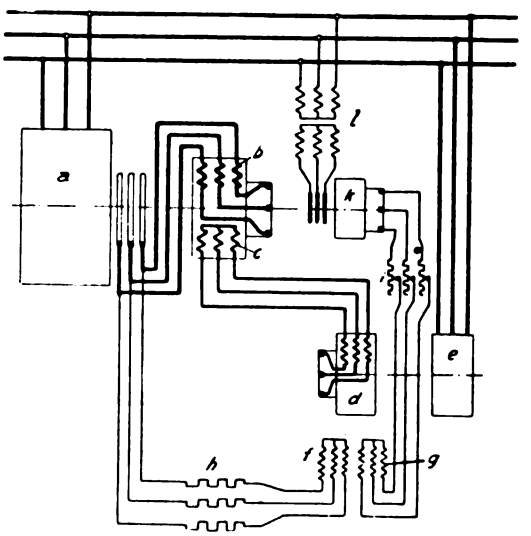


Abb. 11. Schaltung des Asynchronmotors mit Kommutatorhintermaschine und Erregermaschine zur doppelseitigen Regelung (zugleich Schaltung der Kommutatorkaskade für konstante Leistung).

a = Asynchronmotor, *b* = Reihenschlußerregerwicklung (und Kompensationswicklung) der Hintermaschine, *c* = fremd erregte Erregerwicklung der Hintermaschine, *d* = Erregermaschine, *e* = Antrieb zu *d*, *f* = Widerstandserregerwicklung der Erregermaschine, *g* = konstant erregte Erregerwicklung der Erregermaschine, *h* = konstanter Wirkwiderstand, *i* = regelbarer Wirkwiderstand, *k* = Frequenzwandler, *l* = Hilfstransformator zur Speisung von *k*.

Eine Schaltung, durch die eine im ganzen Regelbereich konstante, der Schleifringspannung des Hauptmotors gleich- oder entgegengerichtete zusätzliche Spannungskomponente in der Hintermaschine induziert wird, zeigt Abb. 11.

Der Hauptmotor, die Hintermaschine und der Widerstandserregerkreis der Erregermaschine sind wie in Abb. 8 geschaltet. Die zweite Erregerwicklung *g* der Erregermaschine ist über einen Wirkwiderstand von der Kommutatorspannung eines Frequenzwandlers *k* gespeist. Da diese Kommutatorspannung von der Schlüpfung unabhängig und konstant ist, ist auch der Strom der zweiten Erregerwicklung konstant. Infolge der schon erläuterten Wirkungsweise der Erregermaschine wird im Anker der Hintermaschine eine der Summe der Durchflutungen der Wicklungen *f* und *g* proportionale Spannung, also eine der Schlüpfung proportionale und eine konstante Spannungskomponente induziert, wie es dem Diagramm, Abb. 10, zu Grunde gelegt war. Zur Regelung der Leerlaufdrehzahl muß der Strom, den der Frequenzwandler der zweiten Erregerwicklung zuführt, entsprechend geregelt werden. Dafür sind verschiedene Lösungen möglich, zum Beispiel Regelung der den Frequenzwandler speisenden Spannung durch Doppelinduktionsregler oder durch Transformator mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis, oder auch Bürstenverschiebung des Frequenzwandlers. In der Abbildung erfolgt die Regelung durch Änderung des Widerstandes *i*. Über den Frequenzwandler wird zweckmäßig noch ein die Phasenkompensation bedingender zusätzlicher Erregerstrom zugeführt.

Bei entsprechender Bemessung des Widerstandserregerkreises erlaubt die Schaltung eine ganz neuartige und praktisch sehr wichtige Arbeitsweise des Hauptmotors. Zur Erläuterung greifen wir noch einmal auf das Diagramm, Abb. 10, zurück.

Bisher war vorausgesetzt, daß die durch den Widerstandserregerkreis induzierte Spannung *BC* der Hintermaschine der Schleifringspannung zwar proportional, aber kleiner als diese sei. Je kleiner wir den Widerstand des Widerstandserregerkreises einstellen, desto größer wird die Spannung *BC* für gegebene Schlüpfung; bei einem bestimmten Widerstandswert wird die Widerstandsspannung *BC* entgegengesetzt gleich der Schleifringspannung *AB*. Ist dies bei einer Schlüpfung der Fall, so gilt es für jede Schlüpfung, die Gerade *c* fällt mit der Abszisse zusammen. Die aus Schleifringspannung und Widerstandsspannung resultierende Spannung ist bei jeder Schlüpfung Null. Wir können in dieser Hinsicht drei Stufen der Entwicklung unterscheiden. Beim Asynchronmotor ohne Hintermaschine ist seine Schlupfspannung von entscheidender Bedeutung für sein Verhalten. Bei den bisherigen Schaltungen wurde der Einfluß der Schlupfspannung durch die Spannung der Hintermaschine abgeschwächt, bei der jetzt betrachteten Schaltung ist dieser Einfluß ganz aufgehoben. Im Läuferkreis ist bei jeder Schlüpfung nur die konstante Spannungskomponente der Hintermaschine wirksam, die gleich AD_1 sei. Sie bedingt konstanten Läuferstrom und damit auch konstanten Ständerstrom des Hauptmotors, unabhängig von der Schlüpfung. Ständerstrom und Läuferstrom unterscheiden sich ja nur durch den konstanten Magnetisierungsstrom.

Digitized by Google

Wenn die Größe und Richtung der konstanten zusätzlichen Spannungskomponente der Hintermaschine auch bei Durchgang des Hauptmotors durch die synchrone Drehzahl unverändert bleiben, haben auch sein Läufer- und sein Ständerstrom bei übersynchroner Drehzahl gleichen Wert wie untersynchron. Der Hauptmotor arbeitet unabhängig von der Schlüpfung mit konstanter Wirkleistung und konstanter Blindleistung, hat also ein Verhalten, das von dem des normalen Asynchronmotors völlig abweicht. Die Anordnung wird als „Kommutatorkaskade für konstante Leistung" bezeichnet[8]). Hat die im Läuferkreis wirksame konstante Spannungskomponente statt der Richtung AD_1 die Richtung AD_2 (Abb. 10), so kehren auch Läufer- und Ständerstrom des Hauptmotors ihre Richtung um. Der Hauptmotor arbeitet als Generator konstanter Leistung.

In den Gleichungen (1) bis (4) ist, wenn die vom Widerstandserregerkreis induzierte Ankerspannung der Hintermaschine der Schleifringspannung des Hauptmotors entgegengesetzt gleich ist, der Quotient $c_1 = +1$ zu setzen. Aus Gleichung (2) folgt:

$$J_{2w} = \frac{E_{k2}}{R_{2k} + K} \quad \ldots\ldots (5).$$

Der Wirkstrom des Läufers ist also gleich dem konstanten Quotienten aus der konstanten Spannungskomponente der Hintermaschine und deren resultierendem Wirkwiderstand im Läuferkreis. Von der Schlupfspannung und der Schlüpfung des Asynchronmotors und von dessen Läuferwiderstand ist der Strom unabhängig. Das Gleiche gilt für den Wirkstrom des Ständers. Wird die bisher konstant angenommene Zusatzspannung im Läuferkreis durch äußeren Eingriff geregelt, so ändert sich die Wirkleistung des Asynchronmotors ihr proportional, bleibt aber unabhängig von der Schlüpfung des Motors. Der Blindstrom im Läuferkreis wird durch die gegen die Schlupfspannung 90° phasenverschobene Komponente der zusätzlichen Spannung im Läuferkreis bestimmt. Ist diese ebenfalls konstant, so sind auch der Blindstrom und die Blindleistung des Ständers annähernd konstant. Das Spannungs- und Durchflutungsdiagramm des Läuferkreises gleicht für eine bestimmte Schlüpfung äußerlich der Abb. 7, wenn an Stelle der Widerstandsspannung AC der Hintermaschine deren resultierende, der Schleifringspannung entgegengerichtete Spannungskomponente gesetzt wird. Wird dieses Diagramm aber für eine andere Schlüpfung aufgestellt, so ändert es sich für die Kommutatorkaskade für konstante Leistung nach einem anderen Gesetz als für den Phasenkompensator für Zusatzschlupf, weil ja bei diesem die konstante, der Schleifringspannung des Hauptmotors gleich- oder entgegengerichtete Spannungskomponente der Hintermaschine fehlt, so daß sich für beide Anordnungen die resultierende Spannung der Hintermaschine mit der Schlüpfung verschiedenartig ändert.

Der Kommutatorkaskade für konstante Leistung wurde vorgeworfen, daß ihr Läuferstrom ganz unbestimmt sei, weil der Einfluß des bei anderen Schaltungen den Strom bestimmenden Läuferwiderstandes wegfalle[9]), oder daß wenigstens starke unzulässige Schwankungen des Stromes auftreten können, weil der den Strom bestimmende resultierende Läuferwiderstand der Hintermaschine, in dem auch der veränderliche Übergangswiderstand am Kommutator enthalten ist, nicht konstant sei[10]). Der erste Einwand ist offensichtlich unberechtigt. Der Läuferwiderstand des Hauptmotors ist wohl einflußlos, der Läuferwiderstand der Hintermaschine aber kommt voll zur Wirkung (Gleichung 5) und bestimmt den Strom. Der zweite Einwand ist für Hintermaschinen, die keine Reihenschlußerregerwicklung besitzen, berechtigt, wenn deren Bürstenübergangswiderstand, wie es tatsächlich manchmal der Fall ist, so groß gegenüber dem Widerstand des Läuferkreises selbst ist, daß der Einfluß des veränderlichen Bürstenwiderstandes auf den Gesamtwiderstand nicht vernachlässigt werden kann. Bei der Kommutatorkaskade für konstante Leistung trägt die Hintermaschine aber stets eine Reihenschlußwicklung, die in elektrischer Hinsicht der Vorschaltung eines großen konstanten Widerstandes vor den Läufer der Hintermaschine gleichwertig ist. Diese Reihenschlußerregerwicklung wird stets mit so großer Windungszahl ausgeführt, daß die von ihr durch Rotation im Läufer induzierte Spannung $-J_2 . K$ das Mehrfache des Ohmschen Spannungsabfalles $J_2 . R_{2k}$[11]) im Läuferkreis selbst beträgt. Gegenüber der resultierenden, dem Läuferstrom proportionalen Spannung $J_2 (R_{2k} + K)$ ist also die Bürstenübergangsspannung stets vernachlässigbar klein, auch wenn sie gegenüber dem Spannungsabfall $J_2 . R_{2k}$ unzulässig groß ist. Die Konstante K kann groß gewählt werden, ohne daß dies anderweitige Nachteile von Bedeutung mit sich bringt, weil die resultierende, in der Hintermaschine zu induzierende Spannung $E_{k1} + E_{k2} - J_2 . K$ unabhängig von der Größe von K ist; wird durch eine Erhöhung der Windungszahl der Reihenschlußwicklung die Konstante K um K' vergrößert, so muß nur die Spannungskomponente E_{k2} um den Betrag $+ J_2 . K'$ vergrößert werden.

(Schluß folgt.)

[8]) Seiz: Neue Schaltungen zur Phasenkompensation und Drehzahlregelung von Induktionsmotoren. s. BBC-Mitteilungen 1926, S. 150. — Die Kommutatorkaskade für konstante Leistung. s. Archiv für Elektrotechnik. 1928, Bd. 20, S. 228.

[9]) Briefwechsel Seiz—Schenkel zu: Neue Anwendungsmöglichkeiten asynchroner Großmaschinen ETZ 1927. S. 1204 und 1823.

[10]) Liwschitz: Asynchronmaschinen mit vom Schlupf unabhängiger Wirk- und Blindleistung. Archiv für Elektrotechnik 1928, Bd. 19, S. 335 und 355.

[11]) Während in Abb. 7 der Bürstenübergangswiderstand im Widerstand R_{2k} inbegriffen ist, bezeichnet hier R_{2k} nur den Widerstand der Wicklung selbst.

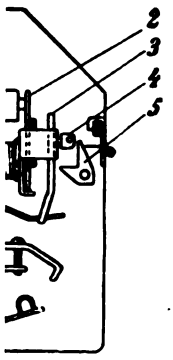
Digitized by Google

Rundschau.

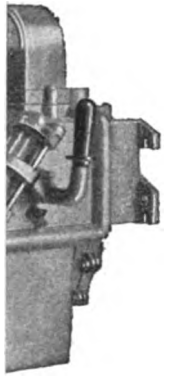
Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Der Koenemanntransformator dient zur Aufwertung wertung des Abdampfes in Dampfkraftwerken. Nach

Betriebsstrome durchflossene, auswechselbare W ä r m e- patrone 2 erwärmt und zur Wirkung gebracht, so- bald eine dem Motor oder Transformator gefährliche Überlastung und Erwärmung eintritt. Die auswechsel- n Stromstufen vH Toleranz



daß die Wir- l (65° C) in ahtumspinnung ; der Schutz- der jeweiligen em der Motor daß die Aus- erfolgt, als in



2.

:hnellauslösung Motors oder .eitungen ein- s auslösung n. Die Unter- ın allen Polen rfenen mecha- r Ö l, so daß rechung erzielt - oder Oxyd- :rmieden wird; nd verläßliche

Erwärmung ausgenutzt, und dabei mit großer Kraft auf die Auslöseklinke 5 des mit einer Freiauslösung ausgerüsteten Schalters einwirkt, wird durch eine vom

In neuester Zeit wird der „Phylax" aber auch in vollständig gekapselter Ausführung in einem kräftigen Gußeisengehäuse geliefert, was für Werkstätten, Wäschereien, chemische Betriebe, sowie für Bergwerks- und Hüttenbetriebe besonders wichtig ist (Abb. 2). Der Ölbehälter läßt sich nach unten hin senken, worauf die Kontaktstellen nachgesehen und

[1]) Ausgeführt von der Scheiber & Kwaysser G. m. b. H., Wien, XIII.

[2]) E. u. M. 1926, Heft 45, T. W. N. S. 213.

Digitized by Google

allenfalls gereinigt werden können, was sich nach der Abschaltung schwerer Kurzschlüsse empfiehlt. Eine einfache Verriegelungsvorrichtung macht die Einschaltung bei geöffnetem Ölbehälter unmöglich. Für den Leitungsanschluß ist reichlich Platz vorgesehen, so daß jede Art der Leitungsführung möglich ist. Bei der neuen, gußgekapselten Ausführung ist eine Kabelanschlußmuffe angebaut. Nach den Angaben des Leitungsschildes und der Nennstromstärke des Motors oder Transformators kann die entsprechende Größe aus der Typenreihe (10, 25, 60, 100, 200 A) und die richtige, für den ungestörten Betrieb geeignete und erforderliche Wärmepatrone gewählt werden.

Prof. Ing. R. Edler, Wien.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Eine neue Anlaufkupplung für Käfigankermotoren. J. Bethenod beschreibt eine neuartige Fliehkraftkupplung für den Anlauf von Kurzschlußankermotoren, deren Prinzip darauf beruht, daß sowohl der antreibende als auch der angetriebene Teil Reibungsschwungkörper erhält. Der Anlaßvorgang spielt sich nun in der Weise ab, daß sich beim Anlauf zunächst die Fliehkraftteile 5 (Abb. 3) des Gehäuses 2, das mit der Welle 1 verkeilt ist, an das äußere (angetriebene) Gehäuse 7 legen und dieses vorläufig durch gleitende Reibung mitnehmen. Mit der Steigerung der Geschwindigkeit dieses Teiles drücken die Schwungkörper 14 infolge der Fliehkraftwirkung wieder auf das Gehäuse 2, so daß eine Vergrößerung des übertragbaren Drehmomentes bewirkt wird. Der angetriebene Teil wird beschleunigt bis zur Erreichung der stationären Drehzahl, worauf die gleitende Reibung der Fliehkraftkörper in Haftreibung übergeht. Durch dieses doppelte Fliehkraftsystem wird erreicht, daß im ungünstigen Teil der Motorcharakteristik am Beginn des Anlaufes kein nennenswertes Bremsmoment auftritt, so daß ein Hängenbleiben des Motors vor Erreichen der normalen Drehzahl nicht zu befürchten ist, und ein kräftiges Übertragungsmoment erst in der Gegend des stationären Zustandes entwickelt wird. Die Anlaufzeit ist hiedurch gleichfalls wesentlich verringert, so daß die unangenehme erhöhte Stromaufnahme während des Anlaufes auf ein Mindestmaß herabgesetzt ist. Durch das zweite Fliehkraftsystem im angetriebenen Teil ist auch die Überlastbarkeit der Kupplung gewährleistet. Durch zweckmäßige Dimensionierung der Anzahl oder der Massen der Schwungkörper 5 und 14 läßt sich das durch das eine oder andere System übertragene Moment variieren und damit Anlaufzeit und Überlastbarkeit in gewissen Grenzen abstimmen. Ventilationsöffnungen und Kühlluftwege im Innern der Kupplung sichern die Abfuhr der durch die gleitende Reibung entwickelten Wärmemengen. Schz.

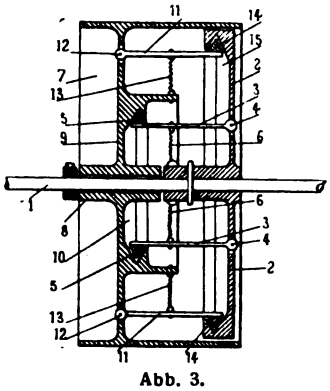


Abb. 3.

(Revue gén. de l'El., Bd. 13, Heft 12, 1928.)

Der elektrische Einzelantrieb der Holzfräsmaschinen. Von Ing. P. Loke. Die Drehzahl der Holzfräser erreicht heute im allgemeinen Werte von 7000 bis 8000 U/min, nur für besonders feine Arbeiten mit Spezialfräsern wendet man Drehzahlen bis 18 000 U/min an, die entweder durch Drehstrommotoren für 300 Per/s oder durch Repulsionsmotoren erreicht werden. Daß letztere bei geringen Leistungen sehr unwirtschaftlich sind, spielt aber wegen der kleinen Leistung, die bei diesen Arbeiten erforderlich ist, keine Rolle. Um bei Drehstrom mit normalen Frequenzen Motordrehzahlen über 3000 U/min zu erhalten, bestehen bisher 4 Möglichkeiten: 1. Der doppeltgespeiste hochtourige Motor mit zwei ineinanderliegenden Ankern. Dieser zuerst von der Maschinenfabrik Oerlikon und später von dem Himmelwerk, Tübingen[1]), und dem Sachsenwerk, Niederseelitz, gebaute Motor ist infolge seines umständlichen Aufbaues den einfachen Kurzschlußankermotoren (siehe unter 4) an Betriebssicherheit nicht gleichwertig, auch wird er zu teuer. 2. Die hohe Drehzahl der Werkzeugspindel kann auch durch Räderübersetzungen erreicht werden. Hiefür haben sich nach Angabe des Verfassers besonders Kegelradgetriebe mit Böttcher-Verzahnung, d. s. nach Kreisbogen gekrümmte Pfeilzähne (eine deutsche Erfindung, die, abgesehen von den engsten Fachkreisen, bedauerlicherweise sonst allgemein als Gleason-Verzahnung bekannt ist und in erster Linie im Automobilbau sehr große Verwendung gefunden hat. Der Ber.) bewährt. Man kann bei Verwendung solcher Getriebe die Drehzahl bei normalen Frequenzen auch über 6000 U/min steigern, und normale Motoren auch mit liegender Achse verwenden. Die Anschaffungskosten werden geringer als bei den doppelt gespeisten Motoren. Selbstverständlich können solche Getriebe auch bei Gleichstrommotoren benutzt werden. 3. Normale, stehende Motoren beliebiger Stromart können auch angewendet werden, wenn zur Kraftübertragung auf die Fräserwelle ein Riementrieb dient. Auch hier sind die anfänglichen Schwierigkeiten durch den Einbau einer Spannrolle und Stoßstelle beseitigt worden. 4. Die letzte Antriebsmöglichkeit zur Erreichung hoher Drehzahlen bietet die Anwendung von Frequenzwandlern. Verschiedene Frequenzen lassen sich bei Riemenantrieb durch Stufenscheiben herstellen, ferner mittels polumschaltbarer Drehstrommotoren oder regelbarer Gleichstrommotoren. Die Verwendung der billigen, robusten und wirtschaftlich arbeitenden Drehstromkäfigmotoren in Verbindung mit Frequenzwandlern ist auch dann vorteilhaft, wenn Gleichstrom zur Verfügung steht, denn die Gleichstrommotoren müssen in Holzbearbeitungsmaschinen vollständig gekapselt sein, man muß also einen größeren Motor verwenden, wodurch die Kosten für die an sich schon teueren Gleichstrommotoren noch erhöht werden. Auch der Bürstenersatz ist bei den hohen Drehzahlen unbequem und die Wartung der Motoren schwierig. Verwendet man zum Antriebe des Frequenzwandlers einen kompensierten Motor, der den Leistungsfaktor der gesamten Anlage fast auf 1 bringt, so kann, da bekanntlich zahlreiche Stromtarife damit rechnen, die Wirtschaftlichkeit des Umformerbetriebes noch weiter erhöht werden.

(Sachsenwerk-Mitteilungen, H. 1, 1928 nach „Die Holzbearbeitungsmaschine".)

Antrieb von Rotationsdruckmaschinen. Dipl. Ing. N. Schachtmeyer berichtet über eine bemerkenswerte Neuerung auf dem Gebiet des Antriebes großer Rotationsdruckpressen. Bei diesen wird für das Einziehen des Papiers, für die Reinigung und zur Erleichterung des Angehens stets ein Hilfsmotor angeordnet, welcher die Maschine mit geringer Drehzahl antreibt. Erst wenn diese erreicht ist, wird der Hauptmotor eingeschaltet, welcher unter Vermittlung einer Überholungskupplung die Maschine auf volle Drehzahl bringt. Die zwangläufige elektrische Verbindung dieser beiden Antriebe erfordert eine etwas verwickelte Schaltung mit mehreren Schützen. Eine Vereinfachung, bei welcher nur ein Schütz notwendig ist, wurde von SSW dadurch erreicht, daß Hilfs- und Hauptmotor beim Angehen in Kaskade geschaltet sind, wobei zwischen dem Läufer des Hauptmotors und dem Ständer des Hilfsmotors ein kleiner Widerstand, parallel zu beiden ein Regulieranlaßwiderstand liegt. Während der Einziehperiode arbeitet der Hilfsmotor und wird vom Hauptmotor etwas unterstützt. Wird nun der Anlaßwiderstand stufenweise kurzgeschlossen, so steigt das Drehmoment des Hauptmotors und fällt jenes des Hilfsmotors, welcher durch Kurzschließen des Ständers abgeschaltet wird. Die

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 620.

Digitized by Google

Druckknopftafel ist mit jenem anderer Antriebe gleich und erhält bei halbautomatischen Betrieb 3 Knöpfe „Vorrücken", „Einziehen", „Halt". Ein Druck auf „Vorrücken" läßt das Schütz anspringen, die Kaskade setzt sich in Bewegung und bleibt in dieser, solange als der Knopf gedrückt ist. Beim Drücken auf „Einziehen" bleibt die Maschine dauernd auf der Einziehgeschwindigkeit. Soll der Druckbetrieb beginnen, so wird mit der Steuerwalze der Läuferwiderstand dem Hilfsmotor parallel geschaltet und stufenweise verkleinert, wobei das Moment des Hauptmotors wächst, jenes des Hilfsmotors fällt. Schließlich übernimmt der Hauptmotor die Belastung und der Hilfsmotor wird kurzgeschlossen. Die Kaskadenschaltung wird auch für Gleichstrom ausgeführt, wobei Haupt- und Hilfsmotor untereinander geschaltet sind. — Bei vollautomatischem Antrieb wird die Steuerwalze durch einen kleinen Motor angetrieben, welcher durch die Druckknöpfe „Schneller" und „Langsamer" vor und rückwärts gesteuert wird. Damit die Bürsten der Steuerwalze niemals zwischen zwei Stellungen stehen bleiben können, treibt der Schaltmotor eine Walze, welche den Druckknopf sofort nach Betätigung kurzschließt und dafür sorgt, daß der Schaltmotor erst nach Erreichung der nächsten Stufe abgeschaltet wird.[1]) Ho.

(Siemens-Zeitschrift, 8. Jg., Heft 5, 1928.)

Gleichrichter.

Das Neon-elektrische Stroboskop. Bei stroboskopischen Untersuchungen, die Präzisionsmessungen sein sollen, wie beispielweise bei der Messung der inneren Phasenverschiebung von Synchronmotoren, muß das vom Auge beobachtete Bild sehr scharf sein. Man hat daher für solche Fälle als Lichtquelle die Neonlampe gewählt, da sie fast trägheitslos der angelegten Spannung folgt und eine geringe Wärmekapazität besitzt. E. E. Steinert beschreibt nun ein neues, von C. A. Nickle entwickeltes Stroboskop mit Neon-Beleuchtung, welches, im Gegensatz zu den bisher bekannten Ausführungen für Präzisionsmessungen, außer der auf der Wellenachse sitzenden rotierenden Scheibe keine beweglichen Teile enthält. Die Neonröhre wird nämlich über einen Transformator gespeist, der so ausgebildet ist, daß er bei sinusförmiger Primärspannung (Niederspannung) eine möglichst spitze sekundäre Spannungskurve liefert. Die hiezu nötige rechteckige Form des Kraftlinienflusses, die ein Arbeiten im Sättigungsbereich verlangt, wir durch eine erhebliche Querschnittsverminderung des Joches zwischen den beiden bewickelten Schenkeln erzielt. Primär- und Sekundärspule sitzen getrennt auf je einem der beiden Kerne. Ein dritter, unbewickelter Kern mit einem verstellbaren Luftspalt dient als magnetischer Nebenschluß zur Einregulierung des Primärstroms auf die gewünschte Lichtstärke der Neonlampe und erspart das Vorschalten einer Regulierdrossel. Eine weitere Verschärfung der Spannungsspitze wurde durch Abstimmung des Sekundärkreises des Transformators mit einem zur Neonröhre parallel liegenden Kondensator erzielt. Allerdings erhält dadurch die Spannungskurve innerhalb einer Periode noch weitere Spitzen, die aber bedeutend niedriger sind, und daher wenig stören. Dagegen werden durch Belastung des Transformators diese Spitzen sehr abgedämpft, während die Hauptspitze etwas breiter wird. Bei der endgiltigen Ausführung des Gerätes wurde ein Mittelweg eingeschlagen. Der äußerst handliche Apparat enthält in einem Kästchen Lampe, Transformator und Kondensator und als einzige äußere elektrische Verbindung die Leitung zum Anschluß der Primärseite des Transformators an Niederspannung.

Frd.

(General Electric Review, Bd. 31, Nr. 3, 1928.)

Fernmeldewesen.

Fernmelde-Sicherung zur Verhütung von Knallgeräuschen. Eine häufig angewandte Einrichtung zum Schutz von Fernsprecheinrichtungen gegen Überspannungen in der Fernmeldeleitung besteht darin, den Fernsprechapparat im Zug der Leitung durch Feinsicherungen (0·3 A) und Grobsicherungen (8 A) zu schützen, zwischen Fein- und Grobsicherung aber die Hin- und Rückleitung über je eine Spannungssicherung (Luftleer-Blitzableiter) mit der Erde zu verbinden; für schwere Störungen können außerdem die Leitungen noch über je eine Grobfunkenstrecke unmittelbar hinter der Grobsicherung geerdet werden. Diese Anordnung ist jedoch nicht geeignet, Knallgeräusche vom Telephon zuverlässig fernzuhalten, da bei Überspannungen meistens die Spannungsableiter nicht gleichzeitig und mit gleicher Stromstärke ansprechen, bei einseitiger Zündung aber des Spannungsableiters eines Leitungszweiges, dem Ableiter des anderen Zweiges dadurch die erforderliche Ansprechspannung fehlt; es fließt in diesem Falle durch diesen Leitungszweig die Energie über den Fernsprechapparat zur geerdeten Stelle und ruft im Telephon Knallgeräusche hervor.

Dieses einseitige Ansprechen sucht die AEG durch elektromagnetische Kopplung der beiden Spannungsableiter zu vermeiden: die Luftleerblitzableiter zwischen Hin- und Rückleitung werden durch eine gegen Erde hochisolierte Eisendrossel (Zündspule) verbunden, deren Wicklungsmitte geerdet ist. Dadurch wird bei einseitigem Ansprechen eines Ableiters an dem andern eine so hohe Spannung induziert, daß er gleichfalls zündet; auch das Gleichgewicht zwischen den Strömen in den beiden Ableitern wird durch die elektromagnetische Kopplung aufrecht erhalten. Der Widerstand jeder Hälfte der Zündspule beträgt nur 20 Ohm, so daß das Abschmelzen der Grobsicherung nicht beeinträchtigt wird. Die Zündspule ist in ein Blechgehäuse eingebaut, auf dessen Deckel die Grob- und Feinsicherungen, letztere mit Signalkontakten montiert sind, so daß der Anschluß der ganzen Sicherungseinrichtung an die Leitung keine Schwierigkeiten bietet. Frd.

(AEG-Mitt., Heft 3, 1928.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Neuartige elektrische Schweißmaschinen. Von den verschiedenen elektrischen Schweißverfahren, die jetzt speziell bei der Massenfabrikation größere Verwendung gefunden haben, ergab das elektrische Abbrennverfahren, das in den letzten Jahren zu einem sogenannten Stumpfschmelzverfahren weiter ausgearbeitet wurde, die Gewißheit, daß in vielen Industriebetrieben ungeahnte Vorteile in der Fabrikation erreichbar sind, wenn die eigentliche konstruktive Ausführung mancher Massenartikel mit Rücksicht auf die Anforderungen des oben erwähnten Verfahrens durchgeführt oder eventuell abgeändert wird. Die Abb. 4 und 5 zeigen beispielsweise eine neuartige elektrische Stumpfschmelzmaschine der Altonaer Maschinenfabrik Leopold Fischer, Altona, zur Stumpfschmelzung der Faßlängsnähte in der Faßfabrikation, die pro Stunde zirka 40 Faßlängsnähte unter Aufwand von 1 kWh pro Längsnaht fertigstellt.

Die Arbeitsweise dieser Spezialmaschine ist folgende: Der offene, vorgerollte Faßmantel wird an den zu verbindenden Stoßkanten mittels Spezialeinspannvorrichtungen auf einem festen Polbock und auf einem Gleitpolschlitten eingespannt, und der Gleitschlitten durch Bedienung des großen Handrades dem festen Polbock unter gleichzeitigem Einschalten des Stromes langsam genähert. Wenn die zu verbindenden Stoßkanten auf eine gewisse Entfernung einander genähert sind, bildet sich ein Lichtbogen, der durch allmählich beschleunigte Schlittenbewegung weiter aufrecht erhalten wird, wodurch ein kontinuierliches, sprühendes Abschmelzen an beiden Stoßkanten erfolgt. Durch dieses Abschmelzen aber werden die Stoßkanten auf der ganzen Länge gleichmäßig auf Schweißtemperatur gebracht und stoßartig auf den festen Polbock zubewegt, wodurch ein schlagartiges Ineinandertauchen die Fertigstellung der Stumpfverbindung bewirkt, gleichzeitig wird der

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 93; 1924, S. 253.

Digitized by Google

Strom ausgeschaltet. Sodann werden an der Vorderseite der Maschine befindliche Riegel der Einspannvorrichtungen niedergelegt, worauf der Faßmantel aus der Maschine herausgenommen werden kann (Abb. 5). Der geringe innere und äußere Stauchwulst am Faßmantel, der bei diesem Verfahren in Erscheinung tritt, wird zweckmäßigerweise durch Abschleifen, Abschlagen oder

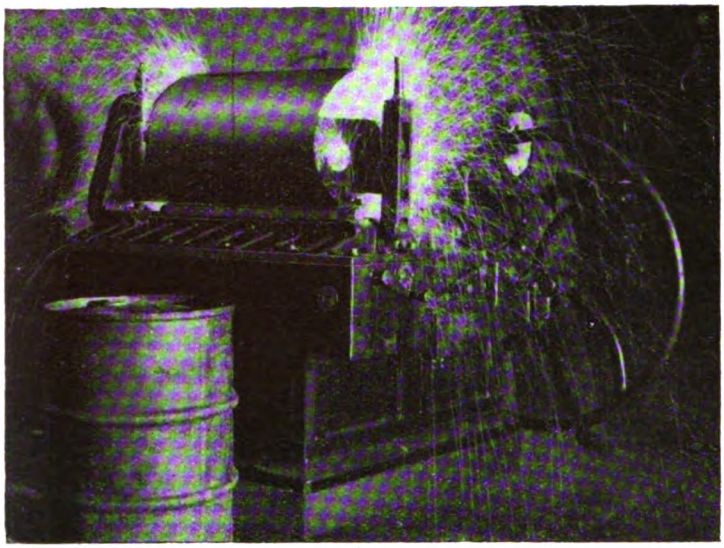


Abb. 4. Stumpfschmelzmaschine für Fässer.

dergleichen Verfahren entfernt. Abb. 4 zeigt diese Maschine während des Abbrennvorganges. Abb. 5 zeigt den Augenblick der Herausnahme des fertigen Mantels. Die Festigkeit der auf diese Art hergestellten Verbindung

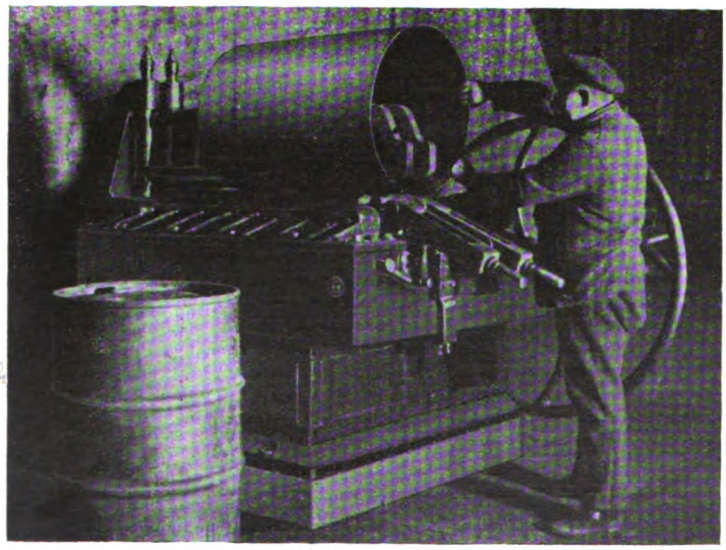


Abb. 5. Stumpfschmelzmaschine für Fässer. Herausnehmen des fertigen Mantels.

ist auf Grund zahlreicher Zerreißversuche zu 95 bis 100 vH ermittelt. Die Möglichkeit, bei diesem Verfahren Ausschuß herzustellen, ist sehr gering, weil die Vornahme der eigentlichen Stumpfschmelzung eine denkbar einfache ist und an das Bedienungspersonal keine speziellen Anforderungen stellt.

Das Verfahren ist heute bereits soweit ausgebaut, daß die Möglichkeit besteht, Nähte bis 1·5 m Länge bei einer Materialstärke bis zu zirka 4 mm in wenigen Sekunden Stumpfschmelzzeit fertig zu stellen. Die reine Stumpfschmelzzeit, die für das obenerwähnte Beispiel der Fabrikation eines 200 Liter Faßmantels benötigt wird, ist 12 bis 15 Sekunden. Die stumpfgeschmelzten Faßmäntel können weiteren Bearbeitungsvorgängen unterliegen, beispielweise werden Bauchfässer gedrückt, Rollreifen eingesickt und es ist ebenso möglich, Böden in der bekannten Weise einzufalzen, und die Mäntel einwandfrei zu verzinken.

Nicht nur in der Faßfabrikation, sondern auch in der Fahrradindustrie kann das Stumpfschmelzverfahren mit Vorteil verwendet werden. Abb. 6 zeigt eine Maschine der genannten Firma, mit der heute Fahrradrahmen, die bisher unter Verwendung der bekannten Lötverfahren oder der Autogenschweißung hergestellt wurden, stumpfgeschmelzt werden. Hier

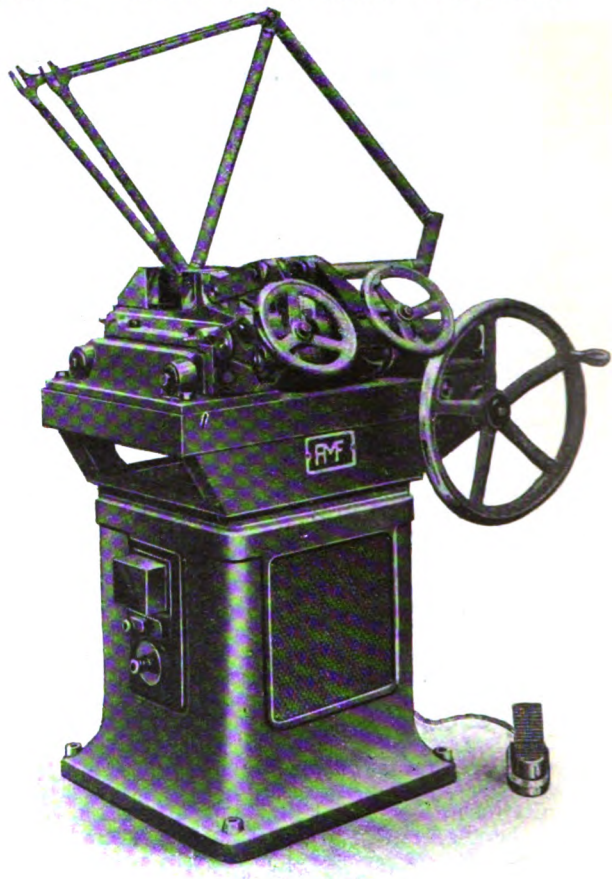


Abb. 6. Stumpfschmelzmaschine für Fahrradrahmen.

mußte besonderer Wert auf die außerordentlich präzise Ausführung gelegt werden, damit beim schlagartigen Ineinanderstauchen der dünnwandigen Rohrteile keinerlei gegenseitige Versetzung des Schmelzgutes erfolgt, die besonders in der Serienfabrikation von Fahrradrahmen sehr ungünstig in Erscheinung treten würde.

Die Bedienung dieser Maschine ist folgende: Durch die beiden kleineren Handräder werden zwei Schnelleinspannvorrichtungen betätigt, womit einerseits der Fitting und andererseits das Rohr unter Verwendung von speziell profilierten Einspannbacken eingespannt werden. Die eine Einspannvorrichtung befindet sich auf einem festen Polbock, die andere hingegen auf einem Gleitschlitten. Durch Betätigung des größeren Handrades erfolgt eine Bewegung des Gleitpolschlittens derart, daß die zu verbindenden Rohrquerschnitte einander genähert werden, worauf ein sprühendes Abschmelzen eintritt, das durch schlagartiges Ineinanderstauchen der Verbindungsteile beendet wird. Die Stromausschaltung bei dieser Maschine erfolgt durch Be-

Digitized by Google

tätigung eines Fußschalters. Normalerweise werden mit dieser Maschine pro Minute zirka drei Stumpfschmelzverbindungen fertiggestellt; der Stromverbrauch ist bei dieser Maschine außerordentlich gering. Die Festigkeit der Verbindung beträgt 95 bis 100 vH, die Widerstandsfähigkeit gegen Vibration und Stöße ist ebenso groß wie die des eigentlichen Rohr- oder Fittingmaterials, so daß ein stumpfgeschmelzter Fahrradrahmen als Rahmen aus einem Stück betrachtet werden kann. Nach Entfernung des Stauchwulstes läßt dieser Rahmen keinerlei Verbindungsstellen mehr erkennen.

In der Fabrikation von Fahrradzubehörteilen finden ähnliche Maschinen besondere Verwendung zur Fabrikation von Gabelköpfen, Fahrradlenkern, Fahrradnaben, Tretkurbellagern, Steuerköpfen, Sattelstützen, Felgen, kleineren Motorteilen und dergleichen. Um nur ein einziges weiteres Beispiel anzufügen, sei erwähnt, daß automatische Stumpfschmelzmaschinen gebaut werden, mit denen fünf Felgen-Stumpfschmelzungen pro Minute fertig zu stellen sind, doch ist es meistens unumgänglich notwendig, daß bei den einzelnen Artikeln geringe Konstruktionsänderungen vorgenommen werden, wenn dieses billige Fabrikationsverfahren, die Stumpfschmelzung, Verwendung finden soll.

Ing. A. Dambek.

Eine gasfreie Siedelung mit 1200 Wohnungen. Von Dr. B. Thierbach, Berlin. In der Nähe von Frankfurt a. M. bei Hedderenheim ist eine Siedlung von 1200 drei bis vier Zimmer umfassenden Wohnungen geschaffen worden. Die Stadtverwaltung Frankfurt a. M., die an ihr maßgebend beteiligt ist, hat sich entschlossen, keine Gasleitungen nach dort herauszulegen, ihr dafür aber einen so günstigen Elektrizitätstarif zu gewähren, daß, abgesehen von der Raumheizung, für welche in jeder Wohnung eine kleine Sammelheizanlage eingebaut wird, die gesamte Licht-, Kraft- und Wärmeversorgung durch elektrische Energie wirtschaftlich gedeckt werden kann. Der dieser Siedlung gewährte Tarif ist folgender: Der durchschnittliche Lichtbedarf einer Wohnung von drei und vier Zimmern liegt nach den langjährigen Erfahrungen des Werkes fest; für den hiernach eingeschätzten Verbrauch werden pauschal 45 Pf./kWh berechnet. Der gesamte hierüber hinausgehende Stromverbrauch wird am Tage mit 10 Pf./kWh, in der Nacht mit 5 Pf./kWh in Rechnung gestellt. Bei diesen Strompreisen und bei Verwendung von Heißwasserspeichern ist nach Ansicht des Frankfurter Elektrizitätswerkes die Elektroküche mit der Gasküche — der Gaspreis in Frankfurt a. M. beträgt 19 Pf./m³ — durchaus wettbewerbsfähig.

In jedem Haushalte befindet sich ein elektrischer Heißwasserspeicher von 80 l Fassungsraum, der das gesamte für den Haushalt benötigte warme Wasser, und außerdem täglich ein Vollbad liefert. Von dem Speicher aus können das Bad und das daneben befindliche Waschbecken unmittelbar, durch Umstellen eines Hahnes, die im Erdgeschoß liegende Küche mit heißem Wasser versorgt werden. Ein solcher genügend großer Heißwasserspeicher ist Vorbedingung für eine gasfreie Küche, damit die Hauptmenge der benötigten Wärmeeinheiten mit billigem Nachtstrom erzeugt werden kann.

Da der elektrische Herd in Deutschland vielfach noch etwas Ungewohntes ist, hat man die Herde in der „Römerstadt" für elektrische und für Kohlenheizung eingerichtet. Zwei Kochstellen sind für Brikett-Feuerung vorgesehen, daneben befinden sich drei elektrische Kochplatten verschiedener Größe; darunter ist der elektrische Brat- und Backofen eingebaut. Die Stromaufnahme der drei Kochplatten beträgt bei Vollausnutzung zusammen 3·3 kW, die des Backofens 1·8 kW, alle elektrischen Widerstände sind dreistufig regelbar. Der Heißwasserspeicher hat eine Leistung von 0·9 kW. Die große Bedeutung der Frankfurter Versuche erblickt der Verfasser einmal darin, daß man auf Grund der hier erzielten Ergebnisse zu einem Urteile darüber kommen wird, ob die gewählte Anordnung und Größe der Geräte die beste Lösung der elektrischen Vollküche darstellt. Zum anderen aber, und das erscheint als das weitaus wichtigste, wird sich zeigen, ob die Bestrebungen des Gasfaches, das ganze deutsche Land bis in die Dörfer hinein mit Gasleitungen zu überziehen, um der Bevölkerung die Gasküche an jeder Stelle bescheren zu können, im Hinblick auf das Allgemeinwohl zu unterstützen oder abzulehnen sind.

(VDI-Nachrichten, Nr. 30, 1928.)

Elektrische Hochtemperatur-Öfen. Dr. E. Löwenstein, Göttingen. Hochtemperaturöfen dienen zur wissenschaftlichen Untersuchung und technischen Prüfung verschiedener Stoffe auf ihr Verhalten bei hohen Temperaturen. Solche hohe Temperaturen kommen für die Mineralogie, Petrographie, Geologie, für die Industrie der Metalle[1]), Keramik, der künstlichen Edelsteine und Schleifmittel und viele andere Gebiete in Betracht. Dabei müssen Temperaturen bis 2500° C erreicht und dauernd konstant erhalten werden, eine Aufgabe, für welche der Elektroofen nach Nernst und Thausmann von der Elektroschaltwerke A. G. in Göttingen gebaut wird. Der Glühkörper ist ein Rohr aus Kohle, hochschmelzendem Metall oder feuerfestem Material, in welches das Schmelzmaterial eingebracht wird. Wegen des geringen elektrischen Widerstandes solcher Rohre sind kleine Spannungen bei hohen Strömen erforderlich, so daß sich zur Speisung nur transformierter Wechselstrom eignet. Steht nur Gleichstrom zur Verfügung, so wird ein Einankerumformer verwendet. Einphasenöfen erhalten einen regelbaren Spartransformator, welcher den eigentlichen Schmelztransformator mit 5—20 V Ofenspannung speist. Die Regelung ist mit zehn Stufen für Grob- und 9 Stufen für Feineinstellung versehen. Der Ofen bildet einen Zylinder, in welchen senkrecht zur Achse das Glührohr eingebracht und mit wassergekühlten Konusklemmen festgehalten wird, an welche der Stromanschluß erfolgt. Um das Heizrohr wird ein Schutzrohr gelegt. Der Zwischenraum wird mit zerkleinerter Holzkohle zur Aufnahme des Luftsauerstoffes gefüllt. Um das Schutzrohr kommt ein Schamottemantel mit Blechverkleidung. Der Ofen ist um seine Achse drehbar und feststellbar. Die Beziehung zwischen kW-Aufnahme und Temperatur läßt sich durch Kurven darstellen, nach welchen sich mit Hilfe des Amperemeters die gewünschte Temperatur einstellen und halten läßt.

Neuerdings werden für größere Leistungen von von 150 kg Inhalt aufwärts Drehstromöfen mit eingebauten Schmelztiegeln gebaut, welche weit weniger Energie für die Gewichtseinheit verbrauchen als die kleineren Einphasenöfen. Die Schmelzleistungen in kWh sind für 1 kg ungefähr folgende:

Aluminium	0·8	Messing	0·4
Blei	0·04	Nickel	1·2
Eisen	1·2	Silber	0·3
Bronze	0·4	Stahl	1·2
Gold	0·5—0·6	Zink	0·18
Grauguß	1·0	Zinn	0·07
Kupfer	0·4		

Diese Werte sind bei Einbringen kalten Materials in den auf Schmelztemperatur gebrachten Ofen gemessen. Für den Drehstromofen wird kein Vortransformator verwendet, die Regelung geschieht durch Anzapfungen der Primärwicklung des Schmelztransformators. Zehn Anzapfungen, außerdem Sterndreieck-Umschaltung sind vorgesehen. Der Schmelztiegel wird in das Heizrohr eingesetzt ,welches so gebaut ist, daß die drei Phasen gleich belastet sind. Die Temperaturmessung geschieht durch Thermoelemente[2]) oder optische Pyrometer[3]). Für besondere Fälle werden auch Hochvakuum-Öfen vorbereitet, in welchen Materialien bei Temperaturen bis 2000° geschmolzen und umgegossen werden können. Auch können nichtmetallische Stoffe im Vacuum auf Temperaturen bis 2500° C gebracht werden. Ho.

(Meßtechnik, 4. Jg., Heft 4, 1928.)

[1]) Vgl. Heft 26 d. J., S. 712.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 19, S. 435.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 14, S. 314.

Digitized by Google

Literaturberichte.

3700 **Haushalt-Kältemaschinen** von Prof. Dr.-Ing. R. Plank, Karlsruhe. — 8°, 96 Seiten, 68 Abb., Verlag Julius Springer, Berlin, 1928. Preis brosch. M. 7·50.

Die Klein-Kältemaschinen für den Haushalt erregen nicht nur das Interesse der Maschinentechniker, sondern auch das des Elektrotechnikers, gehören sie ja zu jenen Stromverbrauchern, welche bei größerer Verbreitung geeignet sind, durch ihre Benützung außerhalb der Beleuchtungszeit den Belastungsgrad der Elektrizitätswerke und Netze zu heben. In Europa ist freilich die Verbreitung dieser verhältnismäßig kostspieligen Einrichtungen infolge der wirtschaftlichen Depression erst in den Anfängen, wogegen der Wohlstand Amerikas dort eine erstaunliche Entwicklung gereift hat. Der Verfasser hat die Kältemaschinen auf einer Studienreise in die Vereinigten Staaten eingehend studiert, und stellt in seinem kleinen Werke die dortigen im Verein mit den europäischen Konstruktionen in übersichtlicher und klarer Weise dar. Im wesentlichen setzt der Verfasser die besonderen Anforderungen auseinander, welche die Verwendung einer Kältemaschine im Haushalt stellt und untersucht nun an einer Reihe von Kompressions- und Absorptionsmaschinen, in welcher Weise sie diesen Anforderungen gerecht werden. Obwohl die Kompressionsmaschinen bewegliche Teile besitzen, welche der Abnützung unterworfen sind, und welche bei den Absorptionsmaschinen ganz wegfallen, so haben sie den Vorzug, daß sie sich im Betrieb überall dort billiger stellen, wo elektrischer Strom zu haben ist, während die Absorptionsmaschinen nur bei Heizung mit Gas oder flüssigem Brennstoff wirtschaftlich sind.

Wenn auch die Darstellung Anforderungen an eingehendere Kenntnisse der theoretischen und praktischen Grundlagen des Kältemaschinenbaues stellt, so wird sie doch dem Elektrotechniker eine gute Übersicht über dieses für ihn interessante Gebiet verschaffen, zumal die Darstellung klar und von guten Abbildungen unterstützt ist. Dr. Horschitz.

Neue Druckschriften.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Das Differential-Schutzsystem zur Sicherung elektrischer Anlagen.

Die Anordnung und Ausbildung des Differentialschutzes und der Differentialrelais bei Leitungsnetzen (Kabeln), Transformatoren und Generatoren wird beschrieben, sowie eine Aufstellung der zur Berechnung dieses Schutzes notwendigen Angaben über die zu schützende Anlage.

Quecksilberdampf-Gleichrichter.

In eingehender Weise werden die Wirkungsweise und Betriebseigenschaften, die Bauweise der AEG-Glasgleichrichter und deren Zubehör, Pumpen, Meßgeräte, Kühlung, und die Einrichtung der von der Firma hergestellten Gleichrichteranlagen behandelt; die gründliche Darstellung wird durch zahlreiche, aufschlußreiche Abbildungen unterstützt.

Preislisten.

Ebhz. 6390 Elektrische Heiz- und Kochgeräte für den Haushalt.

Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M.

Neue elektrische Installationsapparate für Neubauten. — US-Kleinautomaten: Einpolige US-Schalter, Mehrpolige US-Schalter mit Druckknopf-Auslöseverstärkung und mit thermischer Auslösezögerung, Gekapselte US-Schalter, Anwendungen der US-Schalter. — Paketschalter und ihre Anwendungen. — PD-Sicherungen nach dem zweiteiligen System, Sicherungs-Patronen für große Stromstärken und hohe Spannungen. (Die Schrift bringt auch Beispiele für schlechte Sicherungen.)

F. Klöckner, Köln-Bayental.

Liste: 11—35, Selbstschalter für Ladeumformer. — 11—40, Selbstschalter für Beleuchtungsanlagen. — 11—55, Notbeleuchtungsschalter. — 22—14, Drehstrom-Läufer-Anlasser. — 31—18, Selbstschalter für polumschaltbare Motoren. — 34—00, Gleichstrom-Anlaß- und Wendewalzen. (Inhaltsverz.) — 34—18, Gleichstrom-Anlaßwalzen mit Feldregelung. — 34—20, Gleichstrom-wendewalzen. — 34—22, Gleichstrom-Wendewalzen mit Feldregulierung. — 35—00, Drehstrom-Anlaß- und Wendewalzen (Inhaltsverz.) — 35—36, Drehstrom-Ölanlaßwalzen mit eingebauten Widerständen. — 35—41, Drehstrom-Öl-Wendewalzen mit eingebauten Widerständen.

Dr. Paul Holitscher & Co., Wien, IV., Starhembergasse 4—6.

Preisliste Nr. 32, Teil 2: Schaco-Installationsmaterial: Fassungen, Armaturen, Leuchten mit Ersatzteilen und Zubehör, Kabel-Verlegungsmaterial, Porzellan-Schalter und Schutzhauben, Handleuchten, Backofenlampen, Steckdosen und Stecker, Pendel, Aufhängungen, Dachständereinführungen, Freileitungssicherungen, Wandarme, Ausleger, Sicherheits-Sperrkupplungen, Rohrmaste, Kandelaber-Aufsätze, Straßenüberspannungen.

Schunk & Ebe, Gießen, Kohlebürsten- und Bürstenhalterfabrik.

Reaktions-Bürstenhalter mit Feineinstellung Type KZfW und Type KXf. Die beschriebenen Bürstenhalter sind aus einer Speziallegierung dünnwandig gegossen und besitzen eine besonders konstruierte ausklinkbare Feder-Feineinstellvorrichtung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	20. VIII. 1928	22. VIII. 1928	24. VIII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	140	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	86—91	86—91	86—91

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 24. August 1928)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	12	6	62	13	9
Standard 3 Monate .	63	0	0	63	2	6
Zinn:						
Engl. Ingots	209	0	0	210	0	0
Standard Kassa . .	211	0	0	211	5	0
Standard 3 Monate .	207	0	0	207	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	8	9	24	11	3
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea .	24	18	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 9. September 1928 | Heft 37

Zwei neue Systeme für elektrische Zugbeleuchtung.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Västeras[1]).

II. Das neue Zugbeleuchtungssystem von Åkerman mit „Motorregulator".

Ich komme nun zu dem zweiten System, bei dessen Beschreibung ich mich deshalb kürzer fassen kann, weil es im Grunde dasselbe Regulierprinzip wie das vorige System benutzt, freilich in einer ganz anderen und überraschenden Form.

Dieses System ist von Ing. Åkerman erfunden und kombiniert einen normalen Gleichstromgenerator mit einem originellen automatischen Feldschwächungsregler. Ich glaube man kann ohne Übertreibung behaupten, daß dieser Regulator der robusteste, einfachste und zuverlässigste aller für Zugbeleuchtung angewandten Regulatoren ist. Dazu ebenso schnell wie der schnellste. Wie er

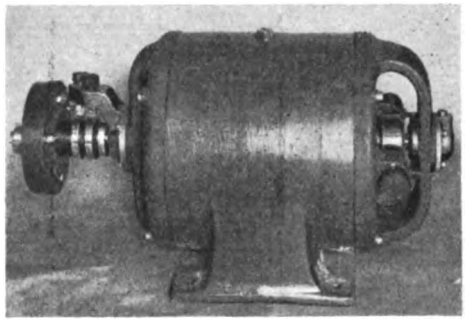


Abb. 12. Motorregulator mit Zentrifugalschalter.

aussieht, zeigt Abb. 12: Er ist nichts weiter als ein kleiner, ungekuppelter Gleichstrommotor.

Um das überaus einfache Regulierungsprinzip zu verstehen, betrachte man zuerst Abb. 13, die eine etwas kompliziertere Schaltung zeigt. Ein Beleuchtungsgenerator G wird durch ein Erregeraggregat M_1 M_2 geregelt. Wir können einstweilen annehmen, daß M_1 als Motor die Erregermaschine M_2 antreibt. Die Ankerwicklung von M_2 und die Feldwicklung m_1 des Generators liegen in Serie und werden von der Hauptbatterie B gespeist. Führt die Feldwicklung m_2 der Erregermaschine Strom, so erzeugt diese eine Zusatzspannung, die ebensogut feldschwächend als feldverstärkend sein kann, in jedem Falle aber die Klemmenspannung des Generators ändert. Das wesentliche ist nun, daß m_2 genau auf dieselbe Weise erregt wird, wie beim vorigen System die gleichbezeichnete Entmagnetisierungswicklung, nämlich mit der Differenz zwischen der Generatorenspannung und der Gegenspannung einer kleinen Hilfsbatterie b. Außerdem soll m_2 auch nach denselben Gesichtspunkten dimensioniert werden wie die Gegenerregerwicklung des vorigen Systems. Das heißt, wenn die Generatorspannung von der tiefsten bis zur höchsten Tourenzahl um etwa 1 V über die Gegenspannung der Hilfsbatterie steigt, so soll die von der Erregermaschine erzeugte Gegenspannung die Spannung der Hauptbatterie aufheben. Die Feldwicklung des Generators würde dann stromlos werden. Es ist klar, daß unter solchen Verhält-

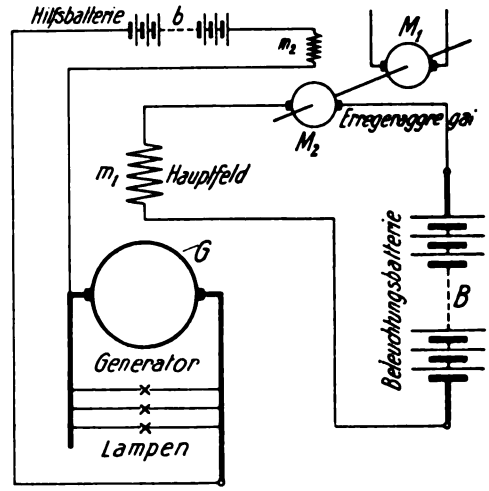


Abb. 13. Zur Erklärung des Regulierprinzipes.

nissen die Generatorspannung niemals höher als etwa 1 V über die Ladespannung der Hilfsbatterie wachsen kann, genau wie bei dem vorigen System. Die Selbstregulierung muß also ebenso sicher wie dort funktionieren.

Aber — wird man einwenden — niemand wird diese Selbstregelung mit einem besonderen Erregeraggregat M_1, M_2 erkaufen wollen. Dieser Einwand ist ganz richtig. Aber brauchen wir denn das ganze Erregeraggregat, Können wir nicht den Motor M_1 weglassen und die sogenannte Erregermaschine nur zur Schwächung des Generatorfeldes anwenden? Dann braucht sie nämlich gar keine Leistung zu erzeugen, sondern dient umgekehrt als Leistungsverbraucher. Sie wird also gar nicht als Generator, sondern als Motor betrieben und der

[1]) Erster Teil. Siehe E. u. M. 1928, Heft 6, S. 121 ff.

Digitized by Google

Motor M_1 wird offenbar überflüssig. Lassen wir aber die Maschine M_1 weg, dann stellt dasselbe Schaltungsschema auf einmal ein neues und sehr brauchbares Zugbeleuchtungssystem dar, und dieses ist das von Åkerman erfundene System.

Der „Motorregulator", wie wir in Zukunft die Maschine M_2 nennen wollen, muß denselben Effekt verbrauchen, der bei Feldschwächung durch Vorschaltwiderstände in Stromwärme vernichtet würde. Dieser Effekt ist gewöhnlich so klein, daß schon die Leerlaufverluste des Motorregulators ihn bestreiten können. Oder anders ausgedrückt: der höchste vom Motorregulator zu vernichtende Effekt ist selten größer als die Leerlaufverluste bei der höchsten für den Motorregulator zugelassenen Tourenzahl. Und sollten die Leerlaufverluste wirklich einmal zu klein sein, so hindert ja nichts, den Motorregulator durch Aufsetzen eines kleinen Ventilators zu belasten.

Wie je nach der Tourenzahl des Generators der in den Feldwiderständen zu vernichtende Effekt verschieden groß sein würde, so ändert sich auch die Tourenzahl des Motorregulators mit der Zuggeschwindigkeit. Daraus darf man aber

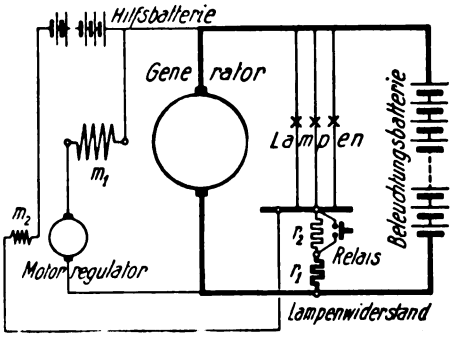


Abb. 14. Prinzipschema.

nicht den Schluß ziehen, daß auch die Spannungsregelung mit der Trägheit der rotierenden Massen behaftet sei. Dies ist nämlich durchaus nicht der Fall. Ändert sich zum Beispiel die Zuggeschwindigkeit in dem Sinne, daß der vom Regulator zu vernichtende Effekt steigt, so verwendet der Regulator (nach einer minimalen Änderung der Ankerwicklungsspannung) diesen Effektüberschuß zur Beschleunigung des Rotors, verbraucht ihn also augenblicklich, und fährt damit so lange fort, bis die Erhöhung seiner Leerlaufverluste die Erhöhung der zu vernichtenden Leistung genau ausgleicht. Die Reguliergeschwindigkeit ist also ganz unabhängig von der Massenträgheit. Sie hängt nur von den Zeitkonstanten der Feldkreise ab, die für so kleine Maschinen, wie sie hier in Frage kommen sehr klein sind. Der Motorregulator ist daher ein Schnellregler von kaum zu übertreffender Einfachheit und Zuverlässigkeit.

Ich habe verschiedentlich von Åkermans Zugbeleuchtungssystem gesprochen. Diese Bezeichnung scheint einstweilen noch nicht ganz berechtigt. Denn ein Regulator bestimmt eigentlich noch kein „System". Das geht schon daraus hervor, daß eine ganze Anzahl bekannter Systeme den Motorregulator ohne weiteres, und wahrscheinlich mit großem Nutzen verwenden könnten. Aber Åkerman hat selbst seinen Regler einer Schaltung einverleibt, welche genügend viele besondere Kennzeichen besitzt, um als ein neues „System" gelten zu können.

Ein erste, vielleicht minder wichtige Eigentümlichkeit ist die Art, wie der Ladestrom der Batterie geregelt wird. Wie beinahe alle Systeme mit normalem Gleichstromgenerator, verwendet auch das vorliegende System einen Vorschaltwiderstand r_1 vor den Lampen (Abb. 14). Dieser Widerstand wirkt natürlich nicht auf die Lampenspannung ein, da diese unter allen Umständen durch den Motorregulator konstant gehalten wird. Statt dessen hebt der Widerstand die Ladespannung der Batterie über die Beleuchtungsspannung und zwar gerade um seinen eigenen Spannungsverbrauch. Da dieser dem Beleuchtungsstrom proportional ist, und andererseits die Batterieladespannung einen gewissen Höchstwert nie überschreiten soll, so könnte dieser Höchstwert nur dann erreicht werden, wenn alle Lampen brennen. Damit die Batterie auch bei kleinerem Beleuch-

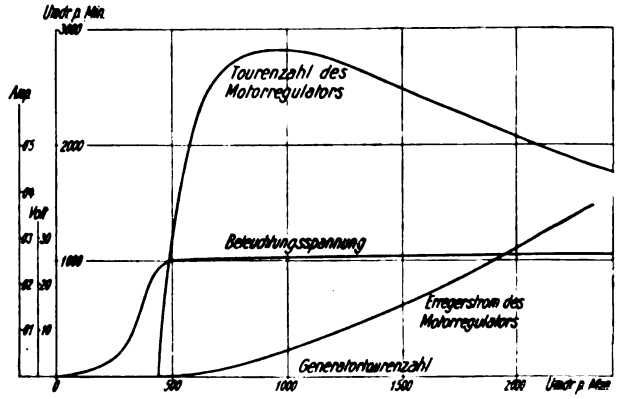


Abb. 15.

tungsstrom genügend kräftig geladen wird, ist ein Stromrelais vorgesehen, das bei geringer Lichtbeleuchtung einen Zusatzwiderstand r_2 in einer oder zwei Stufen zuschaltet. Noch einfacher ist es, die Lampen gruppenweise parallel zu schalten, und jeder Gruppe einen besonderen Widerstand vorzuschalten. Sind alle Lampen ausgeschaltet, so stellt sich die Maschinspannung automatisch auf die höchste zulässige Ladespannung ein (vergl. Anhang).

Ein anderes Kennzeichen von größerer Bedeutung ist die Anwendung zweier verschiedener Organe für Einschaltung und Wiederabschaltung der Generatorbeleuchtung. Wenn der Zug anfährt und die Generatorspannung steigt, so schaltet bei etwa 35 V ein Spannungsrelais das Feld m_2 des Motorregulators ein. Dieser beginnt mit großer Beschleunigung zu rotieren und schließt bei ungefähr 800 Touren mittels eines Zentrifugalschalters den Stromkreis für die Zugspule des automatischen Umschalters. Im nächsten Augenblick schaltet dieser den Generator auf Beleuchtung und Ladung und stellt für das ganze System die Betriebsschaltung her. Wenn dann der Zug beim Einfahren in

Digitized by Google

eine Station bremst, sinkt auch die Tourenzahl des Motorregulators, und bei ungefähr 500 Touren schaltet der Zentrifugalschalter die Zugspule des automatischen Umschalters ab. Dieser fällt, und führt damit die ganze Apparatur in die Anfahrstellung zurück.

Wir sehen also, daß der Einschaltemoment durch die Generatorspannung bestimmt wird, der Ausschaltemoment dagegen durch die Zuggeschwindigkeit. Infolge dieses Ansprechens auf zwei verschiedene Systemgrößen wird es möglich, den Generator bei so gut wie ein und derselben Spannung sowohl ein-, als abzuschalten. Das ist ein wichtiger Vorteil. Denn die Helligkeitsunterschiede beim Übergang von Generator- zu Batterieschaltung und umgekehrt werden dadurch sehr wirksam vermindert. Wäre nicht der Ladezustand der Batterie veränderlich, würden sie überhaupt verschwinden.

Man wird einwenden, daß dies unmöglich sei, da in beiden Fällen ja doch ein und dasselbe Schaltorgan beteiligt ist, nämlich der Zentrifugalschalter,

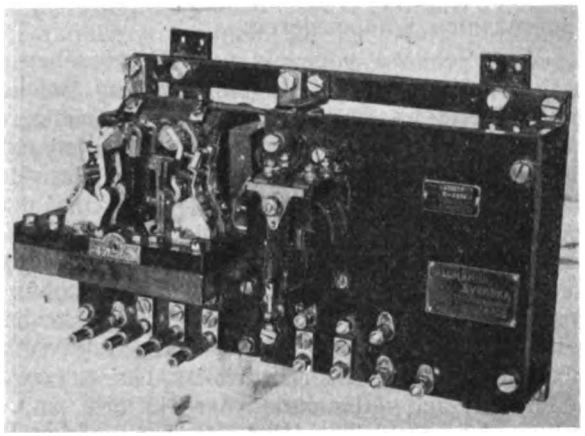


Abb. 16*a*. Apparatetafel.

und dieser sogar eine beträchtliche Tourendifferenz zwischen Ein- und Ausschalten benötigt. Dieser Einwand ist leicht zu widerlegen. Abb. 15 enthält die Tourenzahl des Motorregulators und die Leerlaufspannung des Generators als Funktion seiner Tourenzahl (also der Zuggeschwindigkeit). Dabei zeigt sich, daß dem obengenannten Unempfindlichkeitsbereiche (500 bis 800 Touren) des Zentrifugalschalters nur ein Unterschied von 6 vH in der Zuggeschwindigkeit und von $1^1/_2$ vH in der Generatorspannung entspricht. Die Lampenspannung ist also tatsächlich beim Ein- und Ausschalten praktisch gleich. Es mag noch erwähnt werden, daß für den Zentrifugalschalter eine überaus einfache Konstruktion mit Dauermagneten verwendet wird, die sich in einjährigem Probebetrieb tadellos bewährt hat.

Eine Abbildung der Apparatetafel zeigt Abb. 16a. Man erkennt links oben den robusten automatischen Umschalter, daneben das Spannungsrelais. Das Stromrelais ist bei dieser Ausführung weggelassen.

Der Zugbeleuchtungsgenerator ist in Abb. 16b dargestellt.

Anhang. Vollständiges Schaltungsschema für das neue Zugbeleuchtungssystem von Åkerman.

Wie bei dem vorigen System, so enthält auch hier das vollständige Schaltungsschema einige Details, die nur den Fachmann im engeren Sinne interessieren und die ich daher erst in diesem Anhang zur Sprache bringe. (Abb. 17.)

Der Generator ist eine normale Gleichstrommaschine ohne Wendepole, mit beweglicher Bürstenbrücke, die durch Reibung jedesmal um eine Polteilung mitgenommen wird, so oft der Wagen die Fahrtrichtung wechselt. Der Generator hat drei Klemmen, nämlich zwei Hauptstromklemmen $A+$, A_1- und eine Polklemme F. Die Generatorklemme $A+$ ist mit dem gleichbezeichneten + Pol der Beleuchtungsbatterie und dem +Pol A des Lampenkreises fest verbunden. Der automatische Umschalter hat zwei Starkstromkontakte 3, 6 und drei Schwachstromkontakte 4, 5, 7. Das Spannungs-

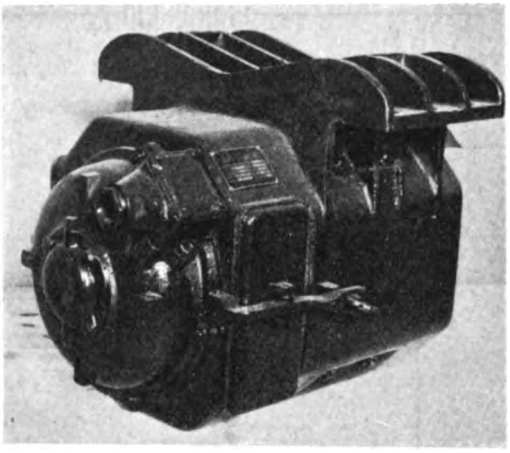


Abb. 16*b*. Zugbeleuchtungsgenerator.

relais (Kontakt 1) und der Zentrifugalschalter (Kontakt 2), wurden schon früher besprochen.

Wenn man den normalen Anlaßvorgang studieren will, kann man annehmen, die Beleuchtung sei bereits im Gange; die Lampenschalter 8 seien also bereits eingeschaltet; der Zug steht jedoch auf einer Station. Der Generator ist spannungslos, der vom Spannungsrelais R_1 gesteuerte Kontakt 1 ist daher offen. Der Zentrifugalschalter hält den Kontakt 2 geöffnet und unterbricht dadurch den Stromkreis der Zugspule d des automatischen Umschalters. Dieser liegt in der Anfahrstellung und schaltet mit dem Kontakt 6 die Lampen auf die Batterie.

Nun setzt sich der Zug in Bewegung. Der Generators ist selbsterregend; das Spannungsrelais R_1 erhält daher über den Kontakt 4 Strom. Hat sich die Maschine bei einer gewissen unteren Zuggeschwindigkeit (für Schnellzüge ungefähr 20 km/St.) auf etwa 35 V erregt, so schließt das Spannungsrelais R_1 den Kontakt 1. Damit beginnt die Ladung der Hilfsbatterie über den Widerstand r_1 und die Feldwicklung m_2 des Motorregulators. Dieser

Digitized by Google

entwickelt ein Moment, das ihn sehr schnell auf Touren bringt, schwächt das Generatorfeld und senkt die Spannung auf etwa 30 V. Sobald die Drehzahl auf etwa 800 gestiegen ist, schließt der Zentrifugalschalter den Kontakt 2 und gibt der Zugspule des automatischen Umschalters Strom. Indem nun auch dieser in die Betriebsstellung überschlägt, schaltet er mit dem Kontakt 3 die Lampen (über die Vorschaltwiderstände r_4, r_5) und die Batterie (über den Vorschaltwiderstand r_6) auf den Generator. Gleichzeitig wird die Batterie durch Öffnen des Kontaktes 6 vom Lampenstromkreis abgeschaltet. Der Kontakt 4 unterbricht den Strom durch das Spannungsrelais R_1, während der Kontakt 5 den Relaiskontakt 1 und

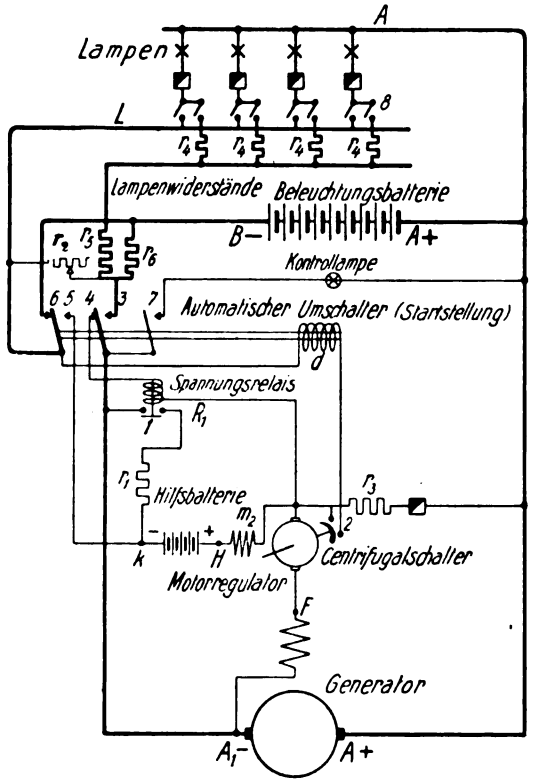


Abb. 17. Vollständiges Schaltungsschema für elektrische Zugbeleuchtung, System Åkerman.

den Widerstand r_1 kurzschließt. Die Aufgabe des Widerstandes r_1 war nämlich, die Spannung des Generators vor Ansprechen des automatischen Umschalters ein wenig höher zu halten, als der normalen Beleuchtungsspannung entspricht und dadurch den Spannungsabfall zu kompensieren, der beim Umschalten des Generators auf Beleuchtung und Batterieladung entsteht. Endlich erhält auch die Kontrollampe über den Kontakt 7 Strom und signalisiert, daß das ganze System sich in der Betriebsstellung befindet.

Fährt dann der Zug in die nächste Station ein, so unterbricht zunächst der Zentrifugalschalter bei ungefähr 500 Umdrehungen die Zugspule d des automatischen Schalters. Dieser fällt, schaltet mit Kontakt 6 die Lampen auf Batteriebeleuchtung, unterbricht mit Kontakt 3 den Licht- und Ladestrom des Generators und bereitet mit Kontakt 4 die nächste Anfahrt vor. Der Hilfsbatterie-Stromkreis wird mit dem Kontakt 5 unterbrochen, und da das Spannungsrelais R_1 schon in der Anfahrstellung steht, ist damit das ganze System in die Anfahrstellung zurückversetzt.

Auf sinnreiche Weise ist verhindert worden, daß die Generatorspannung beim Einfahren des Zuges in die Station abfällt. Bei sinkender Tourenzahl steigt der Erregerstrom des Generators und erzeugt in dem Widerstande r_3 einen Spannungsabfall, der sich im Gegenerregerstromkreis zu dem Spannungsabfall der Hilfsbatterie addiert und dadurch die Generatorspannung erhöht. Durch geeignete Bemessung des Widerstandes r_3 kann man daher den Spannungsabfall bei niedrigen Tourenzahlen kompensieren.

Zum Schlusse noch ein paar Worte über die Batterieladung: Die Ladespannung der Beleuchtungsbatterie ist gleich der Lampenspannung, die durch den Motorregulator konstant gehalten wird, plus dem Spannungsabfall über die Lampenwiderstände $r_4 + r_5$. Der Widerstand r_4 ist in mehrere parallel Zweige unterteilt, deren jeder zu einer bestimmten Lampengruppe gehört. Dadurch ist erreicht, daß der Spannungsabfall unabhängig von der Zahl der eingeschalteten Lampengruppen nahezu konstant bleibt, wie es für effektive Ladung der Batterie erforderlich ist. Um zu großen Ladestrom bei völlig entladener Batterie zu vermeiden, ist ein kleiner Widerstand r_6 in den Ladestrom eingeschaltet.

Bei Ausschaltung aller Gruppenschalter (Lampenstrom $= 0$) kommt der Widerstand r_2 zur Wirkung, der im Gegenerregerkreis A_1—3—r_2—5—K—H—m_2—r_3—A liegt. Er führt außer dem Ladestrom der Hilfsbatterie auch den nahezu konstanten Strom der Spule d des automatischen Umschalters. Dieser erzeugt einen nahezu konstanten Spannungsabfall im Stromkreis der Hilfsbatterie, die durch eine ebensogroße Erhöhung der Generatorspannung ausgeglichen werden muß. Es wird so auf die einfachste Weise erreicht, daß sich der Generator bei Abschaltung der Lichtbelastung auf eine bestimmte Ladespannung einstellt, die man nach Gutdünken vorschreiben und durch welche man eine beliebig forcierte Batterieladung erhalten kann.

Digitized by Google

Regelsätze und Netzkupplung.

Von Dr. W. Selz, Baden (Schweiz).

(Schluß aus Heft 36, Seite 895.)

Die Kommutatorkaskade für konstante Leistung wird fast stets mit Erregermaschine ausgeführt. Deren fremderregte Durchflutung besitzt dabei eine der Schleifringspannung des Hauptmotors proportionale, vom Widerstandserregerkreis erregte und eine weitere, von einem zweiten Erregerkreis erregte Komponente. Dieser zweiten Komponente der Durchflutung sind die Wirkleistung und die Bindleistung des Hauptmotors proportional, unabhängig von der Schlüpfung, wenn der Widerstand des Widerstandserregerkreises so groß ist, daß die ihm entsprechende Widerstandsspannung im Ankerkreis der Hintermaschine der Schleifringspannung entgegengesetzt gleich ist. Der Widerstandserregerkreis ist stets nach Abb. 8 geschaltet, sein Widerstand aber kleiner als dort angenommen.

Als erstes Anwendungsbeispiel der Schaltung sei der Ilgnerumformer genannt. Er besteht bekanntlich aus einem an das Netz angeschlossenen Asynchronmotor, der mit einem Schwungrad und einem Generator gekuppelt ist. Die Belastung des Generators, der zum Beispiel einen Walzmotor oder einen Fördermotor speist, schwankt außerordentlich stark. Die Leistung, die der Antriebsmotor des Generators aus dem Netz aufnimmt, soll aber trotzdem konstant sein. Die Differenz zwischen dieser konstanten Leistung und der stark schwankenden Belastung liefert das Schwungrad, das sich entsprechend beschleunigt oder verzögert. Früher wurde die Leistung des asynchronen Antriebsmotors dadurch konstant gehalten, daß sein Läuferwiderstand selbsttätig auf konstante Motorleistung, unabhängig von der Schlüpfung, geregelt wurde. Die gleiche Arbeitsweise des Hauptmotors kann aber auch durch Anschluß einer Kommutatorkaskade für konstante Leistung erreicht werden, wobei der Hauptmotor ohne jede Regelung konstante Leistung aus dem Netz aufnimmt. Da die größte beim Ilgnerumformer verlangte Schlüpfung meist sehr hoch ist, ist bei Widerstandsregelung der Verlust im Widerstand groß und seine Vermeidung durch die erläuterte Kaskadenschaltung besonders wichtig und wirtschaftlich. Durch die Möglichkeit der Phasenkompensation wird die Wirtschaftlichkeit noch vergrößert.

Während bei dem später behandelten Anwendungsgebiet die Leistung des Hauptmotors im ganzen Regelbereich konstant sein soll, soll die Leistung des Ilgnerumformers bei Erreichen einer bestimmten oberen Grenze der Drehzahl zu Null werden, da sonst bei Betriebspausen das Schwungrad immer weiter aufgeladen, also unzulässige Drehzahl erreichen würde. Diese oberste Drehzahl ist hier die synchrone.

Die Schaltung der Anlage zeigt Abb. 12, in der nur der asynchrone Antriebsmotor ohne Schwungrad und Generator gezeichnet ist. Hauptmotor, Hintermaschine, Erregermaschine und Widerstandserregerkreis sind ähnlich wie in Abb. 11 geschaltet. Der in den Widerstandserregerkreis eingeschaltete Frequenzumformer dient nur der Phasenkompensation. Abb. 13 zeigt das Bild eines Ilgnerumformers mit Kommutatorkaskade für konstante Leistung.

Der zweite Erregerkreis der Erregermaschine wird wie beim Phasenkompensator für Zusatzschlupf von den Schleifringen des Hauptmotors aus über eine Drosselspule gespeist. Die Erregerwicklung selbst ist so geschaltet, daß die von ihr im Anker der Hintermaschine induzierte Spannung phasengleich mit der Schlupfspannung ist. Diese

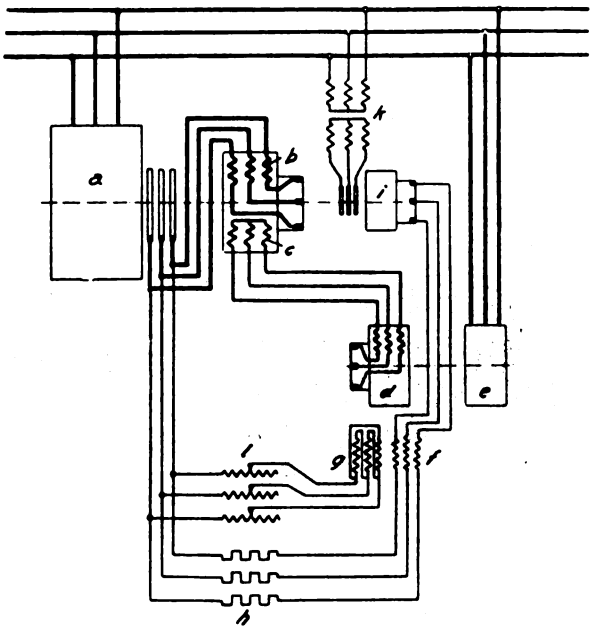


Abb. 12. Schaltung der Kommutatorkaskade für konstante Leistung und synchrone Leerlaufdrehzahl. a = Asynchronmotor, b = Reihenschlußerregerwicklung (und Kompensationswicklung) der Hintermaschine, c = = fremd erregte Erregerwicklung der Hintermaschine, d = Erregermaschine, e = Antrieb zu d, f = Widerstandserregerwicklung der Erregermaschine, g = Drosselerregerwicklung der Erregermaschine, h = Wirkwiderstand, i = Frequenzwandler, k = Hilfstransformator zur Speisung von i, l = Blindwiderstand (Drosselspule).

Spannung soll ja die Wirkleistung, nicht, wie früher, die Blindleistung festlegen. Der Strom dieses Drosselerregerkreises ist wie beim Phasenkompensator für Zusatzschlupf bei mittlerer und großer Schlüpfung konstant, geht aber ohne äußere Regelung auf Null zurück, wenn die Schlüpfung Null wird. Entsprechend ist auch die Leistung des Hauptmotors bei mittlerer und großer Schlüpfung konstant und wird zu Null, wenn sich die Drehzahl der synchronen nähert.

In neuester Zeit gelang noch eine Erweiterung der Schaltung, die auch für einen solchen Ilgnerumformer doppelseitige Regelung mit ihren wirtschaftlichen Vorteilen gestattet. Der Asynchron-

Digitized by Google

motor hat dabei eine bestimmte, im übersynchronen Gebiet liegende Leerlaufdrehzahl. Bei jeder tieferen Drehzahl arbeitet er mit annähernd konstanter Leistung.

Etwas ausführlicher will ich ein zweites und besonders interessantes Anwendungsgebiet dieser neuen Kommutatorkaskade für konstante Leistung behandeln, nämlich die nachgiebige Kupplung von Kraftübertragungsnetzen durch rotierende Umformer[12]).

Für dieses Anwendungsgebiet ist die genaue Kenntnis der Bedingungen, die der Betrieb stellt, ebenso wichtig, wie die Kenntnis der Wirkungsweise des Umformers. Netze gleicher Frequenz können durch unmittelbaren Zusammenschluß oder über rotierende Umformer, Netze verschiedener Frequenz nur über rotierende Umformer gekuppelt werden. Beim unmittelbaren Zusammenschluß werden beide Netze zu einem großen gemeinsamen Netz vereinigt. Eine an irgend einer Stelle auftretende Belastung verteilt sich auf sämtliche Generatoren der beiden Netze, die Art der Verteilung wechselnder Lage und Größe der Belastung ihre Größe, unter Umständen auch ihre Richtung. Bei einer Richtungsänderung fließt die Leistung von dem Netz, das Leistung beziehen will, in das Netz, das überschüssige Leistung zur Verfügung hat. Konstante Austauschleistung zwischen den Netzen ist bei unmittelbarem Zusammenschluß nur durch entsprechende Regelung in den Zentralen erreichbar. Selbsttätige Beeinflussung der Antriebsregler auf konstante Kupplungsleistung ist nur in Ausnahmefällen möglich, meist muß die Regelung von Hand geschehen. Sie stellt um so größere Anforderungen an die Bedienung, je größer die Zahl der parallelarbeitenden Zentralen und je ausgedehnter ihre Netze sind, je stärker sich die Belastungsschwankungen der Netze voneinander unterscheiden und je kleiner die konstant zu haltende Austauschleistung gegenüber der Gesamtleistung der Zentralen ist. Es läßt sich natürlich nicht allgemein angeben, wann die Anforderungen unzulässig groß werden, welche die Konstanthaltung der Austauschleistung an die Zentralen stellt. Die heutige

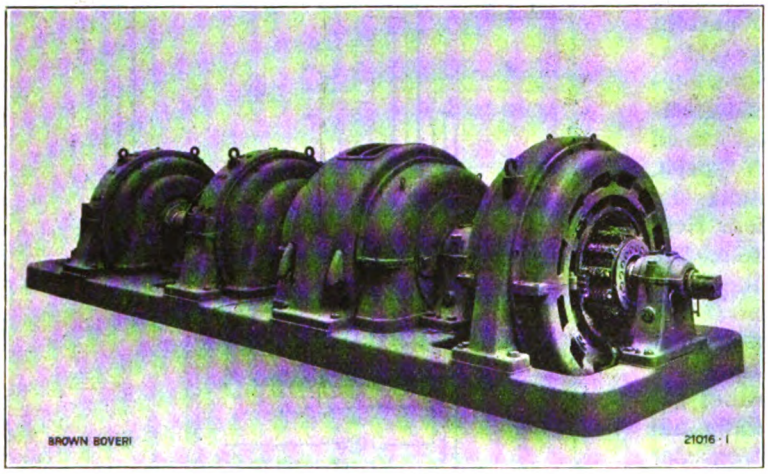


Abb. 13. Ilgner-Umformer 2000 kW, 750/615 U/min, mit Scherbiusmaschine, Kommutatorkaskade für konstante Leistung.

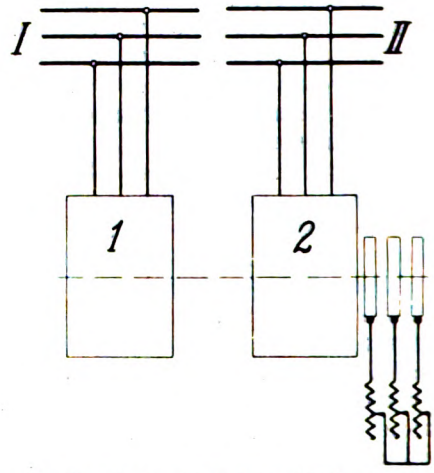


Abb. 14. Synchron-Asynchron-Umformer zur Kupplung von zwei Kraftübertragungsnetzen I und II. 1 = Synchronmaschine, 2 = Asynchronmaschine.

hängt von den Eigenschaften der Antriebsregler der Zentralen ab. Durch die Größe und Lage der Belastung und durch die Einstellung der Regler ist die in jedem Leitungsstrang fließende Leistung gegeben, also auch die Leistung, die über die Kupplungsleitung zwischen den beiden Netzen fließt. Zweck der Kupplung ist der Austausch einer ganz bestimmten Leistung zwischen den Netzen, die einem von den Betriebsbedingungen abhängigen Gesetz folgen soll. Dieses Gesetz kann recht verschieden lauten. Zunächst beschränken wir uns auf die am einfachsten zu überblickende Vorschrift, daß die Kupplungsleistung unabhängig von der Belastung der Netze und konstant sein soll; solange nun die Antriebsregler der Zentralen nicht dauernd nachgestellt werden, ändert die Kupplungsleistung mit Praxis geht bekanntlich im Zusammenschluß der Netze sehr weit. Immerhin sind mir aus neuester Zeit Beispiele bekannt, in denen die verantwortlichen Betriebsleiter den unmittelbaren Zusammenschluß großer Netze gleicher Frequenz ablehnten, weil die auszutauschende Leistung zwar an sich groß, aber doch klein gegen die Gesamtleistung der zu kuppelnden Netze war. Wäre bei ungenauer Regelung in den parallelarbeitenden Zentralen nur zu befürchten, daß die Austauschleistung kurzzeitig anderen Wert als vorgeschrieben hätte, könnte dies hingenommen werden. Je kleiner aber die Leistung ist, für welche die Kupplungsleitung vorgesehen wird, desto größer ist die Gefahr, daß bei ungenügender Regelung die maximal übertragbare Leistung überschritten wird und die Netze außer Tritt fallen. Wenn die Austauschleistung nicht allzuklein gegenüber der Leistung der einzelnen Netze ist, wird in der Regel auch künftig die Kupplung von Netzen gleicher Frequenz durch unmittelba-

[12]) Seiz: Ein neuer Regelsatz für Motorgeneratoren zur elastischen Kupplung zwischen Kraftübertragungsnetzen. BBC-Mitteilungen Mannheim 1927, S. 31 und VDE Fachberichte der 31. Jahresversammlung Wiesbaden 1926, S. 5. (Referat E. u. M. 1927, S. 840.)

Digitized by Google

ren Zusammenschluß erfolgen, weil die Kupplung über rotierende Umformer größere Anlagekosten und größere Verluste bedingt.

Die Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz ist aber überhaupt nur über rotierende Umformer möglich, wobei der Vorteil, den ein Umformersystem gegenüber dem andern für den Betrieb aufweisen kann, von entscheidender Bedeutung wird. Besteht der Umformer aus zwei Synchronmaschinen, so kuppelt er die Netze starr zusammen, so daß die wechselseitige Abhängigkeit beider Netze annähernd die gleiche wie beim unmittelbaren Zusammenschluß ist. Es besteht aber der eine praktisch außerordentlich wichtige Unterschied, daß durch die Einschaltung des Synchronumformers in die Kupplungsleitung deren Kippleistung stark zurückgeht, wenn der Umformer nicht sehr reichlich bemessen ist. Die Gefahr des Außertrittfallens der Netze bei kurzzeitigem Versagen der Regelung in den Zentralen und besonders bei Störungen ist also viel größer als beim unmittelbaren Zusammenschluß. Dagegen fällt diese Gefahr weg, wenn ein Umformer aufgestellt wird, der infolge seiner besonderen Ausführungsform selbst seine Leistung konstant hält, unabhängig von den Vorgängen in beiden Netzen. Bei einer Zwischenform wird die Gefahr des Außertrittfallens wenigstens verringert, wenn nämlich die Umformerleistung zwar durch die Vorgänge in beiden Netzen beeinflußt wird, wenn der Umformer aber wenigstens kleine gegenseitige Frequenzschwankungen der Netze zuläßt. Jede Form der Netzkupplung, bei der solche Schwankungen möglich sind, bezeichne ich im folgenden als nachgiebige Kupplung im Gegensatz zur starren Kupplung über einen Synchronumformer oder ein ihm gleichwertiges System.

Die starre Kupplung großer Netze über rotierende Umformer wurde trotz deren Nachteil in Amerika schon mehrfach ausgeführt, in Europa, meines Wissens, noch nie. Doch hat auch die amerikanische Praxis schon mehrfach nachgiebige Umformer ausgeführt. In Europa sind mehrere solche Umformer mit Leistungen bis zu vielen Tausend kW im Betrieb und im Bau. Soll die Kupplung zwischen den Netzen nachgiebig sein, so muß jedenfalls die eine Maschine des Umformers eine Asynchronmaschine sein. Als zweite Maschine setzen wir im folgenden stets eine Synchronmaschine voraus, so daß sich die Schaltung der Abb. 14 ergibt.

An das erste Netz ist die Synchronmaschine, an das zweite die Asynchronmaschine angeschlossen. Unabhängig davon, ob sie mit einer Kommutatorhintermaschine zusammenarbeitet oder nicht, ist ihre Drehzahl stets durch die Synchronmaschine festgelegt, die synchron mit ihrem Netz läuft.

Die Schlüpfung σ der Asynchronmaschine hängt vom Verhältnis der Polpaarzahlen p beider Maschinen und vom Verhältnis der Frequenzen f der Netze ab. Gilt Index 1 für die Asynchronmaschine und Index 2 für die Synchronmaschine, so ist

$$\sigma = 1 - \frac{p_1}{p_2}\frac{f_2}{f_1} \quad \ldots\ldots (6).$$

Negativer Wert der Schlüpfung bezeichnet wieder übersynchronen Lauf. Für einen Umformer gegebener Polzahl hängt also die Schlüpfung der Asynchronmaschine nur vom Frequenzverhältnis beider Netze ab. Der Induktionsfluß der Asynchronmaschine ist bei konstanter Netzspannung der Frequenz f_1 umgekehrt proportional. Werden ihre Schleifringe unmittelbar oder über Widerstände kurzgeschlossen, so ist ferner ihr Läuferstrom der Schlüpfung proportional und das Drehmoment ist

$$M = a\frac{\sigma}{f_1} \quad \ldots\ldots\ldots (7).$$

Die Leistung der Asynchronmaschine ist

$$N = a\frac{\sigma}{f_1}\cdot\frac{60\cdot f_2}{p_2} = a_1\cdot\sigma\cdot\frac{f_2}{f_1} \quad \ldots (8).$$

Positive Leistung entspricht motorischer Arbeit der Asynchronmaschine. Die Konstanten a und a_1 können durch Widerstandsregelung im Läuferkreis geregelt werden, behalten aber stets positiven Wert. Die Leistung der Synchronmaschine ist gleich der der Asynchronmaschine. Die Synchronmaschine hat unmittelbar keinen Einfluß auf die Umformerleistung, sie überträgt vielmehr stets die ihrer Welle zugeführte Leistung auf ihr Netz; mittelbar bestimmt sie die Leistung dadurch, daß sie die Drehzahl der Gruppe festlegt. Bei positiver Schlüpfung der Asynchronmaschine fließt die Leistung von ihrem Netz in das der Synchronmaschine, bei negativer Schlüpfung fließt die Leistung in umgekehrter Richtung. Es bezeichne ferner f_{10} und f_{20} die Nennwerte der Frequenzen beider Netze, um welche die wirklichen Frequenzwerte f_1 und f_2 betriebsmäßig innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Wählen wir das Verhältnis der Polpaare $\frac{p_1}{p_2}$ beider Maschinen $= \frac{f_{10}}{f_{20}}$, so läuft bei diesem Frequenzverhältnis die asynchrone Maschine synchron mit ihrem Netz, überträgt also keine Leistung. Bei beliebigem Frequenzverhältnis ist die Umformerleistung

$$N = a_1\cdot\left(1 - \frac{f_{10}}{f_{20}}\frac{f_2}{f_1}\right)\cdot\frac{f_2}{f_1} \quad \ldots (8\,a).$$

Diese Gleichung ist durch Abb. 15 in räumlicher Darstellung verdeutlicht.

In den beiden Achsen der Horizontalebene sind die Frequenzen f_1 und f_2 der Netze in ihrem Verhältnis zum Nennwert aufgetragen so daß jeder Punkt der Horizontalebene einem bestimmten Frequenzverhältnis entspricht. Die Frequenz f_1 steigt bei Annäherung an den Nullpunkt, die Frequenz f_2 bei Entfernung von diesem Punkt. In vertikaler Richtung ist zu jedem Frequenzverhältnis die zugehörige Umformerleistung in Prozenten der Nennleistung aufgetragen, die Endpunkte aller Vertikalstrecken bilden zusammen die angedeutete nach oben konvexe Fläche. Der Nullwert der Leistung ist nicht in die horizontale Bezugsebene, sondern so hoch gelegt, daß auch bei negativer Lei-

Digitized by Google

stung kein Punkt der Fläche unter diese Ebene fällt. Nach Gleichung 8 *a* und Abb. 15 ist die vom Netz der Asynchronmaschine zu dem der Synchronmaschine fließende Leistung am größten, wenn die Frequenz des Netzes der Asynchronmaschine den größten, und die Frequenz des anderen Netzes den kleinsten Wert hat. Die Asynchronmaschine arbeitet dabei als Motor. Die Leistung sinkt bis auf Null, wenn die höhere Frequenz so weit sinkt, oder die niedrigere Frequenz so weit steigt, daß sich die Frequenzen der beiden Netze wie die Polzahlen der an sie angeschlossenen Maschinen verhalten. Ändern sich die Frequenzen noch weiter in gleicher Richtung, so arbeitet die Asynchronmaschine als Generator, die Leistung fließt in umgekehrter Richtung und erreicht schließlich ihren größten negativen Wert, wenn die Frequenz des Netzes der Asynchronmaschine den kleinsten und die des Netzes der Synchronmaschine den größten Wert hat.

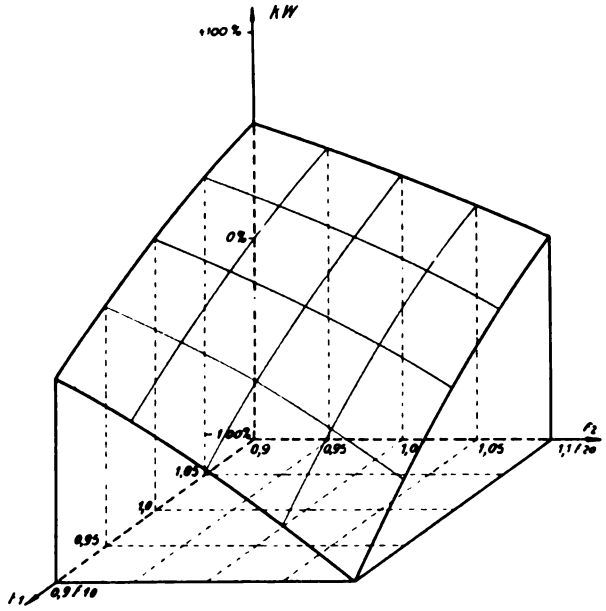


Abb. 15. Austauschleistung von zwei Kraftübertragungsnetzen, bei Kupplung durch einen Synchron-Asynchron-Umformer ohne Hintermaschine, in Abhängigkeit der Frequenzwerte beider Netze.

Beim Synchron-Asynchronumformer ohne Hintermaschine fließt die Leistung also stets von dem Netz mit relativ hoher Frequenz zu dem mit relativ niederer Frequenz. Diese Arbeitsweise entspricht zwar insofern den Anforderungen des Betriebes, als steigende Frequenz auf einen Leistungsüberschuß, fallende Frequenz auf einen Leistungsbedarf des betreffenden Netzes hindeutet. Meist aber werden an die Austauschleistung weitergehende Anforderungen gestellt.

Wird an die Schleifringe des Asynchronmotors eine Kommutatorhintermaschine in einer der früher behandelten Schaltungen angeschlossen, bei denen die Leistung von der Schlüpfung abhängig ist, so kann durch Regelung der Hintermaschine der Wert des Frequenzverhältnisses, bei dem die Umformerleistung Null ist, und der Grad der Leistungssteigerung bei bestimmter Änderung des Frequenzverhältnisses geändert werden. Die Umformerleistung ist wieder durch eine Fläche, ähnlich der Abb. 15, dargestellt, doch können die Frequenzwerte, die dem Schnittpunkt der beiden horizontalen Achsen entsprechen, und deren Maßstab beliebig eingestellt werden. Die bisher notwendige Einschränkung, daß die Nennwerte der Frequenzen, für welche die Umformerleistung Null sein soll, sich wie die Polzahlen der Maschinen des Umformers verhalten, fällt also weg. Damit die Umformerleistung bei beliebigem Frequenzverhältnis $\frac{f_2}{f_1}$ zu Null wird, muß die Leerlaufschlüpfung σ_0 des Asynchronmotors durch die Hintermaschine auf den Wert $\sigma_0 = 1 - \frac{p_1}{p_2}\frac{f_2}{f_1}$ geregelt werden. Die Abhängigkeit der Umformerleistung vom Frequenzverhältnis der Netze bleibt aber dabei bestehen.

Wird dagegen die Hintermaschine nach dem Grundsatz der Kommutatorkaskade für konstante Leistung erregt, also nach Abb. 11 geschaltet, so

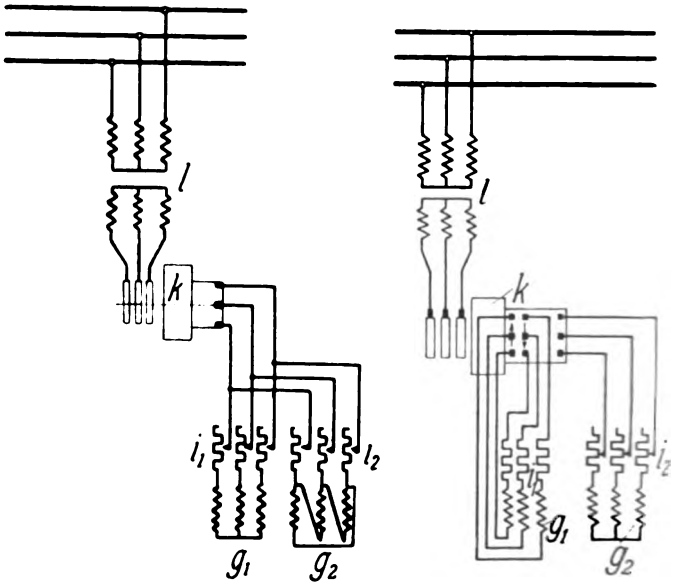


Abb. 16 *a* und 16 *b*. Kommutatorkaskade für konstante Leistung nach Abb. 11. Spielarten der Schaltung des zweiten Erregerkreises der Erregermaschine für unabhängige Regelung der Wirk- und der Blindleistung des Asynchronmotors.

g_1 = die Wirkleistung bestimmende Erregerwicklung der Erregermaschine. g_2 = die Blindleistung bestimmende Erregerwicklung der Erregermaschine, i_1 und i_2 = konstante bzw. regelbare Wirkwiderstände. k = Frequenzwandler. l = Hilfstransformator zur Speisung von k.

ist die Leistung der Asynchronmaschine konstant, unabhängig von ihrer Schlüpfung; die Frequenzen beider Netze können also innerhalb der vorgesehenen Grenzen beliebig schwanken, ohne die konstante Austauschleistung der Netze zu beeinflussen. Meist muß dabei nicht nur die Wirkleistung, sondern auch die Blindleistung der Asynchronmaschine durch äußeren Eingriff regelbar sein. Deshalb kommen statt der in Abb. 11 gezeichneten Schaltung des zweiten Erregerkreises $g - i - k - l$ der Erregermaschine auch verschiedene

Digitized by Google

Spielarten der Schaltung in Frage. In Abb. 16*a* ist die Erregerwicklung *g* der Erregermaschine in zwei parallel liegende Wicklungen g_1 und g_2 aufgelöst. Die eine Wicklung ist in Stern, die andere in Dreieck geschaltet. In den beiden Wicklungen fließen also Ströme, die gegeneinander um 90° phasenverschoben sind. Ihre Größe kann durch die Regelwiderstände i_1 und i_2 beliebig und unabhängig voneinander geregelt werden. Den Strömen dieser beiden Wicklungen entsprechen in der Hintermaschine zwei gegeneinander um 90° phasenverschobene, beliebig regelbare Spannungen, deren eine der Schlupfspannung gleich- oder entgegengerichtet, deren andere 90° dagegen phasenverschoben ist. Diese Spannungen bestimmen den Wirkstrom und den Blindstrom des Läufers und damit auch die Wirkleistung und die Blindleistung der Asynchronmaschine, die durch die beiden Regulierwiderstände unabhängig voneinander reguliert werden können, von der Schlüpfung aber unabhängig sind. Soll nicht nur die Größe, sondern auch das Vorzeichen der Wirk- oder Blindleistung des Asynchronmotors regelbar sein, so muß die Durchflutung der Wicklung g_1 bzw. g_2, zum Beispiel durch Umschaltung ihres Wicklungssinnes, um 180° in der Phase verschoben werden können.

Von besonderer Bedeutung für die letzte, noch zu behandelnde Regelungsart des Umformers sind die Vorrichtungen, die eine stufenlose stetige Regelung wenigstens der die Wirkleistung beeinflußenden Komponente des Erregerstromes ermöglichen. Nach Abb. 16b kann zu diesem Zweck der Frequenzumformer mit 3 Bürstensätzen ausgestattet werden. 2 Bürstensätze sind über einen konstanten Widerstand mit einer offen geschalteten Erregerwicklung der Erregermaschine verbunden. In diesem Kreis fließt der die Wirkleistung des Umformers bestimmende Erregerstrom. Seine Einstellung auf den verlangten Wert geschieht durch gleichzeitige Verschiebung der beiden Bürstensätze gegeneinander derart, daß sich ihre Verbindungsachse parallel verschiebt. Bei dieser Verschiebung wird die Größe der Spannung zwischen zusammengehörigen Bürsten, also die Größe des Erregerstromes bei unveränderter Phasenlage geregelt. Wenn zusammengehörige Bürsten aneinander vorbei bewegt werden, ändert sich die Stromrichtung um 180°, wobei sich auch die Richtung des Leistungsflusses über den Umformer ändert. Der dritte Bürstensatz speist eine zweite Erregerwicklung der Erregermaschine über einen Regulierwiderstand und führt ihr einen Strom zu, dessen Durchflutung gegen die des ersten Stromes 90° phasenverschoben ist, also die Blindleistung des Asynchronmotors bestimmt, und durch den Regulierwiderstand geregelt werden kann.

Abb. 17 zeigt als Ergebnis einer Messung die Leistung einer Asynchronmaschine mit Kommutatorkaskade für konstante Leistung in Abhängigkeit von der Schlüpfung. Obwohl sich die Schlüpfung um ± 6 vH ändert, bleibt die Leistung praktisch konstant. Würde dagegen die Leistung einer Asynchronmaschine ohne Hintermaschine bei 6 vH Schlüpfung durch Widerstandsregelung im Läuferkreis auf den gleichen Wert eingestellt, so würde bei wechselnder Schlüpfung und konstantem Läuferwiderstand die Leistung nach einer der gestrichelten Geraden b_1 oder b_2 verlaufen.

Erwähnt sei noch, daß auch bei anderen Formen der Kaskadenschaltung die Umformerleistung konstant gehalten werden kann, wenn das Regelorgan der Kaskade, durch das der Zusammenhang zwischen Schlüpfung und Belastung geregelt wird, selbsttätig in Abhängigkeit von der Leistung so verstellt wird, daß die Umformerleistung bei wechselnder Frequenz der Netze konstant bleibt. Die behandelte Schaltung erreicht das gleiche Ziel, ohne auf selbsttätige Regelung angewiesen zu sein.

Die Schaltung läßt nun noch eine weitere Betriebsform des Umformers zu. Wir können nämlich den die Leistung des Umformers bestimmenden Strom des zweiten Erregerkreises in Abhängigkeit von einer Betriebsgröße regeln. Dazu benötigen wir nun ebenfalls meist eine selbsttätige

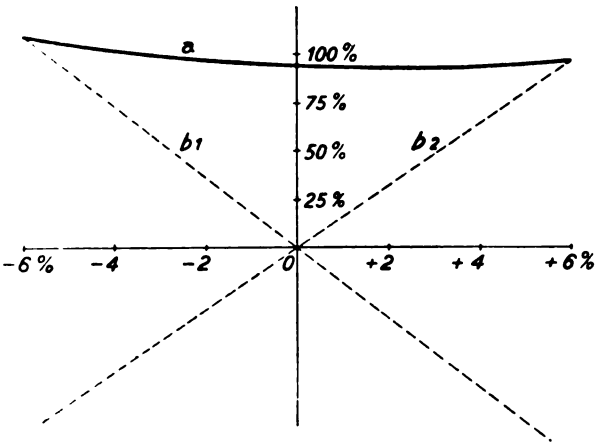


Abb. 17. Aufnahme (*a*) eines Asynchronmotors mit Kommutatorkaskade für konstante Leistung, in Abhängigkeit von der Schlüpfung. b_1 und b_2 = Aufnahme des Asynchronmotors bei Ersatz der Hintermaschine durch konstanten Zusatzwiderstand im Läuferkreis.

Regelung, erreichen damit aber eine praktisch besonders wichtige Arbeitsweise des Umformers. Da nämlich jedem Wert des Erregerstromes eine bestimmte Leistung der Asynchronmaschine entspricht, unabhängig von ihrer Schlüpfung, folgt die Umformerleistung dem gleichen Gesetz wie der selbsttätig gesteuerte Strom des zweiten Erregerkreises. Besondere Bedeutung hat die Regelung des Erregerstromes in Abhängigkeit von der Frequenz des einen oder des andern Netzes. Diese Regelung kann zum Beispiel unter Vermittlung eines Fliehkraftreglers (oder einer Tachometerdynamo) geschehen, der von einem an das betreffende Netz angeschlossenen Synchronmotor angetrieben wird. Jedem Wert der Netzfrequenz entspricht eine bestimmte Stellung des Fliehkraftreglers, also auch eine bestimmte Größe des Erregerstromes und damit auch eine bestimmte Leistung des Umformers. Die Umformerleistung hängt also nur vom Frequenzwert des einen Netzes ab, von dem des andern Netzes bleibt sie unabhängig.

Digitized by Google

Bei entsprechender Regelung im zweiten Erregerkreis ist die Umformerleistung der Frequenzabweichung des einen Netzes gegen einen Mittelwert, also dem Ausdruck $f_{10} - f_1$ oder $f_{20} - f_2$ proportional. Dabei ist gleichgültig, ob die Asynchronmaschine oder die Synchronmaschine an dasjenige Netz angeschlossen ist, dessen Frequenz die Umformerleistung bestimmt. Diese Arbeitsweise des Umformers hat deshalb besondere praktische Bedeutung, weil auch die Leistungsabgabe der mit dem Umformer parallel arbeitenden Zentralen der gleichen Frequenzdifferenz proportional ist. Der gesamte Leistungsbedarf des Netzes, dessen Frequenz die Umformerleistung bestimmt, kann also auch bei wechselnder Belastung nach den gleichen Richtlinien auf den Umformer und die parallel arbeitenden Zentralen verteilt werden, nach denen die Lastverteilung auf parallel arbeitende Synchron-Generatoren erfolgt. Während aber ein von einer Dampf- oder Wasserturbine angetriebener Synchron-Generator im praktischen Betrieb nur elektrische Leistung abgeben, nicht aber Leistung aufnehmen kann, sind für den Umformer beide Arbeitsweisen möglich. Überschreitet die Frequenz des seine Leistung bestimmenden Netzes den Wert, bei dem die Umformerleistung Null ist, so wird seine Leistung negativ. Er überträgt Leistung von diesem Netz in das zweite Netz, während bei kleineren Frequenzwerten die Leistung in umgekehrter Richtung fließt. Diese Umkehrung der Leistungsrichtung kann, wenn sie nicht erwünscht ist, vermieden werden, zum Beispiel durch einen mechanischen Anschlag der Reguliereinrichtung des zweiten Erregerkreises. In diesem Falle ist für jede oberhalb des Grenzwertes f_{10} oder f_{20} liegende Frequenz die Umformerleistung Null. Die Frequenz des zweiten Netzes ist ohne Einfluß auf die übertragene Leistung. Diesem zweiten Netz entnimmt der Umformer eine Leistung oder führt ihm eine Leistung zu, die ausschließlich durch die Vorgänge im ersten Netz bestimmt wird.

Wird schließlich der Strom des zweiten Erregerkreises der Erregermaschine konstant gehalten, der Widerstand des Widerstandserregerkreises aber auf größeren Wert eingestellt, als ihn die Kommutatorkaskade für konstante Leistung vorschreibt, so hängt, wie schon erläutert, die Umformerleistung vom Frequenzverhältnis der beiden Netze ab.

Die vom Verfasser entwickelte und von der Firma Brown Boveri & Cie. ausgeführte Schaltung zur Kupplung von zwei Kraftübertragungsnetzen kann also jede Vorschrift erfüllen, die der Betrieb an die Austauschleistung der Netze stellt.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Schweizerischen Wasserkräfte im Jahre 1927. Nach dem im Bulletin des S. E. V., Nr. 11 von 1928 auszugsweise veröffentlichten Geschäftsberichte[1]) des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft befanden sich Ende 1927 rund 425 000 PS im Ausbau (darunter die Werke Dixence der La Dixence S. A., Lausanne mit 175 000 PS und Handeck der Kraftwerke Oberhasli A. G. mit 120 000 PS installierter Leistung und das Werk Ryburg-Schwörstadt[2]) mit 48 000 PS Mindest- und 135 000 PS installierter Leistung, wovon die Hälfte auf die Schweiz und die andere Hälfte auf Deutschland entfällt), während 163 000 PSi im Berichtsjahre in Betrieb gesetzt wurden, (darunter das Werk Vernayaz[3]) der S. B. B. mit 96 500 PS). Beide Zahlen sind die größten seit 1921. Damit standen am 1. Jänner 1928 in der ganzen Schweiz annähernd 15 Std. täglich dauernd vorhandener Leistung bei entsprechender Ausnützung der Speicherbecken 1·02 Mill. PS zur Verfügung, im Bau begriffen sind 220 000 PS und noch ausnutzbar 2·76 Mill. PS, entsprechend 2·138 Mill., 425 000 und 5·837 Mill. PS (geschätzt) installierter Maschinenleistung. Die Erzeugungsmöglichkeit der Flußkraftwerke, außer Bahnwerken und keinen Strom abgebende Industrieanlagen, betrug ohne Einbezug der Speicherenergie im Jahre 1927 4350 Mill. kWh, einschließlich Speicherenergie, abzüglich der Verluste beim Füllen der Speicherbecken 4450 Mill. kWh. Das Speichervermögen aller natürlichen Seen und künstlichen Becken stieg von 372 auf 387 Mill. kWh, es wurde aber dank der günstigen Wasserführung der Flüsse im Winter 1926/27 nur zur Hälfte ausgenutzt und Ende September 1927 sämtliche Becken wieder voll angefüllt (Ende 1927 zu 73 vH). Die gesamte Energieerzeugung betrug im Jahre 1927 3350 Mill. kWh (gegen 3020 i. J. 1926), der Inlandsverbrauch 2389 Mill. kWh (2166) und die Ausfuhr (nach Deutschland, Frankreich, Italien und zu einen verschwindend kleinen Teile nach Österreich, einschließlich Lichtenstein) 961 Mill. kWh (854). Von der Ausfuhr entfallen 512·5 Mill. kWh auf den Sommer und 448·5 Mill. auf den Winter. Die auf Grund der Bewilligungen und der vorhandenen Anlagen praktisch mögliche Ausfuhr von 1819 Mill. kWh wurde zu 52·8 v. H. ausgenutzt. Die Höchstleistung in der Ausfuhr war 222 000 kW am 7. September 1927, das sind 83·7 vH der an diesem Tage bewilligten praktisch möglichen Leistung. Die durchschnittliche Benützungsdauer der insgesamt ausgeführten Energie war im Jahre 1927 4330 h, die Einnahmen hiefür betrugen 20·2 Mill. Fr. gegen 17·7 Mill. i. J. 1926 und 6·3 Mill. i. J. 1920), bzw. je kWh 2·1 Rp. (gegen 2·07 für 1926, 1·67 für 1920 und 2·44 als Höchstwert für 1923). Diesen Einnahmen standen 1927 Ausgaben von 179 Mill. Fr. für eingeführte Brennstoffe gegenüber. — k.

[1]) Vgl. den Bericht über den Stand Ende 1925 in E. u. M. 1926, S. 398.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 31; 1928, H. 29, S. 780.

[3]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 378; 1925, S. 975; 1928, H. 9, S. 200, H. 13, S. 283.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Die größte Turbogeneratorengruppe in Europa. Die Firma Brown-Boveri, hat den Auftrag auf die Lieferung einer Turbogruppe für eine Leistung von 85 000 kW für das Großkraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke in Berlin erhalten, die größte Einheit, welche bis jetzt in Europa bestellt worden ist. Ein von der genannten Firma im Jahre 1925 aufgestelltes 37 500 kW Turboaggregat hatte vorzügliche Betriebsergebnisse geliefert. Die 85 000 kW-Einheit ist als Einwellenaggregat ausgebildet. Sie umfaßt in der Hauptsache eine nach dem Reaktionsprinzip gebaute Dreizylinder-Dampfturbine, einen Generator mit direkt gekuppeltem Ventilator und eine komplette Kondensationsanlage. Die Dampfverhältnisse, für welche die Turbine gebaut wird, sind 14·5 ata, 300° C vor dem Hauptventil

Digitized by Google

der Turbine. Die normale Temperatur des Kühlwassers, bei welcher die Gruppe 85 000 kW abgeben muß, beträgt 25° C. Sollte die Temperatur unter außergewöhnlichen Umständen einen Wert von 35° C erreichen, so muß die maximale Dauerleistung der Gruppe noch 80 000 kW betragen. Die höchste wirtschaftliche Leistung beträgt 75 000 kW bei einem Leistungsfaktor von 0·75. Die Gruppe läuft mit 1500 U/min. Zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers wird der Hauptturbine an zwei Stellen Dampf entnommen. Das Kondensat wird auf eine Temperatur von 110° vorgewärmt. Die Turbine ist bis auf die zum Ausgleich der Achsialschübe dienenden Aktionsräder nach dem Prinzip der Reaktion gebaut. Die Kondensationsanlage umfaßt zwei Brown-Boveri-Kondensatoren mit einer totalen Kühlfläche von 1200 m² und zwei Kühlwasserpumpen, welche je von einer Dampfturbine angetrieben werden. Der Dreiphasengenerator ist für eine normale Betriebsspannung von 13 000 V vorgesehen. Ein besonderer Ventilator, welcher unmittelbar mit dem Generator gekuppelt wird, fördert ein Volumen von 70 m³/sek, welche Menge zur Kühlung des Generators notwendig ist. Die Warmluft wird vom Ventilator angesaugt, nach welcher sie nach dem bekannten geschlossenen Kreislaufkühlsystem wieder in den Generator gelangt. Nächst dem Ventilator ist der Haupterreger und mit diesem ein Hilfserreger gekuppelt. — Die Gruppe besitzt eine Gesamtlänge von 30 m bei einer maximalen Breite von 5 m. Ganz besonders sei hervorgehoben, daß die Gesamtleistung in einem einzigen Generator zur Erzeugung gelangt. Ähnliche große Leistungseinheiten sind bis heute nur unter Verwendung von Zweiwellenaggregaten ausgebildet worden. Die vorliegende Einwellenanordnung stellt demnach einen großen Schritt in der Entwicklung des Turbinen- und Generatoren-Baues dar. Salvisberg.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Vertikal- und horizontalachsige Wasserturbinen stellt E. Dusaugey für jene Fälle einander gegenüber, bei denen beide Bauarten Verwendung finden können[1]). Die Turbinenkonstrukteure geben aus hydraulischen Rücksichten der Vertikalturbine den Vorzug, da die Wirbel, welche durch Krümmer und Welle hervorgerufen werden, hiebei nicht auftreten, da die Saughöhe unbehindert um die Höhenlage des Generators beliebig klein gemacht werden kann, da diese Turbine sicherer und erschütterungsfreier gelagert werden kann, und da eine leichtere Welle möglich ist. Die Baulichkeiten und Kranspannweiten sind bei den Vertikalturbinen kleiner. Vom betriebstechnischen Standpunkte aus kommt man aber zum entgegengesetzten Ergebnis. Es macht Schwierigkeiten, die erforderlichen Schwungmassen unterzubringen, so daß große Drehzahländerungen in Kauf zu nehmen sind, ebenso teure und unzuverläßige Nebenausläße, die auch empfindliche Wasserverluste verursachen, was bei Speicherwerken unangenehm ist. Zwillingsvertikalturbinen sind heute nicht mehr üblich, wodurch man zu kleinen Drehzahlen, damit zu großen Abmessungen und Gewichten kommt, demnach auch zu großen Transport- und Aufstellungskosten und, Hand in Hand damit, zu noch größeren Schwierigkeiten hinsichtlich Unterbringung der erforderlichen Schwungmassen. Der Preis des gleichtourigen Vertikalgenerators ist um 10 vH größer als jener des horizontalachsigen Generators. Das Spiel, welches die Leitschaufeln vertikaler Turbinen mit Rücksicht auf die Schmierung erfordern, kann ein Schlagen der Welle, somit eine rasche Abnützung der Lager hervorrufen. Das Spurlager erfordert dauernde Überwachung, sein Versagen führt zu großen Betriebsstörungen. Die einzelnen Lager können bei Zentralschmierung ungleich mit Öl beliefert werden. Die fliegende Anordnung der Erregermaschine kann zu Erschütterungen führen. Auch der Bau ist bei Vertikalturbinen wesentlich teurer. Die Überwachung, Bedienung und Zugänglichkeit ist bei horizontaler Welle wesentlich günstiger, die Gefahr einer Betriebsstörung wesentlich kleiner, ihre Behebung braucht weniger Zeit. Die gemeinsame Welle von Turbine und Generator bei vertikaler Anordnung führt mitunter zu Differenzen rechtlicher Natur, weil die Verantwortlichkeit der Lieferfirmen schwer aufzuteilen ist. Die Vorteile der horizontalen Anordnung werden daher durch den höheren Wirkungsgrad nicht aufgewogen. *β.*

(Bulletin technique de la Suisse Romande, Bd. 54, H. 10, 1928.)

[1]) Vgl. a. den Briefwechsel in E. u. M. 1923, S. 220.

Allgemeiner Maschinenbau.

Die Energieübertragung mittels Flüssigkeitsgetriebes[1]). Von Ing. F. Salgat, Genf. Der rumänische Ingenieur M. G. Constantinescu erkannte als erster die Speicherungsmöglichkeit von Energie durch Verdichtung von Flüssigkeiten und die Übertragungsmöglichkeit dieser Energie durch Wellen. Das Wasser ist etwa 100-mal elastischer als Stahl. Werden 10 l Wasser unter einen Druck von 100 at gesetzt, so enthalten sie eine Energiemenge von 24 mkg. Die Energiemenge E, welche derart sekundlich übertragbar ist, rechnet sich zu

$$E = 2\pi^2 n^2 r^2 a \frac{\gamma}{g},$$

soferne n die Schwingungszahl pro Sekunde, r die Amplitude der Schwingung, a die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwingung in der Flüssigkeit, γ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit und g die Beschleunigung der Schwere ist. Bei Wasser beträgt $E = 0{\cdot}25$ PS je cm² Kolbenfläche bei $n = 1000$ und $r = 3$ cm. Die Drucksteigerung würde hiebei etwa 23 at betragen. Nach Art von Einphasenstrom kann so eine einfache Welle in einer Rohrleitung übertragen werden, wenn das Rohr an beiden Enden durch Kolben abgeschlossen wird, die einerseits mit einem schwingungserregenden, andererseits mit einem schwingungsempfangenden Kurbelgetriebe verbunden sind. Auch mehrere Motoren können auf diese Weise mit einem einzigen Generator betätigt werden. Ein 360 PS Generator mit 1000 U/min kann zum Beispiel zwei je 180 PS Motoren betreiben.

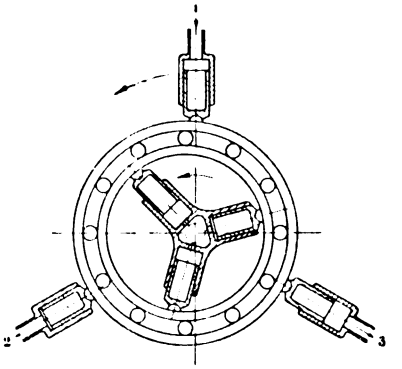


Abb. 1. Schema des Dreiphasenasynchronmotors.

Der Generator wiegt 60, jeder der beiden Motoren 30 kg, die Übertragungsleitung nur 1/3 einer Ketten- oder Wellenübertragung. Bei Einphasenanordnung ist ein entsprechendes Schwungrad zur Überwindung der Totpunkte erforderlich. Dieses kann vermieden werden, wenn Schwingungserreger und Empfänger nach Art des Drehstromes aus je einem System von 3 um 120° versetzten Kolben besteht. Eine derartige Anordnung ist für synchronen Lauf von Generator und Motor geeignet. Es ist aber auch möglich, asynchrone Motoren zu bauen, wenn der Motor nach Abb. 1 ausgebildet wird. Die Laufringe eines Kugellagers sind hiebei mit je einem System von 3 um 120° versetzten Kolben gelenkig verbunden. Die äußeren Kolben versinnbildlichen den Stator, die inneren den Rotor. Sie sind mit der Motorwelle fest verbunden. Die äußeren Zylinder erteilen dem Ringsystem eine oszillatorische Kreisbewegung, die sich auf die inneren Zylinder, somit auch auf die Welle überträgt. Diese mit 98 vH Wirkungsgrad arbeitenden Ge-

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 207; 1923, S. 189.

Digitized by Google

triebe haben den Vorteil, gegen Feuchtigkeit unempfindlich zu sein, so daß sie auch unter Wasser arbeiten können. Bei Überlastung fallen die Motoren ohne weiteres ab, wobei allzugroße Drucksteigerungen durch Ventile hintangehalten werden können. Die elastischen Eigenschaften des Treibmittels wurden durch eine schlagwerkartige Fallmaschine untersucht. Dies führte zu einer Anwendung dieser Konstruktion bei Mörsern, bei welchen zum Beispiel ein 100 kg wiegendes Geschoß ohne Schall-, Rauch- und Lichtentwicklung 1500 m weit geschleudert werden konnte. Die verwendeten 28 l Wasser mußten hiebei eine Drucksteigerung von 1400 at erleiden. Bei diesen Flüssigkeitsgetrieben ist auch mit einem dem Joule'schen Verlust der elektrischen Leitung analogen Verlust zu rechnen, da in den Rohrleitungen ein Teil der übertragenen Energie in Wärme umgesetzt wird. Wird diese Wärmeerzeugung mit Absicht herbeigeführt, so dient das Getriebe zur mechanischen Wärmeübertragung. *β.*

(Schweizerische Technische Zeitschrift, 25. Jg., H. 17 u. 18, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Stoßspannungs-Prüfanlage für 300 kVmax der Maschinenfabrik Oerlikon. Von Dr. M. Wellauer. Vorgängige Versuche[1]) zeigten Unzulänglichkeiten der offiziellen Sprungwellenproben auf und regten zur Einrichtung einer Anlage zur Erzeugung von Hochspannungs-Stoßspannungen nach der Schaltung von Peek an[2]). Ein Transformator ladet zwei Kondensatoren parallel über je zwei Hochspannungsventile und über Silitwiderstände solange auf, bis sie sich über eine Funkenstrecke in einem geschlossenen Kreis in Serie entladen. Der starke Ausgleichsstrom im Schwingungskreise erzeugt an einem festen Widerstand die gewünschte Stoßspannung von vorausberechenbarer Form, deren Höchstwert mit einer Meßfunkenstrecke gemessen werden kann. Der zu prüfende Gegenstand liegt an dem festen Widerstand, durch kurze dicke Leitungen verbunden. Der Spannungsanstieg erfolgt in 10^{-7} s entsprechend dem Anstiege einer Sinusschwingung von $2{\cdot}5 \cdot 10^6$ Per/s. Die beiden Kondensatoren befinden sich auf dem Dache des Prüfraumes; sie bestehen aus parallelgeschalteten, mit Drahtnetz bespannten Rahmen von großer Fläche auf Stützisolatoren. Die Anzahl der Stöße wurde von 6 bis 3000 je min verändert. Die Durchschlagsspannung bei dünner Isolation wird jedoch bis zu 30 kVmax nur von der Gesamtzahl der Stöße und nicht von ihrer rascheren oder langsameren Folge bestimmt. Die Stoßzahl je Minute wird durch den Überschuß der Wechselspannung über die zu erzeugende Gleichspannung bestimmt und kann mittels des Oszillographen bei gleichzeitiger Aufnahme einer 50 periodigen Welle als Zeitmaß gemessen werden. Bei papierisolierten Kupferstäben in Öl ist die Stoßdurchschlagsspannung V_s auch bei 3000 Stößen wesentlich höher als die bei 50 Per/s bestimmte Durchschlagsspannung V_{50} bei einer Anlegedauer von 1 Minute. Die Stoßdurchschlagsspannung in kV steht für Stoßzahlen zwischen 50 und 3000 in linearem Zusammenhange mit dem Logarithmus der Stoßzahl n nach der Formel:

$$V_s = A - B \log n$$

Für gewöhnliche Logarithmen von der Basis 10 wurden folgende Wert erhalten:

Kupferstäbe	Isolation	A	B	V_{50}
6·5 × 4 bzw. 7·8 × 5·3 mm	9- mal Papier } 1- mal be-	154	19	52
7 × 4 bzw. 9 × 6 mm	15- mal Papier } sponnen	201	22	80
7 × 4 bzw. 10·9 × 7·9 mm	30- mal Papier }	367	51	190

R. H.

(Bull. Oerlikon, Nr. 73, 1927.)

[1]) M. Wellauer, E. u. M. 1927, H. 3, S. 41.

[2]) Siehe E. u. M. 1927, H. 3, S. 47, Abb. 11.

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Kurzschlußstromberechnung für Hochspannungsnetze[1]). Bei der von Rüdenberg angegebenen[2]) graphischen Berechnungsmethode wird zunächst die Streuspannung E_{SK} bestimmt, die sich beim Klemmenkurzschluß des vollerregten Generators (Punkt *A*, Abb. 2) einstellt. Die verlängerte Hypothenuse des Potierschen Dreiecks schneidet dann auf der Ordinatenachse ein Stück ab, welches als Maß der Streureaktanz x_s genommen wird; in diesem Maßstab wird eine Reaktanzskala errichtet. Für einen Kurzschluß auf eine beliebige Netzreaktanz x_N ermittelt sich der Kurzschlußstrom nach dem eingezeichneten Linienzug *DPA* (in der Abbildung für $x_N = 9{\cdot}9\ \Omega$). Der Kurzschlußstrom ist dann durch die Strecke *PR* dargestellt; der Maßstab ergibt sich aus dem im Prüffeld bestimmten, für Nennstrom bei Klemmenkurzschluß gültigen Potierschen Dreieck (schraffiert), in welchem die wagrechte Kathete der Ankerrückwirkung, somit dem Ankerstrome proportional ist. Auf der mit diesem Maßstab gezeichneten Skala für J_K läßt sich der Strom sogleich ablesen (400 A).

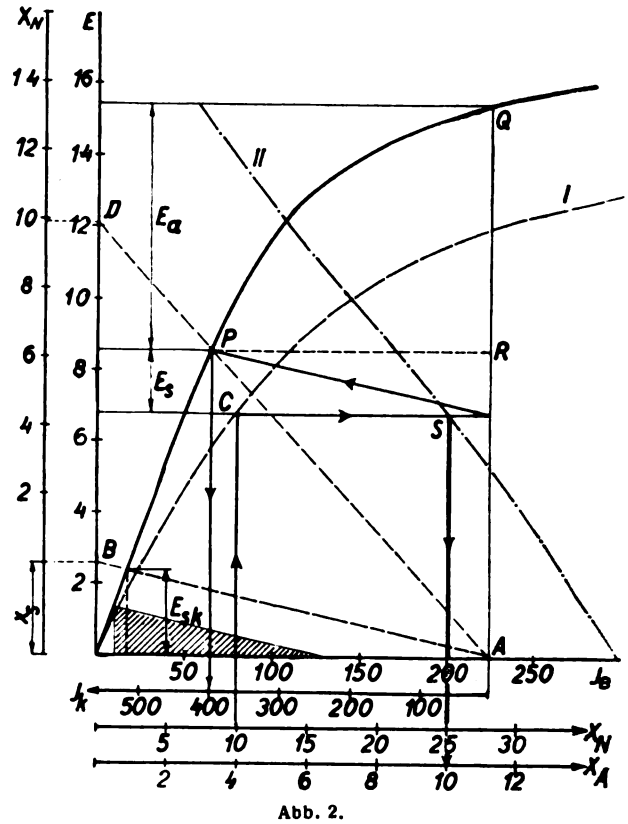


Abb. 2.

E Spannung in kV, J_k Kurzschlußstrom in A, J_e Erregerstrom in A, x_N Netzreaktanz in Ohm, x_A Ankerrückwirkungsreaktanz in Ohm.

Nach W. Dörbecker[3]) gelangt man zu dem gleichen Resultat, wenn man, aufbauend auf eine passend gewählte wagrechte Skala für x_N, die Kurve *I*, $x_N = f(E_N)$, zeichnet. Man liest dann ausgehend von x_N (9·9 Ω) zunächst die Netzspannung (*C*, 6·8 kV), dann die Streuspannung (*P*, 8·5 — 6·8 = 1·7 kV) und schließlich den Kurzschlußstrom (400 A) ab. Die gesamte er-

[1]) Vgl. hiezu auch Foerster, ETZ 1926, S. 1104 und E. u. M. 1927, S. 51, ferner Ruschowy, Siemens-Zeitschrift 1927, S. 530 (ETZ 1928, S. 730).

[2]) Rüdenberg, „Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken", Berlin 1926, ferner E. u. M. 1925, S. 77 und 98.

[3]) „Die Berechnung der Kurzschlußströme von Hochspannungsnetzen." Von W. Dörbecker, Kassel. ROM-Verlag R. O. Mittelbach, Berlin, Charlottenburg 5. 69 Seiten, 16 × 21 cm. 1927. — Ein Auszug im Elektro-Journal, 8. Jg., Heft 1, 1928.

Digitized by Google

zeugte EMK beträgt (Punkt Q) 15·4 kV, der Rest von $E_a = 15{\cdot}4 - 8{\cdot}5 = 6{\cdot}9$ kV dient zur Überwindung der Ankerrückwirkung. — Bei vermaschten Netzen, die von mehreren Zentralen gespeist werden, ist diese Methode deshalb nicht anwendbar, weil es unmöglich ist, im Vorhinein festzustellen, welches x_N auf die einzelnen Zentralen entfällt. Aus diesem Grunde führt Dörbecker den Begriff der Ankerrückwirkungsreaktanz ein, $x_A = \frac{E_a}{J_K\sqrt{3}}$ (im vorliegenden Falle $\frac{6{\cdot}9\,\text{kV}}{400\sqrt{3}\,\text{A}} = 10\,\Omega$). Auf eine Skala für x_A aufbauend wird nun die Kurve II, $x_A = f(E_N)$, gezeichnet. Mit Hilfe dieser Kurve läßt sich der Kurzschlußstrom auch in vermaschten Netzen durch schrittweise Näherung berechnen. Der Vorgang ist dabei der folgende: Die Netzspannung an den Generatorklemmen wird geschätzt. Aus den zugehörigen Kurven werden die entsprechenden x_A entnommen und in die Reaktanzkarte des Netzes eingetragen. Mit Hilfe der Knotenpunktsgleichungen wird die Stromverteilung ermittelt und daraus die Netzspannung an den Generatorklemmen zurückgerechnet. Es werden sich gegenüber der ersten Schätzung Differenzen ergeben, denen bei der Schätzung für den zweiten Gang Rechnung getragen wird. So wird man in vier bis fünf Rechnungsgängen eine praktisch vollständige Annäherung erzielen können. — Die Berechnung des ein- und zweipoligen Kurzschlusses geschieht ähnlich wie eben für den dreipoligen beschrieben, die Abweichungen im Diagramm sind aus der Literatur bekannt[1]). Ff.

Selektiver Überstromschutz für Netzstationen. K. Rottsieper beschreibt ein Überstromschutzsystem für durch Kabel verbundene Stationen, das im Gegensatz zu anderen selektiven Schutzsystemen[2]) mit konstanten Auslösezeiten arbeitet. Es werden in den Stationen Überstromrelais angeordnet, die mittels gegengeschalteter Stromwandler vom Differenzstrom zwischen den zugeführten und abgehenden Strömen beeinflußt werden. Da diese Differenz gleich ist dem in der Station abgenommenen Strom, so werden hiemit alle einen Überstrom hervorrufenden Fehler in der Station erfaßt, wenn die Relais auf den maximal zulässigen Verbraucherstrom eingestellt werden. Die auf diese Art geschalteten Überstromrelais arbeiten dann auf die Ölschalterauslösung der ankommenden, bzw. der ankommenden und abgehenden Leitung. Sind mehrere parallele Leitungen vorhanden, so werden die Ströme der ankommenden und jene der abgehenden Leitungen einzeln summiert und die beiden Gruppen wie vor beschrieben geschaltet. Das System eignet sich besonders für Bahn-Speisekabel-Anlagen und kann dann vorteilhaft mit dem Kabelschutz nach Pfannkuch[3]) verbunden werden. Als Stromwandler können für den Anschluß der Relais Kabelendverschlußwandler verwendet werden, die als Einphasenwandler nach Zwischenschaltung eines Kabel-Spreizkopfes eingebaut werden und so auch noch die Kabelendverschlüsse in den Stationsschutz mit einbeziehen. G. O.

(AEG Mitteilungen, Heft 5, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Untersuchung der mechanischen Festigkeit von Bleikabelmäntel. Von M. Thielers. Eigentümliche Fehler (Sprünge, Risse) in verschiedenen schwedischen Kabeln haben zur Untersuchung von fabriksneuen Bleimänteln aus Reinblei, aus Bleiantimon, aus Bleizinn, aus Bleimagnesium einerseits und der Bleimäntel in der Nähe der erwähnten Fehlerstellen andererseits geführt. Mäntel mit großer Brinellhärte weisen zwar eine im allgemeinen höhere Zugfestigkeit auf, hingegen aber auch eine geringere Biegefähigkeit, gemessen an der Zahl der möglichen Hin- und Herbiegungen eines Streifens bis zum Bruch; sie sind, wie auch aus der Betrachtung der Bruchbilder hervorgeht, zu spröde. Durch den Vergleich mit den Bleimänteln, die von Fehlerstellen herrühren, zeigt es sich, daß die Brinellhärte an sich kein verläßliches Kriterium abgibt, sondern daß vielmehr die Biegeprobe die besten Anhaltspunkte liefert. Hingegen weist eine große Streuung der Brinellhärte auf einen verdächtigen Bleimantel hin. Der Antimongehalt allein ist für das Verhalten eines Bleimantels nicht bestimmend, es ist außer Frage, daß andere Umstände von ausschlaggebendem Einfluß sein müssen. Jedenfalls erwiesen sich Blei-Zinn-Mantel den Blei-Antimon-Mänteln in der Biegsamkeit stark überlegen.

Konst.

(Tel. u. Fernsprechtechn., 16. Jg. Nr. 10, 1927.)

Die Prüfung von Hochspannungskabeln. In einem kürzlich vor der Electric Power Engineers Association gehaltenen Vortrage führte M. Höchstädter aus, daß durch Versuche, welcher er gemeinsam mit Barrat ausführte, die Ursache für die bekannte Form der Zeit-Spannungs-Charakteristik[1]) von Hochspannungskabeln am homogenen Kabel auf die Verhältnisse bei der Ableitung der dielektrischen Verlustwärme zurückgeht. Weder die bloße Aufnahme der Ionisierungscharakteristik noch die Aufnahme einer solchen vor und nach einer Erwärmung (Stabilitätsprüfung) geben ein vollkommenes Bild für das Verhalten eines Kabels im Betriebe. Die Zeitspannungs-Charakteristik bildet wohl eine wertvolle Ergänzung kommt aber als regelmäßige Fabrikationsprüfung nicht in Frage. Wenn die Arbeitstemperatur auf 60° C oder besser noch auf 50° C maximal gehalten wird, dann zeigen die normal erzeugten Kabel, insbesonders aber die H-Kabel volkommene Stabilität. Höhere Temperaturen sind aber unter anderem aus ökonomischen Gründen nicht wünschenswert. Wenn man sich auf diesen Standpunkt stellt, dann sind die mit flüssigem Öl gefüllten Kabel[2]) mit ihren Komplikationen nicht notwendig. Aus der Diskussion geht hervor, daß neben thermischen Gründen wohl noch andere für die Zeit-Spannungscharakteristik maßgebend sein müssen, da die Kurve selbst nach einer Lebensdauer von mehreren Monaten noch nicht parallel zur Spannungsachse geworden ist. Sowohl von Verbraucherkreisen als auch insbesonders von Kabelerzeugern wurde anerkannt, daß der Verbraucher dem Erzeuger das vorschreiben möge, was das verlangte Kabel leisten soll, nicht aber wie dasselbe hergestellt werden soll.

(Electrical Review Bd. 102, Nr. 2632, 1928.)

Entfernen des Bleimantels von Starkstromkabeln. J. A. Mc Hugh. Bei der Entfernung des Bleimantels von Kabeln, z. B. gelegentlich einer Spleissung, kommt es oft vor, daß die äußersten Lagen der Isolation beschädigt werden. Dies läßt sich leicht vermeiden, wenn man in den Bleimantel mit Hilfe eines scharfen Werkzeuges wie üblich einen Schnitt führt, der nicht durch die ganze Dicke des Bleimantels dringt, sondern einen spiralförmigen Schnitt. Es läßt sich dann der Bleimantel, wenn das eine Ende ganz durchschnitten wird, leicht auf ähnliche Art ablösen, wie dies beim Öffnen von Konservenbüchsen geschieht. Durch den radialen Zug beim Ablösen läßt sich auch am anderen Ende leicht jene glockenförmige Aufwulstung erzielen, welche zum Herrichten einer strahlungsfreien Muffe für Hochspannungskabel nötig ist, und dies auch wieder, ohne daß die äußersten Papierlagen beschädigt würden. Konst.

(El. World, Bd. 91, Nr. 20, 1928.)

Messungen von dielektrischen Verlusten an verlegten Kabeln. H. Strobach. Wiederverlegte 30 kV-Kabel, die vorher bereits 12 Jahre gearbeitet hatten, wiesen innerhalb eines Monates nach Wiederinbetriebnahme drei Durchschläge auf. Nach Auswechslung von zwei schadhaften Längen zeigte es sich, daß dieselben ganz ausgetrocknet waren. Die Verluste dieser Stücke waren zum Teil ganz gewaltig angewachsen. Die Kabel

[1]) Rüdenberg, a. a. O. und Ollendorf, ETZ 1925, S. 761.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 936.
[3]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 353, 354.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 870; 1927, S. 836.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 879; 1927, S. 486, 660.

Digitized by Google

waren offenbar dadurch ausgetrocknet, daß die in Rede stehenden Längen höhere Lage und ungünstigere Abkühlungsverhältnisse zeigten; dadurch erwärmten sich die Kabelstücke stärker als die angrenzenden und ihre Tränkmasse floß zum Teil in das benachbarte Kabel. Bemerkenswert ist, daß die Kabel 60 kV Gleichstrom durch 3 × 10 Minuten ohne Schaden überstanden hatten und dann doch im Betrieb durchgeschlagen haben, daß also die Gleichstromprüfung in solchen Fällen, wie zu erwarten, im Stiche läßt. (Die für das Kabel angegebene Verlustkurve vor der nochmaligen Verlegung weist ebenfalls einen deutlichen Ionisierungsknick bei 20 kV auf, trotzdem wird diese Charakteristik vom Autor als normal bezeichnet. D. Ref.) Konst.

(Die Elektrizitätswirtschaft, Jg. 27, Nr. 453, 1928.)

Baustoffe.

Ein neues Verfahren zur Filterung von Isolierölen. Weder dem Reinigungsverfahren durch Schleudern, noch dem durch Filterung mit Papier gelingt es, die kolloidal gelösten Kohlenstoffrückstände aus dem Öl zu entfernen.[1]) Aber gerade diese Rückstände sind für die Ölfestigkeit von besonderer Gefahr, nicht so sehr weil sie selbst leitend sind, als dadurch, daß sie bei Anwesenheit geringster Feuchtigkeit leitende Brücken bilden können. F. Soceart beschreibt ein Filterverfahren, mit dem diese Rückstände beseitigt werden können, es wird als „Ultrafilterung mit Kollodiummembrane", Patent Duclaux, bezeichnet. Als Träger für die Filtermasse wird ein Wolle- oder Seidengewebe benützt, auf das das Kollodium aufgetragen wird. Diese Masse ist von gradlinigen Kanälen von außerordentlich kleinem Durchmesser, der je nach der Herstellungsart 1.10^{-6} bis $200 . 10^{-6}$ mm beträgt, durchzogen. Der Durchmesser ist so gering, daß die Kohlenstoffteilchen nicht mehr hindurchkönnen. Trotz ihrer Kleinheit bilden aber die Hohlräume infolge ihrer großen Zahl rd 90 vH des Gesamtinhaltes der Filtermasse, während sie beim gewöhnlichen Filterpapier nur 30 vH betragen. Die Feinheit und Regelmäßigkeit der Poren bewirkt auch, daß sich die Verunreinigungen an der Oberfläche des Filters absetzen und nicht wie beim Papier in eine gewisse Tiefe eindringen. Hiedurch wird es möglich, das Filter durch Ausschwemmen in Öl wieder zu reinigen. Die Kosten dieser Reinigung sind unter Berücksichtigung der praktisch unbegrenzten Lebensdauer sehr gering. Das neue Verfahren ist jedoch einstweilen nur für trokkene Öle verwendbar, denn Wasser verlegt bei der ölbenetzten Membrane die Öffnungen, weshalb man nasses Öl zuerst entweder durch Schleudern oder gewöhnliches Filtern trocknen muß. V. H.

(Revue Gen. de l'Electricité, Bd. 23, H. 17, 1928.)

Chronik.

Der Weltingenieurkongreß in Tokio 1929. Zum ersten Male ergeht aus Asien die Einladung an die Ingenieure aller Länder, sich im Oktober 1929 zu einem großen Weltingenieurkongreß auf japanischem Boden zusammenzufinden. Tokio wird in dieser Zeit die hervorragendsten Vertreter der Ingenieurwissenschaft und der Industrie aus allen Weltteilen zu einer umfassenden Aussprache über die bedeutsamsten Tagesfragen der Technik vereinen. Die Besucher dieser groß angelegten Veranstaltung werden sich also aus eigener Anschauung ein Bild davon machen können, in welchem Maße es in Japan gelungen ist, die durch unermüdliches Studium in allen Weltteilen erworbenen Erfahrungen zum technisch-wirtschaftlichen Aufstieg des eigenen Landes und zur Entwicklung seiner Weltmachtstellung auszuwerten. Um für die Kongreßteilnehmer die sachlichen Ergebnisse einer Reise in den Fernen Osten so reichhaltig wie möglich zu gestalten und die Gelegenheit einer so großen internationalen Zusammenkunft von Ingenieuren noch für einen andern Zweck zu nutzen, ist gleichzeitig mit dem Weltingenieurkongreß eine Teilkonferenz der Weltkraftkonferenz in Tokio vorgesehen.

Auf dem Weltingenieurkongreß werden etwa 25 verschiedene Aufgabengebiete aus dem gesamten Bereich der Technik behandelt. Die Teilkonferenz der Weltkraftkonferenz wird sich unter anderem mit der nationalen und internationalen Entwicklung der Kraftquellen, der Vereinheitlichung und wirtschaftlichen Verwaltung elektrischer Krafterzeugung, der Zukunft der Energieverwendung im Transportwesen und der Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Krafterzeugung befassen. Für diese technischen Kongresse auf asiatischem Boden ist auch ein besonders umfangreiches gesellschaftliches Programm ausgearbeitet worden, um in möglichst eindrucksvoller Weise den Besuchern von Tokio den eigenartigen Reiz der Stadt und ihrer weiteren Umgebung nahe zu bringen. Schon jetzt macht sich für die beiden bedeutsamen Ereignisse ein außerordentlich reges Interesse bemerkbar, und besonders Amerika ist in erheblichem Umfang an den Vorbereitungen für die Veranstaltung beteiligt. Auch aus Deutschland liegen bereits zahlreiche Anmeldungen vor.

Die nächste Vollkonferenz der Weltkraftkonferenz findet 1930 in Berlin statt, worüber wir noch ausführlich berichtet werden[1]).

Literaturberichte.

285 **Die Elektrizität und ihre Anwendungen.** Von Prof. Dr. Leo Graetz. 23., vollständig neu bearbeitete Auflage. 137. bis 146. Tausend, 834 Seiten im Lexikon-Format mit 759 Abb. Verlag von J. Engelhorns Nachf. in Stuttgart. Preis geb. M. 16·50.

Die große Zahl der Auflagen, die dieses von Prof. Graetz verfaßte Werk erlebte, zeigt besser von der Güte dieses Buches als ein noch so beredtes Lob. Die Vorzüge dieses Werkes sind ja allgemein bekannt, die leichtfaßliche Darstellung auch schwieriger Probleme der Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik, die es auch dem mathematisch nicht vorgebildeten Leser möglich machen, das Wesen der Sache zu verstehen und in die Geheimnisse der elektrischen Wissenschaft einzudringen, sind unleugbare Vorzüge, die auch die neueste Auflage kennzeichnen, die durch die großen Errungenschaften auf dem Gebiete des Elektrizitätswesens der letzten Jahre notwendig geworden ist; sie gibt ein Bild von den neuesten Erscheinungen, sowohl auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre als auch auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität in so umfassender Weise, daß jedermann, der dieses Buch zur Hand nimmt, hierin Belehrung findet, die ihm zudem in einer Form zuteil wird, die das Lesen dieses Buches zum Vergnügen macht.

Die steigende Versorgung ganzer Provinzen und Länder mit elektrischer Energie machte eine ausführliche Behandlung der Hochspannungsanlagen erforderlich, die gewaltige, ohne Beispiel dastehende Entwicklung der Hochfrequenz verlangte eine Ergänzung; sie zu einer wahren Bereicherung des Werkes zu machen, ist Graetz, dem Meister populärer Darstellung, vortrefflich gelungen. Die Kettenleiter, das Kerrsche Phänomen, der Skineffekt, die Strichfokusröhren, die photoelektrischen Maschenzellen, die Afagleichrichter, die Speicheröfen, die Schweißtechnik, die Bildtelegraphie, die Neuerungen an Elektronenröhren, die kurzen Wellen und ihre Ausbreitung, die Neuerungen an Rundfunkeinrichtungen, die Neutrodyneschaltung, die Superheterodynempfänger und anderes mehr werden gewiß von allen Lesern als wertvolle Bereicherungen des Graetz'schen Werkes begrüßt werden. Es bedarf wohl nicht einer ausdrücklichen Hervorhebung, daß Ausstattung und Druck alles Lob verdienen. Ein ausführliches Inhaltsverzeichnis und ein Schlagwortregister gestatten es, sich jederzeit über wissenswerte Fragen zu informieren. L. Kusminsky.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 194, 604, 1001.

[1]) Vgl. Heft 11 d. J., S. 255.

Digitized by Google

2702 **Leitfaden der Mechanik für Maschinenbauer.** Mit zahlreichen Beispielen für den Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Ing. Karl Laudien, Oberstudiendirektor an der Staatlichen Höheren Maschinenbau-, Schiffsingenieur- und Seemaschinistenschule in Stettin. Zweites Heft[1]), Hydraulik, 46 Seiten 23×16 cm mit 82 Textabb., Berlin 1928, Verlag von J. Springer, Preis geh. Mk. 2·50.

Nach einer einleitenden Definition der idealen Flüssigkeiten werden in elementarer Form die Hydrostatik, das relative Gleichgewicht der Flüssigkeiten und die Hydrodynamik behandelt. Das Heftchen zeichnet sich durch eine hervorragende Anschaulichkeit der Darstellung aus, es ist für die Schule und zum Selbstunterricht vorzüglich geeignet. Jeder, der sich durch diese wenigen Seiten richtig durchgearbeitet hat, wird die Hydraulik in einem für den Maschinenbauer im allgemeinen ausreichenden Maße beherrschen.

Dr. H. Baudisch.

5718 **Kesselbetrieb,** Sammlung von Betriebserfahrungen. Als Studie zusammengestellt vom Arbeitsausschuß für Betriebserfahrungen der Vereinigung der Großkesselbesitzer E. V., Sonderheft d. Mitt. d. V. d. Großkesselbesitzer E. V. Charlottenburg, Oktober 1927. Verlag J. Springer, Berlin, 136 Seiten. Preis: geb. M. 10·—.

Der Arbeitsausschuß der VGB hat in dieser Sammlung die wichtigsten Regeln festgehalten, welche heute in den verschiedenen Anlagen angewendet werden. In knappen klaren Worten werden zunächst die Betriebsvorschriften gebracht, die bei der reinen Betriebsführung erforderlichen Maßregeln besprochen, und die Gesichtspunkte für die Instandhaltung der Kessel, die Aufbereitung des Speisewassers und die gesammelten Erfahrungen auch hinsichtlich der Nebenanlagen erwähnt. Im Anhang werden, aufgebaut auf die chemischen und physikalischen Grundlagen, die Untersuchungsmethoden für das Speisewasser, das feuerfeste Material und die Kesselbleche angegeben. Die Sammlung ist infolge ihrer knappen Darstellung und übersichtlichen Einteilung für den Betriebsmann ein unentbehrliches Handbuch. Die Ergebnisse des durch diese Schrift angeregten Erfahrungsaustausches sollen zu einem späteren Zeitpunkt in eine Neubearbeitung aufgenommen werden.

Stipernitz.

3724 **Vorlesungen über Differental- und Integralrechnungen.** Von R. Courant, o. Professor an der Universität Göttingen. Erster Band, Funktionen einer Veränderlichen, 410 Seiten mit 127 Textfiguren. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1927. Preis geb. Mk. 18·60.

Das vorliegende Lehrbuch des bekannten Göttinger Mathematikers ist ein Beispiel dafür, daß es möglich ist, wissenschaftlich streng und gleichzeitig anschaulich zu sein. Dadurch unterscheidet es sich wohltuend von den vielen schlechten Lehrbüchern, die mit — häufig unrichtigen — „Vorstellungen" operieren, wie auch von den exakten, wegen der langatmigen Verklausulierungen aber ermüdenden Darstellungen. Neuartig ist dabei auch die vom Beginn an konsequent durchgeführte Verquickung von Integral- und Differentialrechnung und die gleichmäßige Heranziehung von geometrischen, mechanischen und physikalischen Begriffen zur Veranschaulichung der mathematischen. Der vorerst erschienene Band enthält wesentlich mehr, als andere Bücher über den gleichen Gegenstand behandeln. Besonders zu erwähnen sind hier die Kapitel VII „Exkurs über numerische Methoden" und IX „Fouriersche Reihen". Es ist zu wünschen, daß der das Werk abschließende zweite Band bald erscheinen möge. Es wird damit „das moderne Lehrbuch" für Techniker und Physiker vorliegen.

E. Groß.

[1]) Vgl. die Besprechung des ersten Heftes E. u. M. 1928, Heft 19, S. 438.

Briefe an die Schriftleitung.

Zur Frage des Parallelschaltproblems von Transformatoren. Von Dr.-Ing. E. Wirz, E. u. M. 1928, H. 18 und 19, S. 393 ff.

In der Arbeit des Herrn Dr.-Ing. E. Wirz, wird angeführt, daß zwei Transformatoren von 10 000 kVA trotz befriedigender Übereinstimmung des Übersetzungsverhältnisses einen Ausgleichstrom von 41 vH aufwiesen.

Es wäre von Bedeutung zu erfahren, wie groß der Magnetisierungsstrom des hochgesättigten Transformators war. Vermutlich handelt es sich hier um eine mit unzulässig hohem Magnetisierungsstrom gelieferte Maschine. Bei Transformatoren mit Magnetisierungsströmen von 5 bis 10 vH, wie sie die Vorschriften der einzelnen Verbände meist begrenzen, wird der Ausgleichstrom selbst in den krassesten Fällen 10 vH kaum überschreiten, und sind in dieser Hinsicht praktisch keine größeren Schwierigkeiten zu erwarten.

Prag, 10. Mai 1928.

Dr. Ing. R. Baffrey.

Erwiderung: Der fragliche 10 000 kVA Transformator nahm tatsächlich einen unzulässig hohen Magnetisierungsstrom von zirka 20 vH des Vollaststromes auf. Dieser sehr hohe Magnetisierungsstrom war jedoch nur zum kleineren Teil daran Schuld, daß ein Ausgleichsstrom von 41 vH auftrat, wie sich nachträglich herausstellte. Nachdem nämlich die Lieferfirma diesen Transformator zur Umänderung zurückgenommen hatte, wurden außer den Oberspannungsanzapfungen auch die Joche verstärkt, um den Magnetisierungsstrom zu reduzieren. Nach der Umänderung reduzierte sich derselbe von 20 auf 13 vH des Vollaststromes, wobei jedoch ohne Heranziehung der Anzapfungen sich immer noch ein Ausgleichsstrom von 35 vH einstellte. Erst durch die Anzapfungen war es möglich, den Ausgleichsstrom auf zirka 8 vH herabzusetzen,wobei sich aber auch die Lastaufteilung in demselben Maße ungleichmäßig verteilte. Daraus geht klar hervor, daß dem Magnetisierungsstrom nicht die Bedeutung zukommt, wie Herr Dr. Baffrey annimmt, sondern daß der Winkelfehler der EMKe dieses hochgesättigten Transformators gegenüber demjenigen des normalbeanspruchten den Ausgleichsstrom bewirkt. Aus diesem Grunde hat es tatsächlich keinen Sinn den Magnetisierunsstrom zu begrenzen, da eine solche Begrenzung kein sicheres Mittel ergibt, um diese Ausgleichsströme beim Parallelbetrieb herabzusetzen.

Andererseits aber werden wir bei unseren Elektrizitätswerken stets neben älteren Transformatoren auch ganz moderne antreffen, die parallel arbeiten sollen, so daß wir gezwungen sind, die Transformatoren mittelst Anzapfungen aufeinander abzustimmen, wobei wir eben eine ungleichmäßige Lastaufteilung stillschweigend mit in den Kauf nehmen müssen, wenn wir besonderen Wert auf einen möglichst kleinen Ausgleichsstrom legen. Übrigens spielt bei Großtransformatoren, die mit konstanter Vollast arbeiten, ein großer Leerlaufstrom keine wesentliche Rolle mehr, so daß nur in seltenen Fällen für diesen eine Begenzung vorgeschrieben wird.

Basel, 27. Juli 1928.

Dr. E. Wirz.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Die Elektrotechnik in Mexiko. Ein Bericht des englischen Handelsvertreters in Mexiko berührt unter anderen die für die englische und damit auch für die übrige europäische Elektroindustrie wichtigen Fragen. Durch ein Gesetz vom Jahre 1926 wurde die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie in Mexiko ausschließlich der Überwachung der Bundesregierung unterstellt und es wurden auch bereits umfangreiche Ausführungsbestimmungen hiezu erlassen. Von den auf 6 Mill. PS geschätzten verfügbaren Wasserkräften des Landes sind bisher etwa 350 000 PS ausgenutzt[1]). Die

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 357; 1926. S. 883.

Digitized by Google

größte Gesellschaft, die Mexican Light and Power Co. verfügt über fünf große Werke mit zusammen 175 000 PS Maschinenleistung, außerdem gehören ihr noch acht kleinere Wasser- und vier Dampfkraftwerke mit zusammen 25 000 PS an. Im Jahre 1925 wurden in allen diesen Werken 561 Mill. kWh erzeugt. Von den Kraftwerken führen nach der Stadt Mexiko und den wichtigsten Silber- und Goldminengebieten 85 kV-Leitungen. Fünf Städte verfügen über Straßenbahnen, darunter Mexiko über 320 km Linien, auf welchen im Jahre 1925 85 Mill. Personen und größere Mengen Güter befördert wurden. Die Länge der Telegraphenleitungen ist rund 80 000 km, Telephon ist in der Hauptstadt und den wichtigsten anderen Städten vorhanden, eine Fernverbindung besteht zwischen Mexiko und New York, solche nach Kanada und Kuba sind geplant. Dem Rundfunk dienen 15 private und fünf öffentliche Sender. Die Empfangsstationen sind ohne Beschränkung auf irgendwelche Typen anmeldepflichtig, eine Gebühr wird jedoch nicht erhoben. In Verwendung stehen 82 000 Lampen- und 14 000 Detektorapparate, vorwiegend amerikanischer Herkunft. Die wichtigsten Einfuhrgegenstände waren im Jahre 1926 Schalter und dgl. und Kolben für Glühlampen im Werte von 3·63 Mill. S, sowie Glühlampen im gleichen Werte, außerdem isolierter und blanker Draht Kabel und Isolatoren. Die Einfuhr von Maschinen und Zubehör geschieht vorwiegend durch die Zweighäuser der nordamerikanischen Firmen und durch die Vertretungen der deutschen Industrie. England spielt derzeit noch keine wesentliche Rolle. —k.

(The El. Rev. Bd. 102, Nr. 2629, 1928.)

Das Patentwesen im Jahre 1927. Ein Vergleich der statistischen Daten der verschiedenen Patentämter mit den Daten des Vorjahres[1]) ergibt keine wesentlichen Veränderungen. Die Zahl der Anmeldungen behauptet ihre im Vorjahre erreichten stattliche Höhe, bzw. ist in ständigem Zunehmen begriffen. Eine stark ansteigende Ziffer weisen die Streitfälle (Einsprüche, Nichtigkeitsklagen usw.) auf.

In Österreich beträgt die Zahl der Patentanmeldung 8161, gegen 7002 im Jahre 1926, die Zahl der Patenterteilungen 3200 gegen 3000 im Jahre 1926. Von den seit 1899 bis1927 überreichten 218 285 Patentanmeldungen haben 109 000 zur Erteilung von Patenten geführt. Am Ende des Jahres 1927 blieben 14 291 Patente in Kraft. Die Anmeldungen des Jahres 1927 verteilten sich wie folgt: 49·7 vH inländische Anmelder, 50·3 vH Ausländer (im Vorjahre 53 vH). Von den erteilten 3200 Patenten entfielen 34·06 vH auf Inländer. Für 35 vH aller Anmeldungen des Jahres 1927 wurden ausländische Prioritäten in Anspruch genommen. Nach wie vor nimmt die Klasse 21 (Elektrotechnik) mit 1098 Anmeldungen (gegen 1126) und 565 erteilten Patenten (gegen 553) die erste Stelle ein. In dieser Klasse wurden seit 1899 18 121 Anmeldungen überreicht, von denen 10 413 zur Erteilung von Patenten geführt haben[2]). Hievon sind 2591 noch aufrecht.

Auch in Deutschland hat die Zahl der Anmeldungen zugenommen[3]). Sie beträgt 68 457 (gegen 64 384 im Jahre 1926), die Zahl der Patenterteilungen 15 265 (gegen 15 500 im Jahre 1926). Die Anmeldungenzahl der Klasse 21 ist weiter von 7703 auf 8175 gestiegen. In dieser Klasse wurden 1909 Patente erteilt. Von den am Jahresschluß in Kraft gebliebenen 66 982 Patenten entfielen 7885 auf die Klasse 21. Von den Anmeldungen des Jahres 1927 wurden 81·3 vH von inländischen Anmeldern hinterlegt. Von den aus dem Auslande stammenden Anmeldungen entfielen unter anderem 2197 auf die Vereinigten Staaten, 2123 auf Frankreich, 1946 auf die Schweiz, 1405 auf England, 807 auf Österreich, 660 auf die Tschechoslowakei. Im Jahre 1927 wurden 9 Anträge auf Erteilung einer Zwangslizenz gestellt, jedoch kein Zurücknahmeantrag. Zu den Patentanmeldungen kommen 63 725 Gebrauchsmusteranmeldungen (gegen 61 356 im Jahre 1926). Die Klasse 21 weist eine Zunahme von 6553 auf 6837 Anmeldungen.

In der Tschechoslowakei war 1927 die Zahl der Patentanmeldungen 7763 (gegen 6608 im Vorjahre), darunter 837 in der Klasse 21. Die Zahl der aufrechten Patente am Ende des Jahres betrug 12 096. 37 vH der Anmeldungen sind von inländischen Anmeldern eingelangt. Die von den Ausländern eingereichten Patentanmeldungen verteilen sich auf 49 vH aus Deutschland, 12 vH aus Österreich, 9 vH aus den Vereinigten Staaten, 8 vH aus Frankreich, 6 vH aus England, 4 vH aus der Schweiz usw.

In Rußland betrug die Zahl der Anmeldungen 1926/27, 8323 gegen 8249 im Geschäftsjahre 1925/26. 1926/27 wurden für 8897 Anmeldungen Zeugnisse nach Prüfung der Formalerfordernisse ausgestellt, hievon entfielen 2666 auf Deutschland, 245 auf die Vereinigten Staaten, 109 auf Österreich. Während im Jahre 1913 80 vH der Anmeldungen von Ausländern hinterlegt wurden, waren es im Jahre 1926/27 nur 14 vH (1086 Anmeldungen). Erteilt wurden im Jahre 1926/27, 3655 Patente, und zwar den russischen Anmeldern 3259, den Ausländern 396. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 533.
[2]) Vgl. Österr. Patentblatt 1928, Nr. 2.
[3]) Vgl. Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen 1928, Nr. 3.

Berichtigung.

Mittelgroße Generatoren zum Zusammenbau mit Dieselmotoren. Von Ing. K. Thien, Weiz. E. u. M. 1928, Heft 28, S. 681 ff.

Auf Seite 684 dieses Heftes soll es in der neunten Zeile, linke Spalte, richtig heißen: . . . . „wobei sich eine Umfangsgeschwindigkeit von 39·3 m/sec ergibt."

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	27. VIII. 1928	29. VIII. 1928	31. VIII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	140	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	86—91	84—90	84—90

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 31. August 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:							
Electrolytic		68	15	0	69	5	0
Wire bars		69	5	0	—	—	—
Standard	Kassa . .	62	13	9	62	15	0
	3 Monate .	63	0	0	63	1	3
Zinn:							
Engl. Ingots		212	0	0	212	10	0
Standard	Kassa . .	213	5	0	213	10	0
	3 Monate .	209	0	0	209	2	6
Blei:							
Engl. pig common .		23	10	0	—	—	—
Zink:							
Ordinary brands . .		24	16	3	24	13	9
Remelted		25	0	0	—	—	—
English Swansea . .		25	6	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 16. September 1928 | Heft 38

Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren.

Von Rudolf **Kiefer**, Dresden.

Übersicht: In Transformatoren mit Stern-Stern-Schaltung und kapazitiver Belastung in jeder Phase können sehr starke harmonische Schwingungen auftreten, über die in amerikanischen Veröffentlichungen berichtet worden ist. Die bisherigen Erklärungsversuche werden besprochen. Es wird gezeigt, daß es zweckmäßig ist, zur weiteren Klärung die Erscheinungen in Teilprobleme zu zerlegen. Ein solches ist die bei veränderlicher Kapazität eintretende Kippung der dritten Harmonischen, deren theoretische Untersuchung für ein vereinfachtes System und unter Vernachlässigung der Verluste und der Streuung den Inhalt dieser Arbeit bildet. Es werden errechnete Kurven mitgeteilt, aus denen in Übereinstimmung mit den Versuchen die eintretende starke Erregung der dritten Harmonischen hervorgeht, wobei diese beim Überschreiten der Kippgrenze auf niedrige Werte überspringt.

Die Rolle, welche die höheren Harmonischen beim magnetisch gesättigten Dreiphasentransformator spielen, ist in verschiedenen Arbeiten eingehend beschrieben worden[1]). Ihre Entstehung durch magnetische Sättigung und Hysteresis im Transformator ist ganz allgemein bekannt. Ihr Verhalten, vor allem das der besonders bedeutungsvollen dritten Harmonischen, kann als ausreichend geklärt angesehen werden, soweit es sich um deren Abhängigkeit von der inneren Transformatorschaltung, von dem Vorhandensein eines magnetischen Rückschlusses im Transformator oder eines vierten neutralen Leiters handelt.

Damit ist jedoch das Problem der dritten Harmonischen keineswegs erschöpft. Wenn wir eine offene, von einem Transformator gespeiste Hochspannungsleitung betrachten, so stellt diese Anordnung vermöge der Leitungskapazität einen geschlossenen Schwingungskreis dar, der induktiven und kapazitiven Widerstand enthält. Abb. 1 zeigt ein derartiges dreiphasiges Schema, bestehend aus dem Generator, einem Transformator in Sternschaltung mit geerdetem Nullpunkt und den Leitungskapazitäten jeder Phase gegen Erde, die für den Stromkreis der dritten Harmonischen allein in Frage kommen. Der Transformator soll magnetisch unverkettet sein, also einen Rückschlußschenkel besitzen, oder aus drei Einheiten zusammengeschaltet sein.

[1]) Vgl. A. Mandl, E. u. M. 1918, S. 185, 197; M. Vidmar, E. u. M. 1923, S. 333, 349, 592; R. Kiefer, E. u. M. 1927, S. 477; O. Franke, E. u. M. 1928, H. 21, S. 465; H. 24, S. 594.

Es ist eine in der Hochspannungstechnik bekannte Tatsache, daß in solchen schwingungsfähigen Systemen die höheren Harmonischen unangenehme Überspannungserscheinungen verursachen können. In der Tat zeigt die Schaltung nach Abb. 1 bei der Untersuchung im Laboratorium ein außerordentlich bemerkenswertes Verhalten. Bei geeignetem Aufbau des Versuches lassen sich folgende Erscheinungen beobachten:

1. Auftreten hoher Spannungen, vor allem dreifacher Frequenz, in jeder Phase. Bei bestimmten Kapazitätswerten und Spannungen erfolgt ein plötzliches Überspringen der dritten Harmonischen auf ganz niedrige Werte. Hierbei tritt, wie später nachgewiesen werden soll, eine Phasenumkehrung derselben ein. Diese Erscheinung, welche an die bekannten Vorgänge[2]) in einer Reihenschaltung Kondensator—eisengesättigte Drosselspule erinnert, sei hier analog als Kippung der dritten Harmonischen bezeichnet.

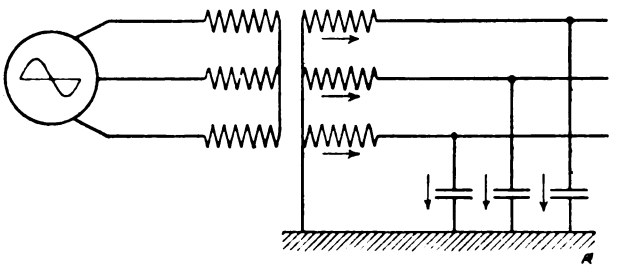


Abb. 1. Allgemeine dreiphasige Anordnung von Generator, Transformator und Fernleitung mit ihren im Stromweg der 3. Harmonischen liegenden Ersatzkapazitäten.

2. Schwebungen der dritten Harmonischen mit einer Periodendauer von mehreren Sekunden, die von einer Pendelung der übrigen Strom- und Spannungswellen, die verkettete Spannung ausgenommen, begleitet sind. Dieser Zustand macht sich bei den eingeschalteten Meßgeräten durch eine fortwährende Zeigerbewegung bemerkbar. Im Oszillographen sieht man, daß die Kurve der Phasenspannung dauernd wellenförmige Formänderungen erfährt.

3. Erscheinen von 2., 4. usw., also geradzahli-

[2]) Siehe z. B. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge, erste Auflage, S. 286 ff.

Digitized by Google

gen Harmonischen in der Spannungskurve, die ziemlich beträchtliche Werte annehmen können.

Bisher wurde das elektrische Verhalten dieser Schaltung meines Wissens ausschließlich in der amerikanischen Literatur behandelt. Eine nähere Beschreibung der unter 1. und 3. aufgeführten Erscheinungen verdanken wir den Untersuchungen von Robinson[3]), Shaw[4]) und Gould[5]), welch letzterer sich teilweise auf die Arbeit von Shaw, die dem Verfasser nicht zur Verfügung stand, bezieht. Auch Versuche, die im Elektrotechnischen Institut der T. H. Darmstadt angestellt worden sind, führten gleichfalls zu ähnlichen Ergebnissen.

Auf Grund der bisherigen Veröffentlichungen ergibt sich noch kein genaues Bild über die physikalischen Ursachen; auch sind die Bedingungen, unter welchen diese Erscheinungen auftreten können, noch ungeklärt. Einige Verfasser, zum Beispiel Faccioli[6]), weisen auf die Möglichkeit von Resonanz der dritten Harmonischen hin, wobei offen bleibt, ob in die Resonanzbedingung die Leerlauf- oder die Kurzschlußinduktivität des Transformators einzusetzen sei. Gould geht bei der Behandlung des Problems von einer Hysteresisschleife aus. Er untersucht die dritte Harmonische mit Hilfe eines harmonischen Analysators und findet, daß es zwei mögliche Zustände gibt, die sich durch weitgehende Verschiedenheit von Größe und Phasenlage der dritten Harmonischen besonders auszeichnen. Gould kommt zu dem Resultat, daß die Erscheinungen unter 1. und auch die beobachteten Schwebungen vor allem eine Folge der magnetischen Hysteresis sein müßten.

Dieser Erklärungsversuch kann jedoch keineswegs befriedigen. Die verschiedenen Erscheinungen treten gar nicht immer gemeinsam auf, vielmehr kann häufig die erstbezeichnete ganz für sich beobachtet werden[7]).

Um eine weitere Klärung herbeizuführen, muß man versuchen, die Erscheinungen vollständig getrennt voneinander zu betrachten. Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, unter Beschränkung auf den reinen Kippvorgang, für das Verhalten der dritten Harmonischen eine Erklärung zu finden, die im folgenden beschrieben werden soll. Es sei dabei vorweggenommen, daß sich, im Gegensatze zu der Arbeit von Gould, auch ohne Berücksichtigung der Hysteresis gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen ergibt.

Wir gehen von einem vereinfachten System aus, welches aus drei in Stern geschalteten identischen Drosselspulen mit geschlossenem Eisenkern gebildet ist, denen die drei Kondensatoren C gleicher Größe parallel geschaltet sind (Abb. 2). Den Punkten u, v, w werde eine ideale Drehstromspannung zugeführt. Der Magnetisierungsstrom, welcher dann von den Drosseln aufgenommen wird, ist bei genügend hoher Spannung reich an höheren Harmonischen. Eine Ausnahme macht die dritte Harmonische (neunte und noch höhere dreifache Harmonische mögen unbeachtet bleiben), die wegen ihrer Phasengleichheit in den drei Zweigen keinen Rückweg findet und dadurch am Fließen verhindert ist. Die Flußkurve der Drosselspulen büßt hierbei ihre Sinusform ein, wodurch in jeder Phase bekanntlich eine Spannung dreifacher Frequenz induziert wird. Über die Kondensatoren selbst fließt ein Ladestrom der Grundfrequenz, der von der Spannungsquelle geliefert wird. Diesem lagert sich ein Strom dreifacher Frequenz über, verursacht durch die dritte Harmonische in der Klemmenspannung der Drosselspulen. Die Verhältnisse sind also diese: eine erste und dritte Harmonische der Spannung an den Klemmen jeder Drosselspule, alle Harmonischen des Magnetisierungsstroms außer der dritten in den drei Zuleitungen, dabei reine Drehstromspannung zwischen u, v, w.

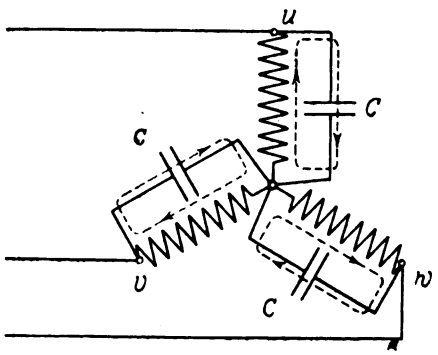


Abb. 2. Schema des zu untersuchenden, vereinfachten Systems.

Die Vorgänge im Stromkreis der dritten Harmonischen, der in Abb. 2 entsprechend angedeutet ist, beschäftigen uns nunmehr ausschließlich. Für die Untersuchung kann man entweder veränderliche Grundspannung annehmen oder die Größe der Kondensatoren variieren. Beide Fälle sind experimentell untersucht worden[8]). Die theoretische Behandlung wird am einfachsten bei Annahme veränderlicher Kapazität. Wir gehen aus von dem Leerlaufwert E_3 der dritten Harmonischen bei einer bestimmten Spannung V_1 an den Drosselspulen (alle Größen erhalten im folgenden ihre Ordnungszahl als Index). Die dritte Harmonische betrachten wir als E. M. K.-Quelle des Stromkreises, deren Belastungscharakteristik

$$V_3 = f(J_3)$$

ermittelt werden kann. Die entsprechende Strom-Spannungscharakteristik für einen Kondensator ist durch seine Kapazitätsgerade gegeben. An Drosselspule und Kondensator liegen gleiche Spannungen. Legt man bei der Berechnung der Belastungscharakteristik die gleiche Phasenverschiebung des Stromes zugrunde, wie sie im Stromkreis auftritt, so ergibt sich der jeweilige Zustand der dritten

[3]) Trans. A. I. E. E. 1915, S. 2183; vgl. a. E. u. M. 1915, S. 584.

[4]) M. I. T. thesis, 1924.

[5]) Journ. A. I. E. E. 1927, S. 1160: Referat E. u. M. 1928, H. 28, S. 759.

[6]) Journ. A. I. E. E. 1922, S. 351; vgl. E. u. M. 1922, S. 504. Weitere Literaturangaben siehe bei Gould, a. a. O.

[7]) Siehe Brauer-Schäfer, Diplomarbeit, 1921, T. H. Darmstadt. (Unveröffentlicht.)

[8]) Siehe Brauer-Schäfer, ferner Gould, a. a. O.

Digitized by Google

Harmonischen auf graphischem Wege als Schnittpunkt beider Kurven.

Die Aufgabe besteht also zunächst darin, diese Belastungscharakteristik der dritten Harmonischen zu ermitteln. An ihrem Zustandekommen ist auch die magnetische Hysteresis der Drosselspulen beteiligt, deren Einfluß die Ermittlung außerordentlich erschwert. Denn mit der dritten Harmonischen ändert sich die Sättigung des Eisenkernes; von dieser hängt aber die Hysteresis ab, welche bekanntlich die Lage der dritten Harmonischen zur Grundwelle beeinflußt. Nimmt man zum Beispiel eine Feldkurve mit der Amplitude B_1 an und addiert dazu eine dritte Harmonische B_3, deren Größe und Phase beliebig gewählt ist, so kann man die mit Hilfe einer angenommenen Hysteresisschleife punktweise ermittelte Stromkurve analysieren, und somit J_3 berechnen. Aus der Feldkurve ergibt sich V_3; der Winkel zwischen beiden Größen muß, da J_3 über den Kondensator fließt, annähernd 90°, bezogen auf die dritte Harmonische, betragen. Diese Bedingung kann natürlich nur bei einer bestimmten Phasenlage von B_3 erfüllt sein, deren Berechnung auf direktem Wege aber unmöglich ist. Man ist deswegen gezwungen, entweder zu probieren oder, wie Gould es in seiner obenerwähnten Arbeit getan hat, für jeden Wert der dritten Harmonischen eine Anzahl von Winkeln anzunehmen und die Analyse durchzuführen, um die richtige, bzw. allein mögliche Phasenlage von B_3 zu finden.

Um die Behandlung des Problems zu erleichtern, wollen wir verschiedene Vereinfachungen vornehmen. Von einer Berücksichtigung der Hysteresis soll abgesehen werden. Weiter sei angenommen, daß die Drossel keinerlei Verluste habe und ihre Wicklung streuungslos sei. Der Einfluß der Streuung wird zum Schluß betrachtet. Den Kondensator denken wir uns gleichfalls verlustlos. Damit wird die dritte Harmonische J_3 zu einem rein wattlosen Strom. Durch den Wegfall der Hysteresis erhalten wir im Leerlauf eine symmetrische Feld- bzw. Spannungskurve. Diese bleibt auch dann unverzerrt erhalten, wenn die dritte Harmonische fließt, da Ströme mit 90° Verschiebung gegen die Spannung voll auf das erzeugende Feld rückwirken, ohne dessen Phase zu verschieben.

Aus dieser Symmetriebedingung für die Spannungskurve erhalten wir sofort das Ergebnis, daß ihre dritte Harmonische nur zwei verschiedene Phasenlagen annehmen kann, die in Abb. 3 rechts oben und links unten gezeichnet sind. Diese beiden Lagen wollen wir durch Vorzeichen bestimmen, und zwar wird für eine zugespitzte Kurvenform die dritte Harmonische als positiv, für eine abgeflachte, bzw. eingesattelte Form als negativ festgesetzt. Gould gibt die Lage der dritten Harmonischen in Graden bezogen auf die Grundwelle an. Vergleicht man seine unter Berücksichtigung der Hysteresis gefundenen Werte für die Phasenwinkel, so bemerkt man eine geringfügige Abweichung von maximal 7° (das sind 21°, bezogen auf die dritte Harmonische) gegen die Symmetrielage[9]). Die Vernachlässigung der Hysteresis kann man demnach unbedenklich zulassen.

Legen wir diese Verhältnisse zugrunde, so ergeben sich nach Durchführung der außerordentlich vereinfachten Analysen Kennlinien für die dritte Harmonische, wie sie in Abb. 3 für verschiedene

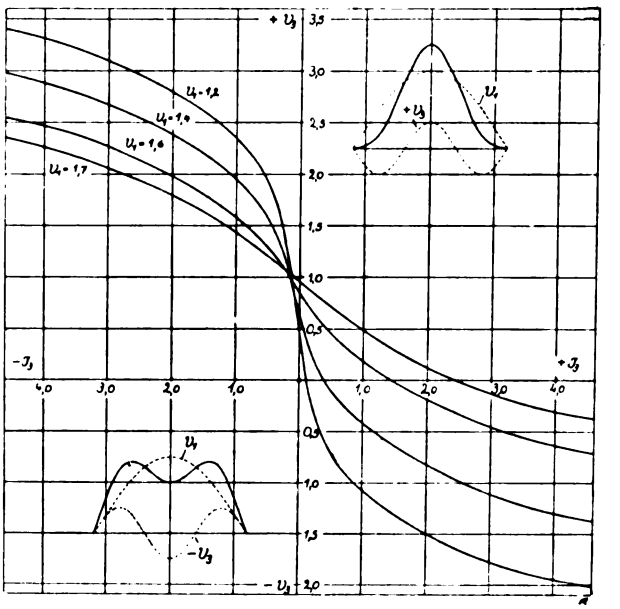


Abb. 3. Gerechnete Strom-Spannungskennlinien der 3. Harmonischen an den Drosselspulen für verschiedene Werte der Grundspannung.

Grundspannungen gezeichnet sind. Für die Durchrechnung wurde Magnetisierungskennlinie Abb. 4 von normalen 3·6 W Blech benutzt. Die aufgetragenen Strom- und Spannungswerte beziehen sich auf willkürliche Einheiten; es entsprechen ein Amplitudenwert der ersten Harmonischen von 10 000 Gauß einer Spannungs-, desgl. 10 AW/cm

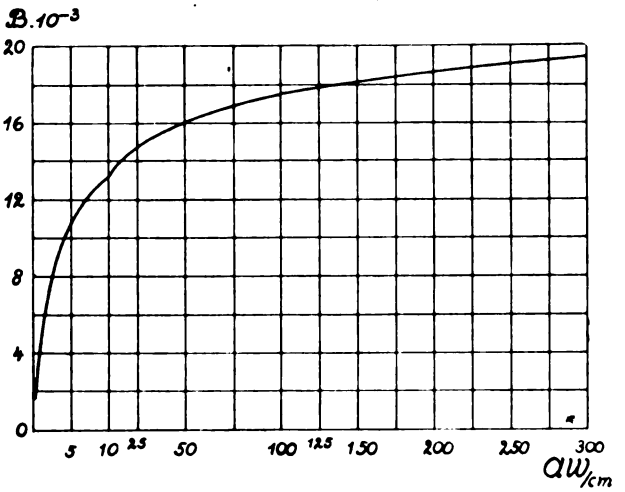


Abb. 4. Verlauf der für die Magnetisierung der Drosseln zugrundegelegten Sättigungskurve.

einer Stromeinheit. Die Analysen sind rein rechnerisch in folgender Weise ausgeführt: Man bestimmt für beliebige Werte B_1 und B_3 die resultierende Induktion in drei um je 120° auseinander-

[9]) a. a. O., S. 1164, Abb. 15. In der Bezeichnungsweise Goulds befindet sich die dritte Harmonische bei 60° bzw. 120° in der Symmetrielage.

Digitized by Google

liegenden Punkten der Feldkurve und sucht die zugehörigen Ströme aus der Magnetisierungskurve. Deren Mittelwert stellt bekanntlich die Summe aller dreifachen Harmonischen an der betreffenden Stelle dar. Legt man die drei Punkte wie in Abb. 5 angegeben, so werden alle höheren dreifachen Harmonischen zu Null; es verbleibt allein eine dritte Harmonische von 0·866 J_3, so daß man nur auf den vollen Wert umzurechnen braucht, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Die Spannung V_3 ergibt sich aus B_3, wobei das Induktionsgesetz einen Vorzeichenwechsel bedingt.

Aus der Abb. 3 ist klar zu ersehen, in welcher Weise verschiedene Ströme J_3 auf die dritte Harmonische in der Drosselspannung rückwirken. Weitere Linien in der Abb. sind fortgelassen, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Im Leerlauf ist die Feldkurve der Drosseln abgeflacht, die Spannungskurve zugespitzt; die dritte Harmonische E_3 muß also stets positiv sein. Von dem Leerlaufwert ausgehend, verläuft nun die dritte Harmonische auf dem einen Ast nach Art einer Sättigungskurve mit anfangs stark ansteigenden Beträgen. Der hierbei negative Strom J_3 wirkt also magnetisierend auf die dritte Harmonische im Fluß, er liegt demnach in Phase mit B_3 und hat 90° Voreilung gegen V_3. Auf dem zweiten Ast der Charakteristiken nimmt die dritte Harmonische bei positivem Strom zuerst ab, geht durch Null, wobei V_3 sich um 180° umkehrt und negativ wird, um dann einen ähnlichen Verlauf wie vorhin zu nehmen. Demnach wirkt positiver Strom anfänglich entmagnetierend, wobei er die positive dritte Harmonische in der Drosselspannung zum Verschwinden bringt; der Winkel zwischen J_3, V_3 ist hierbei 90° nacheilend. Dieser Bereich entspricht induktiver Belastung der dritten Harmonischen. Darüber hinaus wirkt der positive Strom im Gegensinne magnetisierend, ist also wiederum kapazitiv.

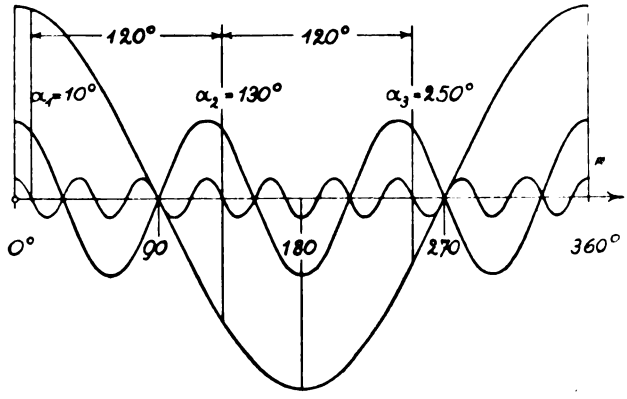


Abb. 5. Zur Bestimmung der 3. Harmonischen nach der 120°-Methode.

Die Kurven haben, wie man sieht, eine stark ausgeprägte Unsymmetrie in bezug auf die Abszissenachse und verlaufen umso flacher, je höher das Eisen durch die erste Harmonische gesättigt ist. Ihre Lage ist hauptsächlich durch die im Leerlauf induzierte dritte Harmonische E_3 bedingt. Aber auch in bezug auf eine um den jeweiligen Wert E_3 gegen die Nullinie verschobene Gerade ist keine Symmetrie vorhanden, besonders bei höheren Werten der ersten Harmonischen. Bei näherer Betrachtung ergab sich noch, daß von größeren Strömen ab ein einfacher linearer Zusammenhang zwischen der ersten und der dritten Harmonischen besteht. Für V_1 von 1·0 bis 1·7 und gleichbleibendem Strom J_3 fand sich eine konstante Abnahme der dritten Harmonischen um 0·21 pro $V_1 = 0{\cdot}1$ auf dem positiven Teil, um 0·34 auf dem negativen Teil, die sich auch in einem größeren Strombereich nur wenig ändert. Diese hier nicht näher begründete Gesetzmäßigkeit kann man zum Interpolieren weiterer Kurven benützen.

Wir kennen nunmehr die Belastungskennlinie der dritten Harmonischen und wollen weiter untersuchen, was sich in dem nach Abb. 2 geschalteten System abspielt, wenn die Kapazität von Null anfangend allmählich gesteigert wird. Der Strom J_3 im Kondensator C hat stets 90° Voreilung gegen V_3, so daß die Kapazitätsgerade für die vorliegenden Verhältnisse im zweiten und vierten Quadranten liegt. In Abb. 6 ist nochmals die Charakteristik für $V_1 = 1{\cdot}2$ aufgetragen. Die Kapazitätsgerade verläuft bei kleinen Werten C ganz steil. Aus ihrem Schnittpunkt mit der Kurve ergibt sich der jeweilige Zustand; daraus geht hervor; daß sich die dritte Harmonische V_3 durch den kapazitiven Strom anfangs sehr stark erregen wird. Mit zunehmender Kapazität bekommt die Gerade immer geringere Neigung. Bei einer bestimmten Lage wird auch der negative Teil der Charakteristik geschnitten. Nach Abb. 6 treten hierbei zwei weitere Schnittpunkte auf. Von diesen entspricht Punkt 2' stabilem, Punkt 3' jedoch labilem Verhalten der Anordnung. Hiervon kann man sich leicht durch Annahme einer virtuellen Stromänderung im betreffenden Schnittpunkte überzeugen; Stabilität ist dann vorhanden, wenn die entstehende Differenzspannung dieser Änderung entgegenwirkt. Es können also von einer bestimmten Kapazität an zwei ganz verschiedene Schwingungszustände im Stromkreis der dritten Harmonischen auftreten, wobei im zweiten Zustand Strom und Spannung ihre Richtung umkehren.

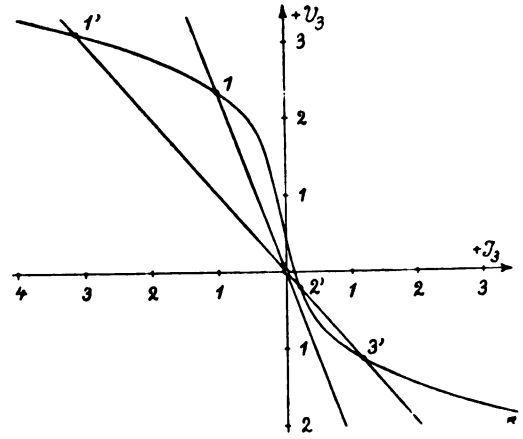


Abb. 6. Größenbestimmung der auftretenden 3. Harmonischen aus dem Schnittpunkte der Drosselkennlinie nach Abb. 3 mit der Kapazitätsgeraden.

Digitized by Google

Wird das System mit dieser Kapazität eingeschaltet, so scheint es, als würde ganz wahllos einer der beiden Zustände eintreten. Bei den mir bekannten Versuchen stellte sich jedoch immer der zweite Zustand ein, der demnach der stabilere zu sein scheint. Sobald die Kapazität groß genug ist, kippt die dritte Harmonische um. Den Verlauf dieser ganzen Erscheinung stellt Abb. 7 für drei verschiedene Grundspannungen dar. Als willkürliche Einheit wurde der Kondensator gewählt, der den Widerstand 1 für die dritte Harmonische hat. Die dritte Harmonische wird mit wachsender Kapazität immer stärker erregt, welcher Anstieg sich bis zum Umkippunkt fortsetzt. Nach dem Übergang in den zweiten Zustand fällt die dritte Harmonische auf einen niedrigen Wert, der dann weiter langsam abnimmt. Beim kritischen Wert der Kapazität berührt die Gerade eben den negativen Ast der Charakteristik. Mit zunehmender Grundspannung der Drossel muß deren Neigung stets flacher verlaufen, was zur Folge hat, daß sich die Kippgrenze immer weiter hinaus schiebt. Die in Abb. 7 gestrichelt gezeichneten Linien stellen deren Fortsetzung für beide Zustände der dritten Harmonischen dar, und zwar die oberen den weiteren Verlauf des Schnittpunktes 1' der Abb. 6, die unteren den labilen Teil entsprechend Schnittpunkt 3'. Der Verlauf der Kippkurven stimmt sehr gut mit den von Gould in Figur 1 und 4 seiner Arbeit wiedergegebenen gemessenen Kurven überein.

Es lohnt sich, einen Vergleich mit anderen Kipperscheinungen in eisengesättigten Stromkreisen anzustellen, wie sie zum Beispiel von Rüdenberg[10]) beschrieben worden sind. Man findet dabei eine Ähnlichkeit, besonders mit dem Fall des kapazitiv belasteten Generators, bei dem der Kippvorgang ähnlich verläuft. Beide Male wird der

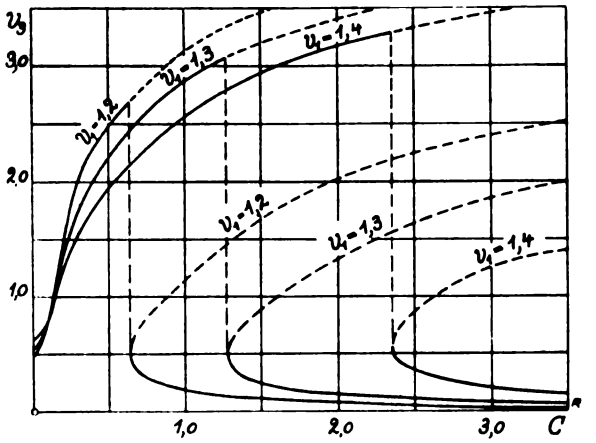


Abb. 7. Verlauf der Kipperscheinung für verschieden hohe Grundspannungen.

vorhandene Schwingungskreis von kapazitiven Strömen durchflossen, welche kräftige Spannungen beim Generator der Grund-, bei den Drosseln der dreifachen Frequenz erregen. Das Eintreten einer eigentlichen Resonanzerscheinung zwischen Kondensator und Gesamtinduktivität wird beide Male durch die Eisensättigung vollkommen unmöglich gemacht. Ein Unterschied besteht jedoch darin, daß ein Generator sich auch ganz selbständig erregen kann, wenn die Kapazität groß genug ist; dagegen muß bei der Drossel das Eisen durch die

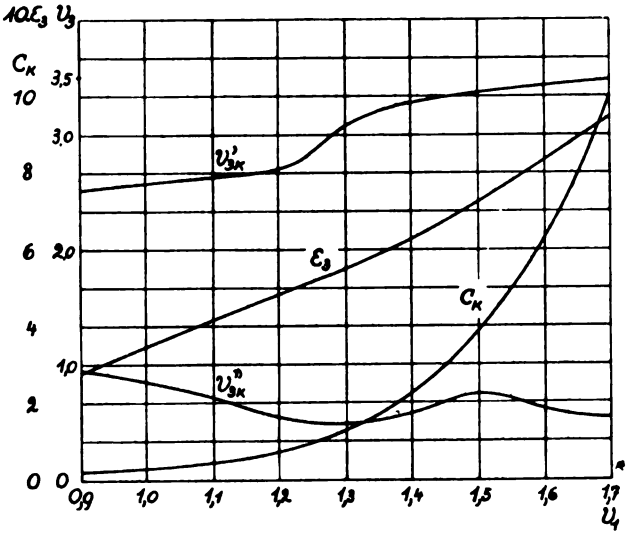


Abb. 8. Abhängigkeit der 3. Harmonischen E_3 im Leerlauf, V'_{3k} bzw. V''_{3k} im Kippunkt, ferner der kritischen Kapazität C_k von der Eisensättigung der Drosselspulen.

den Hauptfluß darstellende erste Harmonische genügend magnetisiert und ein merklicher Anfangswert der dritten Harmonischen zur Erregung vorhanden sein. Ferner nimmt die Magnetisierungskurve der dritten Hamonischen mit jeder Veränderung des Hauptflusses einen anderen Verlauf, während man beim Generator nur eine solche Kurve kennt. Die Erscheinungen an der Drosselspule weisen demnach eine viel größere Mannigfaltigkeit auf. So zeigt Abb. 8 in Abhängigkeit von der ersten Harmonischen den ermittelten Verlauf der Spannungen V'_{3k} und V''_{3k} unter-, bzw. oberhalb der Kippgrenze, der kritischen Kapazität C_k und der Leerlaufspannung E_3.

Für die Durchführung der Untersuchung sind verschiedene vereinfachende Annahmen gemacht worden, auf deren physikalische Bedeutung für die Kipperscheinung wir noch kurz eingehen wollen. Die vernachlässigten Verluste im ganzen System, insbesondere auch die magnetische Hysteresis bringen Phasenverschiebungen hervor. Der Strom J_3 liegt dann nicht mehr in Phase mit dem Feld B_3, so daß die magnetisierende Wirkung zurückgeht. Es ist daher zu erwarten, daß die wirklichen Werte der dritten Harmonischen gegenüber den theoretisch ermittelten wesentlich kleiner ausfallen. Tatsächlich ergaben Versuche einen größten Wert von rund 5500 Linien für die dritte Harmonische[11]). Im Kippmoment wird der Phasensprung nicht mehr genau 180° betragen. Ferner müssen die Verluste im Stromkreis der dritten Harmonischen aus der magnetischen Energie der Drosselspule gedeckt werden. Wie weit gerade dadurch die Erregung im Stromkreis beeinflußt wird, ist schwer

[10]) a. a. O., S. 300.

[11]) Siehe Fußnote [6]).

Digitized by Google

zu sagen. Nach Versuchen bei veränderlicher Spannung scheint bei geringen Sättigungen diese Erregung der dritten Harmonischen auszubleiben. Die Streuung der Drosselspule stellt einen induktiven Widerstand dar, den man durch eine entsprechende Verkleinerung des Kondensatorwertes berücksichtigen kann. Wird der Widerstand des letzteren gleich dem Streuwiderstand, wobei beide sich gegenseitig aufheben, so tritt der als Streuresonanz bekannte Fall ein. Strom und Spannung der dritten Harmonischen sind hierbei aber verhältnismäßig gering.

Stabilitätskurven von Höchstspannungskabeln.

Von Dr. V. **Planer**, Berlin.

Übersicht: Die dielektrische Verlustkurve, sowie die Veränderung der Verlustkurve des abgekühlten Hochspannungskabels nach erfolgter Erwärmung des Leiters auf gegebene Temperatur (Stabilitätskurve) hängen — wie allgemein bekannt ist — nicht nur von der Konstruktion des Kabels der Wahl des Imprägnieröles, dessen Ausdehnungs- und Leitfähigkeits-Koeffizienten, der Art der Trocknung, Imprägnierung und Behandlung des Kabels bis zum Umpressen des Bleimantels ab, sondern zum großen Teil auch von der Wärmeableitung des fertigen Kabels während des Erwärmungsprozesses und der Aufnahme der Verlustkurve. Aus den Ergebnissen einer großen Reihe von Versuchen, die an Kabeln verschiedener Konstruktion und Provenienz ausgeführt wurden, um die Stabilitätskurven zu vergleichen, ist hier ein kurzer Auszug wiedergegeben.

In den meisten Veröffentlichungen der letzten Zeit über Stabilitätskurven der Hochspannungskabel findet man zwar Angaben über die Erwärmung des Leiters durch elektrischen Strom auf Temperaturen von 40 bis 60°, aber keine weiteren Angaben über die gleichzeitige Temperatur des Bleimantels während der Erhitzung. Um die Stabilitätskurven vergleichen zu können, ist es erwünscht, diese Temperatur zu kennen, denn nach Erhitzung des Leiters auf eine und dieselbe Temperatur kann man Kurven der dielektrischen Verluste erhalten, die vollkommen verschieden voneinander sind[1]).

In den nachstehenden Abbildungen (Stabilitätskurven) ist der Verlustfaktor tg δ in Abhängigkeit

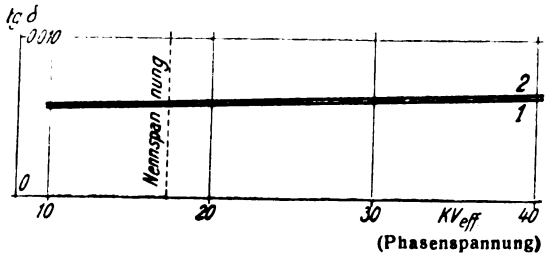


Abb. 1. Stabilitätskurve eines H-Kabels, 3 × 150 mm², 5½ m lang, 30 kV.
Kurve 1 bei 20° C. — Kurve 2 nach Erwärmung durch elektrischen Strom auf 52° und Abkühlung auf 20° C (Bleimanteltemperatur 22° C).

von der effektiven Spannung dargestellt, wobei mit δ der Verlustwinkel, das ist der Winkel, um den der Leerlaufstrom von der zur Spannung senkrechten Lage abweicht, bezeichnet ist.

Die Form der Kurven schwankt zwischen solchen, die man an Kabeln mit normalen Mantelisolationen erhält[2]), bis zu denen der besten H- oder SL-Kabel (Abb. 1, 2, 3*a* und 3*b*), welche vollkommen horizontal bleiben. Diese Kurvenformen können jedoch nicht als unzweideutige Charakteristiken der Kabelkonstruktion angesehen werden, denn es ist möglich, durch entsprechende Behandlung während des Trocknungs- und Imprägnierungsprozesses für Kabel mit Mantelisolation eine fast horizontale Kurve (Abb. 4), dagegen durch künstlich schlechte Imprägnierung für die anderen Kabel eine aufsteigende Kurve zu erhalten (Abb. 5).

Bei der Feststellung der Bedingungen für die Aufnahme der dielektrischen Verlustkurven bei hohen Temperaturen oder nach Abkühlung muß, da die Wärmeableitung durch den Bleimantel bei verschiedenen Kabeltypen vollkommen verschieden ist, unbedingt auch die Temperatur des Bleimantels bei einer bestimmten Temperatur des Leiters angegeben werden. In den meisten Fällen wird, um den Betriebsverhältnissen näherzukommen, das Kabel durch Erwärmung des Leiters mit elektrischem Strom auf hohe Temperatur gebracht. Da die Wärmeableitung durch den Bleimantel bei einem Kabel mit Mantelisolation zirka 16 bis 19% geringer ist als bei den SL-Kabeln[3]), so muß bei ein und derselben Temperatur des Leiters die Isolation unterhalb des Bleimantels, resp. der Bleimantel selbst für die gleiche Verlegung bei diesen drei Kabeltypen verschiedene Temperaturen aufweisen. Bei einer Temperatur von zum Beispiel

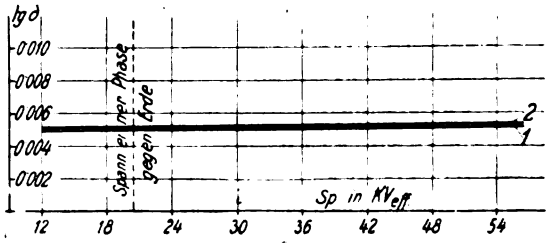


Abb. 2. Stabilitätskurve eines SL-Kabels, Type KEBD, 35 kV Betriebsspannung (Einzelbleimantel 3 × 70 mm², Temperatur 20° C).
Kurve 1 vor der Erwärmung. — Kurve 2 nach Erwärmung im Ölbad auf 55° C und Abkühlung.

60° des Leiters würde unter bestimmten Verhältnissen eine Temperatur von zirka 27° bei SL-, von zirka 30° bei H- und von zirka 34° bei Mantelkabeln sich ergeben. Diese Temperaturen können nicht im voraus als unzweideutig angegeben werden, sondern hängen zum großen Teil von dem Medium ab, in welchem die Kabel gelagert sind. Es ist selbstverständlich nicht gleichgültig, ob das

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 37, S. 917.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 874.
[3]) Über SL-Kabel vgl. E. u. M. 1927, S. 450.

Digitized by Google

Kabel im Wasser liegt oder ob es sich frei auf der Trommel in Zugluft oder in einem Kanal mit mehreren anderen geheizten Kabeln zusammen befindet. Die Bleimanteltemperatur wird je nachdem verschieden sein (Abb. 6 und 7). Man hat somit die Möglichkeit, durch künstliche Abkühlung oder Verhinderung dieser bei ein und derselben Temperatur des Leiters vollkommen verschiedene Temperaturen des Bleimantels zu erreichen und dadurch die Form der dielektrischen Stabilitätskurve zu beeinflußen.

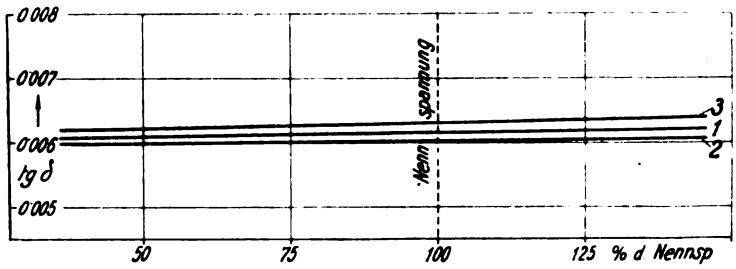


Abb. 3*a*. Stabilitätskurve eines SL-Kabels, 3 × 185 mm², 5½ m lang, 30 kV.

Kurve 1 bei 16° C. — Kurve 2 nach Erwärmung durch elektrischen Strom auf 40° C (Bleimantel 30° C). — Kurve 3 nach Abkühlung auf 14° C.

Wenn zum Beispiel bei einem SL- oder H-Kabel, dessen Leiter von innen auf 60° erhitzt wurde, das Kabel außen durch fließendes Wasser so abgekühlt wird, daß der Bleimantel zum Beispiel nur 26° zeigt, so bekommt man eine der idealsten dielektrischen Verlustkurven, weil die Masse an der Oberfläche der metallisierten Schicht noch nicht dünnflüssig geworden ist und nur durch die Ausdehnung der inneren Masse einen Druck auf die Außenschicht ausübt. Solange die Elastizitätsgrenze des Papiers noch nicht überschritten ist, wird nach der Abkühlung die dielektrische Verlustkurve fast den gleichen Wert wie vor der Erwärmung zeigen (Abb. 1 und 2). Man kann aber durch künstliche Verhinderung der Wärmeabnahme des Bleimantels bei 60° Temperatur des Innenleiters eine Temperatur des Bleimantels von 38 bis 40° — auch mehr — erreichen. Wenn die Imprägniermasse so beschaffen ist, daß sie bei dieser Temperatur dünnflüssig wird, so wird sie durch Ausdehnung aus den Löchern in den metallisierten Papiermantel ausströmen, sich in dem Beilauf sammeln und nach der Abkühlung des Kabels nicht wieder vollständig von den isolierten Adern aufgenommen werden können. Wir erhalten dann eine dielektrische Verlustkurve, die nicht mehr horizontal liegt, sondern je nach der Imprägnierung, dem Ausdehnungs- und dem Wärmeableitungskoeffizienten der Masse ansteigen wird (Abb. 8). Bei den Kabeln mit Mantelisolation sind die Verhältnisse ähnlich, nur etwas krasser, denn die Masse tritt aus den erhitzten, isolierten Adern leichter aus, sammelt sich in dem Füllmaterial und wird nach dem Abkühlen nicht ohne weiteres in gleichem Verhältnis zurückabsorbiert. Bei den SL-Kabeln ist die Abkühlung etwas günstiger als bei den H-Kabeln. Die Kurve wird sich somit bei etwas schlechteren Wärmeabzugsverhältnissen als bei H-Kabeln deformieren. Um somit vergleichbare Kurven zu erlangen, genügt es nicht anzugeben, daß der Leiter auf 40 oder 60° erwärmt werden soll, sondern es muß angegeben werden, ob das

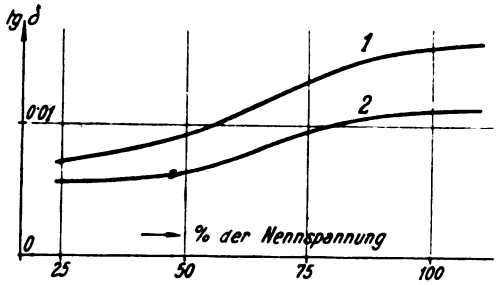


Abb. 5. Stabilitätskurve eines 75 kV-Einleiterkabels.

Kurve 1 bei 15° C. — Kurve 2 bei 30° C (schlecht imprägniert).

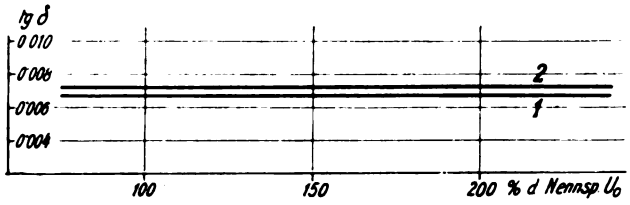


Abb. 3*b*. Stabilitätskurve eines Einleiterkabels, Type VK, 1 × 185 mm Durchmesser, 133 m lang, 38·1 kV.

Kurve 1 bei 22° C. — Kurve 2 nach Erwärmung durch elektrischen Strom auf 55° C und Abkühlung (Bleimanteltemperatur 17° C).

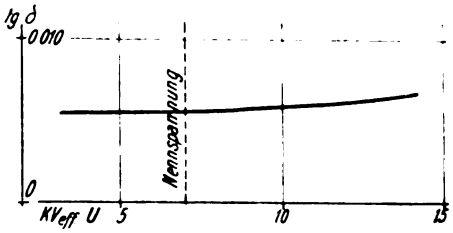


Abb. 4. Stabilitätskurve eines Kabels mit Mantelisolation, 3 × 35 mm², 400 m lang, 7 kV (alle Adern gegen Blei).

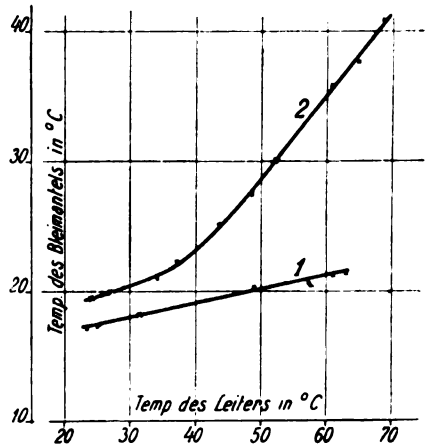


Abb. 6. H-Kabel, 3 × 150 mm², 30 kV. Temperatur des Bleimantels als Funktion der Leitertemperatur.

Kurve 1: Kabel in gut wärmeleitendem Medium.
Kurve 2: Kabel in schlecht wärmeleitendem Medium.

Digitized by Google

Kabel durch Stromerwärmung des Leiters oder durch Eintauchen in ein Wärmebad erwärmt werden soll. Die Kabel, die durch Eintauchen in ein Wärmebad auf konstant hohe Temperatur erwärmt wurden, zeigten nach der Abkühlung günstigere Stabilitätskurven, auch wenn sie auf höhere Temperaturen gebracht wurden, als die Kabel, die von innen erwärmt wurden[4]). Weitere Versuche sind im Gange, um die Ursachen dieses Unterschiedes zu klären.

Von verschiedenen Firmen werden, um günstigere Stabilitätskurven zu erhalten, neue Konstruktionsvorschläge gemacht, durch welche die Wärmeableitung des Kabels vergrößert werden soll. Bei den SL-Kabeln ist zu diesem Zweck vorgeschlagen worden, das Füllmaterial zwischen den drei verseilten, mit einem Bleimantel versehenen Adern durch Bleirohre zu ersetzen, die die metallische Kontinuität des äußeren Mantels verbes-

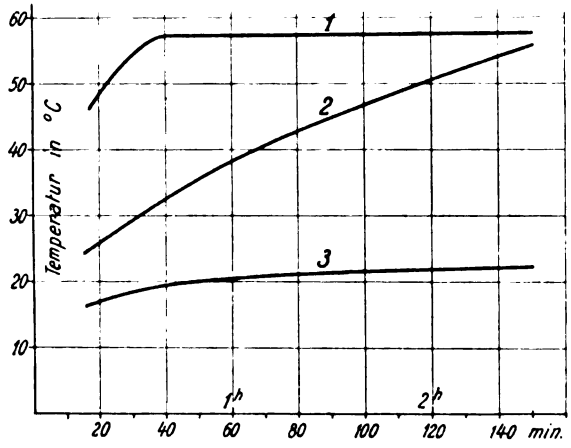


Abb. 7. H-Kabel, 3 × 150 mm², 5½ m lang, 30 kV. Leiter durch Strom erwärmt und auf konstanter Temperatur gehalten.

Temperatur des Leiters als Funktion der Zeit (Kurve 1). Temperatur des Bleimantels als Funktion der Zeit (Kurve 2, 3). Kabel in schlechtem Wärmeleiter eingebettet (Kurve 2). Kabel in gutem Wärmeleiter eingebettet (Kurve 3).

sern und die Wärmeabgabe auch vom Zentrum des Kabels nach außen erleichtern sollen. Zum gleichen Zweck sind auch bei den H-Kabeln Vorschläge gemacht worden, das Füllmaterial durch Bleirohre zu ersetzen, durch die eventuell auch Kühlflüssigkeiten durchgeführt werden können. Es wird meistens keine höhere Belastbarkeit des Kabels dadurch beabsichtigt, sondern vielmehr bei gleicher Belastbarkeit versucht, einen größeren Sicherheitskoeffizienten durch Erhöhung der Ionisationsspannung zu erreichen. R. Fric hat zum gleichen Zweck einen anderen Weg angegeben[5]), von der bekannten Tatsache ausgehend, daß der Potentialgradient in einer Luftblase, deren Dielektrizitätskonstante 1 ist und die in einem Hochspannungskabel, dessen Isolierung die Dielektrizitätskonstante zum Beispiel 3 besitzt, eingeschlossen ist, zirka dreimal so groß ist als der Gradient an gleicher Stelle, wenn das Dielektrikum homogen wäre. Da dieser Umstand noch durch die kleine Ionisationsspannung, resp. Durchschlagsfestigkeit der Luft, Abhängigkeit vom Druck usw. nur verschlimmert wird, schlägt er vor, die Luftreste im Kabel durch ein anderes Gas zu ersetzen, das günstigere Ionisationsspannungen und eine günstigere Abhängigkeitskurve vom Druck zeigt. Er schlägt vor, Kabel wie gewöhnlich unter Vakuum zu erhitzen, sie dann durch Einlassen von Gas auf atmosphärischen Druck zu bringen, von neuem zu evakuieren derart, daß eventuell Blasen im Kabel nicht mehr aus Luft, sondern aus diesen Gasen gebildet werden und dann die Kabel wie normal zu imprägnieren. Unserer Ansicht nach wird auf diesem Wege kaum viel erreicht werden. Es gibt nur noch wenige Firmen, die die Hochspannungskabel vor dem Pressen aus der Imprägniermasse herausholen, bei den meisten Firmen wird so verfahren, daß das Kabel selbst vor dem Pressen zwar in der Imprägniermasse bleibt, das Ende aber frei durch den

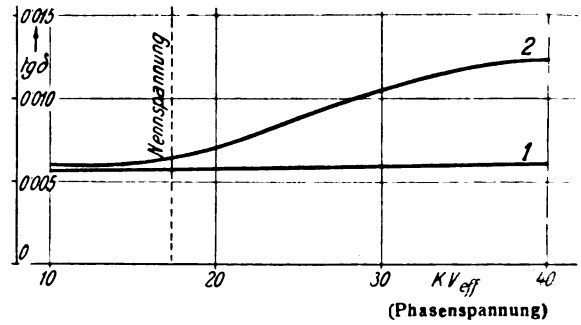


Abb. 8. Stabilitätskurve eines H-Kabels, 3 × 150 mm², 30 kV.

Kurve 1 bei 20° C. — Kurve 2 nach Erwärmung durch Strom auf 52° C und Abkühlung auf 20° C (Bleimanteltemperatur 42° C).

Luftraum zur Presse geführt wird, wo es manchmal noch durch einen kurzen Zylinder mit Imprägniermasse durchgeführt wird. Auf dieser kurzen Strecke zur Bleipresse wird das Kabel, da es meistens doch eine höhere Temperatur als die Umgebung besitzt, sich etwas abkühlen, die Masse zieht sich zusammen, das Kabel absorbiert Luft, die später beim weiteren Abkühlen unterhalb der metallisierten Papierschicht hineingezogen werden kann, oder die verdünnte Luftschicht bleibt zwischen Isolierung und Bleimantel. Es müßte somit zunächst das Kabel zwischen Imprägnierkessel und Bleipresse vollkommen durch Imprägniermasse geführt werden, ohne mit der Luft in Berührung zu gelangen. Den Raum zwischen Kessel und Presse abzuschließen und mit dem gleichen Gas zu füllen, erscheint uns vorläufig zwecklos, da man zuerst einen Weg finden muß, die Luftabsorption beim Atmen des Kabels durch die freien Enden bis zur Herstellung des Endverschlusses zu vermeiden. Interessant sind dennoch die Versuche von Fric und es wäre erwünscht, die Kurven der dielektrischen Verluste solcher Kabel kennen zu lernen.

[4]) Die Verlustmessungen sind mit einer Scheringbrücke und einem verlustlosen Luftkondensator ausgeführt.

[5]) Revue Gén. de l'Electricité, Bd. 22, Nr. 25, 1927.

Digitized by Google

Rundschau.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Regeln für Leistungsversuche an Kreiselpumpen[1]. Da die in der Pumpenrohrleitung auftretenden Widerstände der Pumpe nicht zur Last gelegt werden dürfen, gilt als Förderhöhe H, ausgedrückt in m Wassersäule, der Wert

$$H = \frac{p_d - p_s}{\gamma} 10000 + y + \frac{c_d^2 - c_s^2}{2g},$$

wobei p_d und p_s die Ablesung am Manometer von Druck- und Saugstutzen der Pumpe in kg/m², y der senkrechte Abstand dieser beiden Manometer, gemessen in m, c_d und c_s die Wassergeschwindigkeit in den Rohrquerschnitten, in welchen die erwähnten Manometer angeschlossen sind, in m/s, γ das spezifische Gewicht des Treibmittels in kg/m³, g die Beschleunigung der Schwere in m/s² ist. Bei einer Temperatur von

0	4	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200° C
ist bei Wasser das spezifische Gewicht der Reihe nach mit												
999·8	1000·0	999·7	998·2	992·2	983·2	971·8	958·4	943·5	926·3	907·6	886·6	862·8 kg/m³

anzunehmen. Liegt nicht Wasser, sondern eine Lösung von Salzen oder dgl. vor, so ist das spezifische Gewicht jeweils zu bestimmen. Die Wassermenge V in m³/s ist die von der Pumpe in die Druckleitung geförderte Menge, so daß das Spaltwasser, der Wasserverbrauch durch Ausgleichsvorrichtungen usw. nicht berücksichtigt werden. Wird aber Kühlwasser für die Kühlung der Motorenlager aus der Druckleitung entnommen, so ist dieser Verbrauch zur Nutzwassermenge zuzurechnen. Die Nutzleistung beträgt $\frac{\gamma V H}{102}$ Pumpen-kW oder $\frac{\gamma V H}{75}$ Pumpen-PS. Das Verhältnis von Pumpen- zu Wellenleistung ist der Wirkungsgrad der Pumpe. Die Versuchsergebnisse, die nur im Beharrungszustande aufzunehmen sind, gelten im Vergleich zu den Zusagen hinsichtlich Kraftbedarf und Wirkungsgrad mit einer Toleranz von 7·5 vH, hinsichtlich der Fördermenge mit einer Toleranz von 5 vH. Die Kosten für die Vorbereitung und Ausführung der Abnahmeversuche trägt der Lieferer, wenn sie in seinem Werke stattfinden, der Besteller, wenn sie am Aufstellungsorte der Pumpe stattfinden. Die Kosten für die zu den Versuchen entsendeten Personen trägt in beiden Fällen jede Partei selbst. Die Einzelmessungen erfolgen hinsichtlich des Druckes durch Flüssigkeits- und Federmanometer, hinsichtlich der Fördermenge durch Wägen, durch Behältermessung, Düsen, Venturirohre, durch Staurand und Überfälle. Alle diese Meßverfahren sind in der eingangs erwähnten Schrift genau behandelt. An Beispielen von Abnahmeversuchen wird dort auch die Verwendung dieser Regel gezeigt. Der Versuchsbericht, der bei jeder Leistungsmessung auszufertigen ist, hat Ort, Datum, Besitzer, Erbauer und Versuchsleiter zu nennen, er hat die vertragliche Gewährleistung hinsichtlich Wassermenge, Förderhöhe, Drehzahl, Wellenleistung und Wirkungsgrad, ebenso aber auch Angaben über die Art der Flüssigkeit, die Weite von Druck- und Saugleitung, die bisherige Betriebszeit der Pumpe, deren Antriebsart zu enthalten. Die Art der einzelnen Messungen ist zu erläutern, die Messungsergebnisse sind tabellarisch oder in Kurvenform übersichtlich darzustellen. *β.*

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Toleranzen auf die Blindleistung oder auf den Leistungsfaktor? Diese Frage bildet gegenwärtig unter anderem den Gegenstand der Verhandlungen der I. E. C.[2]) Es stehen sich nämlich die französische Ansicht, daß nur die Blindleistung toleriert werden könne und die deutsche Meinung, die Toleranz auf den Leistungsfaktor nach der Formel $\frac{1-\cos\varphi}{6}$ anzugeben, hart gegenüber. P. Girault unternimmt es nun, nachzuweisen, daß der deutsche Vorschlag bei systematischer Auswertung zu Widersinnigkeiten führe. Zunächst macht der Autor geltend, daß die Toleranz auf die Blindleistung bei allen Apparaten in gleicher Weise leicht gehandhabt werden kann, während die deutsche Formel für reine Blindstromapparate ihren Sinn verliert. Außerdem sei es nach der deutschen Formel möglich, durch Vergrößerung der Verluste (soweit die Toleranz darauf es zuläßt) den Leistungsfaktor zu heben und so etwa für Asynchronmaschinen noch in den Toleranzbereich zu bringen, während die französische Beurteilung die Maschine ablehnen müßte.

Der Autor untersucht nun, welche Toleranzwerte auf den Leistungsfaktor notwendig wären, um dieselben Toleranzen auf die Blindleistung zu erhalten wie nach dem französischen Vorschlage. Die Auswertung zeigt, daß nach der deutschen Formel die Toleranz stetig anwächst mit kleinerem Leistungsfaktor, so daß für $\cos\varphi = 0{\cdot}14285$ der geringst tolerierte Leistungsfaktor $\cos\varphi' = 0$ bzw. für noch kleinere Werte von $\cos\varphi$ negativ wird. Von Einfluß auf diesen Zusammenhang sind auch die Toleranzen auf die Verluste, die von P. Girault in einer anderen Arbeit eingehend behandelt wurden.[1]) Sodann zeigt der Autor, vom garantierten Leistungsfaktor ausgehend, daß den Toleranzen der deutschen Formel keine möglichen Toleranzen auf die Blindleistung entsprechen, da sie für $\cos\varphi = 0{\cdot}14285$ hyperbolisch-asymptotisch den Wert $\pm\infty$ annehmen. In der Zusammenfassung gelangt daher P. Girault zu dem Schlusse, daß nur der französische Vorschlag international angenommen werden könne. W.

(Revue Gén. de l'El., Bd. 22, Nr. 20, 1928.)

Wickelvorrichtung für unrunde Spulen aus umsponnenen Drähten. Bei der Aufgabe, eine unrunde Spule zu wickeln, besteht die Schwierigkeit darin, daß die Aufwickelgeschwindigkeit eine regelmäßig wechselnde ist. Zum Beispiel ist bei einer quadratischen Spule die Umfangsgeschwindigkeit an den Spulenecken am größten (entsprechend der halben Diagonalenlänge), in der Mitte einer Quadratseite aber am kleinsten (entsprechend der halben Seitenlänge). Durch diesen regelmäßigen Geschwindigkeitswechsel wird der Draht höher beansprucht, so daß die Wickelspindel bei unrunden Spulen langsamer laufen muß als bei runden.

G. Oehler schlägt nun vor, diesen Drahtgeschwindigkeitswechsel vom Abwickler nicht unmittelbar auf die Wickelspindel in voller Größe zu übertragen, sondern ihn durch Zwischenschaltung von Zwischenrollen abzustufen. Man ermittelt zu diesem Zwecke zuerst den Durchmesser jenes Kreises, dessen Umfang gleich dem Umfange der unrunden, beispielsweise der quadratischen Spule ist. Nun zeichnet man diesen Kreis in den Spulenquerschnitt (in das Quadrat) ein. Dann wählt man die Querschnitte der Zwischenrollen derart, daß dadurch ein allmählicher Übergang von diesem Kreisquerschnitte zum endgültigen Spulenquerschnitte (zum Beispiel zum Quadrat) geschaffen wird. Durch diese Vorrichtung mit Zwischenrollen kann die Wickelgeschwindigkeit erheblich erhöht werden. Bei der Ausmittlung ist auf vier Punkte zu achten: 1. müssen die augenblicklichen Umfangslängen der Zwischenrollen und der zu wickelnden Spule einander gleich sein; 2. müssen die Zwischenrollen untereinander und mit der zu wickelnden Spule synchron laufen; 3. muß Rücksicht genommen werden auf die Tatsache, daß die zu wickelnde Spule nach und nach stärker wird; und 4. müssen

[1]) Vgl. das gleichnamige Heft, ausgearbeitet von dem vom VDI und vom Kreiselpumpenverband in den Jahren 1926 und 1927 gebildeten Ausschuß, 27 Seiten 29 × 21 cm mit 26 Abb., Berlin 1928, VDI-Verlag G. m. b. H., Preis broschiert M 3·50, für Mitglieder M 3·15.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 977.

[1]) Rev. Gén. de l'El., Bd. 22, Nr. 13.

Digitized by Google

die Übergangsquerschnitte der Zwischenrollen entsprechend gewählt werden. Die Ermittlung einer sorgfältigen Abstufung geschieht zeichnerisch. Der Autor zeigt auch den grundsätzlichen Entwurf einer Wickelvorrichtung für unrunde Spulen mit zwei Abstufungs-Zwischenrollen. Squz.

(ETZ, 49. Jg., Heft 15, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Versuche an Erdungen. Die Schutzwirkung der Überspannungsschutzeinrichtungen ist von der Güte der Erdung, an welche sie angeschlossen sind, stark abhängig. Edward Beck, teilt die vorläufigen Ergebnisse von noch in Durchführung begriffenen Versuchen mit, die die Feststellung des Einflusses der verschiedenen Ausführungseinzelheiten auf die Größe und zeitliche Änderung des Erdübergangswiderstandes zum Ziele haben. Die Untersuchungen erstrecken sich zunächst nur auf die am meisten verwendeten Rohr- und Staberdungen[1]), welche durch Eintreiben des Erders in den Boden am einfachsten herstellbar sind. Von diesen ist bereits aus anderweitig ausgeführten Versuchen bekannt, daß ihre Güte vom verwendeten Material und Durchmesser nahezu unbeeinflußt ist und der Übergangswiderstand bei Vergrößerung der Tiefe über 1·8 m sich kaum merklich verringert[2]), ferner daß bei Mehrfacherdungen die Mindestentfernung zwischen benachbarten Erdern 1·8 m nicht unterschreiten soll. Für die Versuche wurden verzinkte Eisenrohre und Kupferstäbe verwendet, die in Gruppen zu je vier Erdern verlegt waren. Zur Feststellung einer etwaigen korrodierenden Wirkung der verschiedenen, zur Verbesserung der Erdungen verwendeten Salzlösungen wurden überdies noch außerhalb des aus den vier Erdern gebildeten Viereckes blanke Eisenrohre eingetrieben. An Salzlösungen wurden solche aus gewöhnlichem Steinsalz, Kupfersulfat und Eisensulfat erprobt. Die Widerstandsmessungen wurden in der Regel allmonatlich einmal ausgeführt.

Das Ergebnis der Versuche läßt sich, wie folgt, zusammenfassen: Eine zeitliche Änderung der ohne besondere Bodenbehandlung hergestellten Erdungen ist nicht feststellbar, doch besteht selbstverständlich eine Abhängigkeit von den jeweiligen Witterungsverhältnissen, welche die Bodenfeuchtigkeit beeinflussen. Der Übergangswiderstand in dem mit einer Salzlösung behandelten Boden nimmt, je nach der verwendeten Salzart, mehr oder weniger rasch ab, doch behält er dann ebenfalls mindestens ein Jahr lang den erreichten Wert, so weit hierauf aus den bisherigen Versuchen geschlossen werden kann. Am günstigsten verhalten sich in dieser Beziehung Steinsalzlösungen, bei welchen der Endwert sich bereits nach zwei bis drei Wochen einstellt und nur 20 bis 40 vH des anfänglichen Widerstandes beträgt. Dieses günstige Verhalten erklärt sich aus dem Umstand, daß Steinsalz die verhältnismäßig größte Löslichkeit und die Steinsalzlösung die größte Leitfähigkeit unter den angewendeten Salzlösungen aufweist. Die Überlegenheit von Steinsalz wurde auch durch wiederholte Kontrollversuche nachgewiesen, die zur Prüfung dessen ausgeführt wurden, ob nicht etwa bei den ersten Versuchen besonders günstige Bodenverhältnisse zum guten Ergebnis beigetragen haben; bei letzteren wurden als Erder nur mit Kupfer überzogene Eisenstäbe verwendet, welche zwecks Ermittlung des Einflusses der gegenseitigen Entfernung in 2·4 m Abstand verlegt waren. Der Übergangswiderstand ist im Übrigen unabhängig davon, ob der Erder aus einem Rohr oder massiven Stab besteht; erstere Form erleichtert zwar die Einbringung der Salzlösung und auch eine spätere Wiederholung der Tränkung, namentlich wenn das Rohr noch mit seitlichen Löchern versehen wird, über welche die Tränkungsflüssigkeit gut verteilt austreten kann, doch ist die Verlegung selbst kostspieliger, da die Rohre mit einer besonderen Spitze versehen und mit mehr Sorgfalt behandelt werden müssen. Im allgemeinen hat es sich auch gezeigt, daß der Übergangswiderstand desto kleiner ist, je leichter die Erder eingetrieben werden können, das heißt je weicher der Boden ist. Der Summenwiderstand von Mehrfacherdungen beträgt das 1·5 bis 1·7-fache des aus den Einzelwiderständen errechneten Wertes. Die laufende Nachprüfung der Erdungswiderstände muß dringend empfohlen werden, wobei allerdings jährlich eine am besten im Frühjahr auszuführende Messung ausreichend zu sein scheint. Dr. B.

(Electrical World, Bd. 91, H. 9, 1928.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1924, S. 725.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 17, S. 390.

Elektrische Meßkunde.

Die Bestimmung der magnetischen Induktion im Stahlblech behandeln Raymond L. Sanford und James M. Barry. Die Messungen wurden sowohl mit Burrows Permeameter als auch mit Fahys Simplex-Permeameter vorgenommen und bezwecken hauptsächlich eine Kontrolle der mit beiden Instrumenten erhaltenen Versuchsergebnisse. Das Permeameter von Burrows[1]) besteht aus zwei massiven, mit je zwei Bohrungen versehenen Jochen, die die Enden des Prüfstabes und eines Hilfsstabes gleicher Stärke und aus demselben Stoffe zu einem geschlossenen magnetischen Kreise verbinden. Die einlagigen Magnetisierungsspulen bedecken beide Stäbe der ganzen Länge nach; außerdem sind an den vier Enden kurze, mehrlagige, in Reihe geschaltete Spulen zur Kompensation der magnetischen Joch- und Übergangswiderstände angebracht. Hilfsstab und Prüfstab tragen in der Mitte auf $^1/_4$ ihrer Länge eine einlagige Induktionsspule zur Bestimmung des magnetischen Flusses, der Prüfstab außerdem eine zweite solche Spule von gleicher Windungszahl, die jedoch in zwei Hälften getrennt zu beiden Seiten der Mittelspule angebracht ist. Die Ströme in den Magnetisierungsspulen werden so justiert, daß bei Gegenschaltung entweder der beiden mittleren Induktionsspulen oder der mittleren Spule auf dem Hilfsstab mit den beiden Seitenspulen auf dem Prüfstab das ballistische Galvanometer bei der Umkehrung des Stromes keinen Ausschlag zeigt. Dann ist der Fluß in beiden Stäben gleich stark und auf dem größeren Teile des Prüfstabes konstant. Die MMK im Prüfstabe kann dann aus der Windungszahl je cm seiner einlagigen Magnetisierungsspule und der Stromstärke in ihr berechnet werden. Das Fahy-Simplex-Permeameter besteht aus einem Elektromagnet, an dessen Pole das Blechpaket der Probe mittels zweier starker Eisenklötze angepreßt wird. Es ist auf der ganzen Länge zwischen den Klötzen von einer Induktionsspule zur Flußmessung umgeben. Eine zweite Induktionsspule auf einem unmagnetischen Kern, die neben der ersten zwischen den hiezu etwas verlängerten Eisenklötzen angeordnet ist, erlaubt die Messung der MMK. Die zu den Versuchen verwendeten Bleche wurden zuerst in einer eigenen Vorrichtung hinsichtlich der Gleichförmigkeit ihrer magnetischen Eigenschaften überprüft. Diese Vorrichtung bestand aus einem rechtwinkeligen Jochrahmen, in dessen Mittellinie die Bleche einzeln eingespannt wurden. Eine kurze Magnetisierungsspule und eine noch etwas kürzere, mit ihr fest verbundene Induktionsspule konnten längs des Blechstreifens verschoben werden. Bei konstantem Magnetisierungsstrom lieferten die Ausschläge des ballistischen Galvanometers bei der Stromumkehr ein Maß für die vorhandenen Ungleichförmigkeiten.

Es zeigte sich nun, daß die Angaben des Burrows-Apparates vom Gleichförmigkeitsgrade der Probe abhingen. Ein Blechpaket, das in der Mitte magnetisch weicher war als an den Enden, lieferte am Burrows höhere Permeabilität, als am Fahy; eine Probe, die in der Mitte magnetisch härter war als an den Enden, verhielt sich entgegengesetzt. Nur bei genügend gleichförmigen Proben lieferten beide Apparate gleiche Permeabilitätswerte. Der Fahy-Apparat zeigte bei allen drei Proben aus demselben Material, jedoch von verschiedener Gleichförmigkeit dieselbe Permeabilität, seine Angaben waren also vom Gleichförmigkeitsgrade unabhängig. Die Breite der Probestreifen hatte insoferne einen Einfluß, als der

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 95.

Digitized by Google

Stanz- oder Scherenschnitt die Ränder magnetisch härtet. Um diesen Einfluß zu untersuchen, wurden Streifen von 4·9 cm Breite geschnitten, welche auf beiden Magnetometern dieselbe Permeabilität zeigten. Sie wurden Zentimeter um Zentimeter schmäler geschnitten und nach jeder Verschmälerung auf beiden Apparaten gemessen. Bei 2·9 cm Breite lieferten beide Apparate zwar niedrigere, jedoch untereinander noch übereinstimmende Werte; bei 1·9 cm Breite war dagegen nicht nur die Permeabilität gegen die breiteren Streifen stärker herabgesetzt, sondern die beiden Permeameter lieferten auch verschiedene Werte. Die Anzahl der Bleche in einem Probepaket ist insoferne von Bedeutung, als beim Fahy-Permeameter nur das letzte Blech mit den Magnetpolen in direkter Berührung steht, während zwischen ihm und den anderen Blechen ein gewisser magnetischer Widerstand eingeschaltet erscheint. Es wurden von derselben Blechsorte 40 möglichst gleichförmige Streifen von 70 cm Länge ausgewählt und zu Probepaketen von 10 bis 40 Streifen vereinigt. Bei allen vier Gruppen von je 10 Streifen bestand volle Übereinstimmung zwischen den beiden Permeametern. Bei den Gruppen mit 20 Streifen traten im Maximum der Permeabilität Unterschiede bis zu 15 vH auf, die bei höheren Induktionen verschwanden. Bei 40 Streifen stiegen die Abweichungen bis zu 35 vH und waren auch bei den höheren Induktionen noch bemerkbar. Die Messung der einzelnen Bleche zeigte, daß das Burrows-Instrument noch bei 20 Streifen zufriedenstellende Werte lieferte, bei 30 Streifen jedoch im unteren Teile der Magnetisierungskurve bis zu 10 vH zu niedrig zeigte. Das Fahy-Instrument zeigte in diesen Fällen durchaus zu hohe Werte. Die Stärke der Probebleche betrug 0·356 mm. Ein Versuch mit 0·635 mm starken Blechen lehrte, daß die Fehler nicht von der Dicke der Pakete, sondern nur von der Anzahl der Blechstreifen abhingen. Es empfiehlt sich daher, ohne Rücksicht auf die Blechstärke über 10 bis höchstens 15 Streifen in einem Pakete nicht hinauszugehen. Bei zyklischer Magnetisierung liefert das Fahy-Permeameter um 1 vH geringere Remanenz, jedoch um 10 vH höhere Koerzitivkraft als das Burrows. Diese Differenzen sind allerdings praktisch ziemlich belanglos. Im Vergleiche mit der exakten Methode des Rowland'schen Ringes liefert der Burrows-Apparat zu hohe Werte für die Remanenz und zu niedrige für die Koerzitivkraft. Da sich beide Abweichungen in der Kurvenfläche ziemlich kompensieren, dürften die mit ihm bestimmten Hysteresisverluste ungefähr richtig sein. R. H.

(Scientific Papers of the Bureau of Standards. U. S. A., Nr. 545, 1927.)

Leitungen und Leitungsbau.

Das Fernkabel Brüssel-Lüttich-Aachen. Der Bau der Kabellinie Brüssel-Lüttich-Landesgrenze bei Hergenrath (100 km) wurde der Siemens und Halske A. G. zusammen mit der Felten und Guilleaume Carlswerk A. G. und der AEG übertragen, die deutsche Teilstrecke von der Grenze bis Aachen (7 km) in Zusammenarbeit mit den Lieferwerken von der deutschen Fernkabel-Gesellschaft gebaut[1]).

Zwischen Brüssel und Lüttich gelangte ein 162-paariges Kabel zur Verlegung; es enthält zehn Doppelleitungen mit 0·9 mm Kupferleitern für den Nahverkehr, 38 Doppelleitungen mit 1·5 mm Kupferleitern für Zweidrahtbetrieb und 114 Doppelleitungen mit 1·3 mm Kupferleitern, hievon 94 für Vierdrahtbetrieb, 20 für Telegraphenbetrieb. Sämtliche Doppelleitungen sind nach Dieselhorst-Martin zu Vierergruppen verseilt. Hievon sind die Telegraphenleitungen unbelastet, die 0·9 und die 1·5 mm starken Leitungen, sowie 54 Doppelleitungen zu 1·3 mm mit Pupinspulen in Stamm- und Viererkreisen mittelschwer, die restlichen 40 Doppelleitungen zu 1·3 mm, die dem Weitverkehr auf große Entfernungen dienen sollen, in Stamm- und Viererkreisen leicht belastet. Mit Ausnahme von 5 km Röhrenkabel für Brüssel und Lüttich wurden die Kabel als Erdkabel mit einer doppelten Bandeisenbewehrung von 0·8 mm Stärke hergestellt.

Das Kabel Lüttich-Aachen hat nur 100 Adernpaare; es enthält 32 Doppelleitungen zu 1·5 mm für Zweidrahtbetrieb und 68 Doppelleitungen zu 1·3 mm, von welch letzteren 8 mittelstark belastete für Zweidrahtbetrieb, 40 leicht belastete für Vierdrahtbetrieb und 20 unbelastete für Telegraphie bestimmt sind. Abgesehen von 1 km Röhrenkabel in Lüttich ist dieses Kabel auch als bandeisenbewehrtes Erdkabel hergestellt. Sowohl in Brüssel als in Aachen endigt die Kabelstrecke mit einem halben Spulenfeld; von den 80 Spulenpunkten entfallen 76 auf die belgische, 4 auf die deutsche Teilstrecke. Der Abstand der Spulenpunkte beträgt etwa 1834 m. Die Pupinisierung erfolgte mit Massekernspulen neuester Bauart unter Verwendung von vier Spulen für die Stammkreise und den Viererkreis jedes Vierers; die Spulen sind in Spulenkasten von S. & H. untergebracht.

Das auf Grund deutscher Sachlieferungen hergestellte Kabel hat bei der Prüfung allen Anforderungen entsprochen, so daß der Betrieb Mitte Februar 1927 aufgenommen werden konnte. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 7, 1928.)

Sicherheitsgrade der Isolation von Hochspannungsleitungen. Ing. Draeger hat eine Reihe von Hochspannungsleitungen in Deutschland und Österreich in Bezug auf ihre Isolation untersucht. Der Sicherheitsgrad wurde auf die Regenüberschlagsspannung (mit Wasser von 100 μ S cm^{-1}) bezogen. Wenn auch nur solche Leitungen untersucht worden sind, die mit Rosenthal-Isolatoren ausgerüstet sind, so dürften die Ergebnisse wegen der großen Zahl der angeführten Leitungen doch den Anspruch auf Allgemeingültigkeit haben. Es ist jedoch zu bemerken, daß nur die Zahl der Leitungen, nicht aber ihre Bedeutung, wie Länge, Größe der übertragenen Leistung berücksichtigt werden konnte. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt folgende Tabelle:

Betriebsspannung kV	Tragisolatoren			Abspannisolatoren		
	Sicherheitsgrad		Grenzwerte der Sicherheitsgrade	Sicherheitsgrad		Grenzwerte der Sicherheitsgrade
	tatsächl. (Mittelwert)	n. VDE erforderlich		tatsächl. (Mittelwert)	n. VDE erforderlich	
8—10	6·2	4·2	5·3—7·5	wie bei Tragmasten		
15	4·1	3·5	3·9—4·75	4·5	3·5	3·9—6·3
20	3·5	3·2	2·9—3·8 (—5·2) a)	3·6	3·2	3·1—3·8 (—7·8) a)
35	3·2	2·8	2·2—4·1	3·3	2·8	2·2—4·6
40	3·5	2·7	2·9—3·9	4·4	2·7	3·9—5·0 b)
50	2·8	2·6	2·0—4·1	3·1	2·6	2·1—5·0
60	3·1	2·5	2·3—4·1	3·6	2·5	2·3—4·2
100	2·75	2·4	2 —3·1	3·1	2·4	2·75—3·8

a) Sonderwerte, die das Mittel unrichtig beeinflussen würden.
b) Nur wenige Angaben vorhanden.

V. H.

(Mitt. Porzellanfabrik Ph. Rosenthal, H. 13, 1928.)

Gleichrichter.

Ein neuer Trockengleichrichter. Von Dipl. Ing. O. Irion. Schon 1903 fand Pawlowski in Wien die Gleichrichterwirkung des Schwefelkupfers, wenn es zwischen eine Aluminium- und eine Metallplatte eingebracht wurde. Da die praktische Verwendung durch starke Funkenbildung an den Metallplatten gehindert war, wurde mit vielen Metallkombinationen weitergeprobt, bis L. O. Grondahl eine dauerhafte und sichere Anordnung fand, welche aus einer Kupferplatte besteht, auf welche durch Erhitzung eine dünne Schichte Kupferoxydul aufgebracht ist[1]). Die Siemens-Schuckert-Werke haben, auf dieser Erfindung fußend, den neuen „Protos"-

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 200, 749.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 739.

Digitized by Google

Gleichrichter geschaffen, welcher aus eine Reihe kreisrunder, mit einer runden Öffnung versehener Platten besteht, welche aufeinandergelegt und durch eine Mutterschraube gepreßt sind. Auf der Kupfer-Kupferoxydplatte liegt als Gegenelektrode eine Bleiplatte, auf beiden Seiten dieses Elementes liegt je eine vorschauende Kühlplatte, endlich je eine abisolierte Preßplatte. Die Kühlplatten dienen zum Stromanschluß. Das Element sperrt in der einen Richtung 2 V mit Sicherheit und läßt in der anderen Richtung mindestens 0·25 A ohne nennenswerte Verluste durch. Der Rückstrom ist also sehr gering und beträgt zum Beispiel bei einer festen Prüfspannung 2 mA, wenn der Betriebsstrom 13 A beträgt. Nennt man das Verhältnis des Rückwiderstandes zum Vorwärtswiderstande die Gütezahl, so wächst diese mit wachsender Spannung nach einer Parabel, deren Werte folgende Tafel gibt:

Spannung in vH	20	40	60	80	100
Gütezahl	2300	5500	6800	7400	7800

Benützt man eine Mittelpunktanzapfung am Transformator, so lassen sich zwei Elemente so schalten, daß beide Halbwellen ausgenützt werden. Für das Laden bildet die hohe Welligkeit keinen besonderen Nachteil, so daß auf die bekannten Glättungsmittel, wie Drosselspulen und Kondensatoren verzichtet werden kann. Die Gleichrichtereinheit des Protosgleichrichters ist nach der Grätzschen Brückenschaltung zusammengebaut. Je 2 Platten sind zur Erreichung größerer Überlastungsfähigkeit parallel geschaltet. Bei 2 V Sperrspannung für eine Einheit und 8 V Betriebsspannung sind 4 Elemente in Reihe zu schalten. Im Ganzen enthält also das Gerät 16 Platten, 8 für jede Halbwelle. Der Wirkungsgrad beträgt über 50 vH, ein Wert, der im Vergleich mit anderen Kleingleichrichtern befriedigend ist. Die Stromstärke hängt nur vom Widerstand des Gleichstromkreises ab; um sie zu begrenzen ist der Transformator mit so hoher Streuung gebaut, daß der Strom auch bei Kurzschluß auf höchstens doppelte Nenngröße steigt. Die Sekundärseite des Transformators besitzt Anzapfungen mit Wählumschalter für 1, 2 und 3 Akkumulatorzellen, welche mit $^1/_2$ A geladen werden können, doch ist eine Überlastung um 50 vH zulässig. Der Apparat ist mit Stecker und Anschlußschnur versehen. Der Spannungsabfall bei steigender Stromstärke von Null bis 0·8 A beträgt rund 50 vH. Ho.

(Siemens-Zeitschrift, 8. Jg., Heft 5, 1928.)

Fernmeldewesen.

Telegraphie mit Tonfrequenzen. Zu den Verfahren, welche eine erhöhte Ausnützung der vorhandenen Leitungsanlagen für den elektrischen Nachrichtenverkehr ermöglichen, gehört auch die Wechselstromtelegraphie mit Tonfrequenzen. Sie beruht darauf, daß das Frequenzband, aus welchem die einzelnen Telegraphenzeichen sich zusammensetzen, einem Trägerstrom zugeführt wird, der im Frequenzbereiche der Sprechströme liegt. Damit ist die Möglichkeit gegeben, die durch die Telegraphenzeichen modulierten Trägerströme auch über Kabelleitungen zu übertragen, da bei diesen verhältnismäßig niedrigen Frequenzen Dämpfung und Verzerrung der übertragenen Zeichen noch nicht so groß sind, um ihre Lesbarkeit in Frage zu stellen. Über die Einrichtung der Tonfrequenztelegraphie in Deutschland geben genaueren Aufschluß Arbeiten von F. Lüschen[1], von A. Clausing, Berlin[2], sowie eine neuere Veröffentlichung der Firma Siemens & Halske. Demnach ist man in Deutschland dazu gelangt, in dem Frequenzbereich von etwa 300 bis 1700 Hertz zunächst sechs Trägertelegramme mit den Trägerfrequenzen von 400, 638, 877, 1110, 1350 und 1590 Hertz unterzubringen[3]. Die Breite des Frequenzbandes, welches die für die Empfänger verwendeten Siebketten beiderseits der Trägerfrequenz hindurchlassen müssen, um eine deutliche Übertragung der Zeichen zu ermöglichen, wird umso höher bemessen, je rascher telegraphiert werden soll. Bei dem in Deutschland verwendeten System nach Siemens & Halske haben diese Siebketten beiderseits der Trägerfrequenz eine Bandbreite von je $\Delta f = 80$ Hertz, die nach der Näherungsformel $\Delta f = 1{\cdot}2/t$ aus der Einschwingzeit eines übertragenen Zeichens von $t = 0{\cdot}015$ sec berechnet wurde. Da die Einschwingzeit nicht mehr betragen soll als die Dauer eines Punktes, wenn die Zeichen noch gut lesbar sein sollen, so können nach diesem System in der Sekunde bis $1 : 0{\cdot}015 = 67$ Elementarzeichen, das sind Punkte und Zwischenzeiten übertragen werden, wobei die Zwischenzeiten gleich den Punkten gezählt werden. Das ergibt für die Minute rund 4000 Punkte, bzw. Zwischenzeiten, und bei Siemens-Schnelltelegraphenbetrieb, 800 Buchstaben zu je 5 Elementarzeichen. Da der Siemens'sche Schnelltelegraph normal etwa 600 Buchstaben in der Minute leistet, ist ein betriebssicheres Arbeiten mit diesem Apparat gewährleistet, umsomehr, als die Erfahrung gezeigt hat, daß die Einschwingvorgänge auf den Kabelleitungen bis zu Längen von mehr als 1000 km sich noch nicht als hinderlich erwiesen haben. Der Firma Siemens & Halske ist es seither gelungen, in dem gleichen Frequenzbereich von 300 bis 1700 Hertz auf einer Doppelleitung sogar 12 Trägerfrequenzen für die gleiche Zahl von Telegrammen, somit auf einer Vierdrahtverbindung, auf der drei gewöhnliche Ferngespräche möglich sind, bis zu 24 Telegramme gleichzeitig zu befördern.

Wie in einem Aufsatz von Hamilton, Nyquist, Long und Phelps über ein „Tonfrequenz-Trägerstrom-Telegraphensystem für Kabel"[1] unter besonderem Hinweis auf die 645 km lange Kabelstrecke New-York—Pittsburgh ausgeführt ist, steigen bei den amerikanischen Anordnungen dieser Art die Trägerfrequenzen, ausgehend von einer unteren Grenze von 425 Hertz, um je 170 Hertz für je eine Trägerwelle bis zur obersten Grenze im Betrage von 1955 Hertz, so daß in diesem Zwischenraum 10 Telegramme, mit je einem beiderseits der Trägerfrequenz liegenden Frequenzband von zweimal 85 Hertz in einer einzigen Doppelleitung befördert werden können. Da gleichzeitig auf einer zweiten Doppelleitung noch 10 Telegramme in entgegengesetzter Richtung gegeben werden können, ergibt sich, daß auf diese Weise in einem Viererstromkreis, der sonst zur Vermittlung von drei Ferngesprächen dient, an deren Stelle 10 Gegensprech-Telegraphenstromkreise für 20 gleichzeitig zu befördernde Telegramme untergebracht werden können. Bei Vierdrahtkreisen mit schwächerer Selbstinduktion läßt sich die Zahl der Gegensprechstromkreise sogar auf 15 und mehr, für 30 und mehr gleichzeitig zu übertragende Telegramme, erhöhen.

Es soll nun auf die verwendeten Apparate und Schaltungen für diese Art der Kabeltelegraphie kurz eingegangen werden.

Als Stromquellen werden in Deutschland Hochvakuumröhren, in Amerika Maschinen verwendet. Die in Deutschland nach der Schaltung von Siemens & Halske[2] verwendeten Röhren sind Zweigitterröhren mit Meißnerscher Rückkopplung. Die Frequenzregelung erfolgt in einfacher Weise durch Verschiebung des Eisenkernes der Selbstinduktionsspule im Schwingungskreis. Die Tastung der Zeichen geschieht mit Hilfe eines Tastrelais, das durch den arbeitenden Telegraphenapparat betätigt wird, in einem Kreis, der induktiv an den Schwingungskreis der Röhre angeschlossen ist; Schwingungswicklung und Tastwicklung der Kopplungsspule sind hiebei durch einen geerdeten Schirm elektrostatisch getrennt. Die auf diese Art von den sämtlichen angeschlossenen Tastkreisen gegebenen Zeichen werden in einer gemeinsamen Verstärkerröhre verstärkt und sodann der Kabelleitung zugeführt. Beim Zwölfersystem werden im Tastkreise noch Siebketten vorgesehen, die die getasteten Zeichen abflachen, um so eine Beeinflussung der nächstliegenden Frequenzbänder hintanzuhalten. Am anderen Ende des Kabels erfolgt zunächst wieder eine gemeinsame Verstärkung der ankommenden Wechselströme in einer

[1]) ETZ, Bd. 44 (1925), H. 1 und 2.
[2]) ETZ, Bd. 45 (1926), H. 17.
[3]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 896.

[1]) Electrical Communication Bd. 4 (1925), H. 3.
[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 28, S. 758.

Digitized by Google

einzigen Verstärkerröhre. Sodann werden die mit den verschiedenen Frequenzbändern einlangenden Wechselstromzeichen durch Siebketten voneinander getrennt und nach Durchsetzung eines an jede Siebkette angepaßten Vorübertragers durch einen Röhren-Gleichrichter in pulsierenden Gleichstrom verwandelt. Der Anodenkreis dieser Röhre ist an den Erstkreis eines weiteren Übertragers mit parallel geschaltetem Kondensator angeschlossen, so daß die Wechselstromkomponente des aus der Gleichrichterröhre kommenden pulsierenden Gleichstroms durch den Kondensator, die Gleichstromkomponente durch die Erstwicklung dieses Übertragers fließt. Durch den beim Eintritt dieses Gleichstroms in den Übertrager in der Zweitwickelung entstehenden Stromstoß wird der Anker eines an die Zweitwickelung angeschlossenen polarisierten Relais an den Arbeitskontakt gelegt; durch den folgenden Stromstoß beim Verschwinden des Gleichstroms in der Erstwickelung des Übertragers wird der Anker wieder in die Ruhelage zurückgebracht. Auf diese Weise wird die Übertragung der von der Sendestelle ausgehenden Zeichen auf den als Empfänger dienenden Schreib- oder Druckapparat vermittelt.

In Amerika hat man, wie bereits erwähnt, für den Trägerstromtelegraphenbetrieb auf der Kabelstrecke New-York—Pittsburgh als Generatoren für den hochfrequenten Wechselstrom Maschinen aufgestellt. Diese Maschinen gehören dem Induktortyp an. Jede Maschine ist aus zehn Ständern mit einer gemeinsamen Feldwickelung zusammengebaut und erzeugt zehn verschiedene Frequenzen. Am Polbogen jedes dieser zehn Ständer ist in einer Reihe von Nuten, deren Zahl nach der zu erzeugenden Frequenz bemessen ist, je eine besondere Ständerwickelung untergebracht; die zugehörige unbewickelte Läuferscheibe sitzt mit den anderen Läuferscheiben auf einer gemeinsamen Achse und hat eine der Nutung ihres Ständers entsprechende Zahl von Zähnen. Die Zeichengebung im Betriebe erfolgt bei dem amerikanischen System ebenfalls mit Hilfe eines Tastrelais, das den Hochfrequenzgenerator in der Zeit zwischen den Elementen eines Zeichens kurz schließt, während der Zeichengebung aber den Kurzschluß aufhebt. Nach Durchgang durch eine Siebkette, zur Fernhaltung unerwünschter Störfrequenzen und jener äußersten Frequenzen, welche die scharfen Ecken der Zeichen verursachen, werden alle zehn Trägerströme einer Sendestelle gemeinsam verstärkt und dann an das Kabel weitergegeben. In der Empfangsstelle wird zunächst wieder eine Verstärkung des einlangenden Gesamtstromes vorgenommen. Sodann erfolgt die Trennung der zehn verschiedenen Frequenzbänder durch passend bemessene Siebketten, worauf nach nochmaliger Verstärkung jedes einzelnen Trägerstromes das Zeichen durch eine Gleichrichterröhre wieder in pulsierenden Gleichstrom verwandelt und über einen Übertrager einem Relais mit zwei Wickelungen zugeführt wird. Durch die am Beginn und am Ende jedes Zeichens im Erstkreis des Übertragers auftretenden Stromänderungen wird das Relais jeweils betätigt und damit die Übertragung des Zeichens auf den als Empfänger dienenden Schreibappart vermittelt.

Nachdem auf diese Weise das Telegraphieren mit Tonfrequenzen bereits Eingang in den praktischen Betrieb gefunden hat, ist zu erwarten, daß es mit Rücksicht auf die damit ermöglichte bessere Ausnutzung der Leitungen bald weitere Verbreitung finden wird, namentlich auf Leitungen, die Orte mit starkem und rasch zunehmendem Verkehr verbinden. Die Grenze für seine Verwendung wird dort liegen, wo die Kosten für die Aufstellung und den Betrieb der immerhin nicht einfachen Apparate die Kosten für die Herstellung neuer, mit den bisherigen Hilfsmitteln betriebener Leitungen übersteigen.

Dr. Franz Stecher-Sebenitz, Graz.

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Elektroschmelzung der Nichteisenmetalle. N. R. Stansel behandelt in einer ausführlichen Arbeit das Schmelzen der Metalle und ihrer Legierungen mit Ausschluß des Eisens, wobei in der Industrie Kupfer und Nickel am wichtigsten sind.[1]) Die amerikanische und kanadische Industrie verwendet derzeit 624 Lichtbogen-Induktionsöfen mit einer Gesamtleistung von 66 300 kW, einem Ausbringen von 675 000 t und einem Verbrauch von etwa 180 Mill. kWh im Jahre. Die Produktion betrifft Kupfer, Messing, Kupfer- und Aluminiumbronze, sowie Nickelkupfer. — Die Gießtemperaturen wechseln stark mit dem Metall und der beabsichtigten Verwendung und liegen zwischen 80 und 200° C über dem Schmelzpunkt. Für Kupfer-Zink-Legierungen gelten folgende Werte:

Zn vH	Cu vH	Schmelzpunkt °C	Gießtemperatur °C	Siedepunkt °C
0	100	1100	1230	2300
20	80	1000	1160	1270
40	60	900	1030	1070
60	40	850	—	990
80	20	700	—	940
100	0	420	—	920

Der Energiebedarf für 1 t geschmolzenen Gelbmetalls bis 1050° entspricht etwa 150 kWh, für Rotmetall bei 1200° C etwa 170 kWh. Diese Zahlen steigen bei den geringsten Unreinlichkeiten, insbesondere bei Anwesenheit von Wasser, bedeutend. Die Schwierigkeiten beim Schmelzen von leichtschmelzenden Metallen sind die niedrige Dampfspannung, welche die Verflüchtigung begünstigt, die Neigung gewisser Legierungen sich bei hoher Temperatur in ihre Bestandteile zu trennen, die Neigung zur Oxydation, die starke Wirkung einer Über- oder Unterhitzung und ungleiche Temperaturen innerhalb des Schmelzgutes und die chemische Beschaffenheit der Bestandteile der Legierung. Besondere Vorsicht erfordert das Zink wegen seiner gegenüber den anderen Metallen sehr niedrigen Verdampfungstemperatur und der Giftigkeit der Zinkdämpfe. Dauerndes Umrühren des flüssigen Materials ist wichtig, um die Trennung der Bestandteile zu verhindern, besonders bei Anwesenheit von Blei, ferner Gleichmäßigkeit der Temperatur zu erreichen und teilweise Überhitzung zu vermeiden. Unter den sonstigen Forderungen, die an einen Schmelzofen zu stellen sind, seien hervorgehoben: Geschlossene Schmelzkammer zur Vermeidung von Verflüchtigung und zur Reinhaltung der Atmosphäre; Dauerndes Rühren der Schmelze; Beobachtungsmöglichkeit der zugeführten Energie; sanfter Temperaturabfall gegen die Außenseite des Ofens hin, um nach Stromabschaltung ein Nachheizen aus der Umkleidung zu vermeiden; Abhaltung von Unreinlichkeiten, darunter auch Gasen, während des Schmelzprozesses; der Ofen soll die Schmelzung aller Metalle und Legierungen gestatten; der Ofen soll Chargen jeder Größe zulassen; Zulässigkeit dauernden und unterbrochenen Betriebes; Zulässigkeit der Aufstellung an jeder Stelle des Fabrikationsvorganges; hoher Wirkungsgrad; keine gesundheitliche Schädigung der Umgebung; lange Lebensdauer der Umkleidung; die Ofenkonstruktion soll einfach und widerstandsfähig sein und sich an alle möglichen Beschickungs- und Gießmethoden anpassen lassen. Rein elektrische Forderungen sind: Normale Spannungen und Frequenzen; $\cos\varphi = 1$; Gleichbelastung der Phasen; gleichmäßige Stromaufnahme.

Theoretische Untersuchungen am Induktionsofen und auch praktische Erfahrungen zeigen, daß die elektrodynamischen Kräfte im Induktionsofen eine Spaltung in zwei parallele Ringe bewirken können. (Pincheffekt)[2]). Für diesen Fall gibt Hering den kritischen Strom mit $I_c = 449\sqrt{G H^3}$ an, welcher für einen Kanal gilt, dessen Höhe H doppelt so groß als die Breite ist[3]). G bedeutet das spezifische Gewicht. Praktisch soll der Strom etwa gleich $^2/_3$ I_c gehalten werden, um die Spaltung zu vermeiden. Die erforderliche Dicke der Kanalmauerung bewirkt einen beträchtlichen Abstand zwischen Primär- und Sekundärwicklung, daher große Streuung. Der daraus folgende kleine Leistungsfaktor kann durch Wahl niedriger Frequenz beträchtlich verbessert werden. Der

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 152.
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 624, 645.
[3]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 421.

Digitized by Google

elektrische Widerstand des Schmelzgutes ist für die Energie-, bzw. Wärmeaufnahme maßgebend. Folgende Tafel gibt Werte in Mikroohm/cm³ aus verschiedenen Quellen:

	Sn	Pb	Zn	Al	Ag	Cu	Ni	Stahl	Cu—Zn (2:1)
Fest	11·3	20·8	6·1	2·94	1·65	1·78	11·8	10·8	4·0
Flüssig	54·6	102·8	36·6	24·0	17·0	24·8	—	1·66	41·0

Bei Kupfer-Zink-Legierungen steigt der Widerstand mit der Temperatur im festen Zustand etwa von 5·3 bis 17·5 Mikroohm/cm³, während der Schmelzperiode findet ein plötzlicher Anstieg bis 40 statt, worauf bei weiterer Erhitzung der Widerstand fällt (negativer Temperatur-Koeffizient).

Zwei Typen von Induktionsöfen sind in Gebrauch, die eine mit, die andere ohne Eisenkern. Die erste wird für 60 bis 25 Per/s gebaut[1]), die zweite verlangt mindestens 500 Per/s (Hochfrequenzöfen[2]). Obwohl der Drehstromofen den Vorteil gleicher Phasenbelastung hat, ist doch der Einphasenofen wegen des einfachen Aufbaues vorherrschend. Solche Öfen sind bis 300 kVA in Gebrauch, zumal große Netze die Unsymmetrie leicht vertragen. In anderen Fällen zieht man mehrere kleine Öfen vor oder verwendet Frequenzumformer. Zur Warmhaltung des geschmolzenen Metalls werden am Transformator Anzapfungen für kleine Spannung vorgesehen.

Die Öfen mit Eisenkern werden in zwei Formen gebaut, mit horizontaler Spule und vertikalen Säulen des Eisenkernes (Manteltype) oder mit vertikaler Spule und horizontalem Kern (Ajax-Wyatt-Vertikalringofen[3]). Erstere werden vorwiegend für Eisen, letztere für die anderen Metalle verwendet. Der Leistungsfaktor für einen 250 kg Horizontalofen ist bei 60 Per/s etwa 0·5; denselben Wert erhält man bei einem 750 kg-Ofen bei 25 Per/s und mit einem 2000 kg-Ofen bei 15 Per/s. Je größer der Ofen, desto ungünstiger ist der Leistungsfaktor, so daß häufig zu einem Synchron-Phasenumformer gegriffen wird. Beim Vertikalringofen ist der Leistungsfaktor günstiger, er liegt bei 0·8 für 60 Per/s.

Versuche mit einem Vertikal-Ringofen (Ajax-Wyatt) hatten folgendes Ergebnis:

Gießdauer . . . . . 9 Std./Tag.
Produkt . . . . . Messing mit 75 vH Cu, 23 Zn, 2 Pb, mittelgroße Gußstücke
Einsatz . . . . Mittelgroßer, reiner Schrott und Ingots.
Mittlere Schmelzzeit für eine Hitze (270 kg) . . 60 Min.
Erzeugung bei 8 Hitzen im Tag . . . . . 2½—3 t

Schmelzkosten für 1 t:	Dollar
Stromverbrauch, 275 kWh/t einschließlich Stillstände bei Nacht und Wochenende (2 cts/kWh)	5·50
Ausfütterung (Lebensdauer 500 t)	0·30
Erhaltung	0·18
Metallverlust, ½ vH, 24 cts/kg	1·10
Löhne (65 cts/h)	1·17
Erhitzung der Gießgefäße	0·40
Gesamtkosten für 1 t geschmolzenes Messing	8·65

Ho.

(General Electric Review, Bd. 31, Nr. 3, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Durchschlag von Glas in homogenen und nicht homogenen elektrischen Feldern. Über dieses Thema haben Lydia Inge und Alexander Walther eine Reihe von vergleichenden Versuchen mit Gleich-, Wechsel- und Stoßspannungen unter besonderer Berücksichtigung der Randwirkung und ihrer Beseitigung durchgeführt. Bei Gleichspannung beseitigt sich die Randwirkung großenteils von selbst durch die allmähliche Ausbreitung der Ladungen über die Grenze der Belegungen hinaus. Bei Wechselstrom wurde sie schon früher von Moscizki[4]), der dünn aufgeblasene Röhren, und von Rochow[1]), der beiderseits der beabsichtigten Durchbruchstelle linsenförmige Ausschliffe verwendete, zu berücksichtigen gesucht. Auch die Verfasser verwendeten zu dünnen Kugeln von 0·05 mm Wandstärke aufgeblasene Glasröhren, die außen und innen versilbert wurden. Aber auch ein zweiter Weg, die Einbettung ebener Deckgläser in ein mäßig leitendes Dielektrikum wie Xylol + 12% Azeton erwies sich als wirksam. Die gänzliche oder teilweise Beseitigung der Randwirkung macht sich dadurch kenntlich, daß der elektrische Durchschlag nicht mehr am Rande, sondern mehr in der Mitte des Prüflings stattfindet und daß zumindest die Durchschlagsspannungen bei Gleich- und Wechselspannung, bei vollkommener Beseitigung aber auch die für Stoßspannungen, einander sehr nahe kommen. In welcher Weise diese Wirkung von der Leitfähigkeit des Mittels abhängt, zeigt Tab. I.

Tabelle I.

Mittel	Dielektr. Konst.	Spezif. Widerstand	Durchschlagsspannung in kV_{max} Gleich-	Wechsel-	Stoß-
Pentan	1·8	$7·5 \times 10^{13}$	12·8	6·65	7·7
Benzin	1·9	$5·0 \times 10^{13}$	17·4	7·4	7·7
Transf.-Öl	2·2	$2·4 \times 10^{12}$	16·9	7·4	7·9
Rizinusöl	4·4	$2·3 \times 10^{11}$	18·4	7·4	7·4
Xylol	2·35	$9·1 \times 10^{10}$	18·7	12·8	7·9
Xylol + 12 vH Azet.	3·1	$0·9 \times 10^{8}$	21·3	20·7	9·0

Zur Erzeugung der Stoßspannungen wurde dem Prüfling eine weitere Kapazität C parallel geschaltet, die durch Verbindung mit einer weit größeren, auf hohe Spannung gebrachten Kapazität aufgeladen wurde. Die große Kapazität erhielt ihre Ladung von einem Hochspannungstransformator über zwei Glühkathodenventile in Vollwellenschaltung. Ist V_0 die Endspannung, bis zu der die Kapazität C geladen wird, V die Augenblicksspannung und R der Widerstand im Ladestromkreise, so ist bekanntlich

$$V = V_0 (1 - e^{-t/CR}) = V_0 (1 - e^{-at}).$$

Die charakteristische Konstante $a = 1/CR$ wurde von 10^5 bis $10^6 . s^{-1}$ geändert. Bei den Stoßspannungen in Tab. I war $a = 10^6$. Die Stoßdauer von 0·1 bis 1·0 s war stets für die Beendigung des eingeleiteten Durchschlages ausreichend. Bei Gleich- und Wechselspannung betrug die Schnelligkeit der Spannungssteigerung 1·0 bis 1·5 kV/min. Sowohl die Versuche der Tab. I, als auch die nachstehenden der Tab. II, die die Annäherung des Stoßdurchschlages an jenen bei Gleich- und Wechselspannung von 50 Per/s bei Erniedrigung von a und Einbettung in Xylol + 12 vH Azeton zeigt, wurden mit Deckgläsern von 0·075 mm Dicke und 3×3 cm² Fläche durchgeführt. Während der Stoßdurchschlag bei hohem a noch am Rande erfolgt, wandert er bei abnehmendem a in die Mitte des Prüflings.

Tabelle II.

Xylol mit 12 vH Azeton.

Versuchsnummer	log a	Durchschlagsspannung in kV_{max}
1	7·48	8·5
3	6·25	9·2
5	5·16	11·0
7	4·11	20·5
9	3·08	24·3
Transformatoren-Öl.		
10	7·48	7·6
12	5·22	8·2
15	2·86	11·4

Noch vollkommener war die Beseitigung der Randwirkung bei den dünnen Glaskugeln, wie Tab. III zeigt.

Tabelle III.

Glaskugeln von 0·05 mm Wandstärke.

Spannungsart	Durchschlagsspannung in kV_{max}
Gleichspannung	14·8
Wechselspannung 50 Per/s	14·8
Stoßspannung, $a = 2 . 10^2$	14·0
$a = 6·25 . 10^4$	15·2
$a = 1·07 . 10^6$	14·2

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 972; 1926, S. 432.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923; S. 492; 1925, S. 972; 1926, TWN S. 78; 1927, S. 603.
[3]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 157; 1924, S. 560; 1925, TWN, S. 130.
[4]) ETZ 1904, H. 25, S. 527.

[1]) Arch. f. Elektr. Bd. 15 (1925), S. 361.

Digitized by Google

Wird die Randwirkung beseitigt, so steigt die Durchschlagsspannung proportional mit der Schichtdicke, wie schon Moscizki[1]) gefunden hat; andernfalls gilt $V_D = k \cdot \sqrt{d}$ oder ein anderes Potenzgesetz. Auch die von den Verfassern an Deckgläsern und Glaskugeln, sowie an Glimmer gefundenen Ergebnisse bestätigen diese Behauptung. Erst bei höheren Temperaturen über 100° C, bei denen der rein elektrische Durchschlag in den wärmeelektrischen Durchschlag übergeht, finden sich Abweichungen von der Proportionalität. Die Durchschlagsspannung nimmt weniger rasch zu als die Schichtdicke. Die bei Rochow trotz der linsenförmigen Ausschliffe noch bestehende Abweichung von der Proportionalität ist wohl darauf zurückzuführen, daß diese Ausschliffe kein homogenes Feld lieferten. Die von den Verfassern gefunden Absolutwerte der Durchbruchsfeldstärken stimmen mit jenen ihrer Vorgänger, wie Tab. IV zeigt, genügend überein.

Tabelle IV.

Durchbruchsfeldstärken in V/cm.

Beobachter	Glas	Porzellan
Moscizki	$1{\cdot}36 \cdot 10^6$	—
Inge u. Walther	$2{\cdot}15 \cdot 10^6$	$2{\cdot}0 \cdot 10^5$
Rochow	$2{\cdot}4 \cdot 10^6$ ($d = 0{\cdot}1$ mm)	$2{\cdot}7 \cdot 10^5$ ($d = 1{\cdot}0$ mm)
Weicker	—	$2{\cdot}7 \cdot 10^5$

Die Versuche von Mündel[2]) wurden oben nicht berücksichtigt, weil bei ihnen die Randwirkung nicht beseitigt worden sein dürfte, weshalb auch mit dickeren Platten nur ein Drittel der Durchbruchsfeldstärken bei Moscizki erreicht wurde.

Hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit der Durchschlagsspannung[3]) ist zwischen Randdurchschlag und dem Durchschlag bei beseitigter Randwirkung zu unterscheiden. Im ersteren Falle zeigen Stoßspannungen bis über 140° C gar keine Temperaturabhängigkeit, Wechselspannungen zwischen 20° und 60° C geringes Anwachsen und hierauf Konstanz der Durchbruchsspannung bis 130° C, von da ab scharfes Absinken beim Eintritt des wärmeelektrischen Durchschlages und Annäherung an die von Anfang an mit steigender Temperatur steil abfallende Durchschlagskurve für Gleichspannung. Wird die Randwirkung beseitigt, so zeigt auch die Durchschlagskurve für Wechselspannung schon bei niederen Temperaturen steilen Abfall mit steigender Temperatur. Die Ergebnisse der Verfasser hinsichtlich der Art des Durchschlages werden an Hand der Temperatur-Spannungskurve Abb. 1

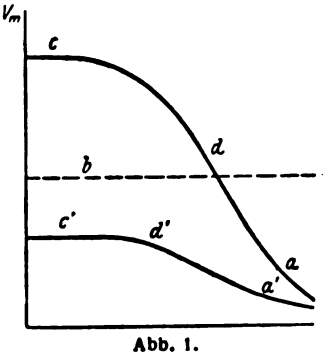


Abb. 1.

zusammengefaßt wie folgt. Es bedeuten die Kurvenabschnitte: *a* reinen Wärmedurchschlag; *b* reinen elektrischen Durchschlag im inhomogenen Felde (Stoßspannungen); *c* reinen elektrischen Durchschlag im homogenen Felde oder ihm sehr nahen wärmeelektrischen Durchschlag; *d* eigentlichen wärmeelektrischen Durchschlag. Für inhomogene Isolatoren, wie Porzellan oder Pertinax, liegen alle Spannungswerte tiefer, etwa bei *a'*, *b'*, *c'* und *d'*. Bei solchen Stoffen kann es dann vorkommen, daß die Stoßspannungskurve, die auf einem anderen Durchschlagsmechanismus beruht, nicht ebenfalls erniedrigt ist, also höher liegt als die Kurve für Gleich- oder Wechselspannung. R. H.

(Arch. f. Elektrotechnik Bd. 19, H. 3, 1928.)

[1]) ETZ 1904, H. 25, S. 527.

[2]) Arch. f. Elektr. 15, 320; 1925, vgl. a. E. u. M. 1926, S. 537.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 453; 1927, S. 256, 982.

Chronik.

Ing. Karl Bung ist am 14. August plötzlich während seiner Tätigkeit im Schweißtechnischen Laboratorium der Vereinigten Maschinenbauschulen in Köln, gestorben. Er hat seine ganze Kraft der Förderung des elektrischen Schweißens gewidmet und insbesondere im Fachausschuß für Schweißtechnik des Vereins Deutscher Ingenieure mitgearbeitet. Auf der Schweißtagung des VDI in Wien, Februar 1928, hat Bung einen Vortrag über „Versuche mit dem Oszillographen zur Erforschung der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen" gehalten, der im Heft 20 der Zeitschrift d. J. veröffentlicht ist. Die Vorführung des von ihm bearbeiteten amerikanischen Zeitlupenfilms (Aufnahme der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen mit ultrarotem Licht) auf der Fachtagung für Schweißtechnik bei der diesjährigen Hauptversammlung des VDI hat besondere Beachtung gefunden.

Literaturberichte.

850 **Die Gleichstrommaschine.** Von Arnold—la Cour. Zweiter Band: Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Von Dr.-Ing. e. h. J. L. la Cour. 3., vollständig umgearbeitete Auflage. 714 S. mit 550 Textabb. u. 18 Tafeln. Verlag Julius Springer, Berlin, 1927. Preis Mk. 30·—.

In dritter Auflage ist der von J. L. la Cour neu bearbeitete zweite Band der „Gleichstrommaschine" von Arnold—la Cour herausgekommen. Das Werk befaßt sich im Allgemeinen mit der Anwendung der im ersten Bande[1]) gewonnenen Erkenntnisse und Grundsätze auf den eigentlichen Bau der Gleichstrommaschine und bildet daher die notwendige Ergänzung desselben. Auch hier ist die Anordnung des Stoffes im Wesentlichen gegenüber der letzten Auflage dieselbe geblieben und auch hier ist durch die Weglassung von heute ungebräuchlichen, nur mehr geschichtlichen Wert besitzenden Ausführungsformen und Anordnungen für ausführlichere Beschreibung neuerer und wichtigerer Raum geschaffen worden. Mit Recht betont der Verfasser in seinem Vorwort, daß der Gleichstrommotor gegenüber dem Wechselstrommotor so viele Vorteile aufweist, daß er, statt von diesen verdrängt zu werden, stetig neue Gebiete erobert. Man denke z. B. an die verlustlose Regelung von großen Werkzeugmaschinen, Förder- und Walzwerksanlagen. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Verfasser sich der Beschreibung dieser Maschinenart besonders angenommen hat und damit eine fühlbare Lücke in dem elektrotechnischen Buchwesen ausgefüllt hat.

Das Buch zerfällt in zwei Hauptteile, von denen der erste in den Kapiteln 1 bis 16 den Aufbau und die Berechnung der Gleichstrommaschine behandelt. Folgerichtig beginnt hier der Verfasser mit den Baustoffen der Gleichstrommaschine und deren Eigenschaften, wobei auch die neuzeitlichen Isoliermaterialien aus Kunstharz und dessen Verbindungen mit Faserstoffen Erwähnung finden. Hierauf folgt in den Kapiteln 2 bis 3 die Darstellung des mechanischen Aufbaues des Ankerkörpers, wobei auf die Beschreibung der Schablonenspulenherstellung und der diesen dienenden Vorrichtungen, sowie auf die besonders genaue Kollektorberechnung in mechanischer Hinsicht verwiesen sei. Dann folgt der Aufbau des Magnetgestelles und seiner Wicklungen, die Stromableitung und schließlich im achten Kapitel die Behandlung von Welle, Lagern und Antrieb. Im elften Kapitel geht der Verfasser zur Bemessung der Gleichstrommaschine über, wobei er von der von Arnold zuerst abgeleiteten sogenannten Leistungsgleichung ausgeht. Diese Gleichung läßt nun

[1]) Besprochen in E. u. M. 1920, S. 113.

Digitized by Google

bekanntlich die Wahl des Verhältnisses Durchmesser zu Ankerlänge, sowie die Wahl der Polzahl offen und es wird hier in besonders klarer Weise der Einfluß dieser Größen auf Wirkungsweise, Gewichte und Preis der Maschine dargelegt. Auf Grund dieser Überlegungen folgt dann im 12. Kapitel die Beschreibung des Ankers samt Kommutator, im 13. Kapitel die Berechnung des Hauptmagnetsystems und schließlich im 14. Kapitel die Nachrechnung der Stromwendung, sowie die Berechnung der Wendepole, wobei der Berechnungsgang der bereits in Band I aufgenommenen, auf den grundlegenden Arbeiten von Parshall, Hobart und Pichelmayer fussenden Methode folgt. Sehr wertvoll für den Studierenden und den bauenden Ingenieur sind die in dem 15. Kapitel durchgerechneten Beispiele, sowie die das 16. Kapitel bildende Zusammenstellung der Berechnungsformeln. Ebenso werden die im 17. bis 19. Kapitel enthaltenen Angaben über die Berechnung und den Aufbau der Anlaß- und Regelwiderstände Vielen willkommen sein.

In den folgenden Kapiteln, welche eigentlich den zweiten Hauptteil des Bandes bilden, behandelt der Verfasser zunächst die beiden Hauptarten der Gleichstromerzeugung und zwar die mit gleichbleibender Spannung und die mit gleichbleibendem Strome, welch letztere heute wohl nur für Zugsbeleuchtung und Schweißzwecke angewendet wird. Schließlich werden in den Kapiteln 24 bis 28 die verschiedenen Arten der Drehzahlregelung der Gleichstromantriebe besprochen. Dieser leichten Regelung ist vor allem die heutige Verbreitung des Gleichstrommotors zuzuschreiben und es bedeutet einen großen Vorzug des Werkes, daß die verschiedenen Regelungsarten, wie die durch Vorschaltwiderstände und die sogenannte verlustlose, mit und ohne Pufferung, eingehend besprochen werden.

Auch diesen Band zeichnet so wie den ersten der außerordentlich folgerichtige Aufbau des vielgliedrigen Stoffes aus. Die Reichhaltigkeit und Gründlichkeit des ganzen Werkes dürfte von keinem anderen Buche über Gleichstrommaschinen überboten werden. Dies, sowie der gute Druck und die Ausstattung, sichern seine gute Aufnahme in den Fachkreisen. Primavesi.

3720 **Über wärmetechnische Vorgänge der Kohlenstaubfeuerung unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung für Lokomotivkessel.** Von Dr.-Ing. Fritz Hinz. 76 S. mit 28 Abb. Verlag von J. Springer, Berlin, 1928. Preis M. 7·50.

Der Verfasser bringt in dieser Arbeit die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Verwendbarkeit der Staubfeuerung, besonders für Lokomotivkissel, an die Öffentlichkeit. Sehr wertvoll sind die Zahlenwerte und Beziehungen, welcher der Verfasser praktisch ermittelte, und die auf Grund einfacher theoretischer Überlegungen, sowie an Hand von Rechnungsbeispielen erklärt werden. Im ersten Teil sind die allgemeinen Grundlagen der Staubfeuerung besprochen und im zweiten Teil die Verwendbarkeit der Staubfeuerung für Lokomotivkessel im besonderen behandelt. Aus den Ausführungen ergibt sich, daß die Verwendbarkeit der Kohlenstaubfeuerung auch bei verhältnismäßig kleinen zur Verfügung stehenden Feuerräumen, wie zum Beispiel beim Lokomotivkessel, möglich ist, wenn man die spezifische Feuerraumbelastung auf Kosten der mittleren Rauchgastemperatur und sogar der Verbrennungszeit des Staubkorns erhöht. Stipernitz.

3717 **Schönheit der Technik.** Von Franz Kollmann. 251 S. mit 151 Abb. Verlag von Albert Langen, München o. J. (1928). Preis geh. Mk. 11·50, geb. Mk. 15·—.

Das Problem „Schönheit der Werke der Technik" wird, wie aus dem sehr umfangreichen Quellennachweise des vorliegenden Buches zu entnehmen ist, schon seit Jahrzehnten von Fachleuten verschiedenster Wissensgebiete erörtert und man kann mit Genugtuung feststellen, daß die früher vorherrschende Ansicht, daß Technik und Schönheit zwei unvereinbare Begriffe seien, vollständig verlassen wurde. Auch Kollmann will natürlich sowohl in seinen Darlegungen als auch an den Beispielen, die er bringt, weitere Kreise zum Verständnis für das Äußere der Erzeugnisse der Technik bringen und dieser Zweck wird mit dem Buch wohl erreicht werden. Allerdings soll eine technische Schöpfung immer durch sich selbst wirken und der Techniker wird daher den beschreibenden Teil des Buches etwas zu weitschweifig empfinden, während der Nichtfachmann wieder an einzelnen Stellen wohl ausführlichere, rein sachliche Erläuterungen über den Inhalt der Abbildungen vermissen dürfte. Die Abbildungen — aus den Gebieten Werkbauten, Brücken, Krane und Verladebrücken, Maste, Schiffe, Luftverkehrsmittel, Kraftwagen, Eisenbahn, Maschinen und Maschinenteile — sind zum überwiegenden Teile gut gewählt, doch sind z. B. zuviel Dampflokomotiven dargestellt, die sich nur wenig von einander unterscheiden, während andere Maschinen vollständig fehlen. Erzeugnisse der Elektrotechnik finden sich vereinzelt dargestellt, eine Erweiterung wäre hier wie auf dem Gebiete des Maschinenbaues sehr erwünscht. Auf einzelnen Gebieten vermißt man auch die neuesten Ausführungen, die gerade für die Anschauungen des Verfassers sprechen würden. Aber diese Mängel sind nicht grundsätzliche und man muß dem Verfasser und dem Verlag, der das Buch vorzüglich ausgestattet hat, dankbar sein, daß sie durch das Buch wieder einmal überzeugend für die Technik eingetreten sind. J. K.

Eingelaufene Bücher.

3560 Akkumulatorenbatterien und Ladestationen für Elektrokleinfahrzeuge. AWF-Schrift 212. (RKW-Veröffentlichungen Nr. 3). Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliches Förderwesen beim AWF. 26 S. mit 15 Abb. Beuth-Verlag, Berlin S 14. Preis br. Mk. 0·75.

Diese kurze und faßliche AWF-Schrift behandelt übersichtlich, was für den Besitzer von Elektrokarren hinsichtlich Batterie und Ladestation wissenswert ist, also Aufbau, Betriebseigenschaften und Wirtschaftlichkeit. Die Wartung der Batterien wird nicht beschrieben, sondern auf die Vorschriften der Herstellerfirmen verwiesen. Eine Tabelle und zwei Beispiele über die zweckentsprechende Wahl der Ladeeinrichtungen unterstützen die allgemeinen Ausführungen. Das Büchlein ist für eine schnelle Orientierung über den Gegenstand sehr geeignet. F—r.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	4. IX. 1928	6. IX. 1928	8. IX. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	140	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	83—89	83—89	85—89

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 7. September 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	68	15	0	69	5	0
Wire bars	69	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	62	16	3	62	18	9
Standard 3 Monate .	63	6	3	63	7	6
Zinn:						
Engl. Ingots	209	15	0	210	5	0
Standard Kassa . .	210	15	0	210	17	6
Standard 3 Monate .	209	2	6	209	5	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	12	6	24	13	9
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea . .	25	2	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 23. September 1928 | Heft 39

Zur Bestimmung des Stromdiagramms der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen bei konstanter Erregung und Leistung.

Von Dipl.-Ing. A. v. Timascheff, Dresden.

Es soll im folgenden die Ermittlung der Ortskurve des Stromes von Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen bei konstanter Leistung und konstanter Erregung, aber veränderlicher Spannung kurz erörtert werden. Diese Betriebsverhältnisse liegen zum Beispiel in Pumpwerken vor, die an einem kleineren Netz liegen und eine konstante Förderhöhe zu überwinden haben. Vollständigkeitshalber wird man in der Untersuchung die Spannungsänderung nicht nur innerhalb der im allgemeinen vorkommenden Schwankungen, sondern von Null bis zu sehr großen Werten zulassen.

Vernachlässigen wir den primären Wirkwiderstand, die Eisen- und Reibungsverluste und die Sättigung, so ergibt sich bei konstanter Spannung U_N und konstanter Feldmagnetdurchflutung Θ die Ortskurve des Stromes bekanntlich in Form einer Pascalschen Schnecke, deren Symmetrieachse senkrecht zum Spannungsvektor ist und deren Singularitätspunkt im Abstand

$$\frac{1}{X_{N+S}+X_q}\,U_N = C_3\,U_N$$

vom Ursprung liegt[1]). In Abb. 1 ist die Konstruktion des Diagramms angedeutet; man schlägt durch den Singularitätspunkt O' einen Kreis vom Durchmesser $C_0\,U_N$ mit dem Mittelpunkt auf OO', zieht durch O' einen beliebigen Strahl, zum Beispiel unter dem Winkel ε zu $O'O$ und trägt von H die Strecken C_2 = konstant ab; der geometrische Ort der Punkte G', G'' ist das Stromdiagramm. In Bezug auf O' lautet dessen Gleichung:

$$r = \overline{O'G} = C_0\,U_N \cos\varepsilon \pm C_2 \quad \ldots (1).$$

C_0, C_2, C_3 sind Konstanten[2]), die sich aus den folgenden Formeln ergeben[3]):

$$\begin{cases} C_0 = \dfrac{d-b}{d+c}\,C_3; \\ C_2 = \Theta\,d\,\dfrac{b+c}{d+c}\,C_3; \\ C_3 = \dfrac{1}{X_{N+S}+X_q}; \end{cases} \qquad \begin{cases} b = \dfrac{X_q}{k_l'}; \\ c = \dfrac{X_{N+S}}{k_l'}; \quad k_l' = k_l 0{\cdot}9\,m\,\dfrac{w_1}{p}\,\xi_1. \\ d = \dfrac{E}{\Theta}; \end{cases}$$

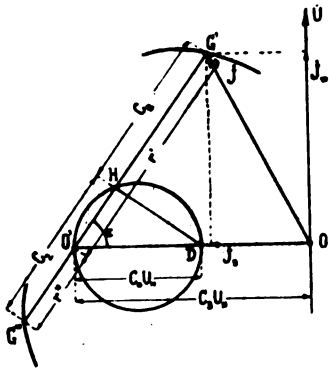


Abb. 1.

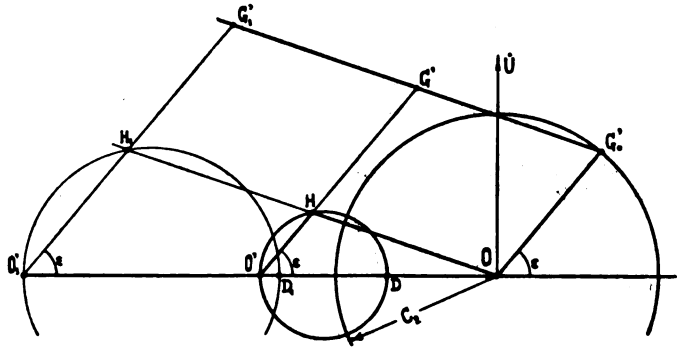


Abb. 2. Gleichzeitige Konstruktion der Stromdiagramme für mehrere Klemmenspannungen.

Hierin bedeuten:

X_{N+S} Streublindwiderstand; X_q Querblindwiderstand; Θ Feldmagnetdurchflutung; E die der Feldmagnetdurchflutung Θ entsprechende Leerlaufspannung bei geradliniger Charakteristik; k_l Faktor, der die Amplitude der Ankerlängsdurchflutung auf die Durchflutung des Feldmagneten und die Leerlaufcharakteristik zurückführt; m Phasenzahl; w_1 Windungszahl in Reihe pro Strang; ξ_1 Wicklungsfaktor; p Polpaarzahl.

In Abb. 2 ist noch die Konstruktion eines Punktes für einen anderen Wert der Spannung, zum Beispiel U_1, angegeben. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, ist:

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 185 u. ff.

[2]) In dem oben zitierten Aufsatz (E. u. M. 1926, S. 192) ist $C_0\,U_N$ mit C_1 bezeichnet, hier ist jedoch diese Bezeichnungsweise ungeeignet, da wir U als veränderlich betrachten wollen.

[3]) Über die Ableitung dieser Formeln siehe a. a. O.

Digitized by Google

$$\overline{OO'} = C_2 U_N, \quad \overline{O'H} = C_0 U_N \cos\varepsilon.$$

Macht man nun in Abb. 2:

$$\overline{O_1'O} = C_2 U_1, \quad \overline{O_1'D_1} = C_0 U_1,$$
$$\sphericalangle OO_1'H_1 = \sphericalangle OO'H = \varepsilon,$$

so liegen die Punkte O, H, H_1 usw. offenbar auf einer Geraden. Bei $U=0$ fällt H in O und G' in G_0'. Die auf einer Parallelen zu OH liegenden Punkte G_0', G', G_1' liegen auf den Ortskurven des Stromes für $U=0$, U_N, U_1; $\overline{G'G_0'}$ ist proportional U. Hieraus ergibt sich folgende einfache Konstruktion dieser Ortskurven für verschiedene Werte von U. Man schlägt einen Kreis mit dem Halbmesser C_2 aus O, macht

$$\overline{OO'} = C_2 U_N, \quad \overline{O'D} = C_0 U_N,$$

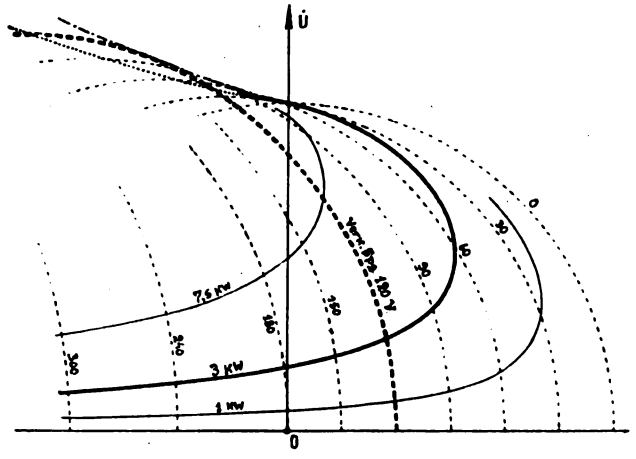


Abb. 3. Stromdiagramme: bei konstanter Klemmenspannung (gestrichelt) und bei konstanter Leistung (voll ausgezogen).

ferner zieht man einen Strahl $O'H$ unter dem beliebigen Winkel ε;

$$OG_0' \parallel O'H;$$
$$G_0'G' \parallel OH;$$

nun macht man

$$\overline{G_0'G_1'} = \frac{U_1}{U_N}\overline{G_0'G'} \text{ bei } U=U_1,$$

$$\overline{G_0'G_2'} = \frac{U_2}{U_N}\overline{G_0'G'} \text{ bei } U=U_2 \text{ usw.}$$

Die geometrischen Orte der Punkte G_1', G_2' usw. sind die Stromdiagramme bei $U=U_1$, U_2 usw. (gestrichelte Kurven in Abb. 3). Indem man nun diejenigen Punkte der Diagramme untereinander verbindet, deren Ordinaten umgekehrt proportional den zugehörigen Parameterwerten der Spannung sind, erhält man Kurven mit $UJ_{wirk} = N = \text{konst.}$ (ausgezogene Kurven in Abb. 3; hier sind die Kurven für $U=U_N$ und $N=N_N$ fett ausgezogen)[4].

In Abb. 4 ist der Betrag des Stromes als Funktion der Spannung bei verschiedenen Parameterwerten der Leistung dargestellt.

[4]) Abb. 3 gilt für die a. a. O. als Beispiel herangezogene Synchronmaschine (Generatorbetrieb).

Es ist nun leicht zu beweisen, daß die Ortskurven des Stromes bei $N=\text{konst.}$ und zunehmender Spannung sich asymptotisch der Geraden OO (Abb. 1) nähern, daß sie bei abnehmender Spannung die Einhüllende (strichpunktiert in Abb. 3) der Ortskurven des Stromes mit $U=\text{konst.}$ tangieren und in der Ortskurve der Kippunkte (punktiert in Abb. 3) letzterer Ortskurven endigen. Die erwähnte Einhüllende ist gleichzeitig Einhüllende der den verschiedenen Parameterwerten ε entsprechenden Geradenschar $G_0'G'$ (Abb. 2) und kann durch die Gleichung dieser Geradenschar leicht angegeben werden. Die Einhüllende nähert sich asymptotisch derjenigen Geraden $G_0'G'$, für die die zugehörige Gerade OH in Abb. 2 zur Tangente an den Kreis $O'D$ wird.

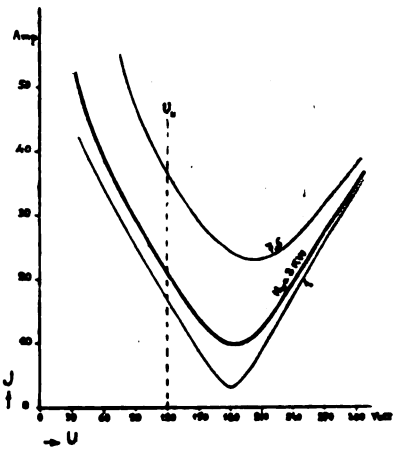


Abb. 4.

Es ist leicht, auch die Gleichung der uns interessierenden Ortskurven im rechtwinkligen Koordinatensystem in Parameterform anzugeben.

Es ist (Abb. 1 und Gl. 1):

$$r = UC_0 \cdot \cos\varepsilon \pm C_2;$$

ferner, laut Bedingung:

$$J_w U = N = \text{konst.};$$

$$J_w = r\sin\varepsilon; \quad U = \frac{N}{r\sin\varepsilon};$$

$$r = \frac{C_0 N}{r\,\mathrm{tg}\,\varepsilon} \pm C_2;$$

$$r = \pm\frac{C_2}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{C_2}{2}\right)^2 + \frac{C_0 N}{\mathrm{tg}\,\varepsilon}} = f(\varepsilon) \quad (2a);$$

$$U = \frac{N}{r\sin\varepsilon} = \frac{N}{f(\varepsilon)\sin\varepsilon};$$

$$\left.\begin{aligned} J_B &= -UC_2 + r\cos\varepsilon = -\frac{C_2 N}{f(\varepsilon)\sin\varepsilon} + f(\varepsilon)\cos\varepsilon \\ J_w &= r\sin\varepsilon = f(\varepsilon)\sin\varepsilon \end{aligned}\right\} (2);$$

darin ist ε der veränderliche Winkel $OO'G'$ (vgl. Abb. 1) und N der Parameter; $f(\varepsilon)$ ist durch Gl. (2 a) gegeben.

Digitized by Google

Hochwertiges Gußeisen.

Die Eigenschaften eines Metalls sind in erster Linie von seinem Gefüge abhängig. Die Feinstruktur des Gußeisens kann man auffassen als die eines Stahles mit eingelagertem Graphit. Verbesserungen der Eigenschaften sind in erster Linie durch Veränderung der Feinstruktur zu erzielen, und zwar können sich diese Veränderungen einmal auf die metallische Grundmasse, das andere Mal auf die Form des eingesprengten Graphits erstrecken. Beide Wege sind beschritten worden. Man kann im großen und ganzen vier Typen von Veredelungsmethoden beim Gußeisen unterscheiden, nämlich das Veredelungsverfahren durch Zulegieren anderer Elemente, wie Ni, Cr, V u. s. w., sodann das Verfahren zur Herstellung einer perlitischen Grundmasse (Lanzprozeß), weiterhin das Verfahren des verminderten Graphitgehaltes (niedrig gekohltes Gußeisen) und endlich das Verfahren der Graphitverfeinerung (Schüz-Verfahren, Überhitzungsverfahren). In folgendem sollen nicht nur die Methoden selbst, sondern auch die damit erzielbaren Erfolge besprochen werden, soweit sie in der Literatur bekannt geworden sind. (Eine ausführliche Arbeit darüber hat der Verfasser in der Mai-Nummer d. J. der Kruppschen Monatshefte, veröffentlicht.) Leider hat man sich bislang fast ausschließlich auf Feststellung der mechanischen Eigenschaften beschränkt, vermutlich weil diese so leicht zu ermitteln sind, und weil man mit ihnen vorzüglich nach außen wirken kann. Angaben über Bearbeitbarkeit, Verschleißfestigkeit, Gießbarkeit, Lunkerung, Dichte usw. findet man nur spärlich. Infolgedessen muß sich Verfasser bei Besprechung der Eigenschaften fast ausschließlich auf einen Vergleich der mit den verschiedenen Verfahren erzielbaren mechanischen Eigenschaften beschränken.

a) Verbesserung des Gußeisens durch Legierungszusätze.

Durch Zulegieren edlerer Elemente wie Ni, Cr, V, Ti usw. kann man in der Tat die Eigenschaften des Gußeisens, unter anderem seine mechanische Eigenschaften verbessern. Die Tabelle 1 zeigt, welche Erfolge man dabei eventuell erzielen kann.

Allerdings mußte Piwowarsky[1]), dem wir einen sehr großen Teil der Untersuchungen auf diesem Gebiete verdanken, feststellen, daß man durch einfaches Zulegieren dieser Elemente ohne weitere Behandlung des Materials nur bei geringer oder mittlerer Qualität nennenswerte Erfolge erzielen kann. Die erreichbaren absoluten Werte zum Beispiel übersteigen keineswegs die Ziffern, die man durch andere Verbesserungsverfahren ohne Zugabe teurer Sonderelemente leicht erreichen kann. Legierungsversuche mit hochwertigem Gußeisen führten zunächst zu keiner Steigerung der mechanischen Eigenschaften. Später zeigte dann allerdings Piwowarsky[2]), daß man mit Legierungszusätzen eine bedeutende Festigkeit bewerkstelligen kann, wenn man als Ausgangsmaterial ein Gußeisen mit knötchenförmiger Graphitausbildung wählt, so wie man es zum Beispiel durch die unten näher zu besprechende Schmelzüberhitzung herstellen kann. Zugabe von 3 vH Ni und 0·5 bis 1 vH Cr bei etwa 2·5 bis 3 vH C und 1·5 bis 2·5 vH Si führten zu Zugfestigkeiten von 55 bis 75 kg/mm². Es muß allerdings betont werden, daß Piwowarsky sein Material in diesem Falle nicht nach dem von ihm gefundenen Schmelzüberhitzungsverfahren feingraphitisch machte, sondern in eiserne Kokillen goß und nachher glühte, wobei er die äußerst feine knötchenförmige Verteilung des Graphits erzwang. Ein solches Material ist aber eigentlich nicht mehr als Grauguß, sondern als Temperguß anzusprechen.

Im Gegensatz zu Europa wird in Amerika ein äußerst ausgiebiger Gebrauch von Legierungszusätzen gemacht. Dabei legt man offenbar nicht ein so großes Gewicht auf Festigkeitssteigerung als vielmehr auf gute Bearbeitbarkeit, gleichmäßige Härte in den verschiedenen Querschnitten, hohe Verschleißfestigkeit usw. Oberhoffer und Piwowarsky[3]) berichten darüber in einem zusammenfassenden Aufsatz, der die Ergebnisse einer Studienreise nach Amerika enthält. Allerdings sind zahlenmäßige Angaben nur spärlich vorhanden. Verfasser würde ein näheres Studium gerade dieser Eigenschaften legierten Gußeisens für äußerst wertvoll halten.

b) Verbesserung des Gußeisens durch Herstellung einer perlitischen Grundmasse.

Bereits im Jahre 1906 wies P. Goerens[4]) darauf hin, daß von allen Gußeisensorten voraussichtlich diejenigen die besten mechanischen Eigenschaften aufweisen würden, die eine rein perlitische Grundmasse besitzen. Im Jahre 1916 gelang es dann A. Diefenthäler und K. Sipp einen Weg zu finden, auf dem man mit Sicherheit zu dieser rein perlitischen Grundmasse kommt. Das so hergestellte Material nannten sie „Perlitguß".

Tabelle 1. Prozentuale Steigerung der mechanischen Eigenschaften durch Legierungszusätze.

Element	Zerreißfestigkeit	Biegefestigkeit	Schlagarbeit	Härte	Druckfestigkeit	Höchstwirkung bei
	von Hundert					
Al	—	+ 25	+ 25—50	+ 20—30	+ 20—30	0·08
Ti	—	—	—	—	—	0·1
Ni *a)*	—	+ 20—30	—	+ 20—30	—	0·5—1
Cr	+ 40	+ 10	+ 10	+ 20—25	+ 10	—
Ni + Cr	+ 120	+ 60—80	+ 60—80	—	—	Cr 0·5
V *b)*	—	+ 25	—	+ 50	+ 40	—
W *c)*	+ 45	+ 50	+ 100	+ 20	+ 40	—
Mo *d)*	+ 60	+ 35	+ 60	—	+ 30	0·5
U	+ 10	—	—	—	—	—
Sn	bis 2 keine Schädigung, dann starke Verschlechterung					
Cu	bis 5 untersucht, kein Einfluß					

a) Piwowarsky findet im Gegensatz zu Smalley keine Graphitverfeinerung durch Ni.
b) Piwowarsky findet im Gegensatz zu Smalley eine härtende Wirkung (Karbidbildung). Moldenke und Yent Smith finden die härtende Wirkung und damit Erhöhung der Dichte und des Verschleißes gleichfalls.
c) im Gegensatz zu Smalley, der erst von 1 vH ab eine gute Steigerung findet, stellt Piwowarsky eine solche schon bei 0·5 vH fest.
d) Piwowarsky findet wie Smalley erst von 0·5 vH Wirkung. Steigerung bis 1 vH unnötig.

[1]) St. u. E., 45 (1925), S. 289/97..

[2]) Foundry Trade Journ. 36 (1927), S. 4/6, 37/40, 103/7; Die Gießerei 14, (1927), S. 509/15; St. u. E. 47 (1927), S. 1615.

[3]) Die Gießerei 14 (1927), S. 585/92.

[4]) St. u. E. 26 (1906), S. 397/400.

Digitized by Google

Das Verfahren[5]) wird so ausgeführt, daß man zunächst von einer Schmelze ausgeht, welche auf Grund ihres niedrigen Si-Gehaltes beim Abgießen in gewöhnliche Formen weiß erstarren würde. Durch Vorwärmen der Formen auf Temperaturen von der Größenordnung 300 bis 600° verlangsamt man aber die Abkühlung so, daß nun das Material doch grau erstarrt. Man erzielt auf diese Weise eine rein perlitische Grundmasse mit fein verteiltem Graphit.

Die mechanischen Eigenschaften des Perlitgusses im Vergleich zu gewöhnlichem Gußeisen und Zylinderguß wurden von Bauer[5]) näher untersucht. Die Analysen der geprüften Materialien sind aus Tabelle 2 und die erzielten Festigkeitseigenschaften aus Tabelle 3 zu ersehen. G = gewöhnliches Gußeisen, Z = Zylindereisen und P = Perlitguß. Man erkennt, daß insbesondere die

Tabelle 2.

	Cges.	CGr.	Cgeb.	Si	Mn	P	S
	von Hundert						
G	3·20	2·99	0·30	2·79	0·56	1·15	0·084
Z	3·51	2·84	0·67	1·74	0·66	0·50	0·078
P	3·25	2·41	0·84	1·11	0·79	0·40	0·154

Tabelle 3.

Material	σ_B' kg/mm²	f mm	σ_B kg/mm²	Spez. Schlagarbeit cmkg/cm²	Brin.-H. 10/3000 kg/mm²	Wechselschlagversuche Anzahl der Schläge
G	30	8	15	18	130	3
Z	39	9	21	27	160	19
P	51	14	28	40	170	60

Wechselschlagfestigkeit ausgezeichnet ist. In Tabelle 4 sind vergleichsweise die Festigkeiten einander gegenübergestellt, wobei die mechanischen Eigenschaften des gewöhnlichen Gußeisens mit 1 bezeichnet sind. Untersuchungen aus der Praxis bestätigen im großen und ganzen die Resultate. Besonders interessant ist eine Untersuchung von Young[6]), aus der hervorgehoben sei, daß Proben aus der Verbrennungskammer von

Tabelle 4.

	G	Z	P
Biegefestigkeit	1	1·41	1·78
Durchbiegung	1	1·24	1·65
Zugfestigkeit	1	1·44	1·92
Spez. Schlagarbeit	1	1·43	1·94
Brinellhärte	1	1·18	1·28
Wechselschlagversuch	1	4·18	14·70

Dieselmaschinen bei Wandstärken von 25·4 bis 152·0 mm immer noch Zerreißfestigkeiten von 22 bis 25 kg/mm² hatten.

Das Gefüge ist rein perlitisch, der eingelagerte Graphit sehr fein. Durch das Vergießen in heiße Formen und durch die dadurch erzielte langsame Abkühlungsgeschwindigkeit ist das Material weitgehend spannungsfrei. Untersuchungen von O. H. Lehmann[5]) und von Buffet und Roeder[5]) zeigten in Übereinstimmung mit älteren Versuchen von v. Hanffstengel[5]), daß Gußeisen mit perlitischer Grundmasse stets auch eine gute Verschleißfestigkeit hat. Arbeiten von Sipp[7]), Sipp und Roll[5]) und von Donaldsohn[8]) stellten eine sehr gute Wachstumsfestigkeit beim Perlitguß fest. Auch seine Warmfestigkeit ist ausgezeichnet, wie Donaldson[9]) ermittelte und wie man sie aus Abb. 1. Kurve 3 erkennen kann. Bis etwa 500° zeigte der Lanzsche Perlitguß noch Festigkeiten bis 28 kg/mm². Seine Neigung zum Lunkern ist gering.

c) Verbesserung des Gußeisens durch Graphitverminderung.

Da der Graphit eine Unterbrechung der die Festigkeiten gewährleistenden metallischen Grundmasse darstellt, sind die Bestrebungen verständlich, diese Unterbrechungen auf ein Minimum zu beschränken. Dies liegt jedoch innerhalb bestimmter Grenzen. Man kann die Graphitverminderung nämlich nur durch Senkung des Gesamtkohlenstoffgehaltes erzielen. Damit verschlechtert man aber zu gleicher Zeit eine andere sehr wichtige Eigenschaft des Gußeisens, nämlich seine leichte Schmelzbarkeit. Jede Verringerung des Kohlenstoffgehaltes um 0·1 vH erhöht seinen Schmelzpunkt um etwa 95°. Immerhin kann man aber die Kohlenstoffgehalte beträchtlich niedriger halten, als man es vor etwa 20

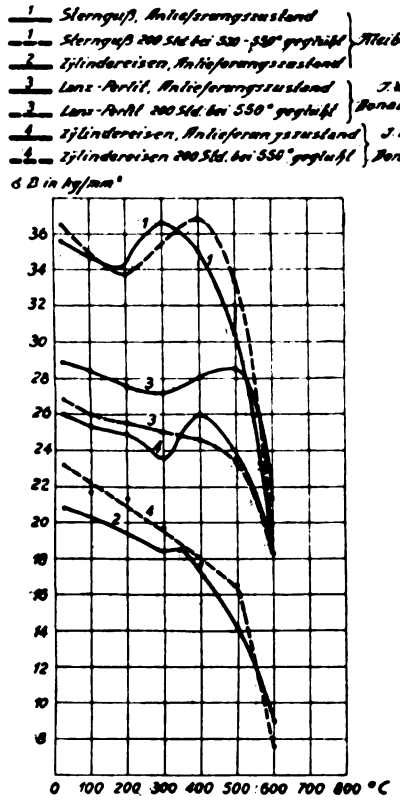


Abb. 1.

Jahren für möglich hielt. Grundlegend für das Studium dieser Frage des hochwertigen niedrig gekohlten Gußeisens ist die Arbeit von Wüst und Bardenheuer[10]) aus dem Jahre 1922, in der entwickelt wird, daß die günstigste Zusammensetzung für hochwertiges niedriggekohltes Gußeisen etwa folgende ist: C 2·2 — 3·0 vH, Si 2·2 — 1·2 vH, Mn ungefähr 1 vH. Ein solches Material besteht im Gefüge aus reinem Perlit, der spärlich mit feinen Graphitlamellen durchsetzt ist. Technisch wird das Verfahren durch den Sternguß (Krupp), durch den Emmelguß (vereinigte Stahlwerke, früher Thyssen), durch das Meehanite (Ross Meehan-Gießereien) und durch das Corsalli-Verfahren (Berliner Maschinenbau A. G. vorm. L. Schwarzkopff) repräsentiert. Alle vier Werke haben als Schmelzapparat den Kupolofen und erzielen die Kohlenstoffsenkung durch Stahlzusätze in der Gattierung. Dabei wenden Emmel und Corsalli noch besondere, nicht näher erläuterte Kunstgriffe beim Blasen an. Corsalli benutzt außerdem einen

[5]) G. Meyersberg: „Perlitguß. Eine Sammlung einschlägiger Arbeiten." Verlag J. Springer, Berlin 1927. Das Buch enthält die wichtigsten Arbeiten. Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 1, S. 33; H. 13, S. 294.

[6]) Foundry Trade Journ. 34 (1926), S. 117/21.

[7]) St. u. E. 46 (1926), S. 881.

[8]) Foundry Trade Journ. 35 (1927), S. 143/6, 167/71.

[9]) Iron Age 113 (1924), S. 1859/61. Foundry Trade Journ. 29 (1924), S. 252/4.

[10]) Mitt. Kaiser-Wilhelm-Institut f. Eisenforschung, Düsseldorf, 4 (1922), S. 125/44.

Digitized by Google

durch Tränken mit Kalkmilch reaktionsträge gemachten Koks. Aus den Arbeiten von Maurer[11]), Kleiber[12]), Emmel[13]) und Gille[14]) geht hervor, daß bei Kohlenstoffgehalten zwischen 2·3—3·0 vH und bei Si-Gehalten zwischen 1·5—2·5 vH die Zugfestigkeiten zwischen 29·0 und 40·0 kg/mm², die Biegefestigkeiten von normalen Biegestäben (600 mm Auflageentfernung, 30 mm Durchmesser) zwischen 50 bis 70 kg/mm², die Durchbiegungen zwischen 9 bis 12 mm lagen. Auch das niedriggekohlte Gußeisen zeigte nach Kleiber[12]) eine hohe Warmfestigkeit wie Abb. 1, Kurve 1 zeigt. Bei 500° hat der Sternguß zum Beispiel noch immer eine Festigkeit von 30 bis 34 kg/mm², während das vergleichsweise mit eingezeichnete Zylindereisen bei dieser Temperatur seine Festigkeit bei Raumtemperatur erheblich eingebüßt hat. Die Wechselschlagfestigkeit niedriggekohlten Gußeisens ist nach Kleiber[12]) etwa 10 mal so groß, wie die gewöhnlichen Maschineneisens, sie stimmt also der Größenordnung nach mit der vom Lanz'schen Perlitguß überein. Das Gefüge besteht aus feinstverteiltem Graphit in Form kurzer Blättchen, eingelagert in eine rein perlitische Grundmasse.

Was die gießtechnischen Eigenschaften angeht, so erstarrt das Material infolge seines höheren Schmelzpunktes natürlich schneller als gewöhnliches Gußeisen. Auch ist es nicht ganz einfach, im Kupolofen den Kohlenstoffgehalt in geringen Grenzen zu halten. Durch Erfahrung können die Gießereien aber dieser Schwierigkeiten Herr werden. Bezüglich des Wachsens teilte Kleiber[12]) mit, daß nach zwölfmaliger Erwärmung auf 850° C Sternguß nur um 2 bis 3 Volumprozent, gewöhnliches Gußeisen dagegen bis zu 10 Volumprozent gewachsen sei.

d) Verbesserung des Gußeisens durch Graphitverfeinerung.

Normalerweise liegt im Grauguß der Graphit in Form feiner Blättchen vor. Vom Temperguß her weiß man, wie günstig eine knötchenförmige Ausbildung des Graphits die Festigkeitseigenschaften beeinflußt. Neuere Arbeiten haben gezeigt, daß man durch geeignete Maßnahmen auch beim Grauguß eine Graphitverfeinerung erreichen kann, die sich der Knötchenform der Temperkohle schon beträchtlich nähert und dabei dem Material natürlich gute Eigenschaften mitteilt. Man kann diese Art der Graphitverfeinerung erzielen:

1. Durch rasche Abkühlung. E. Schüz[15]) arbeitete ein Verfahren aus, dessen Wesen darin besteht, daß man hochgekohlte und hochsilizierte Gußlegierungen (C etwa 3·5 vH, Si etwa 3·3 vH) in eiserne Kokillen statt in Sandformen gießt. Das Einhalten bestimmter Wandstärken ist dabei selbstverständlich erforderlich. Das Material besteht fast völlig aus Ferrit mit eingelagertem knötchenförmigen Graphit, dem Schüz den Namen „eutektischer Graphit" gab. Eine etwa entstehende dünne weiße Haut aus Ledeburit läßt sich leicht durch halbstündiges Glühen bei etwa 800° entfernen. Mit diesem Material erhält man Zerreißfestigkeiten bis zu 36·3 kg/mm² und Biegefestigkeiten bis zu 85 kg/mm². Schüz hält das Material, das gefügestabil ist, auch für wachstumsfest. Es liegt in der Natur der Sache, daß es nur eine begrenzte Verwendungsmöglichkeit hat.

2. Durch Schmelzüberhitzung. In den letzten Jahren ist ein weiterer Weg gefunden worden, um zu einer feinen Graphitausbildung zu kommen. Piwowarsky[16]) stellte fest, daß bei steigender Überhitzungstemperatur der Schmelze im Gußeisen die Karbidbildung zunächst zu, dann aber wieder abnimmt, bei 1500° C liegt etwa der Wendepunkt. Bei Erhitzungen der Schmelze über diesen Wendepunkt hinaus erhält man außerdem eine äußerst feine knötchenförmige Graphitausbildung. Wenn auch die Beobachtungen Piwowarskys bezüglich zunehmenden Graphitabscheidung oberhalb 1500° von einigen Forschern wie Hanemann[17]) v. Koperly[18]) usw. angegriffen werden, so wird doch allgemein die Beobachtung bestätigt, daß die Graphitausbildung hochüberhitzter Schmelzen stets eine feine ist. Die mit diesem Material erzielten Festigkeitseigenschaften sind dann auch entsprechend günstige. v. Kerpely[19]) hat das größte Zahlenmaterial zur Klärung dieser Frage beigebracht. Er stellte seine Güsse im Elektroofen her, seine Kohlenstoffgehalte betragen 2·8 bis 3·3 vH, dabei sind seine Phosphorgehalte ziemlich hoch, nämlich 0·4 bis 0·8 vH. Die erzielten Zugfestigkeiten liegen zwischen 30 bis 33 kg/mm², die Biegefestigkeiten zwischen 48 bis 52 kg/mm² bei 10 bis 12 mm Durchbiegung. Die von anderer Seite mitgeteilten Zahlen bewegen sich in ähnlichen Grenzen. Die Werte für die Dauerschlagfestigkeit sind nach v. Kerpely[19]) etwa die gleichen, wie die vom Sternguß nach Kleiber. Piowarsky[20]) stellt fest, daß hinreichend schmelzüberhitztes Gußeisen äußerst wachstumsfest ist und den schwersten thermischen Beanspruchungen widersteht. Bezüglich der Verschleißfestigkeit glaubt er[21]), allerdings mit großen Vorbehalten, feststellen zu können, daß man bei Überhitzungen auf 1500° ein Minimum der Verschleißfestigkeit bekomme, und daß die höchsten Verschleißfestigkeitswerte Proben mit niedrigster Überhitzungstemperatur zeigten.

3. Durch Rütteln. Von J. Dechesne wurde ein Verfahren ausgearbeitet, Gußeisen durch Rütteln im Vorherd zu veredeln. C. und K. Irresberger[22]) untersuchten das Material näher. Das Rütteleisen ist aber ein noch so umstrittenes Produkt, daß bis zur Klärung vieler Fragen eine eingehende Besprechung am besten zurückgestellt wird.

Schlußfolgerungen. Einen guten Überblick über die Qualität der nach den verschiedenen Verfahren hergestellten Gußeisensorten bietet die Entwicklung der sogenannten Streuflächen, wie es für die Zugfestigkeiten zum Beispiel in Abb. 2 geschehen ist. Man geht so vor,

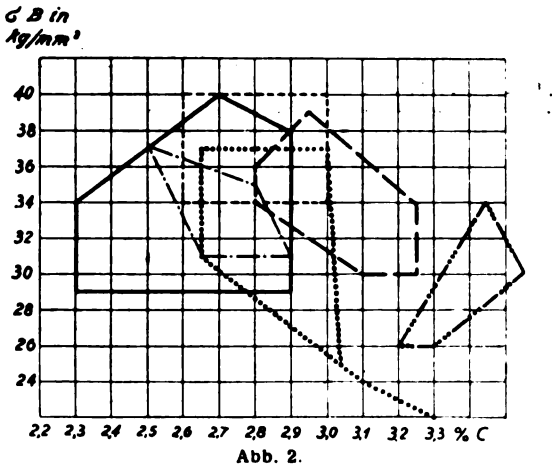


Abb. 2.

daß man auf der Ordinate die zu untersuchende Eigenschaft, auf der Abszisse ein maßgebendes Ordnungsglied, im vorliegenden Falle zum Beispiel die Kohlenstoffgehalte, aufträgt. In dieses Schema trägt man die

[11]) Kruppsche Monatshefte 5 (1924), S. 115/22.
[12]) Kruppsche Monatshefte 8 (1927), S. 110/16.
[13]) St. u. E. 45 (1925), S. 1466/70.
[14]) Gieß. Ztg. 23 (1926), S. 203/12, S. 587/91.
[15]) St. u. E. 45 (1925), S. 144/7.
[16]) Ber. Nr. 63 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute; St. u. E. 45 (1925), S. 1455/61.
[17]) St. u. E. (1927), S. 693/5.
[18]) Vgl. Gieß.-Zeit. 23 (1926), S. 420.
[19]) St. u. E. 45 (1925), S. 2004/8; Gieß.-Zeit. 23 (1926), 33/44.
[20]) Die Gießerei, 14 (1927), S. 743/7.
[21]) Die Gießerei, 14 (1927), S. 743/7.
[22]) Die Gießerei, 13 (1926), S. 425/7; 23 (1926), S. 355/8.

Digitized by Google

gefundenen Werte ein und grenzt die Punkthaufen sinngemäß durch Kurven ab, wobei man offensichtliche Außreißer unberücksichtigt läßt. Je kleiner die so entstehenden Flächen werden, mit einer um so größeren Sicherheit läßt sich das betreffende Material beliebig oft herstellen, was für die Fabrikation eine sehr ausschlaggebende Rolle spielt. Aus der Lage der Streufläche in bezug auf die Abszisse kann man außerdem einen Schluß auf die Qualität des Materials ziehen. Derartige Streuflächen sind aber strenggenommen nur dann miteinander vergleichbar, wenn für jedes Material, das untersucht wird, dieselbe Anzahl von Beobachtungspunkten zur Verfügung steht, wobei die Beobachtungsdaten auch nicht ausgewählte sein dürfen, sondern der laufenden Fabrikation lückenlos entnommen sein müssen. Verfasser ist sich im klaren darüber, daß bei den in Abb. 2 entwickelten Streuflächen eine Reihe dieser Voraussetzungen nicht zutreffen, erwiesenermaßen nicht für die Anzahl der Beobachtungsdaten. Während v. Kerpely zum Beispiel etwa 80 Festigkeitszahlen für das hergestellte hochwertige Gußeisen angibt, teilt K. Irresberger für den Rüttelguß nur acht Werte mit. Außerdem kann man als sicher annehmen, daß eine große Anzahl der mitgeteilten Werte ausgesuchte Werte sind unter Weglassung ungünstiger Daten. Trotzdem sind in Ermangelung eines Besseren auch die vorliegenden Streugebiete interessant. Es sei bemerkt, daß die von Emmel, Kleiber und Gilles mitgeteilten Zahlen niedriggekohltem Gußeisen zugehören, daß die von Klingenstein, Piwowarsky und v. Kerpely veröffentlichten Daten schmelzüberhitztem Gußeisen entstammen, während die von K. Irresberger angegebenen Ziffern bei Rütteleisen festgestellt sind. Zieht man nun die einzelnen Flächen der Gußeisensorten, die demselben Typ angehören, zu einer einzigen zusammen, wie es in Abb. 3 geschehen ist, erkennt man sofort den Unterschied zwischen den Materialien. Im großen und ganzen liegt die Sache so, daß man bei Verwendung von schmelzüberhitztem Gußeisen dieselben Festigkeitseigenschaften bei höherem Kohlenstoffgehalt bekommt, wie man sie im niedriggekohlten Gußeisen erzielen kann. Allerdings überschneiden sich die Gebiete dieser beiden Gußeisensorten ganz bedeutend. Außerdem ist darauf hinzuweisen, daß der Teil des Diagramms, der schmelzüberhitztem Gußeisen angehört und der zwischen 3 bis 3·2 vH C und 30 kg Festigkeit liegt, die Werte von v. Kerpely enthält. Diese Kohlenstoffangaben werden aber von Erbreich[23]) angezweifelt. v. Kerpely[23]) bleibt aber bei seinen Angaben. Weiterhin ist die Feststellung interessant, daß die schmelzüberhitzten Gußeisen, die in dem Teil des Streugebietes liegen, der sich mit dem des niedriggekohlten Gußeisens überschneidet, meist dem Kupolofen entstammen. Es ist in diesem Falle mehr oder weniger dem Einzelnen überlassen, ob er die Steigerungen der mechanischen Eigenschaften dem heißen Schmelzgang des Ofens oder dem gesenkten Kohlenstoffgehalt oder beiden zuzuschreiben will. Das Schaubild des Rütteleisens liegt so eigenartig, daß eine Nachprüfung unbedingt erforderlich ist.

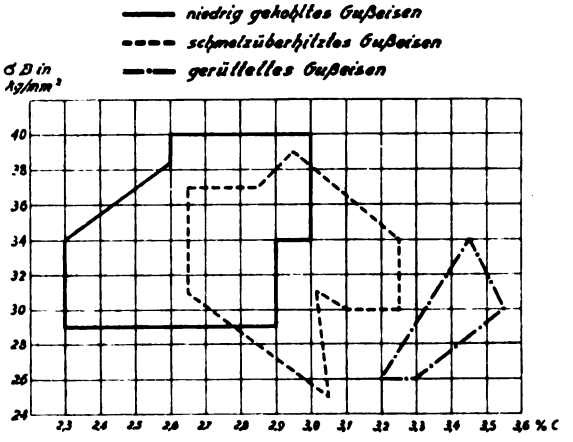


Abb. 3.

Für zukünftige Untersuchungen kann man aus vorliegender Zusammenstellung den Schluß ziehen, daß die Feststellung der Streugebiete sämtlicher Eigenschaften recht fruchtbringende Erkenntnisse zeitigen würde, daß aber das Zahlenmateril viel größer und möglichst unbeschädigt sein muß.

Dr. Ing. Hans Jungbluth, Essen.

[23]) Gieß.-Zeit. 23 (1926), S. 161/2, 174.

Die Elektrizitätsgruppe auf der Jahresschau Deutscher Arbeit, Dresden 1928, „Die Technische Stadt".

Von Dipl.-Ing. Fr. **Mörtzsch**, Dresden.

Inhaltsangabe: Anläßlich der Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule zu Dresden wählte die Jahresschau Deutscher Arbeit als Thema ihrer 7. Ausstellung: „Die Technische Stadt". Im Rahmen einer fast fünfmonatigen Schau sollen nicht nur dem Fachmann, sondern vor allem auch dem interessierten Laien alle technischen Probleme der neuzeitlichen Großstadt vor Augen geführt werden. Im folgenden soll über die Beteiligung der deutschen Elektrizitätsindustrie an dieser bedeutsamen Ausstellung berichtet werden.

Die Ausstellung, die eine wesentliche Betonung der Energiefragen erkennen läßt, zerfällt in 3 Hauptabschnitte: „Die Lebensquellen der technischen Stadt" (Gas, Wasser, Elektrizität); „Der technische Körper der Stadt" (Hoch- und Tiefbau); „Der Organismus der technischen Stadt" (Verkehr, Nachrichtenwesen, Schutz für Leben und Eigentum, Hygiene).

Um eine würdige Vertretung der deutschen Elektrizitätsindustrie auf dieser beachtenswerten Ausstellung sicher zu stellen, schlossen sich eine Reihe interessierter Verbände und Firmen, unter ihnen die Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden, Elektrowerke A.-G., Berlin, Städtisches Elektrizitätswerk Dresden, Verband Sächsischer Elektrizitätswerke, zu einer „Elektrizitätsgruppe" zusammen. Eine besondere Geschäftsstelle wurde gegründet, die unter Leitung des Verfassers alle Ausstellungsfragen bearbeitete[1]).

Im endgültigen Zustand umfaßt die Elektrizitätsgruppe fast 3500 m² Ausstellungsfläche und nimmt somit etwa ein 1/6 der gesamten Hallenfläche ein (im Vergleich hiezu sei angeführt, daß die Ausstellung der Gruppe „Gas" z. B. nur 1850 m² groß ist. Durch schnelles und tatkräftiges Eingreifen ist es somit gelungen, der Elektrotechnik einen hervorragenden Platz auf der Ausstellung „Die Technische Stadt" einzuräumen.

Umfang der Elektrizitätsgruppenausstellung.

Während fast sämtliche ähnliche Ausstellungen immer nur das Gebiet der Elektrizitätsanwendung behandeln, hatte man sich hier die schwierige Aufgabe gestellt, weiteste Kreise auch mit den Fragen der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie vertraut zu machen.

Um auch dem Laien einen richtigen Begriff vom Lauf der Elektrizität zu geben, weist dieser Teil der Ausstellung eine deutliche Gliederung in drei Abschnitten auf:

Erzeugung der elektrischen Energie.

[1]) Ausführliche Angaben über die Entstehung dieser Ausstellung siehe Strecker, Der Werbeleiter 1928, S. 184.

Digitized by Google

Verteilung der elektrischen Energie.
Anwendung der elektrischen Energie.

Wie der in Abb. 1 dargestellte Grundriß zeigt, ist der Rundgang derart angelegt, daß der Besucher den Lauf des elektrischen Stromes vom Kraftwerk bis zur letzten Steckdose selbst verfolgen kann. Diese grundlegende Aufklärungsarbeit erscheint heute als überaus wichtig. Es ist nicht zu leugnen, daß die meisten Menschen, insbesondere aber die Hausfrauen z. B. über das Gas und seine Entstehung viel genauere Vorstellungen haben als über das geheime Wesen der Elektrizität. Diese Unkenntnis dürfte aber in vielen Fällen mitbestimmend für eine ablehnende Haltung des Publikums sein. Aufklärungsarbeit im weitesten Sinne des Wortes ist heute deshalb gewissermaßen als Grundlage der eigentlichen Werbung mehr denn je nötig. Inwieweit hier diese Aufgabe erfüllt worden ist, sollen die nachfolgenden Darlegungen zeigen.

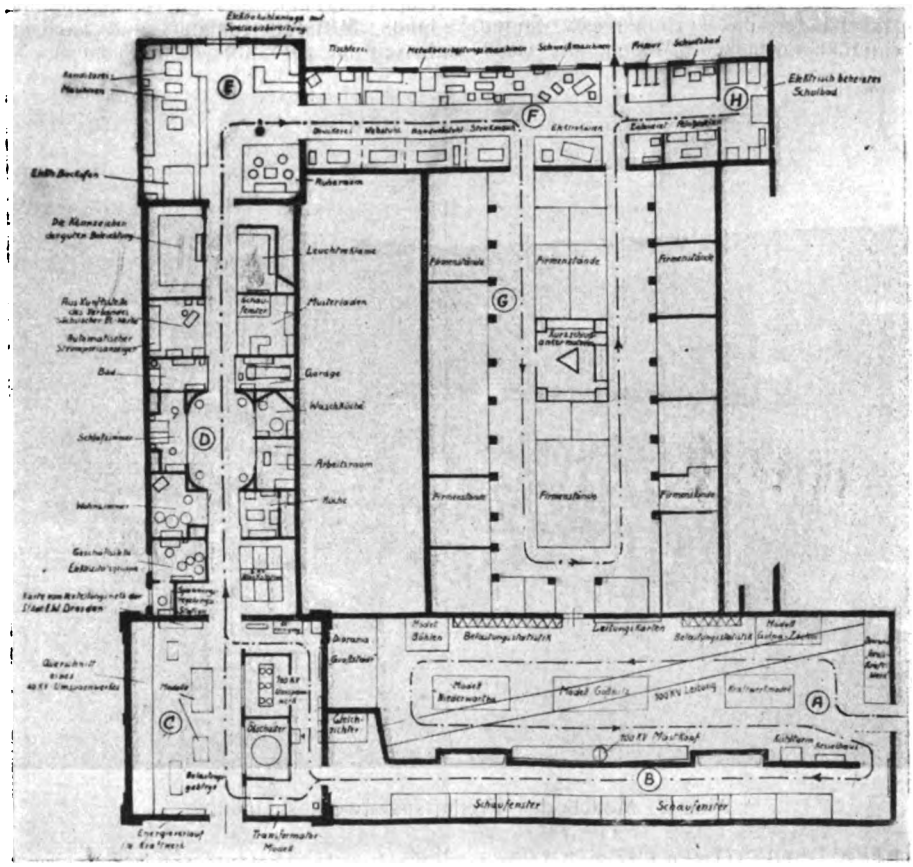


Abb. 1. Grundriß der Ausstellung der Elektrizitätsgruppe.

A = Elektrizitätsfernversorgung; B = Ladenstraße; C = Elektrizitätsverteilung; D = Elektrizität im täglichen Leben; E = Elektrische Konditorei; F = Elektrizität im Gewerbe; G = Elektroindustrie; H = Elektrizität im Dienste der Hygiene.

Elektrizitätserzeugung. Dem derzeitigen Stand der Elektrizitätswirtschaft Rechnung tragend, wurden hier in erster Linie die Fragen der Elektrizitätsfernversorgung behandelt. Diese Maßnahme schien auch in einer Ausstellung „Die Technische Stadt" gerechtfertigt, da ja heute sehr viele Städte zum Fremdenstrombezug aus Großkraftunternehmungen übergegangen sind. Die Aussteller (Akt.-Ges. Sächsische Werke Dresden und Elektrowerke A.-G. Berlin) legten den Darstellungen insbesondere die Mitteldeutschen Verhältnisse zugrunde und zeigten deshalb in erster Linie die Großkrafterzeugung aus Braunkohlen. Man war sich im klaren, daß diese an sich streng technischen Fragen nur dann auf Interesse beim großen Publikum rechnen konnten, wenn man eine sehr wirkungsvolle Darstellungsweise wählte. Um zunächst einen Blickfang zu schaffen, wurde an der einen Querwand der fast 50 m langen, völlig abgedunkelten Halle ein gewaltiges Diorama errichtet. Vor einem hellen Lichtschein am nächtlichen Himmel steht kräftig die Silhouette eines Großkraftwerkes. Die Masten einer 100 kV-Leitung führen dort auf den Beschauer zu. Durch eine überaus geschickt verkürzte Perspektive wurde erreicht, daß trotz der geringen Bildtiefe von nur 1·70 m der vorderste Mast bereits in natürlicher Größe errichtet werden konnte. Von hier überspannen die 6 Freileitungsseile die Halle und enden an den Durchführungen eines 100 kV-Umspannwerkes. Die Leitungsseile, die als Hohlseile ausgeführt worden sind, wurden in Abständen von je 1 m angefräst und hier ein kleines Lämpchen einmontiert. Durch ein Motorschaltwerk werden die Lampen derart geschaltet, daß ein Wandern der Lichtpunkte in Richtung des Energieflusses eintritt; der Laie glaubt dann förmlich die Elektrizität vom Kraftwerk dem Verbraucher zufließen zu sehen.

Auch zur symbolischen Darstellung des Stromverbrauchers wurde eine ähnliche Darstellungsweise gewählt. Ein zweites Diorama zeigt das nächtliche Bild einer Großstadt. Lichtreklame erstrahlt, Autos und Straßenbahnen fahren durch die Straßen, Hochbahnzüge rattern vorbei. Ein dichtes Heer von Fußgängern erfüllt die Straßen und Plätze. Alles wird durch etwa 20 Motoren in dauernde Bewegung versetzt. Teils wird durch Bandantriebe die Fortbewegung erreicht, die Hochbahn und ein Teil der Autos dagegen haben elektrische Einzelantriebe. Durch eine besondere Blockierung der Rundstrecke wird erreicht, daß auch bei enger Wagenfolge Zusammenstöße vermieden werden. Sämtliche Bewegungsvorgänge arbeiten vollautomatisch.

Erwartungsgemäß sind diese Dioramen den ganzen Tag über von einer dichten Menschenmenge umlagert.

Digitized by Google

Durch diese fast theatralische Darstellungsweise wird dem Laien zunächst einmal der Grundgedanke der Elektrizitätsfernversorgung: Kraftwerk — Leitung — Umspannwerk — Verbraucher — eingehämmert. Ist der Besucher aber erst einmal durch dieses bewegte, farbenfreudige Bild angezogen worden, so betrachtet er auch mit Interesse die weiteren Ausstellungsgegenstände, die ihm die technischen Einzelheiten der Elektrizitätsfernversorgung vor Augen führen sollen.

Einen Einblick in den Aufbau eines neuzeitlichen Braunkohlenkraftwerkes vermittelt ein großes Prinzipmodell, das im Schnitt den Energieverlauf vom Tagebau (Bagger, Kohlenzug, Abraumbewegung) über die Transportanlagen (Bunker, Schrägband, Kesselverteilung) durch das Kesselhaus, Maschinenhaus, Umspannwerk bis zu den Masten der Freileitung erkennen läßt. Auch hier ist alles beweglich. Die Bagger arbeiten, die Züge fahren, alle Transportbänder, die Turbinen usw. laufen. Daneben zeigen dann geographische Modelle die Großkraftwerke Böhlen und Golpa-Zschornewitz.[2])

Auch das Problem der Energiespeicherung wird anhand der Anlage des Pumpspeicherwerkes Niederwartha[3]) eingehend erörtert. Man sieht die Belastungskurve eines Kraftwerkes während eines Winterwerktages. Die mittlere Belastungslinie trennt „Täler" und „Berge", die durch kräftige Farben hervorgehoben sind. Daneben zeigt ein Schnittmodell das Prinzip eines derartigen Pumpspeicherwerkes, während ein großes geographisches Modell die tatsächlichen Verhältnisse wiedergibt. Über die Belastungskurve gleitet eine Zeitlinie. Je nach der Stellung der Zeitlinie arbeiten im Prinzipmodell die Pumpen oder Turbinen, während sich gleichzeitig der obere bzw. untere Wasserspiegel senkt, leuchtet im geographischen Modell die Schrift „Pumpbetrieb" oder „Turbinenbetrieb" auf. Kurze Worte geben die nötigen Erklärungen und weisen auf die große wirtschaftliche Bedeutung derartiger Anlagen hin.

In den Fragenkomplex der Fernversorgung gehören natürlich auch die Freileitungen und Hauptumspannwerke. Der Mastkopf einer 100 kV-Doppelleitung in natürlicher Größe und Isolatorenketten von 380 kV-Freileitungen zeigen die Einzelheiten des Freileitungsbaues, während das Modell der Freiluftanlage Gößnitz der Akt.-Ges. Sächsische Werke, als Beispiel eines Umspannwerkes gewählt wurde (Abb. 2). Gößnitz, in der Nähe von Altenburg, dient der Umspannung von 100 kV auf 30 kV und stellt mit einer Leistung von 30 000 kVA und einer Ausdehnung von etwa 130 × 115 m zurzeit eine der größten deutschen Freiluftanlagen dar. Ein besonderes Prinzipmodell zeigt dann noch die Selektivität neuzeitlicher Überstromschutzeinrichtungen. Schließlich wird an einer großen, teils bildlich, teils plastischen Darstellung die Bedeutung der Nachrichtenübermittlung für die Sicherheit der Elektrizitätsfernversorgung dargelegt.

Um nun aber auch die wirtschaftliche Bedeutung der Großkrafterzeugung bekannt zu machen, wird beachtenswertes, statistisches Material gezeigt. Große, teils transparent, teils plastisch ausgeführte Karten geben einen Überblick über die Hochspannungsstraßen Deutschlands, Mitteldeutschlands und Sachsens. 6 Lichtsäulen lassen das gewaltige Anwachsen des Stromumsatzes der Elektrowerke A.-G. Berlin erkennen. In 10 Jahren, von 1917—1927, ist eine Steigerung von 411 Mill. kWh auf 1670 Mill. kWh zu verzeichnen[4]). Die Akt.-Ges. Sächsische Werke zeigt in ähnlicher Form, wie sich der Umsatz des Jahres 1927, der 707 Mill kWh erreicht, auf die einzelnen Großabnehmer, vor allem die sächsischen Städte, verteilt. Auch hier wurde zur Darstellung dieser an sich so nüchternen Zahlen eine eindrucksvolle, künstlerische Form gewählt.

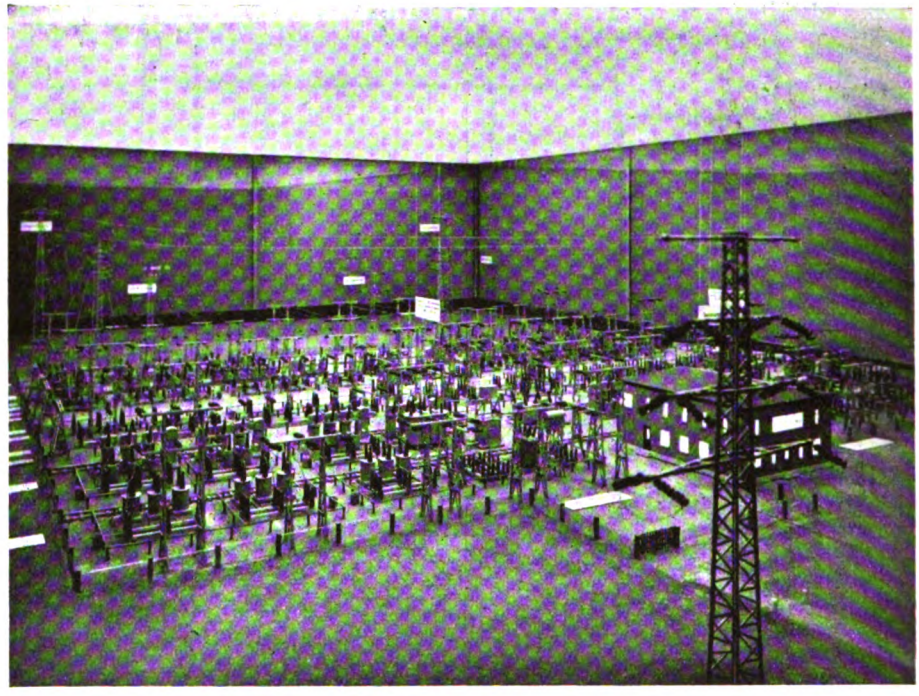


Abb. 2. Modell des Freiluftspannwerkes Gößnitz.

Dem Lauf der Energie folgend, werden im nächsten Abschnitt die Fragen der Elektrizitätsverteilung, insbesondere innerhalb der Städte, behandelt.

Elektrizitätsverteilung. Nach dem Durchschreiten einer Ladenstraße, die aus baulichen Gründen hier eingeschoben werden mußte, betritt man das Innere eines 100 kV-Umspannwerkes. Ein 100 kV-Ölschalter (Abb. 3. Einkesselbauart Sachsenwerk), ist teilweise geöffnet und kann mit Hilfe eines Kraftspeicherantriebes vor den Augen des Publikums geschaltet werden. Ein 15000 kVA-Transformator (100 auf 20 kV) nebst Ölkühlanlage, die 20 kV-Öschalterantriebe und die Eigenbedarfsschalttafel vervollständigen das Bild. Beachtenswert ist auch eine vollständige Ölreinigungsanlage und Ölprüfapparate zum Untersuchen des Öles auf seine Isolierfestigkeit (Fabri-

[2]) Vgl. E. u. M., 1920, S. 33, 329 ff. u. 505.
[3]) Vgl. E. u. M., 1927, S. 797.
[4]) Vgl. E. u. M. 1927, „Das El.-Werk", S. 40.

Digitized by Google

kat der Firma A. Hering, Nürnberg), sowie auf seine chemische Eigenschaft (Versuchseinrichtung nach Dr. Baader).

Die Energie wird dann von hier mit 20 kV-Kabeln den städtischen Umspannwerken zugeführt. Als Beispiel wurde hier ein solches unterirdischer Bauart gewählt, das im Schnitt teils plastisch, teils perspektivisch gemalt im natürlichen Maßstab gezeigt wird. Kabelverteilungspläne und Belastungsgebirge sind weiter erwähnenswert.

Für den Fachmann besonders interessant ist ein Belastungsgebirge des Elektrizitätswerkes Bautzen, das nicht in der üblichen Form die Belastungsverhältnisse eines Betriebsjahres, sondern die der letzten 8 Jahre zeigt. (Abb. 4.) Neben den allgemein üblichen Erscheinungen, wie: Winterlichtspitze, Druschperiode, kann man hier aber auch die Wirkungen der verschiedensten wirtschaftlichen Verhältnisse erkennen. Den Höhepunkt der Inflation 1923 in Deutschland, dann aber auch die Einführung der Rentenmark, die verschiedenen größeren Streiks ergeben deutlich erkennbare Täler. Ein derartiges, über einen größeren Zeitraum erstelltes Belastungsgebirge[5]) spiegelt somit das gesamte wirtschaftliche Leben eines Volkes wieder und kann direkt als wirtschaftlich-wissenschaftliches Geschichtsmaterial Verwendung finden.

Um aber auch die Eigenstromerzeugung der Städte, insbesondere in Verbindung mit Ferndampfheizanlagen nicht unerwähnt zu lassen, wurden Prinzipschemen und das riesige Modell des neuen Heiz-Kraftwerkes Wettiner Platz der Städt. E. W. Dresden zur Aufstellung gebracht. Nachdem der Beschauer dann noch das Innere einer kleinen Blockstation (2000 auf 380/220 V) betreten hat, erreicht er den Abschnitt:

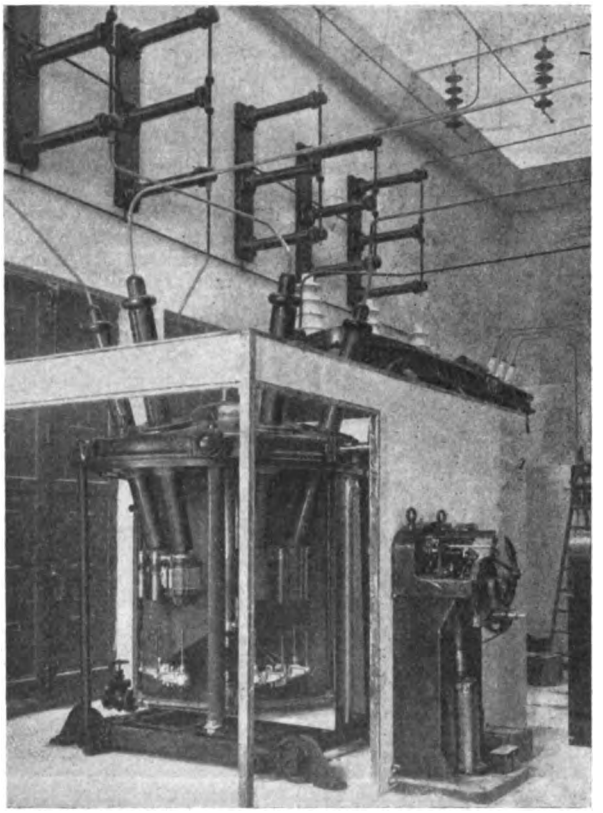


Abb. 3. 100 kV Umspannwerk mit Einkesselschalter und Kraftspeicherantrieb.

Elektrizitätsanwendung. Aus ausstellungspsychologischen Gründen wurde die Frage der Elektrizitätsanwendung im Haushalt vor der in Industrie und Gewerbe behandelt. Die meisten Elektrizitätsausstellungen führen nun elektrische Haushaltgeräte dem Publikum derart vor, daß jede Firma nach Art der technischen Messen ihre verschiedenen Fabrikate serienweise zeigt. Hier wurde bewußt diese Ausstellungsform vermieden.

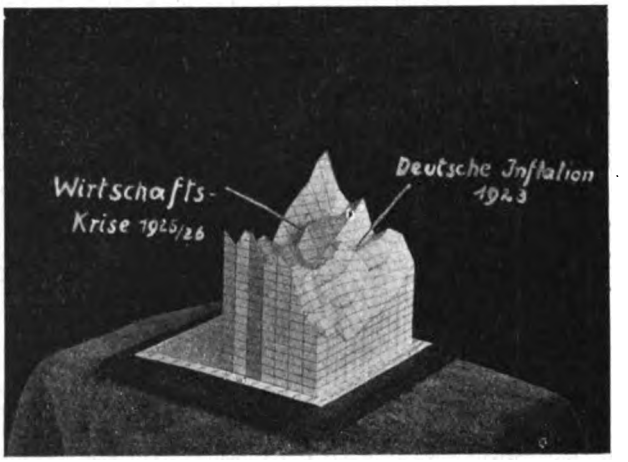


Abb. 4. Belastungsgebirge des E. W. Bautzen für die Jahre 1920 bis 1928.

In einer vollständigen Wohnung, bestehend aus Diele, Wohn- und Schlafzimmer, Küche, Arbeitsraum, Bad und Garage, werden vielmehr elektrische Geräte tatsächlich im praktischen Gebrauch vorgeführt, ohne daß zunächst irgend eine besondere Verkaufsabsicht vorliegt. Der großen Bedeutung der elektrischen Haushaltapparate für die gesamte Elektrizitätswirtschaft Rechnung tragend, wird hier aber intensive Werbearbeit, in erster Linie durch sachliche Aufklärung geleistet.

Abb. 5 zeigt z. B. die elektrische Küche, in der vor allem der Elektro-Küchenherd, der Warmwasserspeicher, der Kühlschrank, der Küchenmotor, die verschiedenen Schnellkocher und Wärmeplatten usw. auffallen. In dem danebenliegenden Arbeitsraum werden eine elektrische Nähmaschine mit Nählicht und die verschiedenen Bügeleisen in Gebrauch gezeigt. Während man nun bei den beiden letztgenannten Geräten, ebenso bei Schnellkochern auf verhältnismäßig viel Verständnis beim Publikum stößt, zeigen sich insbesondere die Hausfrauen dem Elektroküchenherd gegenüber meist zunächst ablehnend. In erster Linie mag hieran die riesige Verbreitung der Gaskocher und die bewußte Beeinflussung des Publikums, der Elektroküchenherd sei unwirtschaftlich, Schuld haben. Es ist beachtenswert, daß die meisten Frauen sich hievon auch nicht durch langes Reden abbringen lasse. Wirklich überzeugend wirken überraschenderweise auch bei den einfachen Frauen nur einwandfreie Zahlenangaben. Es ist deshalb unbedingt nötig, daß das Vorführungspersonal nicht nur über eine gewisse Verkaufspraxis verfügt, sondern auch hauswirtschaftlich erfahren und mit allen Kostenfragen der elektrischen Geräte und der der Gaskonkurrenz aufs genaueste vertraut sein muß.

Wegen der großen Wichtigkeit, die zweifellos gerade der Werbung für Elektroküchenherde beizumessen ist, sollen deshalb die schlagkräftigsten Argumente für Einführung der Elektroküchenherde hier aufgeführt werden.

Fast ausnahmslos lautet die Frage des Ausstellungspublikums: „Wie hoch sind aber die Stromkosten im Vergleich zu Gas?“ Diese Frage führt aber bereits mitten hinein in das umstrittene Gebiet der Wirtschaftlichkeit des Elektroküchenherdes.

Von seiten der Gaspropagierung wird nun häufig folgende Beweisführung angetreten: Ein m³ Gas entspricht etwa 4000 W. E., eine kWh Elektrizität dagegen nur 860 W. E. Zur gleichen Wärmearbeit sind deshalb etwa viermal soviel kWh nötig als m³ Gas. Wenn Gleichheit an Kosten erreicht werden soll, müßte demnach eine kWh nur etwa ¼ des Preises eines m³ Gas

[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 312.

Digitized by Google

kosten. Selbstverständlich ist diese Rechnung völlig irreführend, da es ja nicht nur auf den theoretischen Wärmeinhalt, sondern vielmehr darauf ankommt, wieviel Wärme davon wirklich nutzbringend an das Koch-

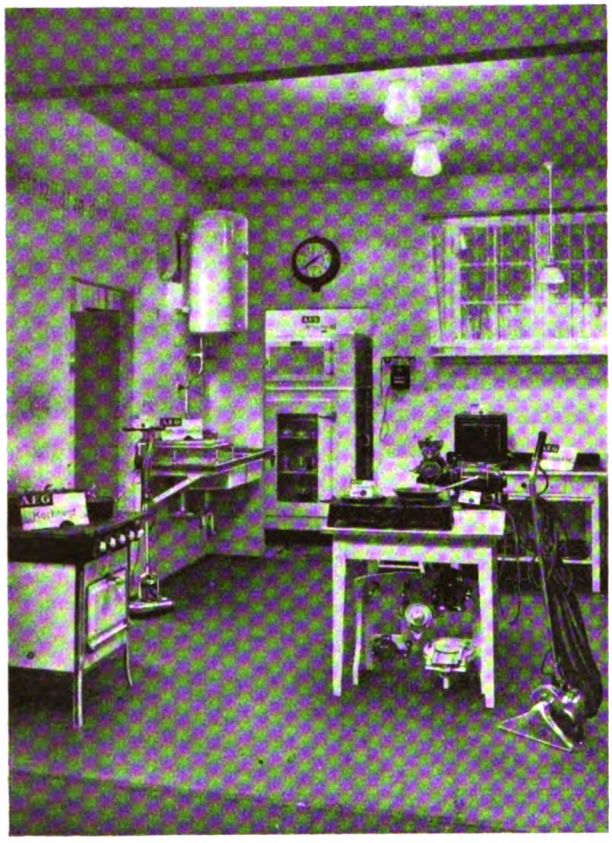


Abb. 5. Elektrische Küche.

gut abgegeben wird. Außerdem spielen noch eine große Reihe anderer Begleiterscheinungen mit. Wirklich objektive Vergleichszahlen lassen sich nur durch einwandfreie Kostenaufstellung im praktischen Küchenbetrieb, der unter sonst gleichen Verhältnissen einmal mit Gas und dann einmal vergleichsweise mit elektrisch beheizten Geräten durchgeführt wird, erzielen. Auf Grund der neuen Untersuchungen kann man, je nachdem ob es sich um Sparkocher mit übereinander gesetzten Töpfen und isolierter Kochhaube oder um Herde mit offenen Kochplatten handelt, etwa 1 m³ Gas gleich 1·4 bis 1·8 kWh setzen, d. h. also, daß die kWh etwa 55 bis 70 vH des Preises eines m³ Gas kosten kann, wenn Gleichheit der Energiekosten erzielt werden soll. Derartig konkurrenzfähige Preise für elektrische Energie lassen sich aber leicht erzielen, wenn man bedenkt, daß etwa $^1/_2$ bis $^1/_3$ des gesamten Wärmebedarfes eines Haushaltes zur Warmwassererzeugung benutzt wird. In einer neuzeitlichen elektrischen Küche wird nun aber natürlich Warmwasser nicht tagsüber auf einer Kochplatte oder dergl. hergestellt, sondern vielmehr nachts in Wärmespeichern erzeugt. Nachtstrom aber wird von der Mehrzahl der Elektrizitätswerke zu einem wesentlich ermäßigten Preis abgegeben. Bei einer gasbeheizten Küche dagegen sind derartige Verhältnisse nie zu erreichen, da dort auch sämtliches warme Wasser auf dem üblichen Gaskocher hergestellt werden muß.

Ein Zahlenbeispiel soll diese Fragen erläutern: Wenn man z. B. den Nachtstrompreis von 6 Pf. je kWh annimmt und für den Tagesstromverbrauch einen Preis von etwa 16 Pf. je kWh einsetzt, würde unter der Voraussetzung, daß die Hälfte des Küchenwärmebedarfs nachts gedeckt wird, sich ein mittlerer Strompreis von 11 Pf. je kWh ergeben. Die üblichen Gaspreise aber bewegen sich etwa um 20 Pf. je m³ herum. Unter Beachtung des oben angegebenen Prozentsatzes von 60 bis 70 vH ist somit ohne weiteres mindestens eine Gleichheit der Energiekosten als erwiesen anzusehen. Der Vergleich fällt aber noch wesentlich mehr zugunsten der elektrischen Küche aus, wenn man bedenkt, daß diese reinen Stromkosten noch nicht die gesamten Betriebskosten ausmachen, sondern daß noch eine große Reihe von anderen Begleiterscheinungen hier wesentlichen Einfluß ausüben.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist zunächst die Frage der Fettersparnis, deren Grund offenbar darin zu suchen ist, daß bei elektrischen Geräten aus physikalischen Gründen die zum Backen erforderliche Temperatur von etwa 300° C fast nie überschritten wird. Auch kann die Temperatur durch einfache Regulierung dem Koch- oder Bratvorgang aufs beste angepaßt werden. Beim Gaskocher dagegen beträgt die Flammentemperatur etwa 1200 bis 1500° C. Eine Regulierung ergibt aber nur eine Verkleinerung der Flamme, während die eigentliche Flammentemperatur stets etwa dieselbe bleibt. Die Fettersparnis kann so hoch werden, daß die Vergleichszahlen der Wirtschaftlichkeit hiedurch grundlegend beeinflußt werden. Dazu kommen aber alle die Annehmlichkeiten, die das elektrische Kochen allen anderen Verfahren voraus ist. Kein Kohletragen, kein Feuermachen, Ascheausräumen, keine lästigen gesundheitsschädlichen Abgase. Selbsverständlich bedingen auch alle diese Momente eine Verringerung der Bedienungs- und damit der Betriebskosten. Zusammenfassend kann zweifellos gesagt werden, daß heute elektrische Küchenherde als durchaus wirtschaftlich zu bezeichnen sind[6]).

Die Wirtschaftlichkeit von elektrischen Warmwasserspeichern, die mit billigem Nachtstrom betrieben werden, wird vom Publikum meist schnell anerkannt, sodaß einer größeren Verbreitung dieses vom Standpunkt der Elektrizitätswirtschaft aus besonders wichtigen Haushaltapparates wohl in den nächsten Zeiten keine allzugroßen Schwierigkeiten mehr entgegenstehen dürften[7]). Der weiteren Verbreitung der so überaus bequemen Elektro-Kühlschränke dürften zurzeit noch die verhältnismäßig hohen Anschaffungskosten hinderlich sein.

Um die Interessenten auch über die Anschaffungskosten und insbesondere die heute üblichen Teilzahlungssysteme aufzuklären, schließt sich an die Wohnung ein „Musterladen“ an, in dem fast alle gängigen

Abb. 6. „Elektrizität im Gewerbe“.

Fabrikate zu finden sind. Gegenüber befindet sich die Tarifauskunftstelle des Verbandes sächs. Elek-

[6]) Siehe Ritter, ETZ, Jg. 1928, S. 1029. Dr. Hensel, Elektrizität in der Küche, Sonderschrift der Vereinigung der Elektrizitätswerke Berlin. Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 10, S. 221.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 50, 78; E. u. M. 1928, H. 10, S. 222.

Digitized by Google

trizitätswerke, deren Aufgabe es ist, in erster Linie werbend für die neuen Haushalttarife und die wichtigen Doppeltarife für Nachtstromverbrauch zu wirken.

Aufs beste vorbereitet tritt nun der Besucher den Weg zu den eigentlichen Firmenständen an und kann hier die für ihn in Frage kommenden Geräte näher betrachten und in Ruhe seine Auswahl treffen. Diese Art der Haushaltstromwerbung hat sich recht gut bewährt.

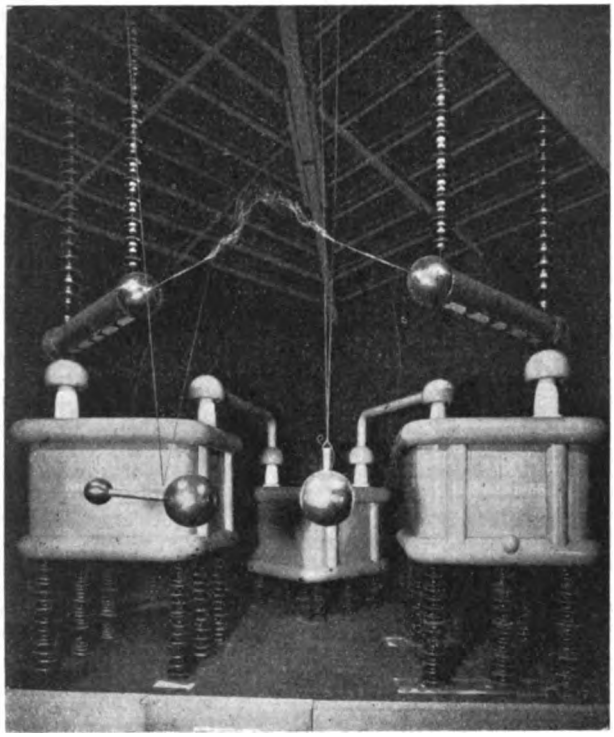


Abb. 7. 1 Million Volt Anlage der Technischen Hochschule Dresden.

Selbstverständlich finden sich auch eine größere Reihe von Beispielen der Elektrizitätsanwendung in Industrie und Gewerbe. Beachtenswert ist eine elektrische Konditorei mit einem Wärmespeicherbackofen von 25 kW Anschlußwert, den verschiedenen elektrisch betriebenen und beheizten Bäckereimaschinen und eine große Elektro-Kühlanlage zur Speiseeisbereitung. Die Konditorei wird im vollen Betrieb gezeigt und versorgt alle Jahresschaubetriebe mit Konditorwaren.

In einer Tischlerei und Schlosserei werden die verschiedenen Elektrowerkzeugmaschinenantriebe und neuzeitliche Elektro-Schweißmaschinen im Betrieb gezeigt. Abb. 6 gibt einen Überblick über die Maschinenhalle und zeigt elektrisch betriebene Druckereimaschinen und Webstühle mit einwandfreiem Einzelantrieb. Erwähnenswert sind schließlich noch ein zahnärztliches Behandlungszimmer, ein Friseur, Röntgenuntersuchungszimmer und ein elektrisch beheiztes Schulbad, die alle die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der elektrischen Energie vor Augen führen.

Auch außerhalb der eigentlichen Elektrizitätsgruppe befinden sich noch manche beachtenswerte elektrische Anlagen. So zeigt in der Gruppe Verkehr die Deutsche Reichsbahn Modelle verschiedener Umformerwerke, das Triebgestell einer B + B Güterzugflachlandlokomotive sowie verschiedene andere Einzelheiten der Vollbahnelektrisierung. Ausstellungstechnisch besonders interessant ist auch das Modell eines elektrischen Straßenbahnwagens, das betriebsmäßig geschaltet werden kann und bei dem der Stromverlauf je nach der Betriebsart durch rote oder blaue Neonröhren gekennzeichnet ist. Die Schwachstromtechnik ist besonders in den Gruppen Post und Polizei durch neuzeitliche Telephon-, Telegraphen-, Polizeiruf- und Meldeanlagen vertreten.

An allen Stellen, die elektrische Energie in irgend einer Form verbrauchen, wurde das bekannte Hinweisschild der Vereinigung der Elektrizitätswerke Berlin „Hier wirkt Elektrizität" angebracht, sodaß auch außerhalb der eigentlichen Elektrizitätsgruppenausstellung tatkräftig für die Einführung elektrischer Maschinen und Geräte geworben wird.

Auch in der Sonderausstellung der Technischen Hochschule hat man der Elektrotechnik einen beachtenswerten Platz eingeräumt. Den Elektrotechniker dürften hier besonders die vom Institut für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen (Professor Dr. Ing. L. Binder) ausgestellten Versuchseinrichtungen zur Erforschung von Überspannungsvorgängen interessieren. Abb. 7 zeigt den vom Verband Sächs. Elektrizitätswerke der Technischen Hochschule Dresden zur 100-Jahrfeier geschenkten 1 Million-Volt-Transformator, der täglich mehrmals hier auf der Ausstellung Fachleuten und Laien vorgeführt wird. Bei einer Leistung von 600 kVA und einer Spannung von 1 Mill. V gegen Erde ist dies zurzeit die größte Hochspannungsanlage Europas. Zur Spannungsregulierung wird nicht wie sonst allgemein üblich ein Motorgeneratorsatz, sondern ein Schubtransformator[8]) (Bauart Koch & Sterzel) verwendet, der aufs einfachste ein praktisch stufenloses Regulieren ermöglicht.

Über die lichttechnischen Einrichtungen auf der Ausstellung wird demnächst gesondert berichtet werden.

[8]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 726.

Rundschau.

Leitungen und Leitungsbau.

132-kV-Kabel mit Ölfüllung. Eines der schwersten Hindernisse bei der Herstellung von Kabeln für Spannungen von mehr als 60 kV liegt darin, daß die Papierisolation nicht oder nicht immer vollständig von der Imprägnierungsflüssigkeit getränkt wird. Dies mag seinen Grund darin haben, daß an und für sich schon beim Erzeugen des Kabels die Papierschichten, zum Beispiel durch ungenügendes Evakuieren, mangelhaft getränkt waren, vielleicht aber auch darin, daß das Kabel, wenn es noch warm aus der Bleipresse heraustritt, vollkommen imprägniert ist, sich jedoch nachher abkühlt, wobei der Bleimantel sich weniger stark zusammenzieht als das imprägnierte Papier, weshalb Hohlräume, sei es innerhalb des imprägnierten Papiers, sei es zwischen imprägniertem Papier und Blei bestehen bleiben. Ähnliche Erscheinungen treten auf, während das Kabel im Betrieb ist. Dieses „Atmen" des Kabels beim Anwärmen des Bleimantels verursacht eine Dehnung des Bleimantels, die jedoch, da die Grenze der elastischen Dehnung von Blei sehr niedrig ist, beim Abkühlen nicht zurückgeht. Die so hervorgerufene dauernde Volumvergrößerung des Kabels beträgt bei einem 66-kV-Kabel und 35° Erwärmung etwa 16 l/km.

Dieser Umstand wird bei der in Amerika verlegten Pirelli-Type[1]) vermieden. Über deren Ausführung, Verlegung und Betrieb liegt nunmehr ein zusammenfassender Bericht von P. Torchio, L. Emanueli, W. S. Clark, A. H. Kehoe, C. H. Shaw, J. B. Noe, D. W. Roper vor. Der Kupferleiter besteht bekanntlich aus einer Spirale (ca. 19 mm Durchmesser), über welche ein 300 mm² Kupferseil geseilt ist. (Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Installationen in Chicago und New-York.) Darüber kommt 18 mm Papierisolation aus drei verschiedenen Zellulosepapieren, wobei das dünnste und dichteste innen, das dickste und am wenigsten dichte außen liegt[2]). Sodann wird der

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 491; 1926, S. 877; 1927, S. 486.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 876.

Digitized by Google

erste Bleimantel aufgepreßt, das Kabel in einen Dampfkessel gesetzt und an den Enden evakuiert, was wegen des geringeren, gut geschlossenen und auspumpenden Raumes weitaus vollständiger vor sich geht als nach der üblichen Methode der Evakuierung des ganzen Kessels. Wenn die dauernd durchgeführten Messungen des elektrischen Verlustwinkels auf genügende Trocknung schließen lassen, dann wird langsam Öl zugeleitet, das Kabel imprägniert und schließlich unter Öldruck abgekühlt. Hierauf wird jede Länge mit 175 kV zwischen Leiter und Mantel durch 15 Minuten geprüft. Um den 15-fachen Durchmesser bei 0° dreimal hin und her gebogene Proben widerstanden noch immer einer Spannung von 225 kV durch 5 Minuten, willkürlich herausgegriffene Kabellängen hielten 140 kV durch 8 Stunden. Die Zeitdurchschlags-Kurve des neuen Kabels ist eine ganz andere als die des mit viskosen Massen imprägnierten Kabels[1]). Während nämlich die Festigkeit eines normalen Kabels für kurzzeitige Beanspruchungen sehr hoch ist, hingegen mit der Zeitdauer der Beanspruchung stark abnimmt, hat das Pirellikabel eine Festigkeit, welche weit weniger von der Zeitdauer der Beanspruchung abhängt. So zeigen zum Beispiel Kabelstücke bei etwa 400 kV Durchschlag nach fünf Minuten, hingegen vertragen sie 300 kV, also etwa 25 vH weniger über eine Stunde und nach 30 Stunden Belastung bei 200 kV konnte ein Kabelstück noch 20 Minuten auf 260 kV ohne Durchschlag gehalten werden usw. Der Verlustwinkel war nicht größer als $\cos \varphi = 0{\cdot}005$ bei Zimmertemperatur und kleiner als 0·0065 bei der höchsten vorkommenden Temperatur von 65° C. Der Unterschied zwischen den bei den Spannungen 20 und 95 kV gefundenen Verlustwinkeln ist niemals größer als 0·002[2]). Vor und nach dem Erwärmen werden die gleichen Eigenschaften gefunden. Dabei verträgt ein solches Kabel erstaunlich hohe Temperaturen und Ströme, das 50 mm² Kabel der ersten Versuchsinstallation in Italien hat niemals irgendwelche Störungen gezeigt, obwohl es Ströme bis zu 250 A übertrug, bei welcher Stromstärke ein anderes Hochspannungskabel gleichen Kupferquerschnittes unfehlbar zugrunde gegangen wäre.

Nach durchgeführter Spannungsprobe erhält das Kabel eine Panzerung aus dünnem hartgezogenen Kupferband zwischen zwei Lagen imprägnierten Papiers, sodann wird das in den Hohlleitern befindliche Öl abgelassen, die Kabel werden verlötet und versendet. Damit nach der Verlegung das in die Hohlleiter wieder eingebrachte Öl eventuell entstehende Hohlräume sofort ausfüllt, wird das Öl unter Druck gehalten, zu welchem Zwecke Ölreservoire, Druckreservoire und Unterbrechungsmuffen vorgesehen sind. Die Ersteren sind nach außen hermetisch abgeschlossene Revervoire, welche, etwa nach dem Prinzipe der Barometerdose, veränderliche Volumina haben. Sie werden an erhöhten Punkten aufgestellt und nehmen bei Erwärmung des Kabels aus demselben Öl auf, während sie beim Abkühlen des Kabels Öl in dasselbe abgeben. Die Druckreservoire werden an Punkten zwischen den Ölreservoiren aufgestellt und dienen dazu, den Druckabfall, der sich durch die Bewegung des Öls, oder aber durch Höhenunterschiede ergibt, zu kompensieren, so daß an allen Stellen des Kabels ein gewisser Mindestdruck im Öl vorhanden ist. Die Druckreservoire bestehen daher gleichfalls aus dicht abgeschlossenen Gefäßen mit veränderlichem, jedoch geringerem Volumen und stehen unter Druck. Damit dieser an gewissen Punkten nicht zu hoch ist, zum Beispiel am Fuße einer geneigten Strecke und damit andererseits für den Fall[3]), daß an irgend einer Stelle eine Undichtheit entsteht, nicht das ganze System in Mitleidenschaft gezogen wird, wird die Leitung durch die Unterbrechungsmuffen schließlich in kleinere, voneinander unabhängige Abschnitte geteilt. Die normalen, also für den Öldurchfluß offenen Muffen, stellt Pirelli mittels einer Spezialwickelmaschine her. Da die Originalisolation des Kabels zunächst mit einem dünnen und undurchlässigen Seidenband abgeschlossen wird, ist es möglich, die aufgewickelte Isolation der Muffen unabhängig vom Kabel zu evakuieren, zu trocknen und zu tränken. Die General Electric Co verwendet eine Muffenverbindung mit abgestufter Isolation und Aufwicklung von Varnishband. Das Füllen mit Öl geschieht so, daß zunächst der betreffende Abschnitt für 12 h unter Vakuum gesetzt wird. Wenn man sich sodann durch spezielle Proben davon überzeugt hat, daß keine Ölpfropfen im Kabel geblieben sind, und ein nachfolgendes Evakuieren nach 36 h keine Undichtigkeit ergibt, wird zuerst in eine Phase und erst 8 bis 24 Stunden später, nämlich wenn die erste Phase nahezu zu einem Drittel imprägniert ist, in die zweite Phase langsam Öl eingelassen usw. Nach Fertigstellung werden die Kabel mit 300 kV-Gleichstrom durch 15 Minuten geprüft.

Es hat sich gezeigt, daß eine undichte Lötverbindung in einer Muffe in etwa 2 Stunden, eine Unterbrechungsmuffe in etwa 15 Stunden, ein vollkommener Kabelabschnitt in 2½ Tagen ersetzt werden können.

Die Kabel können die derzeit größte in Kabeln übertragbare Leistung von 98 000 kVA bei der derzeit höchsten Kabeln übertragbare Spannung von 132 kV weiterleiten. Bis heute ist jedoch nur etwa die Hälfte der angegebenen Leistung notwendig geworden. Andererseits ist nach den Erfahrungen an diesen Kabeln mit Bestimmtheit zu erwarten, daß 220 kV-Kabel, welche im Wesen von der gleichen Bauart sein werden, sehr bald erlangbar sein werden. Von der etwa 10 km langen Strecke in Chicago hat die General Electric 2 Phasen geliefert, Pirelli die dritte, von der etwa 20 km langen Strecke in New York jede der beiden Firmen etwa die Hälfte. Die Kabel sind seit 2. Juni in Chicago und seit dem 9. August in New York in Betrieb, ohne daß sich irgendwelche besondere Störungen ergeben hätten. Aufgetretene kleine Undichtigkeiten konnten zu geeigneten Zeitpunkten, an welchen die Linie ohne Schaden abgeschaltet werden konnte, repariert werden.

Dr. Konst.

(Journal A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 2, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die Steuerung dieselelektrischer Lokomotiven. Die am häufigsten in Anwendung gebrachte Regelung von Diesellokomotiven mit elektrischer Kraftübertragung erfolgt in der Weise, daß die Feldwicklung des Generators in den Ankerstromkreis einer von der Antriebsmaschine oder einer Hilfsmaschine angetriebenen Erregermaschine gelegt wird und durch Veränderung eines Widerstandes die Generatorspannung und somit die Fahrgeschwindigkeit der Leistung der Antriebsmaschine, bzw. den Streckenverhältnissen entsprechend eingestellt wird. Die Drehzahl der Antriebsmaschine wird hiebei durch einen Fliehkraftregler konstant gehalten. Die Regelung erfolgt in diesem Falle allein durch Änderung des Generatorfeldes[1]). Die Erkenntnis, daß zur Steuerung des Fahrzeuges die Heranziehung der Drehzahlveränderung der Antriebsmaschine zwecks Erzielung des günstigsten mittleren Kolbendruckes, insbesondere bei stark schwankenden Zugkraft- und Geschwindigkeitsanforderungen, wirtschaftliche Vorteile bringt, hat zur Entwicklung elektrischer Übertragungssysteme geführt, bei welchen einerseits eine stetige und selbsttätige Anpassung an die jeweiligen Zugkraftanforderungen, andererseits eine weitgehende Konstanthaltung der von der Antriebsmaschine entsprechend der Brennstoffzufuhr abgegebenen Leistung erfolgt. Die Fahrtregelung erfolgt wie bei einer Dampflokomotive allein nur durch Veränderung der Brennstoffzufuhr.

Elektrische Kraftübertragungssysteme für Antriebsmaschinen mit regelbarer Drehzahl sind von den Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont[2]) und von der General Electric Co-AEG nach H. Lemp[3]) entwickelt worden.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 836.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 877.

[3]) In der New-Yorker Installation kommen Höhenunterschiede bis zu etwa 90 m vor.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 915.

[2]) Revue trimestrielle der F. & A. de Constr. électr. de Jeumont 1926, Nr. 6.

[3]) General Electric Review 1924, Nr. 10, S. 673.

Digitized by Google

Bei der ersten Steuerung wird der Generator von einer Erregermaschine erregt, die von eine Fahrzeugachse oder von einer Vorgelegewelle des Motors angetrieben wird. Die Erregermaschine besitzt eine Nebenschlußwicklung und eine Zusatzwicklung, die von einer Batterie gespeist wird. Ein im Stromkreis der Zusatzwicklung liegender Widerstand steht in Verbindung mit dem Brennstoffregler. Die Steuerung erfolgt durch Regelung der Brennstoffzufuhr unter Heranziehung der von der Erregermaschine erzeugten und von der Fahrgeschwindigkeit und der Lage des Brennstoffhebels abhängigen Spannung. Bei der Lemp-Steuerung sind die Erregermaschine und der Generator mit der Antriebs-Maschine direkt gekuppelt. Der Generator besitzt eine im Ankerkreis der Erregermaschine liegende Feldwicklung, die Erregermaschine eine solche, die nach Einschaltung eines Feldschützes von einer Batterie gespeist wird. Dieser Wicklung ist eine Hauptstromwicklung, die vom Generatorstrom durchflossen ist, entgegengeschaltet. Durch geeignete Wahl der magnetischen Sättigungen ist erreicht, daß das Produkt Strom mal Spannung über einem großen Arbeitsbereich konstant bleibt.

Das Verhalten der Steuerungen in verschiedenen Betriebsfällen wie Anfahrt, Beharrungsfahrt und Belastungsänderungen während der Beharrungsfahrt untersucht M. Süberkrüb auf Grund der allgemeinen für Gleichstrommaschinen gültigen Gesetze unter Berücksichtigung der für die Zugförderung wichtigen Forderungen und zeigt, daß sowohl mit der Jeumont-Steuerung als auch mit der Lemp-Steuerung stetige und selbsttätige Anfahrt erzielt wird, wobei die Antriebsmaschine bis zur Erreichung der normalen Drehzahl immer mit dem günstigsten mittleren Zylinderdruck arbeitet. In der Beharrungsfahrt regelt die Jeumont-Steuerung nicht vollständig selbsttätig, da infolge der Eisensättigungen die Erregerspannung und das Generatorfeld nur wenig mit der Fahrgeschwindigkeit ansteigt. Es ist daher die Zusatzerregung vorgesehen, die mit dem Brennstoffhebel in Verbindung steht und bei höheren Geschwindigkeiten eine entsprechende Vergrößerung der Erregerspannung bewirkt. Bei der Lemp-Steuerung wird hingegen durch den Generatorstrom selbst eine vollständig selbsttätige Geschwindigkeitsregulierung entsprechend der von der Antriebsmaschine abgegebenen Leistung erzielt. Bei Belastungsänderungen während der Dauerfahrt wird bei beiden Steuerungen eine Regelung auf die der eingestellten Brennstoffzufuhr entsprechende Leistung erzielt. Der Vergleich der Steuerungen zeigt, daß die Steuerung mit konstanter Drehzahl der Antriebsmaschine wegen der umfangreicheren und komplizierteren Schaltgeräte und der fallweisen Notwendigkeit, eine Hilfsantriebsmaschine für die Erregermaschine zu verwenden, am teuersten ist. Bei der Steuerung der Jeumont-Werke ist zu berücksichtigen, daß der Antrieb der Erregermaschine bei größeren Leistungen Schwierigkeiten bereiten wird, besonders dann, wenn der Antrieb nicht von der Achse, sondern von der Motorwelle oder einer Vorgelegewelle erfolgen soll. Einfacher und billiger ist die Erregung bei der Steuerung nach Lemp. Die Erregerverluste sind bei der Steuerung der Jeumont-Werke am größten, denn es erfolgt hier bis zur Erregermaschinenwelle eine zweimalige elektrische und eine einmalige mechanische Übertragung. Die Erregermaschine bei der Steuerung nach Lemp arbeitet ohne Antriebsverluste. Der Mehraufwand an Erregerenergie zufolge der Gegenfeldwicklung (welche nur von einem Teil des Generatorstromes durchflossen wird), ist im Vergleich zu den Gesamtverlusten verschwindend.

Die Lemp-Steuerung ermöglicht bei bestem Wirkungsgrad der Antriebsmaschine die weitgehendste Ausnützung des Generators und der Triebmotoren. Die Regelung erfolgt selbsttätig und stetig. An Einfachheit im Aufbau und in der Bedienung ist sie allen anderen Systemen überlegen. Sie stellt die bisher günstigste Lösung einer elektrischen Kraftübertragung für Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen dar. Ny.

(Z. V. D. I., Bd. 72, Nr. 17, 1928.)

Elektrochemie.

Elektrolytische Verchromung. Die außerordentlich hohe Widerstandskraft gegen Korrosionen, welche Verchromungen bieten, eifert dazu an, die bestehenden Verchromungsverfahren[1]) ständig, sowohl in wissenschaftlicher Hinsicht als auch in Bezug auf die Güte des erreichten Produktes zu verbessern. Über Versuche in dieser Richtung und zur Klärung des ganzen Verchromungsprozesses wurde auf der letzten Tagung der American Electrochemical Society berichtet[2]), welche im April 1928 in Bridgeport, Conn., stattfand. H. S. Lukens untersuchte den Einfluß von Nickel, von chemisch passiv gemachtem Nickel, von Kupfer und Blei als Kathode auf die Zusammensetzung von Lösungen, welche sich für die elektrolytische Verchromung als günstig erweisen. Kupfer gibt den größten Bereich von günstiger Stromdichte, Nickel hingegen verlangt ziemlich eng begrenzte Stromdichten, wenn der Chromniederschlag tadellos sein soll. R. Schneidewind und F. S. Urban bestätigen, daß die Anode von großem Einfluß auf die Zusammensetzung des Bades und damit auf die Güte des Chromniederschlages ist. Der Gehalt an dreiwertigem Chrom strebt mit zunehmender Zahl an Amperestunden bei der Verchromung einem Gleichgewichtszustande zu, bei welchem die Konzentration des dreiwertigen Chroms nur mehr abhängig ist von der Art des Anodenmaterials, von der Stromdichte an der Anode und von der Badtemperatur, hingegen von der Badzusammensetzung insofern unabhängig ist, als der ursprünglich vorhandene Gehalt an dreiwertigem Chrom keinen Einfluß hat. Der Gehalt an dreiwertigem Chrom, welcher, wie schon frühere Arbeiten ergeben hatten, von ungünstigem Einfluß auf den Verchromungsprozeß werden kann, wenn er zu hoch ansteigt, nimmt mit zunehmendem Sulfatgehalte des Elektrolyten zu. Von den beiden bei der praktischen Verchromung verwendeten Anodenmetallen Eisen und Blei, geht das erstere mit wachsendem Sulfatgehalt immer stärker, mit wachsender Anodenstromdichte aber immer schwächer in Lösung. Bei Verwendung von Eisenanoden hängt der Gleichgewichtsgehalt an dreiwertigem Chrom nur bis zur Stromdichte von 5·4 A/dm² von der Stromdichte ab, darüber hinaus wird merklich derselbe Gehalt an dreiwertigem Chrom gebildet. Bei höheren Temperaturen nimmt die Bildung an dreiwertigem Chrom und die Auflösung von Eisen (Anode) etwa direkt mit der Temperaturerhöhung zu. Bei Verwendung von Eisen als Anode muß man daher damit rechnen, daß das Bad von Zeit zu Zeit vollkommen ausgewechselt werden muß; unmittelbar vor der Auswechslung des Bades hat der Widerstand desselben durch den erhöhten Eisengehalt stark zugenommen, so daß mit erhöhten Stromkosten gerechnet werden muß. Blei als Anode hat den Nachteil, daß sich auf derselben ein Überzug aus Bleichromat bildet, welcher von Zeit zu Zeit herabgeschabt oder herabgelöst werden muß. Vorher schon entstehen auch hier erhöhte Stromkosten, eventuell sogar Ausschußstücke durch die toten Stellen, an welchen sich der Überzug an Blei rascher gebildet hat als an der übrigen Oberfläche. Die gleichen Autoren zusammen mit R. C. Adams untersuchen die Grenzen, innerhalb welcher die Stromdichte an der Kathode schwanken darf, wenn ein 0·0007 mm starker Chromniederschlag tadellos aussehen soll und finden zunächst, daß der Wirkungsgrad des Verchromungsprozesses (Menge des niedergeschlagenen Chroms) mit dem Logarithmus der Kathodenstromdichte wächst, und zwar innerhalb der untersuchten Grenzen, unabhängig vom Gehalt an dreiwertigem Chrom oder Eisen im Elektrolyten; hingegen engt der Gehalt an diesen beiden die Grenzen der Stromdichten, innerhalb welcher tadellose Niederschläge erhalten werden, ganz bedeutend ein. L. E. Grant und L. F. Grant untersuchen den Einfluß der Stromdichte und der Temperatur auf die Härte des erhaltenen Niederschlages mit Hilfe eines Ritzhärtemessers von Bierbaum und finden, daß bei der Stromdichte von 20 A/dm², mit welcher bei allen Tem-

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 528; 1924, S. 439, 756.

[2]) Aus „Papers" Nr. 11, 16, 19, 27.

Digitized by Google

peraturen zwischen 30 und 60° C gute Niederschläge erhalten wurden, der härteste Niederschlag bei 45° C auftritt. Bei dieser Temperatur wird andererseits der härteste Niederschlag erhalten, wenn eine möglichst hohe Stromdichte an der Kathode angewendet wird.

Konst.

Energiewirtschaft.

Die Vereinheitlichung der Elektrizitätsversorgung von Zentralengland. Nach dem kürzlich dem Elektrizitätsamt von den Elektrizitätskommissären[1]) übergebenen Plane soll ein Gebiet von rund 19000 km² mit 5·2 Mill. Einwohnern zusammengefaßt werden, in welchem unter anderem die Städte Derby, Leicester, Nottingham, Northampton, Coventry und Birmingham liegen, und das gegenwärtig von 49 Unternehmungen mit 46 Kraftwerken versorgt wird, zum Teil in den ländlichen Bezirken aber überhaupt noch gar nicht über Strom verfügt. Von den 46 Werken werden nur 19 weiterhin dauernd in Betrieb bleiben, und sechs vorläufig. Die ersteren und die Hauptübertragungsleitungen werden vom Elektrizitätsamt erworben werden. Die Hauptschwierigkeit bei der Vereinheitlichung liegt in der verschiedenen Periodenzahl der Werke. Um den beiden wichtigsten Stromlieferungs-Gesellschaften, der Birmingham Corp. und der Shropshire, Worcestershire and Staffordshire Electric Power Co, entgegenzukommen, sollen außer den schon genehmigten Erweiterungen in drei Werken solche mit 25 Per/s zugelassen werden, im übrigen wird einheitlich die Frequenz von 50 Per/s festgelegt. Unter den im Betrieb verbleibenden Werken ist das Nechells Werk[2]) zu erwähnen. Neu erbaut wird ein Grundlastwerk mit zunächst einem 50 000 kW Satz, das im Winter 1931/32 in Betrieb kommen soll. Dieses Werk soll um einen gleich großen Satz für den Winter 1934/35 erweitert werden und um 100 000 kW spätestens bis 1940/41, je nach dem Wachsen des Bedarfs. Fünf bestehende Werke sollen bis 1940/41 zusammen um insgesamt 460 000 kW erweitert werden. Unter Berücksichtigung des Wegfalls veralteter Maschinen wird dann die Leistung aller Werke 1·363 Mill. kW sein. Zwischen den Werken soll bis 31. Oktober 1931 ein aus 18/132 kV Linien mit Leitungen von mindestens 50 000 kW Übertragungsfähigkeit bestehendes Netz errichtet werden, welches das Elektrizitätsamt zum überwiegenden Teile selbst bauen wird, während es den Rest von den Gesellschaften erwirbt, die bereits die Genehmigung zum Bau erhalten haben. In Verbindung mit diesem Hochspannungsnetz werden 19 Umspannwerke auf 33 kV mit vorläufigen Leistungen von 10 000 bis 225 000 kVA und 1·24 Mill. kVA Gesamtleistung erbaut werden. Von diesen Umspannwerken erhalten dann die zugelassenen Stromlieferungsunternehmungen den Strom über ein 33 kV Netz und weitere kleinere Umspannwerke. Durch alle diese Maßnahmen hofft man, die Stromabgabe von 762 Mill. kWh im Jahre 1926/27 (146 kWh je Kopf) auf 1·9 Milliarden kWh im Jahre 1934/35 ohne Berücksichtigung des Stromes für Bahnzwecke zu steigern[3]). Die Kosten der Frequenzumstellung werden auf rund 2 Mill. Pf. geschätzt, jene für die Erweiterung der Kraftwerke auf 1·975 Mill., und jene für die neuen Hochspannungsleitungen auf rund 1 Mill., schließlich die Kosten der Stromverteilungsanlagen und Unterstationen auf 3·6 Mill. Für den Stromverbraucher sollen die Umbauten und Erweiterungen zu einer Senkung des Strompreises auf unter 1 pence/kWh beim Kraftstrom und auf 4, vielleicht sogar auf 3 pence/kWh beim Lichtstrom führen.

(The Electrician, Bd. 100 (1928), Nr. 2599 und Engg., Bd. 125 (1928), Nr. 3248).

---

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 87; 1926, S. 161; 1928, H. 1, S. 30.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 560.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 29.

Literaturbericht.

3733 **Die Dampfmaschine.** Von Dr.-Ing. E. h. M. F. Gutermuth, Geh. Baurat, Prof. an der Technischen Hochschule in Darmstadt, bearbeitet in Gemeinschaft mit Dr.-Ing. A. Watzinger, Professor an der norwegischen Technischen Hochschule in Drontheim. 3. Bände. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928. Preis Mk. 300·—.

In unserer, von den Errungenschaften der Technik fortwährend in Spannung gehaltenen Zeit sind die breiten Massen für Schlagworte besonders empfänglich, und es wird leicht und gerne das Althergebrachte verlassen, um einem neuen Gedanken zu folgen. Wenn er auch von den Einzelnen nicht ganz erfaßt und in seinen Auswirkungen nicht ganz zu Ende gedacht werden kann, erregt er schon dadurch, daß er von dem Bisherigen abweicht, ein großes Interesse. Infolgedessen ist die Gefahr groß, daß ein Buch, welches den Titel „Die Dampfmaschine" führt, weniger Beachtung findet, als ein Werk über irgend ein aus neuester Zeit stammendes Betriebsmittel, wie etwa die Dampfturbine, die Gasmaschine oder dergl. Um dieser Gefahr zu begegnen ist es notwendig, daß von allen Fachkreisen darauf hingewiesen und nachdrücklich betont wird, daß die Dampfmaschine als wichtiges Betriebsmittel der gewerblichen und industriellen Produktion, sowie des Verkehrs und der Wirtschaft keineswegs als veraltet angesehen werden darf. Wenn auch ihre Entwicklung hinsichtlich der Größe der Einheiten eine Eindämmung erfahren und die Dampfturbine ihr auch einen Teil des schon erworbenen Gebietes in den Größenordnungen von zirka 500 PS aufwärts teilweise mit technisch-wirtschaftlicher Berechtigung abgerungen hat, wenn ferner die Entwicklung der Verbrennungs- und Explosionsmotoren ihr auch in den kleineren Größenordnungen in vielen Fällen berechtigte Konkurrenz macht, ist ihr dennoch wegen vieler Eigenschaften ein dauerndes Feld gesichert. Sie wird auf diesem Felde die Vorherrschaft um so mehr behalten, als sie trotz des langen, interessanten und ständig aufsteigenden Entwicklungsganges gewiß noch weiteren Vervollkommnungen auf technischem und wirtschaftlichem Gebiete zugänglich ist. Die Anwendung der hohen Dampfspannungen, besonders dort, wo hohe Gegendrücke in Anlagen mit Abdampfverwertung oder für Vorschaltzwecke erforderlich sind, wird auch für die Dampfmaschine gewiß Veranlassung zu weiteren Fortschritten auf konstruktivem Gebiete geben. Die Abfallenergie-Verwertung, welche dort, wo Fabrikationsdampf gebraucht wird, die Aufstellung von Kraftmaschinen auch dann wirtschaftlich erscheinen läßt, wenn die Kraft nicht im eigenen Betriebe gebraucht, sondern etwa als elektrische Energie in eine Sammelschiene geleitet wird, kann, sobald die Voraussetzungen mehr administrativer Natur für diese Art des Einsammelns elektrischer Abfallkraft in ein gemeinsames Netz geschaffen sein werden, der Dampfmaschine dort, wo sie durch die Größenordnung und den geringen Dampfverbrauch bei kleineren Einheiten das gegebene Betriebsmittel ist, vermehrte Verwendung finden lassen.

Ganz abgesehen davon aber, daß die Dampfmaschine in der Praxis weiter lebt und weiter leben wird, hat ein Werk wie das vorliegende noch eine große Bedeutung vom erziehlichen Standpunkt aus. Auch wenn in ferner Zukunft wider Erwarten die Dampfmaschine der Vergangenheit angehören sollte, wird das Studium ihrer wärmetechnischen Grundlagen und konstruktiven Einzelheiten unerläßlich sein zur Schaffung tieferen Verständnisses auf allen Gebieten des Maschinenbaues und der Wärmetechnik. Wenn man sohin die Dampfmaschine selbst als sterblich bezeichnet, ein eingehendes und tiefschürfendes Werk über die Dampfmaschine hat für die Maschinentechnik eine unsterbliche Bedeutung; besonders wenn es, wie das vorliegende Werk, von den physikalischen Grundsätzen ausgehend, sowohl theoretisch als auch praktisch, sowohl wärmetechnisch als konstruktiv und betriebstechnisch, in der Gesamtheit wie in technischen Details dem Leser das ganze Gebiet des Dampfmaschinenbaues klar vor Augen führt.

Die Theorie, Berechnung und Konstruktion der

Digitized by Google

Dampfmaschine ist im ersten Band, welcher als allgemeiner Teil bezeichnet ist und auf 992 Seiten 1230 Textabb. enthält, behandelt. Im wärmetechnischen Teil werden die Arbeitsvorgänge auf wärmetheoretischen Grundlagen, die verschiedenen Expansionsarten und die grundlegenden Berechnungsmethoden der Dampfmaschine, ferner die Abdampf- und Aufnehmer-Dampfverwertung für Heiz- und Vorwärmezwecke besprochen. Der konstruktive Teil gibt zunächst die Konstruktions-Grundlagen für die ruhenden Teile der Maschine, beschäftigt sich dann mit der Mechanik des Kurbeltriebes und den Triebwellen, den Steuerungen, Reglern und Kondensationseinrichtungen. Sehr lehrreich werden in diesem Abschnitt die verschiedenen Steuerungen nicht nur dargestellt, sondern in allen ihren Eigenheiten miteinander verglichen. Die Ausführungen über Regler tragen den modernen Anforderungen Rechnung und behandeln auch die Dampfdruckregelung, wie sie für Gegendruck und Zwischendampf-Entnahme ohne und mit Verwendung von Wärmespeichern in Frage kommen. Das Kapitel über Kondensations-Einrichtungen erstreckt sich auch auf die im Stabilmaschinenbau weniger oft vorkommenden Oberflächen-Kondensatoren, jedenfalls unter Berücksichtigung ihrer Wichtigkeit für die Dampfturbine. Es enthalten überhaupt diese sowie viele andere Kapitel wichtige und lehrreiche Hinweise für Konstruktionen, die auch außerhalb des reinen Dampfmaschinenbetriebes liegen. Die Art der Darstellung in kurzen theoretischen Erklärungen mit wenigen, aber gut brauchbaren und einfachen Formeln, insbesonders aber die nur wenigen technischen Schriftstellern gegebene glückliche Stilistik, durch welche die einzelnen Kapitel, auch wenn sie aus dem Gesamtinhalt herausgerissen werden, ein für sich abgeschlossenes Ganzes bilden, erinnern an die Darstellungsweise unseres unvergeßlichen Radinger, was für alle begeisterten und dankbaren Schüler dieses großen Lehrers der Wiener Technik bedeutet, daß hier schwierige und trockene Probleme der Theorie mit großer praktischer Erfahrung vereint, in klarer und interessanter Weise dargestellt sind.

Der zweite Band ist mit „Ausgeführte Konstruktionen" betitelt; er besteht aus einem Textteil und einem Tafelteil mit zusammen 389 Seiten Text, 500 Textabbildungen und 68 lithographischen Tafeln, in welchen von der einfachen, liegenden Einzylinder-Maschine mit Auspuff für kleine Leistung angefangen bis zu den größten Vielfach-Expansionsmaschinen mit Kondensation in liegender und stehender Bauart die verschiedenartigsten Typen ausgeführter Anlagen bildlich dargestellt sind. Die dazugehörigen Erläuterungen, die sich auf die Gesamtanordnungen und auch auf alle einzelnen Details beziehen, sind deshalb besonders lehrreich, weil sie kritisch beleuchten und vielfache vergleichende Untersuchungen über Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit, etc. enthalten.

Der dritte Band beinhaltet Untersuchungen ausgeführter Maschinen-Anlagen in 254 Textseiten, 300 Textabbildungen, 31 Tabellen und 18 lithographischen Tafeln. Hier werden im ersten Abschnitt zunächst Versuchsergebnisse und Indikatordiagramme von verschiedenen Maschinen-Typen besprochen, der zweite Abschnitt ist der Besprechung der Entropie-Diagramme zum Zwecke des Vergleiches der Wärmeausnützung in den wichtigsten Dampfmaschinen-Systemen gewidmet, während der dritte Abschnitt die Resultate von vielen hundert Versuchen an Dampfmaschinen, deren Ziffernmaterial in den 31 Tabellen zusammengestellt ist, enthalten. Es sind hier nicht nur die auf die Maschinen selbst bezughabenden technischen Daten und die Ergebnisse der Versuche (Leistung, Dampfverbrauch, Wärmeverbrauch pro PSiSt, Gütegrad, Wärmeausnützung etc.) angegeben, es finden sich auch wichtige Angaben über die Art des Betriebes, in welchem die Maschine arbeitet, die Namen der Erzeuger, das Baujahr und viele andere wissenswerte Angaben vor. Überdies sind die Quellen, denen die betreffenden Berichte entstammen, auch noch angeführt, so daß man in der Lage ist, auch weitere Details zu finden. Der vierte Abschnitt des dritten Bandes enthält dann noch Zahlentafeln nach den Mollierschen Dampftabellen und Diagramme und schließlich ein Sachverzeichnis für alle drei Bände.

Die Gesamtausstattung ist die bekannt gute des Springerschen Verlages. Das Buch selbst stellt eine wertvolle Bereicherung jeder Bibliothek auf dem Gebiete der Maschinentechnik dar, denn es enthält ein in dieser Vollständigkeit wohl bisher noch nirgends aufgenommenes Datenmaterial. Das Studium jedes einzelnen Kapitels dieses Werkes bereichert in hohem Maße die Kenntnisse desjenigen, der es liest, und bei der großen Reichhaltigkeit wird auch der Fachmann auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues vieles darin finden, was für ihn von großem Werte ist.

Oberbaurat Ing. Gerbel.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Import von elektrotechnischen Produkten nach Rußland im Jahre 1926/27. In einer Reihe von russischen Zeitschriften und im besonderen in der „Elektritschestwo" sind regelmäßig Angaben über den Stand des Importes von elektrotechnischen Produkten nach Rußland veröffentlicht worden. Diese Angaben sind nicht nur an sich selbst interessant, sondern geben auch einen Einblick in die gesamten wirtschaftlichen Verhältnisse des heutigen Rußland. Der Import von elektrotechnischen Produkten nach Rußland hängt unmittelbar von der Zweckmäßigkeit und Intensivität der Durchführung des vielbesprochenen und schon seit langen Jahren proklamierten Planes der Gesamtelektrifizierung Rußlands ab[1]).

Der gesamte Import elektrotechnischer Produkte wird auf Grund der neuesten Verordnungen ausschließlich durch die Vermittlung der Aktiengesellschaft „Elektro-Import" besorgt, welche faktisch, wie der größte Teil russischer Unternehmungen, eine Schöpfung des Staates ist und von dem All-Russischen Wirtschaftsrate und dem Handelskommissariat abhängig ist. Außerdem befindet sich ein großer Teil der Aktien in den Händen einer Anzahl staatlicher Trusts, welche gleichzeitig den Einkauf der Vertriebsgegenstände durch ihre Vermittlung besorgen. Die Gesellschaft besitzt ein Importmonopol. Im Jahre 1926/27 wurden nach Rußland für zirka 9·5 Mill. Rubel elektrische Maschinen mit einem Gewichte von zirka 7000 t eingeführt[2]). Die Tabelle 1 gibt Aufschluß über die Verteilung der Importquote auf die verschiedenen Maschinengattungen.

Tabelle I.
Import von elektrischen Maschinen.

Warengattung (Stückgewicht)	Tonnen	1000 R.
Dynamos, Elektromotoren bis 10 kg	27·0	206·2
10 bis 100 kg	492·7	897·5
über 100 kg	5888·7	7789·3
Generatoren zur Kupplung mit Turbinen bis 10 000 kW	268·2	399·2
über 10 000 kW	89·5	143·5
Kleinmaschinen	10·2	65·0
Total . . .	6776·3	9500·7

Im Jahre 1913 wurden nach Rußland elektrische Maschinen eingeführt für 9·725 Mill. Rubel bei einem Gewichte von 6400 t. Auffällig ist die Erhöhung der Einfuhr von Maschinen mittlerer Leistung, die für die Erneuerung und Erweiterung der vorhandenen Industrien, hauptsächlich der Textilindustrie, benötigt werden, und die Abnahme der Einfuhr von Großmaschinen und von Artikeln des Allgemeinbedarfes, wie Bohrmaschinen, Ventilatoren, Staubsauger usw., zufolge der Kapitalschwäche der Bevölkerung. Der Import wird also hauptsächlich auf Rechnung der staatlichen Unternehmungen durchgeführt. Die staatlichen Trusts bemühen sich, große Maschinen selbst auszuführen, daher die geringere Einfuhr. Nennenswert ist die Lieferung von Generatoren für das Kraftwerk Wolchowstroi[3]).

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 58; Das El.-Werk S. 30, 66, 74, 125; 1927, Das El.-Werk S. 58.

[2]) Einige Angaben über den Import i. J. 1925/26 sind in E. u. M. 1927, S. 700 enthalten.

[3]) Vgl. E. u. M., Das El.-Werk, 1927, S. 58.

Digitized by Google

Die Tabelle II enthält Daten über die Einfuhr von Transformatoren.

Tabelle II.
Einfuhr von Transformatoren.

Stück- Gewicht	Tonnen	1000 R.
bis 300 kg	134·6	328·4
300 bis 5000 kg	1033·3	1479·1
über 5000 kg	385·8	621·5
über 5000 kg und über 66 kV	437·9	572·6
Total . . .	1991·6	3001·6

Die Einfuhr hat sich also im Gewicht um 58 vH und im Werte um 52 vH vergrößert. Es wurden im Jahre 1926/27 Transformatoren von einer Totalleistung von 280 000 kVA eingeführt gegenüber 133 000 kVA im Jahre 1925/26. Der Import von elektrischen Maschinen, Transformatoren und Reserveteile machte somit (einschließlich Reserveteile) i. J. 1926/27 8876 t bei 12·815 Mill. Rubel aus, gegen 7372 t und 11·233 Mill. Rubel i. J. 1913.

Groß ist auch die Einfuhr von Schaltapparaturen. Im Jahre 1926/27 wurden 2514·9 t Ölschalter, Trennschalter, Schaltfelder, Rheostate, Reklameschalter, Kontroller, usw. für 6·766 Mill. Rubel eingeführt, gegenüber 1454 t und 4·981 Mill. Rubel im Jahre 1925/26. Klein ist dagegen die Einfuhr von Hochspannungsapparaturen, und zwar solchen über 66 kV, nämlich 51·6 t für 561 000 Rubel. Beachtenswert sind die Zahlen der Einfuhr von elektrischen Leitungen aller Arten und von elektrischen Glühlampen:

Tabelle III.
Einfuhr von elektrischen Leitungen, Kabel und isolierten Drähten.

Warengattung	Tonnen	1000 R.
Isolierte Drähte aller Art . . .	5·0	38·0
Kabel	152·0	128·0
Kupferdrähte, baumwollumsponnen und gummiisoliert .	91·0	183·0
Total . . .	248·0	349·0

Tabelle IV.
Einfuhr von elektrischen Glühlampen.

Warengattung	Tonnen	1000 R.
Glühlampen	15·0	151·9
Speziallampen	0·5	27·5
Total . . .	15·5	179·4

Der auffällig sinkende Import an Kabeln und Glühlampen ist auf die ständig wachsende Inlandsfabrikation zurückzuführen, die für Glühlampen im Jahre 1926/27 14·5 Mill. Stück gegenüber 2·859 Mill. im Jahre 1913 betrug.

Elektrische Armaturen, Sicherungen usw. wurden im Jahre 1926/27 für 363 900 Rubel bei 283·4 t eingeführt (im Jahre 1925/26 1274 t, 1·570 Mill. Rubel), was neuerdings zeigt, daß der Bedarf der Bevölkerung an elektrotechnischen Artikeln in keiner Weise durch die Einfuhr gedeckt wird. Die Inlandsfabrikation dieser Artikel weist in den letzten Jahren keine großen Fortschritte auf. An elektrotechnischem Porzellan wurden im Jahre 1926/27 210·3 t für 1·824 Mill. Rubel eingeführt, an Kohlenprodukten, wie Elektroden und Kohlenbürsten, 488 t für 220 000 Rubel. Um das Gesamtbild über die Einfuhr von elektrotechnischen Produkten nach Rußland im Jahre 1926/27 zu vervollständigen, sind nachstehend noch die übrigen wichtigen Warengattungen angeführt: Bogenlampen, Elektrokocher, Schweißgruppen, Elektro-Öfen, Akkumulatorenwagen, elektrische Lokomotiven, elektromedizinische Apparatur, Isoliermaterial (Bakelit, Papier usw.) 1107·9 t für 1·474 Mill. Rubel; Akkumulatoren (meistens schwedischer Provenienz) 91·2 t für 3·888 Mill. Rubel; Schwachstromapparaturen, wie Telephon- und Telegraphenapparate, Radioapparate mit Zubehör, Röntgenrohre usw. 38·1 t für 780 000 Rubel, Meßinstrumente 97·7 t für 1·294 Mill. Rubel. In den letzterwähnten Zahlen sind zirka 48 000 Zähler und zirka 6800 eigentliche Meßinstrumente inbegriffen.

Total wurden eingeführt nach Rußland im Jahre 1926/27: Elektrotechnische Produkte 13 971 t für zirka 24·915 Mill. Rubel.

Bemerkenswert ist, daß, obwohl das Gewicht der importierten Waren um 73 vH gestiegen ist, sich der Preis um nur 46 vH erhöht hat. Dieser Umstand scheint zu beweisen, daß in dem letzten Wirtschaftsjahre auch billige Waren, welche sonst im Lande selbst fabriziert wurden, aus dem Auslande eingeführt werden mußten. Die Tabelle V gibt einen Überblick über den prozentualen Anteil von diversen Warengattungen an der Gesamteinfuhr und Tabelle VI über die Verteilung des Exports zwischen den verschiedenen interessierten Ländern.

Tabelle V.
Einfuhr von elektrotechnischen Produkten in vH.

Warengattung	vH
Elektrische Maschinen, Transformatoren und Apparate	78·0
Kabel	1·4
Glühlampen	0·7
Schwachstromapparatur und Meßinstrumente . .	8·3
Diverses	11·6
Total . . .	100·0

Tabelle VI.
Export von elektrischen Produkten nach Rußland aus verschiedenen Ländern in vH.

Warengattung	Diverse	Schweden	Österr.	England	Deutschl.	Italien	Ver. St.	Frankr.
Elektr. Maschinen	3·0	11·0	3·8	7·4	67·0	2·3	3·0	2·5
Transformatoren .	—	17·7	0·6	15·7	52·0	—	13·0	1·0
Apparate	7·1	8·0	0·7	10·5	71·0	0·4	5·0	5·8
Schwachstromapparatur u. Meßinstrumente . .	12·5	0·2	0·4	24·0	57·5	—	5·1	0·3
Diverses	3·6	7·5	2·2	9·7	70·0	—	5·8	1·2
Im Mittel . . .	2·9	9·4	2·1	10·1	65·5	1·0	5·8	3·2

Als Vergleich mit dem Jahre 1925/26 sei erwähnt, daß die Anteile Deutschlands 49·5 vH, Englands 12·8 vH und Schwedens 13·5 vH waren.

N. Kotschubey, Baden (Schweiz).

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	10. IX. 1928	12. IX. 1928	14. IX. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	140	140	140

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	83—89	83—89	85—92

Londoner Börse.
(Nach „Mining Journal" vom 14. September 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	69	0	0	69	10	0
Wire bars	69	10	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	63	1	3	63	2	6
Standard { 3 Monate .	63	11	3	63	12	6
Zinn:						
Engl. Ingots	211	0	0	211	10	0
Standard { Kassa . .	211	17	6	212	2	6
Standard { 3 Monate .	210	10	0	210	15	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	8	9	24	13	9
Remelted	24	15	0	—	—	—
English Swansea .	24	18	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 10 sh/Pf. 16 15 sh p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 30. September 1928 | Heft 40

Lichtbogenüberschläge mit hoher Leistung an Freileitungs-Isolatoren.

Von Dr.-Ing. K. **Draeger**, Selb i. Bayern[1]).

Übersicht: Die Ursache von Isolatorenschäden an modernen Leitungen mit einwandfreien Isolatoren wird angegeben, wobei auf Grund einer großen Anzahl untersuchter, im Betrieb beschädigter Isolatoren die Schäden durch Lichtbogenüberschläge als vorherrschend erkannt werden.

Die Ursachen der Lichtbogenüberschläge im Betrieb werden beschrieben, wobei Lichtbogenüberschläge infolge Verschmutzung am häufigsten sind. Versuche über Lichtbogenüberschläge mit betriebsmäßigen Leistungen an Stabisolatoren, Massiv-Stützenisolatoren, Motorisolatoren mit Metallschirmen und 2 keramischen Schirmen und schließlich an Kettenisolatoren werden mitgeteilt. Ausschlaggebend für die Art und Größe der Beschädigungen ist die Form der verwendeten Metallkappen. Eine lichtbogensichere Kappenkonstruktion wird auf Grund der Versuche angegeben, ferner Überwürfe über Isolatoren mit ungünstigen Kappen, die bereits eingebaut sind.

Bis vor einigen Jahren stellte man an die Freileitungsisolatoren als erste Anforderung die Forderung einer möglichst hohen Durchschlagsspannung. Erst infolge der hohen mechanischen Beanspruchung, die beim Übergang zum Weitspannsystem sowie vor allen Dingen auch durch Verwendung eines mechanisch hochwertigen Leitungsseiles die Isolatoren auszuhalten haben, kam dazu die Forderung nach einer möglichst hohen Zerreißfestigkeit und vor allen Dingen einer möglichst hohen Belastungsfähigkeit bei gleichzeitiger elektrischer und mechanischer Beanspruchung.

In den letzten Jahren haben wir systematisch alle Isolatorendefekte gründlich untersucht, wobei uns die Elektrizitätswerke in dankenswerter Weise wesentlich unterstützt haben. Dabei stellte es sich überraschenderweise heraus, daß Durchschläge infolge rein elektrischer Ursachen nur in einigen wenigen Fällen möglich erschienen, aber auch hier nicht einwandfrei nachzuweisen waren. Wenn man bedenkt, daß die Durchschlagsspannung der Isolatoren weit über der Überschlagsspannung liegt und weiter bedenkt, daß auch bei Wanderwellen mit steiler Stirn die praktisch mögliche Durchschlagsbeanspruchung bei einem einwandfreien Isolator immer noch wesentlich unter der Durchschlagsspannung liegt, so ist dies allerdings nicht weiter verwunderlich. Eine Erhöhung der Durchschlagsspannung ist daher praktisch völlig bedeutungslos, abgesehen davon, daß die einwandfreie Feststellung der Durchschlagsspannung sehr schwierig ist, und man durch eine geeignete Versuchsanordnung bei einem wirklich schlechten Isolator eine viel höhere Durchschlagsspannung herausholen kann als bei einem guten Isolator mit einer anderen Anordnung. Die zahlreichen Durchschläge infolge ungeeigneten Kittes kann man ja nicht als Folge einer zu geringen Durchschlagsspannung hinstellen. Selbst bei direkten Blitzschlägen wird meistens lediglich der Isolator äußerlich beschädigt, während ein Durchschlag im Kopf durch den Scherben hindurch nicht stattfindet (Abb. 1). Die vorkommenden Isolatorendefekte verteilen sich nun folgendermaßen (immer solche Defekte abgerechnet, die auf schlechte Konstruktion, Porosität usw. zurückzuführen

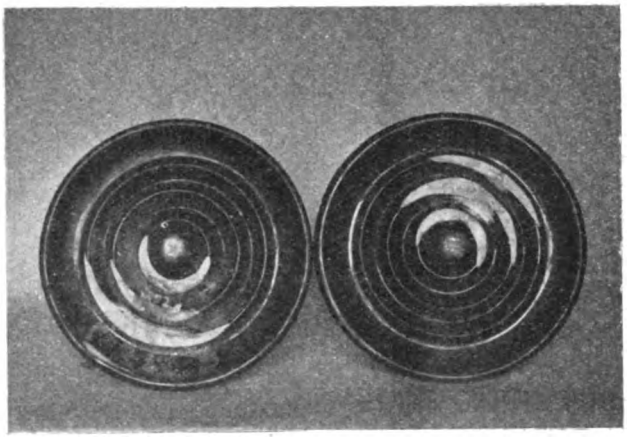


Abb. 1. Durch direkten Blitzschlag wenig beschädigte Kegelkopfisolatoren. (Die Isolatoren waren elektrisch und mechanisch noch einwandfrei.)

sind[2]): Zunächst gibt es einen geringen Prozentsatz, bei dem die Ursache des Versagens schwer nachzuweisen ist. Es sind dies Fälle, die man unter Umständen auch auf einen elektrischen Durchschlag infolge Materialfehler zurückführen kann. Allerdings ist infolge des starken Stromdurchganges der Isolator meistens so stark zertrümmert, daß die eigentliche Durchschlagsursache nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Trotz der heute sorgfältig ausgearbeiteten Prüfbedingungen besteht immer noch die Möglichkeit, daß ein, wenn auch geringer, Prozentsatz der Isolatoren eingebaut wird, der gerade noch die Prüfung ausgehalten hat, bei dauernder Beanspruchung aber durchschlagen wird. Besonders dürfte dies bei dickscherbigen Isolatoren

[1]) Fachbericht der diesjährigen Verbandstagung des VDE in Berlin, 18./19. Juni 1928.

[2]) K. Draeger, ETZ, 1926, S. 1079. — Rosenthal-Mitt., Heft 8 (mit Literaturverzeichnis).

Digitized by Google

der Fall sein, bei denen der Überschlagsweg nur wenig größer als der Durchschlagsweg ist, so daß sogar bei großen Luftschlieren im Innern selbst bei Gleichstromstoßspannung kein Durchschlag erfolgt. Bei einem, allerdings sehr geringen, Teil der Stützenisolatoren dürfte also das Versagen auf den Durchschlag der schon fehlerhaften Isolatoren zurückzuführen sein. Die Durchschläge treten bekanntlich bei Gewittern auf. Es dürfte sich aber trotzdem, abgesehen von den Durchschlägen an fehlerhaften Konstruktionen, nicht um rein elektrische Durchschläge handeln, sondern, besonders bei dickscherbigen Isolatoren, um eine Zertrümmerung des Scherbens infolge Auslösens innerer Spannungen. Bei Gewittern treten bekanntlich auch die größten Temperaturstürze auf. Die Erfahrungen an den dickscherbigen Isolatoren sind jedoch noch zu kurz, um etwas Bestimmtes hierüber aussagen zu können.

Bei kittlosen Hängeisolatoren ist mir bisher kein einziger Fall bekannt geworden, bei dem ein

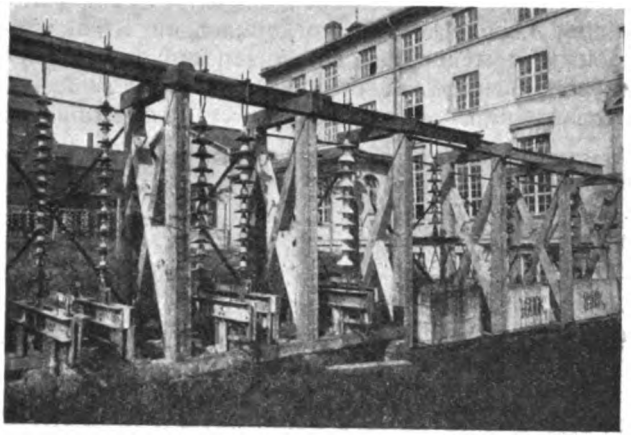


Abb. 2. Freiluftversuchsanlage zur Feststellung der Dauerlast an Isolatoren.

rein elektrischer Durchschlag auch nur vermutet werden konnte.

Weitere, allerdings zunächst nur theoretische Defekte sind möglich durch übermäßige mechanische Beanspruchung derart, daß sich Risse im Porzellan bilden, durch die dann der Durchschlag erfolgt. Keinesfalls aber dürfte sich der Vorgang so abspielen, daß die Durchschlagsfestigkeit, also die spezifische Durchschlagsspannung, durch die mechanische Belastung herabgesetzt würde. Ich sagte vorhin, daß diese Defekte glücklicherweise nur in der Theorie bestehen, und tatsächlich ist mir auch bisher noch kein Fall bekannt geworden. Immerhin möchte ich davor warnen, auf Grund der auf das doppelte bis dreifache gesteigerten mechanischen und elektromechanischen Festigkeit, die Beanspruchung immer höher, die Porzellanhöhe der verwendeten Isolatoren immer niedriger zu wählen. Die vom VDE festgesetzten Bestimmungen stellen meiner Ansicht nach das Alleräußerste dar, denn man vergißt häufig den großen Unterschied zwischen der Dauerbelastung, das heißt der jahrzehntelangen Belastung, und der immer doch nur stundenweisen Belastung im Prüffeld. Wirklichen Aufschluß über die Bewährung kann nur die praktische Erfahrung geben. Das Risiko, wichtige Leitungen mit kleinen Isolatoren auszubauen, erscheint mir aber zu groß gegenüber der geringen Kostenersparnis, die man dabei macht. Man darf nicht vergessen, daß die wesentlichen Verbesserungen der Isolatoren, die aus den Prüfergebnissen hervorgehen, weniger auf die Verbesserung des Porzellanmaterials als auf die Verbesserung der Zwischenlagen zurückzuführen sind, und daß alle Zwischenlagen im Laufe der Zeit an Wirksamkeit wesentlich einbüßen. Wir sind daher auch stets so vorgegangen, daß wir die einzelnen Typen zunächst ohne jede Zwischenlage entwickelt haben, wobei angestrebt wurde, daß diese — man möchte sagen primitiven Isolatoren — mit Sicherheit die Leitungsbelastung aushalten, während die Zwischenlagen mehr oder weniger nur zur Erreichung guter Abnahmeergebnisse dienen. Es scheint sogar, als ob die Kurve der zulässigen Belastung über der Zeit bei allen Isolatoren mit gleichen Porzellanabmessungen, aber verschiedenen Zwischenlagen sich demselben Endwert nähere, auch wenn die Werte bei kurzzeitiger Belastung wesentlich voneinander verschieden sind; so ist bei den älteren Isolatorenkonstruktionen mit niedriger Bruchlast die Differenz zwischen Bruchlast und Durchschlagsbelastung wesentlich geringer als bei den modernen Konstruktionen mit übermäßig gesteigerten Bruchlasten. Tatsächlich haben sich unsere ersten kittlosen Kegelkopfisolatoren, trotzdem sie wesentlich schwächer als die heutigen Kegelkopfisolatoren waren, praktisch ausgezeichnet bewährt. Würde man die gleichen Isolatoren mit den heute üblichen Zwischenlagen versehen, so würden die Prüfwerte um mehr als das Doppelte steigen, ohne daß wahrscheinlich die Dauerbelastbarkeit wesentlich dadurch erhöht würde. Ich will damit nur sagen, daß es bedenklich ist, auf Grund der früher nicht für möglich gehaltenen guten Prüffeldergebnisse die Beanspruchung der Isolatoren entsprechend höher zu wählen. Man sollte vielmehr die wohl in jeder Porzellanfabrik in größtem Maße durchgeführten Dauerbelastungsergebnisse (Abb. 2) abwarten, wobei allerdings das vielfach übliche abgekürzte Prüfverfahren nicht immer einwandfrei ist, denn neben der eigentlichen mechanischen Belastung muß auch der Einfluß der atmosphärischen Einwirkungen, der Temperaturschwankungen usw. auf das Ausgußmaterial bzw. die elastischen Zwischenlagen berücksichtigt werden.

Wir kommen nun zu den Isolatorendefekten, die in den letzten Jahren den Hauptteil aller Zerstörungen ausmachen, das sind die Überschläge. Daß es früher zu weniger Überschlägen kam, lag darin, daß vor Erreichung der Überschlagsspannung die durch die Treibwirkung des Zementes schon beschädigten Isolatoren bei geringen Überspannungen durchschlugen. Trat jedoch einmal ein Überschlag ein, so hinterließ er vielfach wegen des geringen Erdschluß- bzw.

Digitized by Google

Kurzschlußstromes keine größeren Spuren. Bei der heutigen Vermaschung der Netze ist dies bekanntlich anders geworden, so daß man sagen kann, daß heute die Überschlagsfrage die wichtigste Frage im Freileitungsbau ist. Man kann zwar die Leitungen so hoch isolieren, daß Überschläge unmöglich sind, aber es darf keineswegs die Freileitung für sich allein betrachtet werden, sondern es muß Rücksicht auf die angeschlossenen Stationen genommen werden, deren Isolation nicht niedriger sein darf als die der Freileitungen. Der elektrische Überschlag der Isolatoren ist daher auch bei modernsten Leitungen nicht zu vermeiden.

Die Isolatoren-Industrie ist also gezwungen, entweder lichtbogensicheres Material zu verwenden oder Konstruktionen zu schaffen, die den

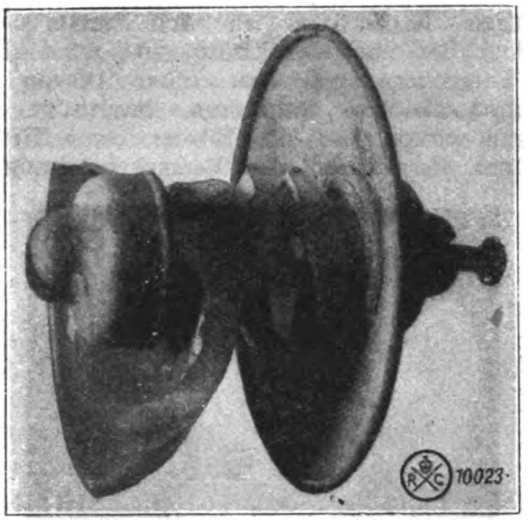


Abb. 3. Zerstörungen an einem verschmutzten Isolator infolge starker Oberflächenströme.

Lichtbogen vom Isoliermaterial fernhalten. Ein vollständig lichtbogensicheres Material (bei örtlichen Erwärmungen auf mehrere 1000 Grad) gibt es nun nicht, obwohl je nach der Zusammensetzung der keramischen Massen große Differenzen vorhanden sind. Es muß daher der zweite Weg beschritten werden, die Isolatoren so zu konstruieren, daß der Lichtbogen sich nicht am Porzellan festsetzen kann.

Bei näherer Untersuchung der Lichtbogenüberschläge ergibt sich, daß hierfür mehrere Ursachen[3]) in Betracht kommen, und zwar: 1. Überschlag an verschmutzten Isolatoren bei Betriebsspannung (Abb. 3). 2. Überschlag an unverschmutzten Isolatoren, eingeleitet durch Überspannungen (Abb. 4). 3. Überschlag an unverschmutzten Isolatoren, bei Überbrückung der Isolatoren durch Fremdkörper (Abb. 5). 4. Direkte Blitzschläge (Abb. 6). Die Überschläge infolge verschmutzter Isolatoren sind nun zahlreicher, als man im allgemeinen bisher annahm. Die Leitungen brauchen durchaus nicht an chemischen Fabriken, Kohlengruben usw. vorbeizuführen, sondern es genügt auch die Verschmutzung durch Ackerstaub, der durch den Wind gegen die Isolatoren

[3]) K. Draeger, ETZ 1928, S. 785.

getrieben wird und sich festsetzt. Ferner ist nicht der Regen besonders gefährlich, sondern vor allen Dingen feiner Nebel und feuchte Niederschläge

Abb. 4. Die Wirkung eines durch Überspannungen hervorgerufenen Überschlages an einem unverschmutzten Isolator.

auf der Isolatorenoberfläche, die besonders dann entstehen, wenn die Temperatur in der Nähe des Nullpunktes liegt. Der Regen ist dagegen nicht gefährlich, sondern im Gegenteil sehr erwünscht, da er die Isolatoren säubert.

Wollte man bei den Untersuchungen diesen häufig vorkommenden Fall von Nebel und Ver-

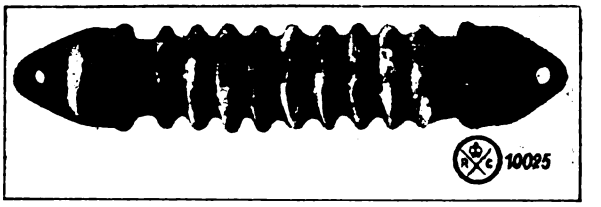


Abb. 5. Beschädigter Stab-Abspannisolator. Der Lichtbogen wurde durch Stare eingeleitet.

schmutzung nachahmen, so zeigt sich die unangenehme Tatsache, daß die im Prüffeld erhaltenen Ergebnisse ohne großen Wert sind, da man die praktisch auftretenden Leistungen bei den Überschlägen im normalen Hochspannungsprüffeld nicht her-

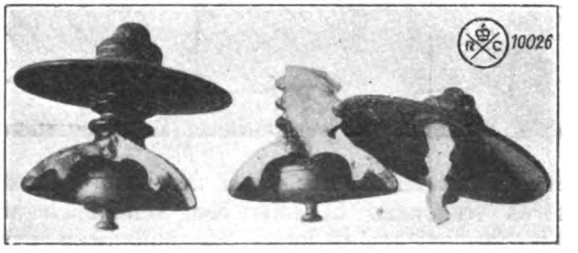


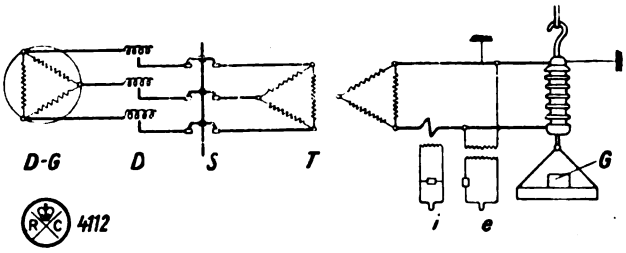
Abb. 6. Durch direkten Blitzschlag beschädigte Isolatoren aus einer noch nicht in Betrieb gesetzten Leitung.

stellen kann. Die Versuche über die Lichtbogenwirkung wurden daher im Hochstromprüffeld der AEG angestellt, wobei Kurzschlußleistungen bis 22 000 kVA und Kurzschlußströme von 1200 A erreicht wurden, während die Kurzschlußspannung 15 000 bis 17 000 V betrug.

Digitized by Google

Besonders schwierig ist die Einleitung des Lichtbogens, da hierdurch die Ergebnisse zweifellos wesentlich beeinflußt werden. Die Einleitung durch einen dünnen Kupferdraht, der sofort wegbrennt, gibt den Überschlag durch Überspannungen bzw. Überbrückung durch Fremdkörper gut wieder. Während der Überschlag an verschmutzten Isolatoren anfänglich durch einen Graphitanstrich nachgeahmt wurde, wurde später ein dünner Kupferdraht möglichst dicht an der Oberfläche entlang gespannt.

Die Anordnung zeigt Abb. 7: Strom- und Spannung wurden durch Oszillographen gemessen; die



D-G Drehstromgenerator
D Drosselspulen
S Vorschalter
T Transformator 1:4·4
G Gewicht (1000 kg)
i, e Oszillograph

Abb. 7. Schaltbild zu den Lichtbogenversuchen.

Beobachtung geschah direkt, war aber wegen der großen Lichtstärke sowie der schnell verlaufenden Vorgänge fast wertlos. Viel größeren Einblick in die Überschlagsvorgänge gewähren die Oszillogramme, sowie die Film- und Zeitlupenaufnahmen, die bei diesen Versuchen zum ersten Male bei Überschlägen mit hoher Leistung verwendet wurden.

Zunächst wurden Bahnisolatoren untersucht, bei denen die Überschlagsfrage besonders wichtig ist. Die Überschläge werden hier in der Hauptsache an den berußten Isolatoren durch

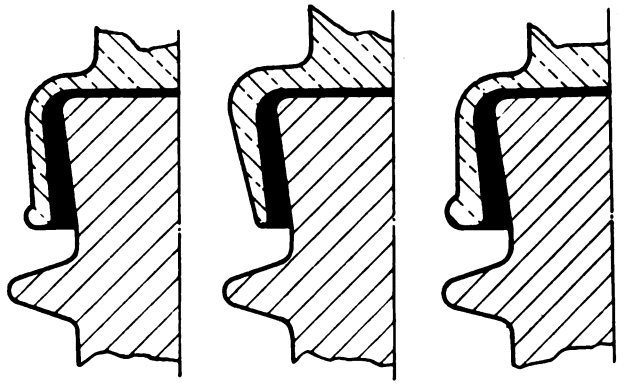


Abb. 8. Isolatoren mit verschiedener Kappenausbildung.

Nebel, ferner durch Abblasen der unter den Isolatoren stehenden Lokomotiven, schließlich aber auch durch Überbrückung der Isolatoren durch große Vögel, besonders Stare, eingeleitet. Prüffeldversuche an unverschmutzten Isolatoren dürften also hier vollkommen wertlos sein. Schon der erste Versuch zeigte einen ausschlaggebenden Einfluß der Kappenform. Untersucht wurden zunächst Kappenformen nach Abb. 8. Es stellte sich heraus, daß die rechts gezeichnete Kappe am ungünstigsten ist, die mittlere am günstigsten. Es überrascht zunächst, weil man auf Grund von Prüffeldversuchen mit geringer Leistung der wulstförmigen Rand als besonders günstig anzusehen gewohnt ist, ja sogar versucht hat, durch Kugeln die Lichtbogenwirkung herabzusetzen. Man muß aber immer davon ausgehen, daß praktisch der Überschlag auf jeden Fall zunächst am Porzellan ansetzt, während dies im Prüffeld bei den sorgfältig gesäuberten Isolatoren nicht immer der Fall ist. Es ist nun erforderlich, den zunächst am Porzellan klebenden Lichtbogen möglichst bald wegzubringen. Es ist selbstverständlich, daß der Lichtbogen sich bei der wulstförmigen Kappe bzw. bei Kugeln an diesem Wulst oder Kugeln festsetzen wird, also dauernd verhältnismäßig nahe am Porzellan bleibt und dieses sehr bald zerstört. Dagegen wird durch die Formgebung der mittleren Kappe das an sich schon vorhandene Bestreben des Lichtbogens, seine Länge zu vergrößern und vor allen Dingen die Stromschleife zu vergrößern, begünstigt. Die Kappen wirken wie die Hörner eines Hörnerschutzes. Es war bei den Versuchen unmöglich,

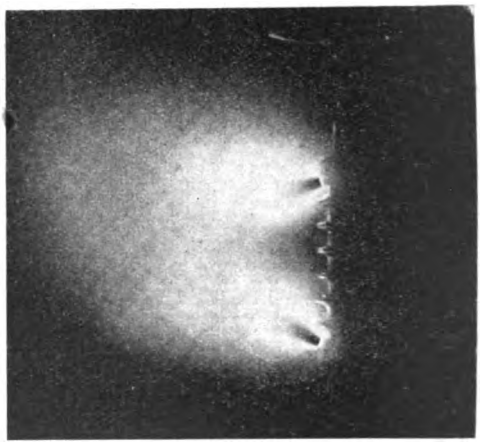


Abb. 9. Lichtbogenüberschlag an einem Stabisolator mit abgedrehten Kappen. (Lichtbogensichere Konstruktion.)

einen Isolator mit den günstig abgedrehten Kappen zu zertrümmern, während bei den rechts gezeichneten Kappen mehr als die Hälfte zu Bruch ging. Abb. 9 zeigt den Lichtbogenüberschlag an einem Isolator mit abgedrehten Kappen. Man erkennt deutlich, daß der Lichtbogen zuerst an der Kappenspitze angreift und dann sofort an die Seiten der Kappe übergesprungen ist. Abb. 10 zeigt eine Zusammenstellung der untersuchten Isolatoren, wobei die drei rechts aufgestellten Isolatoren verhältnismäßig günstige Kappenformen besitzen.

Um dieses außerordentliche wichtige Ergebnis auch auf bereits eingebaute Isolatoren anzuwenden, wurden Kappenüberwürfe nach Abb. 11 konstruiert, die zweiteilig ausgebildet sind und ohne Schwierigkeiten über bereits eingebauten Isolatoren angebracht werden können. Hierbei ergaben sich wiederum unvorhergesehene Schwierigkeiten, da der Schmelzpunkt des zu den Kappen verwendeten Kupfers zu niedrig war und der

Digitized by Google

Lichtbogen statt wegzublasen sich gerade festfraß. Es muß also ein Material mit hohem Schmelzpunkt verwendet werden. Am geeignetsten scheint Temperguß oder Schmiedeeisen zu sein. Trotz des ungünstigen Materials ließ sich

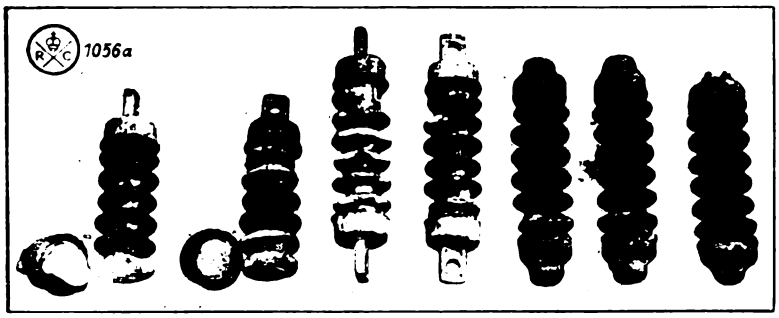


Abb. 10. Zusammenstellung von untersuchten Stabisolatoren.

jedoch auch aus diesen Versuchen einiges entnehmen: Ungünstig war der Überwurf, der direkt an den vorspringenden Rippen anlag, während die Form nach Abb. 11a am geeignetsten war. Abb. 12 zeigt nochmals die verwendeten Formen nach den Versuchen in Gegenüberstellung.

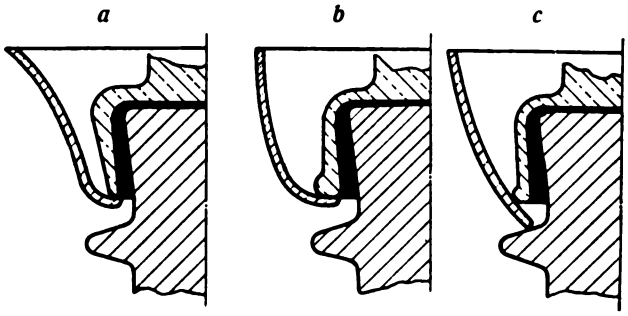


Abb. 11. Überwürfe zur Anbringung an bereits eingebauten Isolatoren mit ungünstiger Kappenform.

Ein gesetzmäßiger Einfluß der Kurzschlußleistung wurde bei den Versuchen zwischen etwa 7000 und 20000 kVA nicht gefunden, während sich als kritische Stromstärke für die Stabisolatoren eine Stromstärke von etwa 700 A ergab. Sämtliche größere Beschädigungen

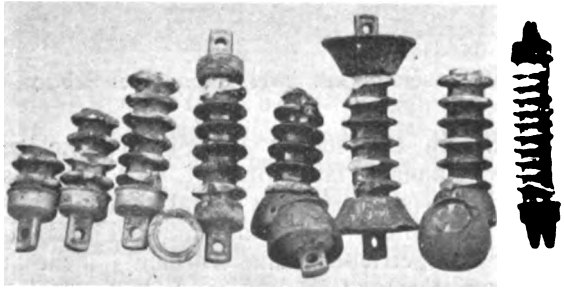


Abb. 12. Stabisolatoren mit verschiedener Kappenausbildung und Überwürfen nach den Lichtbogenversuchen.

traten nach etwa 2 Sekunden ein, während bei längerer Kurzschlußdauer der Lichtbogen vom Isolator wegwanderte und dabei sehr große Längen annahm. Andererseits scheint aber auch bei Kurzschlußleistungen von 20000 kVA die Erwärmung während der ersten Sekunde selbst bei Berühren des Porzellankörpers nicht so groß zu sein, daß dann schon ernstliche Beschädigungen vorkommen können.

Untersuchungen an Stützenisolatoren (Abb. 13) führten zu keinem Ergebnis, da stets schon nach kurzer Zeit die Zuführungsleitung abbrannte. Allerdings wurden nur Massivstützenisolatoren untersucht, bei denen die Stütze nicht in den Porzellankörper hineinragte. Bei Deltaglocken wird wahrscheinlich die untere Hülse sehr bald wegspringen, wie es auch im Betrieb beobachtet wird.

Von besonderem Interesse sind Untersuchungen an Motorisolatoren[4]). Ich habe schon hervorgehoben, daß die Durchschlagsfrage bei den Störungen augenscheinlich eine wesentlich geringere Rolle als die Überschlagsfrage spielt. Leider wurde dies bei Einführung der Motorisolatoren nicht genügend beachtet. Vielmehr stand man allgemein auf dem Standpunkt, daß der Sicherheitsgrad bei Verwendung von Motorisolatoren wegen ihrer Durchschlagssicherheit geringer sein dürfte als bei den üblichen Hängeisolatoren. Die Folge davon ist natürlich, daß Überschläge an Motorketten viel häufiger sind

Abb. 13. Lichtbogenüberschlag an einem Massivstützenisolator. (Kupferseil brennt sofort ab.)

als an Kappenketten, dabei selbstverständlich auch die Störungen. Nachdem die Wichtigkeit der Überschlagsfrage geklärt ist und die mit Motorisolatoren ausgerüsteten Leitungen ebenso hoch isoliert werden wie die mit Kappenisolatoren, dürften auch die Überschlagsstörungen bei den Motorisolatoren in demselben Verhältnis abnehmen.

Viel umstritten ist die Verwendung von Metallschirm- und Doppelschirmisolatoren. Die Störungen an ersteren sind

[4]) Vgl. N. Störmer, E. u. M. 1927, S. 206.

Digitized by Google

in Deutschland häufiger als in der Schweiz. Die Lichtbogenversuche ergaben aber nun überraschenderweise, daß der Metallschirmisolator sich wesentlich günstiger verhält als der Doppelschirmisolator, bei dem schon bald beide Schirme abplatzten, während der Metallschirmisolator nur ganz geringe Beschädigungen erlitt. Die Ursache ist sehr einfach die, daß bei Metallschirmisolatoren der Lichtbogen nach dem Schirmrand wandert, während er bei Doppelschirmisolatoren zur Kappe muß, dabei also den Porzellanschirm berührt und übermäßig erwärmt. Trotzdem kommen im Betrieb häufiger Lichtbogenbeschädigungen an Metallschirmisolatoren vor. Dies liegt lediglich wieder daran, daß bei Verschmutzung die Überschlagsspannung bei Doppelschirmisolatoren viel weniger absinkt als bei Metallschirmisolatoren, so daß Überschläge an ersteren viel seltener sind. Setzt jedoch einmal ein Überschlag ein, so ist der Doppelschirmisolator dem Metallschirmisolator unterlegen. Dadurch erklären sich die guten Erfahrungen, die man in der Schweiz mit der dort üblichen sauberen Isolatorenoberfläche bei Metallschirmisolatoren gemacht hat. Daraus ergibt sich also die Forderung, in Gegenden mit mehr oder wenig großer Verschmutzung nach Möglichkeit nur Doppelschirmisolatoren zu verwenden, in sauberen Gegenden jedoch kann man ohne Bedenken Metallschirmisolatoren einbauen. Nur möchte ich darauf aufmerksam machen, daß bei Verwendung von Einzelgliedern wiederum die Metallschirmisolatoren unterlegen sind, und zwar dadurch, daß die Schlagweite zwischen den Polen zu klein wird. Der Zwischenraum wird sehr leicht überbrückt, besonders bei wagrecht hängenden Isolatoren, so daß Lichtbogenüberschläge selbst bei sauberen Isolatoren häufiger sind als bei Doppelschirmisolatoren, bei denen eine völlige Überbrückung niemals eintreten kann.

Wie schon erwähnt, ergeben die Oszillogramme den besten Aufschluß über die Art der Lichtbogenbildung und den Verlauf des Lichtbogens. In Abb. 14 und 15 sind zwei Oszillogramme wiedergegeben, von denen das erstere bei einem Überschlag an einem Motorisolator mit Metallschirm, das zweite bei einem Überschlag an einem Motorisolator mit zwei keramischen Schirmen aufgenommen wurde. Die Kurzschlußspannung beträgt in beiden Fällen 17 400 V, die Stromstärken waren von derselben Größenordnung und betrugen im ersten Falle 770, im zweiten Falle 890 A. Man erkennt aus den Oszillogrammen den großen Unterschied in der Art des Lichtbogenüberschlages. Während beim ersten Oszillogramm Spannung und Stromstärke stark schwanken, war beim zweiten Überschlag die Stromstärke und auch die Spannung fast konstant, das heißt also, bei den Motorisolatoren mit Metallschirmen wandert der Lichtbogen dauernd: Er wird also vom Isolator weggetrieben und brennt nicht an irgendeiner Stelle fest, während beim Isolator mit zwei keramischen Schirmen die Lichtbogenlänge fast konstant bleibt, was darauf schließen läßt, daß der Lichtbogen an einer besonders bevorzugten Stelle stehen bleibt. Die Wirkung zeigt sich in der beschriebenen Weise, wonach der Isolator mit zwei keramischen Schirmen durch den an einer Stelle stehengebliebenen Lichtbogen natürlich wesentlich mehr beschädigt wurde als

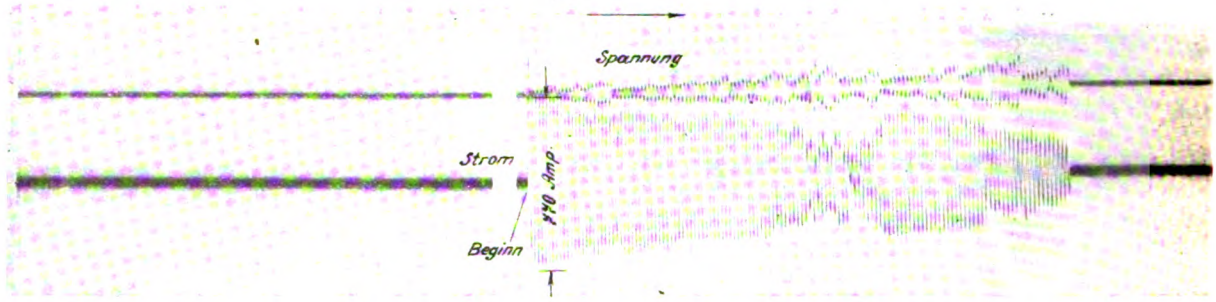


Abb. 14. Oszillogramm zu dem Lichtbogenüberschlag an einem Motorisolator mit Metallschirm.

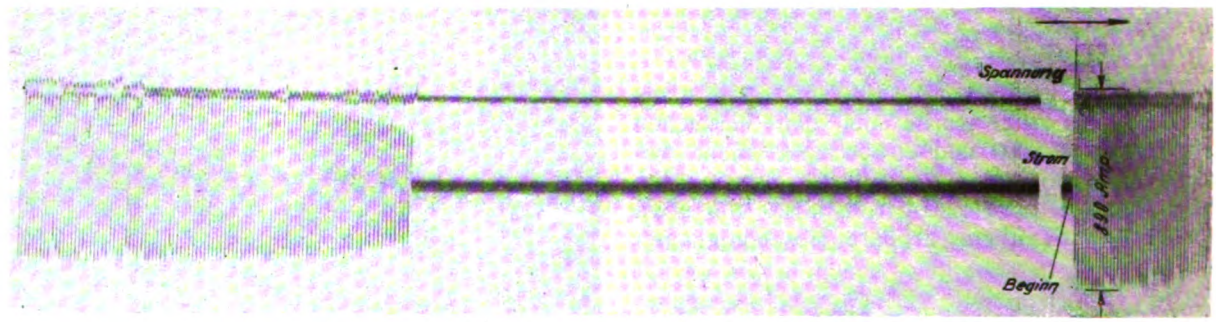


Abb. 15. Oszillogramm zu einem Lichtbogenüberschlag an einem Motorisolator mit zwei keramischen Schirmen.

Digitized by Google

der Isolator mit Metallschirm, bei dem der Lichtbogen dauernd weggetrieben wurde.

Kettenisolatoren sind im allgemeinen lichtbogensicher, wenn die Konstruktion einwandfrei ist. Auch bei abgeplatzten Schirmen halten die Armaturen noch ineinander, wobei meistens sogar die Betriebsspannung noch aufrecht erhalten werden kann. Dagegen ist es möglich, daß wegen der großen Kurzschlußstromstärke die Bolzen abschmoren, und dies tritt besonders dann ein, wenn die Baulänge anormal groß gewählt wird,

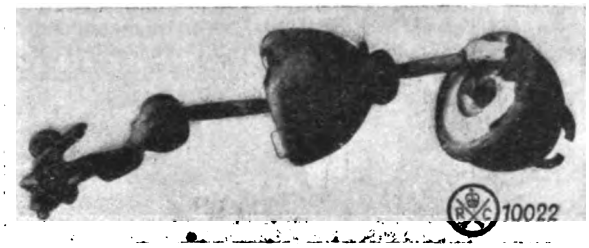


Abb. 16. Lichtbogenüberschlag an Kleinkettenisolatoren mit verlängertem Klöppel.

so daß der Lichtbogen sich nicht abheben kann, (Abb. 16). Die heute hin und wieder verlangte Erhöhung der Überschlagsspannung durch Verlängerung der Bolzen[5]) erscheint mir sehr gefährlich. Tatsächlich ist diese Erhöhung bei Verlängerung der Bolzen um 3 bis 4 cm nur im trockenen Zustande der Kette vorhanden, während bei verschmutzten, feuchten Isolatoren die Erhöhung praktisch null ist. Wie wir aber festgestellt haben, kommt der Lichtbogenüberschlag in weitaus den meisten Fällen bei feuchten, verschmutzten Isolatoren vor, so daß die Erhöhung der Überschlagsspannung durch übermäßige Verlängerung der Klöppel nicht nur keinen Vorteil bringt, sondern im Gegenteil den an und für sich lichtbogensicheren Kappenisolator der Gefahr aussetzt, durch Abschmelzen der Klöppel zerstört zu werden. Die heute in Deutschland übliche Baulänge dürfte am geeignetsten sein. (Abb. 17.) Eine weitere Verkürzung nach Art der amerikanischen Isolatoren dagegen dürfte die Überschlagsspannung auch der verschmutzten Isolatoren noch weiter erniedrigen, so daß bei gleichem Sicherheitsgrad eine größere Gliederzahl erforderlich ist.

Zusammenfassung: Lichtbogenüberschläge beschädigen den Isolator mehr oder weniger, führen jedoch bei Einleitung durch Überspannungen nur in Ausnahmefällen bei einigermaßen sauberen Kappen- und Motorisolatoren zu einer völligen Zertrümmerung des Porzellans. Wesentlich gefährlicher sind die dauernden Übergangsströme an verschmutzten Isolatoren, wobei trotz geringer Stromstärke schwere Beschädigungen, unter Umständen völlige Zertrümmerung, herbeigeführt werden können. Auf einen langen „Kriechweg" ist daher größerer Wert zu legen, als dies bisher geschehen ist. Die im Prüffeld gemessenen Überschlagsspannungen können sich nur auf die Verhältnisse bei unverschmutzten Isolatoren beziehen, während bei verschmutzten Isolatoren in der Hauptsache der Porzellanweg maßgebend ist. Eine Erhöhung der Überschlagsspannung durch Verlängerung der Klöppel ist daher nicht zu empfehlen, kann sogar von großem Nachteil sein, dadurch, daß der Lichtbogen bei großer Baulänge der Isolatoren nicht von der Kette fernzuhalten ist. Motorisolatoren mit Metallschirm werden vorteilhaft dort eingebaut, wo keine Verschmutzung zu erwarten ist, in anderem Falle ist der Doppelschirmisolator vorzuziehen.

Der Lichtbogen zündet praktisch fast stets an der Isolatoroberfläche und nicht zwischen den Schutzvorrichtungen. Von ausschlaggebender Bedeutung ist daher die Ausbildung der Armaturteile. Durch geeignete Formgebung kann der Lichtbogen sofort von der Kette nach dem Zünden weggebracht und unter Umständen sogar gelöscht werden. Dies gilt nicht nur für die Kappen der einzelnen Isolatoren, sondern auch für die Schutzvorrichtungen an Isolatorketten. Letztere sind durchwegs heute nur auf Grund von Prüffeldergebnissen an sauberen Isolatoren konstruiert

Abb. 17. Lichtbogenüberschlag an einer Kegelkopfkette mit normaler Baulänge. (Nur geringe Beschädigung der Glasur.)

worden, während sie für die im Betrieb wirklich vorkommenden Überschläge nur teilweise in Wirksamkeit treten. Von größter Bedeutung für das Wegblasen des Lichtbogens von der Isolatoroberfläche zu den Schutzvorrichtungen ist die Ausbildung des Verbindungsstückes zwischen unterem Isolatorklöppel bzw. oberer Isolatorkappe und den Ringen bzw. Schutzhörnern.

[5]) Prof. Niethammer und Ing. Nitsche, E. u. M. 1928, H. 20, S. 449.

Digitized by Google

38. Hauptversammlung des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes in Dresden.

Die diesjährige außerordentlich stark aus allen Kreisen der angeschlossenen Verbände, der Behörden und der Industrie besuchte Hauptversammlung wurde am 13. Juni d. J. durch einen Begrüßungsabend in Anwesenheit vieler prominenter Vertreter von Reichsbehörden, sächsischen Ministerien und Staatsbehörden und der Stadt eröffnet[1]).

Als Einführung in die Tagung legte Prof. Heiser, Dresden, in einer Übersicht die Zwecke und Ziele der Wasserwirtschaft und damit des Verbandes dar. Filmvorführungen aus dem Dresdener Wasserversorgungsdienst und über die vorjährige Hochwasserkatastrophe im Sächsischen Erzgebirge beschlossen den Abend.

Die Hauptversammlung umfaßte als Einführung für die Besichtigungen bemerkenswerte Vorträge. Ministerialrat Sorger, Dresden, zeigte die Bedeutung des Hochwasserschutzes durch geregelte Wasserwirtschaft, deren Aufgabe es ist, hinter Talsperren den entsprechenden Schutzraum ständig bereit zu halten, und bei den gleichzeitig auch zu anderen Zwecken (Kraftnutzung oder Wasserversorgung) dienenden Talsperren durch den Betriebsplan solche Schutzräume zu sichern, so daß Hochwasserspitzen, (welche in ihren höchsten Ausmaßen stets nur von sehr kurzer Dauer sind) aufgefangen, erniedrigt und vergleichmäßigt zum Abfluß gebracht werden können. Die Abb. 1 zeigt die in Sachsen vorhandenen, dem Hochwasserschutz teils ausschließlich, teils in Verbindung mit anderen Zwecken dienenden Talsperren. Die Sperrenanlagen bei Malter von 8·8 Mill. m³ Inhalt und bei Klingenberg von 16·4 Mill. m³ Inhalt dienen in trockenen Zeiten auch der Aufbesserung der Roten und der Wilden Weisseritz durch Abgabe von Zuschußwasser, außerdem zur Trinkwasserabgabe für die Stadt Dresden und den Plauenschen Grund. Die Sperre Muldenberg mit 6 Mill. m³ Inhalt dient ebenfalls mit dem letzteren Zweck. Die sächsische Wasserbauverwaltung hat derzeit vier weitere Sperren im Bau: Weiterswiese soll ebenfalls der Gruppenwasserversorgung bei 3 Mill. m³ Inhalt dienen, Koberbach-Grimmitschau mit einem Erddamm von 18 m Höhe der Lieferung von Fabriksbetriebswasser an die Pleisse, die Talsperre Lehnmühle, eine Bruchsteinmauersperre für 20 Mill. m³ Inhalt, soll die Trinkwasserversorgung von Groß-Dresden unter gleichzeitiger Kraftgewinnung unterstützen.

Abb. 1. Übersicht über die Talsperren und staatlichen Wasserkraftanlagen im Freistaat Sachsen.

Talsperre	m³ Inhalt
Malter	8 780 000
Klingenberg	16 400 000
Muldenberg	5 800 000
Bergen i. V.	3 620 000
Einsiedel	300 000
Neunzehnhain I	550 000
Neunzehnhain II	3 000 000
Weiterswiese	3 000 000
Lehnmühle	23 000 000
Kriebstein	11 500 000
Koberbach	2 590 000

Wasserkraftanlage	PS max.	kW max.	kWh
Aue	1625	1084	5 400 000
Waldenburg	1606	1071	4 100 000
Klosterbuch	1670	1115	5 644 000
Wurzen	7430	4960	19 600 000
Tharandt	2500	1730	6 000 000

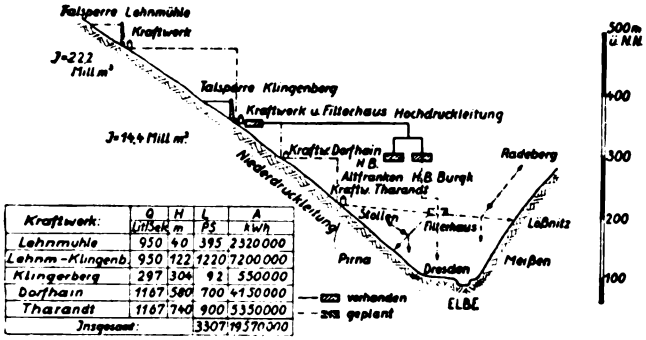
Bemerkenswert ist die Betriebsweise der im Bau befindlichen Talsperranlage an der Zschopau bei Kriebstein, wo aus wirtschaftlichen Gründen kein eigentlicher Hochwasserschutzraum dauernd freigehalten werden kann. Beim Eintreten von Hochwassergefahr im Oberlauf veranlaßt ein sorgfältiger Meldedienst, daß neben dem gleichbleibenden Abfluß durch das Kraftwerk ein gewisser Schutzraum durch Öffnen der Grundablässe und, falls dies nicht ausreicht, noch durch Öffnen der Nebenauslässe der Turbinen geschaffen wird, so daß herankommende Hochwasserspitzen wenigstens einen gewissen Schutzraum vorfinden, um vergleichmäßigt über den Überfall mit einer Verringerung von etwa 200 m³/sec gegenüber dem freien Abfluß ablaufen zu können.

Professor Heiser, Dresden, erörterte in seinem Vortrag die Wasserwirtschaft Sachsens mit Berücksichtigung der Wasserversorgung, welche sich bei der dichten Besiedelung vieler Gebiete als außerordentlich schwer erweist. Umfangreiche Talsperrenanlagen müs-

[1]) Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1928, H. 12, (Sonderheft Hauptversammlung, Dresden, 1928). Zu beziehen zum Preis von M. 3·50 vom R. Pflaum, Druckerei und Verlags-A. G.

Digitized by Google

sen hier abhelfen. Die zwischen einzelnen Trinkwassertalsperren und den Versorgungsgebieten vorhandenen erheblichen Gefälle lassen die gleichzeitige Kraftgewinnung wirtschaftlich erscheinen. Abb. 2 zeigt die bereits ausgeführte und noch geplante Verbindung zwischen Wasserversorgung und Kraftnutzung, welche im vollen Ausbau bei einem Gesamtgefälle von 300 m mit rund



Kraftwerk:	Q Liter/Sek	H m	L PS	A kWh
Lehnmühle	950	40	395	2320000
Lehnm.-Klingenb.	950	122	1220	7200000
Klingerberg	297	304	92	550000
Dorfhain	1167	580	700	4150000
Tharandt	1167	740	900	5350000
Insgesamt:			3307	19570000

Abb. 2. Übersicht über die künftige Verteilung des Talsperrenwassers.

2200 kW eine Jahresarbeit von etwa 20 Mill. kWh gewinnen ließe. Hinter die Kraftanlagen werden Reinigungs- und Filteranlagen geschaltet, so daß das ohnehin ohne Verunreinigung aus den Turbinen kommende Wasser keinerlei Bedenken hygienischer Art veranlassen kann. Diese Trinkwasser-Kraftwerke müssen mit Rücksicht auf besten Wirkungsgrad möglichst gleichbelastet durchlaufen, so daß sie den Grundbedarf an Trinkwasser liefern, wogegen die vorhandenen Grundwasserwerke zur Deckung des wechselnden Wasserbedarfes (ähnlich wie Spitzenkraftwerke) heranzuziehen sind. Zum Teil wird die Kraftgewinnung aus den Trinkwassersperren zur Ablösung der durch den Wasserrückhalt in Mitleidenschaft gezogenen Triebwerke nötig; darüber hinaus verbleibt noch ein der allgemeinen Stromversorgung zur Verfügung stehender verkäuflicher Arbeitsbetrag.

Regierungsbaurat Rudolph schilderte in seinem Vortrag eingehend die Wasserwirtschaft Sachsens vom Standpunkt der Wasserkraftgewinnung aus. Aus den schon erwähnten mehreren Zwecken dienenden Anlagen hat der Sächsische Staat in neuerer Zeit, insbesondere vom Standpunkt der Arbeitsbeschaffung für Erwerblose geleitet, vier staatliche Wasserkraftwerke errichtet, welche zusammen mit dem Kraftwerk Tharandt eine Jahresarbeit von 44 Mill. kWh in das Netz der A. G. Sächsische Werke zu liefern in der Lage sind, und bei Niederwasser als Phasenschieber mit einer gesamten Scheinleistung von 14750 kVA arbeiten[2]). Die Wasserkraftanlage Aue am Schwarzwasser ist bei 14·5 m Gefälle auf 11 m³/s ausgebaut. 2 kurze Druckrohrleitungen führen zu 2 horizontalen Spiralturbinen von je 831 PS bei 300 U/min, welche auch mit Fernwasserstandreglern versehen sind. Zur laufenden Wassermessung dient ein in einen Dücker im Zulauf eingebauter Ott scher Flügel. Die Wasserkraftanlage Waldenburg ist eine ausgesprochene Niederdruckanlage mit 4·72 m Gefälle und auf 30 m³/s bei 17·8 m/s im Jahresmittel ausgebaut. Sie besitzt 2 vertikale Kaplanturbinen von 1020 PS bei 150 U/min, bzw. 522 PS bei 240 U/min mit verstellbaren Laufradschaufeln zur bestmöglichsten Ausnützung schwankender Wassermenge. Die Anlage Klosterbuch an der Freiberger-Mulde verarbeitet bei 3·96 m Gefälle maximal 40 m³/s und ist ebenfalls auf das knapp Doppelte des Jahresmittelwassers ausgebaut. Hier sind gleichfalls 2 vertikale Kaplan-Turbinen von 1180 PS bei 125 U/min, bzw. 506 bei 187 U/min eingebaut. Die Anlage Wurzen an der vereinigten Mulde liegt in einem Hochwasserentlastungskanal, der dem Schutz weiter fruchtbarer Auen vor den jährlich mehrfachen Überschwemmungen dient, und vermag 104 m³/s bei 6·3 m Gefälle zu verarbeiten, das ist ungefähr das Doppelte des Jahres-Mittelwassers. Dieses Kraftwerk ist mit vertikalen Kaplanturbinen von 2960 PS bei 150 U/min, bzw. 1375 bei 214 U/min, sowie mit einer die Grundbelastung liefernden Propellerturbine von 2820 PS bei 150 U/min ausgebaut.

Als bedeutendste wasserwirtschaftliche Unternehmung wurde das Pumpspeicherwerk Niederwartha zur Einführung für die sich anschließende Besichtigung der Baustellen vom Vortragenden näher beschrieben, das, in nächster Nähe der Stadt Dresden, auch als Augenblicksreserve für dieses große Versorgungsgebiet wichtig ist. Es darf auf die frühere Beschreibung hinverwiesen werden[3]). Von besonderem Interesse ist der Masseneinsatz von Raupenbaggern und -greifern, die Kippen-Anlage mit zahlreichen Spitzkehren zur Aufschüttung des Aushubes in Zwischen-Deponien zwecks Sortierung für die Dammschüttung und von Motorwalzen von 5 bis 20 t auf der von steilen Flanken eingeengten Baustelle. Erbauer und Betriebsführer ist die Energieversorgung Groß-Dresden A. G., welche aus der Stadt Dresden und der A. G. Sächsische Werke besteht.

In einem letzten Vortrag führte Prof. Heiser in den Ausbau der Moldau-Elbestrecke und in die im Bau befindliche Stau- und Schleusenanlage mit Kraftanlage in der Elbe bei Schreckenstein ein. Die Moldau-Elbe Wasserstraße ist als einziger Wasserweg zum Meere und weiterhin mit Rücksicht auf den geplanten Anschluß an die Donau ein außerordentlich wichtiger Verkehrsweg für die Tschechoslowakische Republik. Die verschiedenartigen Ablaufverhältnisse der Moldau und der Elbe, wobei infolge des größeren Durchschnittsgefälles der Moldau die Hochwasserwellen schneller zu Tal gehen und zur Folge haben, daß unterhalb der Moldaumündung zwei

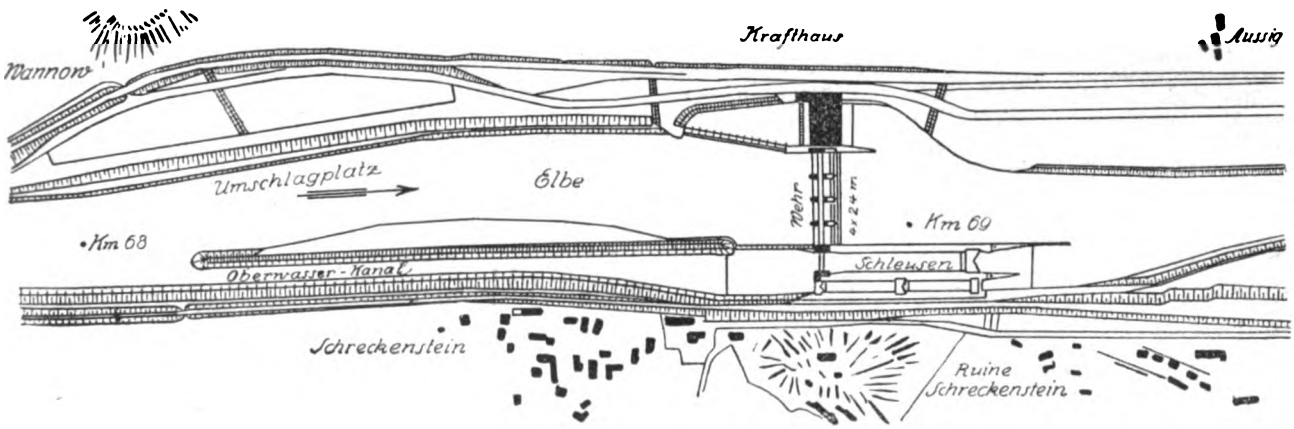


Abb. 3. Lageplan der Staustufe am Schreckenstein.

[2]) Siehe auch Wissmann u. Freusdorff, Die neuen Wasserkraftanlagen des Sächsischen Staates, Elektrizitätswirtschaft 1928, Nr. 450, S. 34.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, H. 39.

Digitized by Google

Hochwasserwellen auftreten, müssen bei der Kanalisierung des Elbelaufes berücksichtigt werden, wobei das Verhältnis der größten zur kleinsten Abflußmenge in der Moldau 331, in der Elbe 141 ist. Im Lauf der Jahrzehnte seit Beginn der Kanalisierung trat noch die Forderung der Wasserkraftnutzung hinzu, welche das Nadelwehr ausschaltete. Die Strecke von Lobositz bis Aussig, welche die Stromschnellen-Strecke am Schrekkenstein einschließt, gestattet die 15·59 km lange Strecke in einer Stauhaltung zu überwinden. Der beschränkte Raum bei der landschaftlich prächtigen Ruine Schreckenstein erforderte nach Abb. 3 den Ersatz des 5. Wehrfeldes durch die Schiffahrtsschleuse, deren Oberhauptverschluß zur Hochwasserabteilung die Freigabe des 24 m breiten Schleußenhaupts mittels eines Hubtores gestattet. An die 4 Wehrfelder von je 24 m lichter Weite schießt sich die Kraftanlage mit 3 vertikalen Kaplanturbinen für je 100 m³/sec Wasserverbrauch bei 7·2 m Gefälle entsprechend je rund 8200 PS an. Das Kraftwerk kann bei Niederwasser 2000 kW und bei Normalwasser 16 000 kW leisten mit einer Jahresarbeit von 100 Mill. kWh. Zur Abgleichung der Schwankungen in der Darbietung soll weiterhin eine Pumpenspeicheranlage zugefügt werden, für welche Örtlichkeiten mit 300 bis über 500 m Gefälle in Betracht gezogen werden. Die Leistung könnte damit auf 5000 kW bei Nacht und 16 000 kW bei Tag unabhängig vom Wasserstand der Elbe aufgebessert werden. Das Vorbecken mündet direkt in den Stauraum vor dem Wehr; die sichere Einfahrt der Schiffe in die Schleusse wird durch ein langes Leitwerk ermöglicht. Die Fahrwassertiefe wird auf 1·85 m ständig aufgebessert. Es ist in Aussicht genommen, später den Stau noch um 2 m zu erhöhen. Der Bau der Anlage wurde im Frühjahr 1923 in Angriff genommen.

Den Schluß der Tagung bildeten Besichtigungen der Anlage Niederwartha, der auf dem Boden der vorjährigen Hochwasserkatastrophe mit bemerkenswerter Raschheit aufgeführten Neubauten, des Großkraftwerks Böhlen der A. G. Sächsischen Werke und der Regulierungsarbeiten an der Elbe bei Aussig.

Der rührige Verband, der schon häufig wertvolle Arbeit auf allen Gebieten der Wasserwirtschaft geleistet hat, kann es als Erfolg dieser Tagung buchen, daß er die Wichtigkeit planmäßiger Wasserwirtschaft und deren Unterstützung durch Staat und Öffentlichkeit weiten Kreisen vor Augen geführt hat.

Ing. C. Reindl.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Die Einphasen-Transformatoren für 132/66 kV des Unterwerkes Kerzer der S. B. B. Von Ing. A. Winiger. Die Transformatoren setzen die Spannung der Kupplungsleitung zwischen den Kraftwerksgruppen Amsteg—Ritom und Vernayaz—Barberine auf die Spannung der Bahnunterwerke herab[1]). Die Transformatoren, Erzeugung S. A. des Ateliers de Sécheron, leisten dauernd 9000 kVA und sind durch zehn Minuten auf 13 000 kVA oder durch eineinhalb Stunden auf 11 500 kVA überlastbar, wenn die vorausgegangene Dauerlast 7000 kVA betrug. Die Transformatoren weisen folgende Hauptdaten auf: Leerlaufübersetzung 132/70-68-66-64-62 kV, Kurzschlußspannung 8 vH, Eisenverluste bei 132/66 kV und $16^2/_3$ Per/s 50 kW, Kupferverluste bei 9000 kVA 110 kW, Leerlaufstrom 4 vH. Es wiegt der aktive Teil 61·7 t, Kessel, Deckel und Konservator 12·3 t, Öl ohne Kühler 21 t, also insgesamt 95 t.

Der Transformator ist als Kerntype mit einfach konzentrischer Wicklung ausgeführt. Die Wicklungen ruhen unten auf einem gemeinsamen Preßteller auf, während sie oben durch zwei Preßringe auf jeden Kern mit Preßelementen, die nur eine Bewegung gegen die Wicklung gestatten, durch Traversen am Joch abgestützt sind. Der magnetische Kreis besteht aus 0·5 mm starken, hochlegierten Blechen von einer Verlustziffer 1·8 W/kg. Der Aufbau dieser großen Eisenkörper erfordert eine sorgfältige Auswahl der Bleche inbezug auf ihre Stärke, um eine gleichmäßige Pressung zu erzielen. Die mit Hartpapier isolierten Bolzen wurden in den hydraulisch gepreßten Körper eingezogen, mit 2000 V gegen Schluß geprüft und erst nach einer Wärmebehandlung endgiltig angezogen. Die mehrfach abgestuften Kerne mit zwei Kühlschlitzen senkrecht zu den Blechanlagen sind auf die Joche stumpf aufgesetzt, und zwar stehen die Blechschichten des Kernes senkrecht zu denen der Joche, damit die acht Nickelstahlzugstangen durch die Schlitze in dem Joche hindurch gezogen werden können. Diese sind oben im Deckel befestigt, drücken gleichzeitig den Eisenkörper gegen den Kesselboden, so daß der Eisenkörper im Kessel fixiert ist, und erlauben ein Herausheben des ganzen aktiven Teiles mit dem Deckel ohne Lösen irgendwelcher Verbindungen.

Die Ober- und Unterspannungswicklung besteht aus Scheibenspulen und es liegt die Oberspannungswicklung, deren Mittelpunkt geerdet ist, am Eisen, während die Unterspannungswicklung wegen der Anzapfungen nach außen verlegt ist. Die erstere ist über die beiden Schenkel in Serie geschaltet, während die Unterspannungswicklung der beiden Schenkel parallelgeschaltet ist, um einen Ausgleich bei einpoligen Erdschlüssen zu gewährleisten. Die Anzapfungen liegen in der Wicklungsmitte und erhalten die Symmetrie der Amperewindungen in jeder Schaltstufe. Alle Spulen sind beiderseitig gekühlt. Die abgeschirmten Wicklungsenden stützen sich durch besonders behandelte Holzringe gegen die Preßringe ab. Die Eingangswindungen waren für die volle Betriebsspannung von 132 kV zu isolieren, die übrigen Windungen für die Hälfte dieser Spannung. Als bestes Isoliermittel erwies sich 0·05 starkes, ölgetränktes Papier. Die Spulen wurden mit Kunstharz unter Druck und entsprechender Wärmebehandlung imprägniert, wodurch eine ölbeständige, mechanisch-feste Umhüllung des Kupfers erhalten wird. Zur Ermittlung der Durchschlagsfestigkeit papierumhüllter Drähte wurden zahlreiche Versuche gemacht, die bis 200 kV eine lineare Abhängigkeit der Durchschlagsfestigkeit von der Anzahl der Papiere ergab, die sich durch die Gleichung $V_D = 40\ d$ darstellen läßt. (V_D Effektivwert in kV der Durchschlagsspannung bei 50 Per/s; d Abstand der Kupferleiter in mm). Es gilt die Beziehung

$$d = 2\,\delta\,n + (2n+1)\,e + 2f,$$

wobei δ die Dicke des Papieres (0·05 mm), n die Anzahl der Papierlagen, e die Dicke der Ölschicht (0·01 bis 0·015 mm) zwischen den Lagen und f die Stärke einer eventuell vorhandenen Umklöppelung ist. Der Abrundungsradius der Kupferleiter war 1 mm. Unter den angegebenen Versuchsbedingungen betrugen die Abweichungen der Meßresultate gegen den errechneten Wert $\pm$ 12 vH, doch ergaben Preßdruckänderungen Abweichungen bis $\pm$ 30 vH.

Der Kessel, aus 7 mm starkem Blech, ist elektrisch geschweißt und besitzt der Ölersparnis wegen ovale Form. Er verträgt ein Vakuum von 6 mm Hg-Säule und einen Überdruck von 2 at. Der Kesselmantel ist durch Winkeleisenringe versteift. Der Ölkonservator ist seitlich angebracht, so daß der Transformator ohne Abmontieren desselben herausgezogen werden kann. Der Transformator steht auf einem kräftigen Fahrgestell mit auswechselbaren Rollen, in das die Zugstangen eingreifen, so daß beim Heben die Kesselnähte nicht beansprucht werden.

Die Durchführungen sind als ölgefüllte Porzellanklemmen ausgebildet und so bemessen, daß auch beim Ausfließen des Öls die Betriebsspannung ertragen wird. Der Transformator ist mit Buchholzschutz

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 183; vgl. a. die Auftransformatoren im Kraftwerk Vernayaz, E. u. M. 1928, H. 17, S. 383.

Digitized by Google

ausgerüstet. Ein Plattenfedermanometer zeigt den Ölstand des Ölausdehnungsgefäßes an und ein Widerstandsthermometer kontrolliert dauernd die Temperatur der 66 kV Wicklung. Die Meßleitungen sind für volle Betriebsspannung herausgeführt und über die außerhalb des Kessels befindlichen Schutztransformatoren zum Anzeige-Apparat geführt. Die Öltemperatur zeigt ein Fernthermometer am Schaltstand und ein Kapillarthermometer am Transformator. Die in das Ausdehnungsgefäß eintretende Luft wird vorerst entfeuchtet. Die Kühlung besorgt ein Röhrenkühler, der die Wärme an die Luft abgibt. Die einzelnen Kühlelemente bestehen aus Rohrbündel, die in A-Form aufgestellt sind. Der gesammte Kühler umfaßt 5200 öldicht eingeschweißte Rohre. Der Ölumlauf wird durch ein Pumpenaggregat von 1200 l/min und 10 m Wassersäule bewirkt. Dem Senken der Fundamente und den Wärmedehnungen ist durch elastische Zwischenglieder in den Rohrleitungen Rechnung getragen. Die Ölreinigungs- und Auskochanlage befindet sich im Keller der Unterstation. Zur Ölreinigung ist eine De Laval Zentrifuge[1]) vorgesehen.

W. P.

(Bulletin d. SEV, 19. Jg. Nr. 8, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Einige Untersuchungen über den Blitz. Von L. Binder. Es ist bekannt, daß bei einschlagenden Blitzen meist außerordentliche Wärmeentwicklungen auftreten. Während die hiebei beobachteten Temperaturen von den einzelnen Autoren sehr verschieden angegeben werden, bringt der Verfasser auf Grund einer einheitlichen Rechnungsgrundlage folgende Werte für bekanntgewordene Fälle: an einem Kupferdraht von 50 mm² Querschnitt eine Temperaturzunahme von 500°, an einem Kupferseil von 40 mm² Querschnitt eine Temperaturzunahme von 1000° und an einem Kupferrohr von 32·5 mm² Querschnitt eine Temperaturzunahme von 1025°. Bei der kurzen Zeitdauer, die für die Erwärmung maßgebend ist, wird die ganze entwickelte Wärme im Leiter aufgespeichert. Es kann weiters mit genügender Genauigkeit mit einem konstanten Mittelwert der spezifischen Wärme gerechnet werden. Es ergibt sich dann für den Temperaturanstieg die Formel[2])

$$\vartheta = \frac{1}{\alpha}\left(e^{\frac{\alpha f i^2 t}{4{\cdot}19\, c\, s\, K}} - 1\right),$$

worin i die Stromdichte, t die Zeitdauer, c die spezifische Wärme, s das spezifische Gewicht, K das spezifische Leitvermögen, α den Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes und f das Verhältnis Wechselstrom- zu Gleichstromwiderstand bezeichnen. Unter Zugrundelegung dieser Gleichung und bei Berücksichtigung der Stromverdrängung ergibt sich aus den drei angeführten Beobachtungsfällen ein Strommittelwert von

$$I = iq = 9500 : \sqrt{t},$$

also beispielweise bei einer Biltzdauer von $^1/_{100}$ sec ein Gesamtstrom von 95 000 A, der mit neueren Untersuchungen gut übereinstimmt.

Aus Aufnahmen mit einer Drehkamera durch Walter[3]) ergibt sich etwa folgender Verlauf des Blitzes: Durch den ersten Schlag werden die freien Entladungen al geführt, die jedoch bald durch neue Ladung aus der Nachbarschaft ergänzt werden, bis wieder Spannung zu einem neuen Schlag vorhanden ist. Die Pausen zwischen den einzelnen Schlägen liegen in der Größenordnung von einigen Hundertstel- bis Zehntel-Sekunden. Die Dauer der einzelnen Schläge dürfte etwa 0·002 ÷ ÷ 0·004 sec betragen. Nach Versuchen von Rood und Schmidt[4]) sowie auf Grund neuerer Forschungen kann gesagt werden, daß der Entladevorgang in weitaus den meisten Fällen als aperiodisch anzusehen ist. Jedenfalls sind die auftretenden Schwingungen derart stark gedämpft, daß in den Wirkungen kaum mehr ein Unterschied gegenüber aperiodischer Entladung vorhanden sein dürfte.

Entgegen den Untersuchungen Norinders vom Jahre 1918, die Entladungszeiten von zirka $^1/_{100}$ sec ergaben, liefern neuere Aufnahmen[1]) das Ergebnis, daß diese Zeiten weitaus kürzer sind, und daß sich vor allem der Spannungsanstieg in einigen Mikrosekunden vollziehen kann, was auch durch direkte Aufnahmen von Heyne mit einem Steilheitsmesser im Sommer 1927 bestätigt wurde. Es zeigt sich das überraschende Ergebnis, daß die Entfernung des Gewitters nicht nur von Einfluß auf die Höhe der induzierten Spannungen sondern auch von Einfluß auf den zeitlichen Verlauf der Erscheinungen ist, daß also die Wirkungen an der Erdoberfläche kein zeitlich getreues Abbild der Vorgänge in der Blitzbahn selbst sind. Im Einklang zu den geschilderten Ergebnissen stehen auch neuere Messungen mittels des Klydonographen, die ebenfalls zu äußerst kurzen Anstiegzeiten führen[2]). G. O.

(ETZ Bd. 49, H. 13, S. 503, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Kabel-Endverschluß-Stromwandler für hohe Spannungen. Von K. Rottsieper. Von dem Gedanken ausgehend, daß die Isolation spannungsführender Teile gegen Ende am kleinsten bei Hochspannungskabeln ist, baut die AEG Stromwandler, bei denen die isolierte Ader eines Kabels den Primärleiter bildet, der durch einen ringförmigen, mit der Sekundärwicklung versehenen Eisenkern läuft, wobei die Papierisolation des Kabels Primär- und Sekundärseite des Stromwandlers gegenseitig isoliert. Bei dieser Bauart ist der Kraftlinienweg im Eisen nur ein Viertel jenes bei einem gewöhnlichen Einleiter-Durchführungsstromwandler, so daß, bei gleichen Eisendimensionen, eine viel höhere sekundäre Belastung des Wandlers möglich ist. Eine weitere konstruktive Vereinfachung wird erzielt durch Vereinigung des Eisenkernes mit dem Gehäuse des Kabel-Endverschlusses. Den Aufbau eines solchen „Endverschluß-Stromwandlers" für 35 kV bei einem Kabel mit metallisierten Adern zeigt Abb. 1. Das Gußgehäuse 2 aus Messing ist mit dem Bleimantel 1 des Kabels verlötet, der durch die Kupferbandspirale 5 mit dem metallisierten Papier 3 des Kabels und dem Metallisierungsabschluß 4 gut leitend verbunden ist. 6 ist der aus geschichteten Blechen bestehende Eisenkern des Wandlers, der die Sekundärwicklung 7 trägt, deren Enden zu den Anschlußklemmen 8 im Gehäuse führen. Das Einsetzen des Kernes und der Anschluß der Sekundärwicklung erfolgen erst bei der Montage des Endverschlusses.

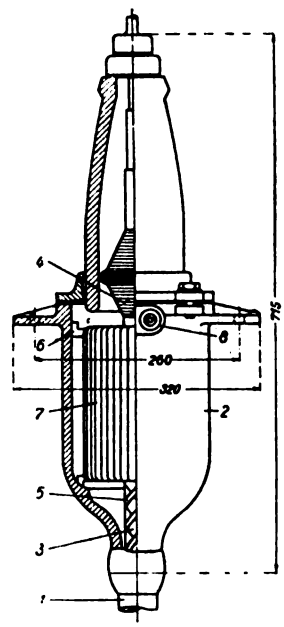


Abb. 1.

Diese Stromwandler werden für Übersetzungen 100/5 bis 500/5 A und Sekundärbelastungen 7·5 bis 60 VA, und zwar in zwei Typen, die eine für 6 Ω, die andere für 4 Ω Grenzbürde, gebaut. Die Genauigkeit — Übersetzung und Fehlwinkel wurden nach der Methode von Schering[3]) geprüft — liegt zwischen Klasse E bei großem und J bei kleinem Primär-Nennstrom. Die elektrische Festigkeit, mechanische und thermische Kurzschlußsicherheit entsprechen der verwendeten Kabeltype. Ein Vergleich der Kosten (= Differenz der

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1011.
[2]) ETZ 1916, S. 590; vgl. a. E. u. M. 1917, S. 120.
[3]) Jahrb. d. Hamburger Wissensch. Anstalten 1903.
[4]) ETZ 1905, S. 903.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 121.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 216.
[3]) Archiv f. Elektrot. Bd. 2, Heft 7, 1914.

Digitized by Google

Kosten des Endverschlusses mit und ohne Stromwandler), der Gewichte und Raumbeanspruchungen ergab bedeutende Ersparnisse gegenüber dem Öl- und dem Durchführungs-Stromwandler. Frd.

(AEG-Mitt., 1928, Heft 4.)

Fernmeldewesen.

Die selbsttätige Zugbeeinflussung behandelt Dr.-Ing. Arndt an Hand einiger Konstruktionen der Siemens und Halske A. G.[1]) Es sind dies Einrichtungen, welche neben den auf der Fahrstrecke verteilten Streckenblockeinrichtungen zur Erhöhung der Sicherheit des Zugverkehres dem fahrenden Zuge beigegeben werden. Sie sollen von selbst in Tätigkeit treten, so bald der Zug an eine Streckenblockeinrichtung herankommt, und womöglich auch eine selbsttätige Bremsung auslösen. Bei dem elektromechanischen Führerstandssignal 1909 wird eine vor dem Vorsignal auf der Strecke angebrachte, geerdete Doppelstreichschiene beim Vorüberfahren der Lokomotive durch eine an deren Rahmen isoliert angebrachte Metallbürste leitend durchzogen. Dadurch wird ein auf der Maschine mitgeführtes Differentialrelais besonderer Art, Lokomotivrelais genannt, geerdet und dessen Anker zum Abfallen gebracht. Hiedurch wird über einen Elektromagneten die Druckluftpfeife in Tätigkeit gesetzt und gleichzeitig durch Eintritt einer roten Scheibe in ein Schauloch ein sichtbares Zeichen von der Annäherung an das Vorsignal für den Maschinführer gegeben.

Der von Dr. Pfeil 1914 ersonnene induktive Siemens-Signalmelder auf der Lokomotive beruht auf der Erzeugung eines induktiven Stromstoßes, der mit Hilfe eines auf der Maschine angebrachten Elektromagneten durch Änderung seines magnetischen Feldes beim Überfahren einer im Schienenstrang eingeschalteten Nickelstahlschiene über ein Hitzdrahtrelais auf das Lokomotivrelais ausgeübt wird. Durch Vermittlung dieses letzteren wird eine Hupe in Tätigkeit gesetzt, um den Maschinführer auf das Vorsignal aufmerksam zu machen. Die Hupe kann durch einen Handschalter wieder abgestellt werden.

Eine andere Konstruktion zur induktiven Zugbeeinflussung durch Gleichstrom verfolgt den Zweck, die Aufmerksamkeit des Maschinführers nur dann zu wecken, wenn das Vorsignal die Warnstellung eingenommen hat; bei freier Fahrt wird sie überhaupt nicht wirksam. Diese Aufgabe erfüllt die besprochene Ausführung durch Anbringung eines Elektromagneten am Gleis, welcher beim Herankommen eines Zuges auf einen von der Maschine oberhalb der Fahrschiene mitgeführten Elektromagneten wirkt. Beim Überfahren des Gleis-Elektromagneten entstehen in dem Lokomotivmagneten zwei aufeinanderfolgende Stromstöße entgegengesetzter Richtung, von denen der erste eine Schwächung des Gleichstromes in der Wickelung eines Lokomotivrelais verursacht. Ist der Stromkreis des Gleismagneten bei Stellung des Vorsignals auf freie Fahrt geschlossen, so wird durch die Gegenwirkung des auch in diesem Kreise entstehenden Induktionsstromes der in dem Lokomotivmagneten entstehende Induktionsstoß so weit geschwächt, daß eine Wirkung auf das Lokomotivrelais nicht eintreten kann. Letzteres spricht nur an, wenn der Stromkreis des Gleismagneten, bei Haltstellung des Vorsignals, offen ist: dann fällt infolge der Schwächung des Stromes in der Wicklung des Lokomotivrelais dessen Anker, und der zweite Induktionsstoß bleibt ohne Wirkung. Hiedurch wird der zur Herbeiführung der selbsttätigen Bremsung vorgesehene Bremsventilmagnet stromlos und die Bremse tritt in Tätigkeit.

Bei der selbsttätigen Zugbeeinflussung „Indusi" (für Wechselstrom) besitzt der Lokomotivmagnet einen zweiteiligen, geblätterten Eisenkern, dessen beide Hälften in bestimmtem Abstand von einander parallel zur Fahrtrichtung angeordnet sind, und von denen jede zwei Wicklungen, eine Primär- und eine Sekundärwicklung, trägt. Die Primärwicklungen werden mit einphasigem Wechselstrom von rund 500 Hertz aus einem kleinen Generator gespeist; der in den Sekundärwicklungen induzierte Wechselstrom wird durch das Lokomotivrelais geleitet, dessen Anker demnach angezogen wird und so die Ruhestellung einnimmt. Der durch die Primärwicklungen der beiden Kernhälften verlaufende magnetische Kraftfluß erfährt eine Verstärkung, wenn der Lokomotivmagnet beim Passieren des Fahrsignals den an der Fahrschiene angebrachten Gleismagneten überfährt, weil dessen Kern einen magnetischen Nebenschluß für die Kraftlinien bildet. Die Wicklungen sind nun auf die beiden Kernhälften des Lokomotivmagneten derart verteilt, daß der neu hinzukommende Kraftfluß durch die Sekundärwicklungen in einer den ursprünglichen Kraftlinien entgegengesetzten Richtung hindurch tritt und infolgedessen der gesamte Kraftfluß in diesen letzteren geschwächt wird. Bei Stellung des Fahrsignals auf „freie Fahrt" ist nun der Stromkreis des Gleismagneten geschlossen, infolgedessen die Gegenwirkung der im Gleiskreise induzierten Ströme auf die durch den Gleismagneten tretenden Kraftlinien stark genug, um eine zu große Schwächung des in den Sekundärwicklungen des Lokomotivmagneten erzeugten Stromes und ein Abfallen des Ankers am Lokomotivrelais zu verhindern. Diese Gegenwirkung fehlt, wenn bei Stellung des Signals auf „Halt" der Stromkreis des Gleismagneten offen ist; der in den Sekundärwicklungen erzeugte Strom wird dann durch die vom Gleismagneten aufgenommenen Kraftlinien so weit geschwächt, daß das Lokomotivrelais seinen Anker nicht mehr festzuhalten vermag. Durch den abfallenden Anker wird nun ein von einer kleinen Gleichstrommaschine gespeister Kreis mit den Signallampen und dem Bremsventilmagneten geschlossen, diese somit in Tätigkeit versetzt. Beide vorgenannten Generatoren werden auf gemeinsamer Welle durch eine Dampfturbine angetrieben. Die Wirkung der ganzen Einrichtung kann bei etwas geänderter Anordnung mit Hilfe eines Kondensators im Gleiskreis gesteigert werden, indem in Verbindung mit der Induktivität der Gleismagnetwicklung durch die Resonanzfähigkeit des Kreises die Rückwirkungsflüsse so geregelt werden, daß die Summe der die Sekundärwicklungen des Lokomotivmagneten durchsetzenden Flüsse ungefähr Null wird und in diesen kein Strom mehr entsteht, der Anker des Lokomotivrelais also abfallen muß.

Von den beschriebenen Zugbeeinflussungen haben die mit Gleichstrom betriebenen den Vorteil der einheitlichen Stromart, sind infolgedessen weniger störungsempfindlich als die Systeme mit Wechselstrom, daher auch einfacher und für die Betriebs- und Unterhaltungsmannschaft leichter verständlich. Die verwickelteren Systeme, welche neben dem Wechselstrom für den Beeinflussungkreis auch Gleichstrom für die Betätigung der Signallampen und des Bremsventilmagneten verwenden, setzen vorgebildetes Personal voraus; ein Umstand, der bei einer allfälligen allgemeinen Einführung der selbsttätigen Zugbeeinflussung neben den anderen in Betracht kommenden Gesichtspunkten auch in die Wagschale fallen wird. Dr. Ste.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, Heft 1 u. 2, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Vektordiagramme bei Stromresonanz. Da die Verhältnisse bei Stromresonanz unter Berücksichtigung aller auftretenden Verluste theoretisch sehr verwickelt und die allgemeinen Gleichungen sehr unübersichtlich sind, versucht E. Roessler Vereinfachungen vorzunehmen. Hierbei hat sich gezeigt, daß sich für die praktisch wichtigen Fälle außerordentlich einfache Beziehungen aufstellen lassen, welche durch einfache Vektordiagramme dargestellt werden können. Bezeichnet man mit $R = R_L + R_C$ den ohmschen Gesamtwiderstand des Schwingungskreises, wobei R_L der ohmsche Verlustwiderstand der Selbstinduktion und R_C der der Kapazität ist, und zerlegt ferner den Vektor $\mathfrak{R}$, den Scheinwiderstand des Schwingungskreises, gemäß der Gleichung $\mathfrak{R} = \mathfrak{R}_x + j\,\mathfrak{R}_y$ in seine beiden Komponenten, so erhält man, wenn man von der allgemeinen Gleichung

[1]) Über Konstruktionen anderer Firmen vgl. a. E. u. M. 1928, H. 2, S. 54.

Digitized by Google

$$\frac{1}{\mathfrak{R}} = \frac{1}{R_L + j\omega L} + \frac{1}{R_C + \frac{1}{j\omega C}}$$

ausgeht und die Verhältnisse $\frac{\mathfrak{R}_x}{R}$ und $\frac{\mathfrak{R}_y}{R}$ berechnet, für die Spitze des Vektors $\mathfrak{R}$ für verschiedene Werte von $\frac{R_L}{R_C}$ und von $\frac{\omega}{\omega_0}$, wobei $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ die Resonanzfrequenz bedeutet, Kurvenscharen, welche für den Wert $R_L = R_C$ in einen Kreis mit dem Radius $r = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{d}\right)^2 - \frac{1}{8}$ übergehen, worin mit d das logarithmische Dekrement $d = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$ bezeichnet ist. Die Koordinaten des Mittelpunktes dieses Kreises sind

$$x_0 = \frac{3}{8} + \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{d}\right)^2 \text{ und } y_0 = 0.$$

Für $\frac{\omega}{\omega_0} = 0$ bezw. ∞ ergibt sich der Kreispunkt mit den Koordinaten $x = \frac{1}{2}$, $y = 0$ und für $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$ wird $x = \frac{1}{4} + \left(\frac{\pi}{d}\right)^2$, $y = 0$. Dies müssen Endpunkte eines Durchmessers sein. Legt man nun durch den Punkt $x = \frac{1}{2}$, $y = 0$ eine Gerade, die mit der x-Achse den Winkel φ, dessen Größe sich aus

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\pi}{d} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\frac{\omega}{\omega_0}}$$

bestimmt, einschließt, so ist durch den Schnittpunkt dieser Geraden mit dem Kreis der zu $\frac{\omega}{\omega_0}$ gehörige Punkt gegeben. Für Werte in der Nähe der Resonanzlage, die sich also nur um einen kleinen Betrag ε von $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$ unterscheiden, wird $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\pi}{d}(-2\varepsilon)$, das heißt die Teilung wird linear, und zwar um so genauer, je kleiner der Wert $\frac{d}{\pi}$ wird. Für kleine Werte von $\frac{d}{\pi}$ wird der Radius des Scheinwiderstand-Diagrammkreises $r = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{d}\right)^2$, das heißt das Diagramm ist ein Kreis durch den Koordinatenursprung.

Verallgemeinert man jetzt den Fall (Nähe des Resonanzpunktes, kleines Dekrement) für andere Werte von $\frac{R_L}{R_C}$, so erhält man bis zu den Grenzwerten $\frac{R_L}{R_C} = 0$ und $\frac{R_L}{R_C} = \infty$ für die Spitze des Vektors $\mathfrak{R}$ als genügende Annäherung der exakten Kurve ebenfalls Kreise durch den Koordinatenursprung, deren Mittelpunkte aber nun auf einer Geraden liegen, die um den Winkel φ gegen die x-Achse verschoben ist. Dieser Winkel φ wird durch die Gleichung $\operatorname{tg}\varphi = \frac{d}{\pi} \frac{1 - \frac{R_L}{R_C}}{1 + \frac{R_L}{R_C}}$ bestimmt. Dieses Widerstandsdiagramm kann bei geeigneter Wahl des Maßstabes auch als Spannungsdiagramm für konstante Stromstärke aufgefaßt werden. Das Stromdiagramm für konstante Spannung kann aus dem Spannungsdiagramm durch Inversion erhalten werden und muß also demnach eine gerade Linie sein.

Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, H. 12, 1927.).

Patentbericht.

Röntgentechnik.

Nach einer Erfindung der Fa. C. H. F. Müller und Dr. R. Thaller in Hamburg wird die Erzeugung von Brennflecken verschiedener Größe entsprechend der Belastung der Röhre dadurch erzielt, daß die Glühkathode nicht nur, wie bekannt, mit einer Sammelvorrichtung, sondern auch mit einer, mit dieser und der Glühkathode nicht unmittelbar leitend verbundenen Steuer- oder Streuvorrichtung für die Kathodenstrahlen in der Weise zusammenwirkt, daß die Größe des erzeugten Brennfleckes durch die Potentialdifferenz zwischen beiden Vorrichtungen selbsttätig geregelt wird. Bei der in der Abb. 1 dargestellten Ausführungsform der Röntgenröhre, die eine spiralförmige Glühkathode 5 zeigt, besteht dieser Leitkörper aus einem durch die Mitte der Glühspirale 5 hindurchgeführten Metallstift 15, der durch die Leitung 4 unmittelbar mit der Hochspannungsleitung verbunden, aber mit der Glühkathode und mit der Sammelvorrichtung 14 nicht unmittelbar, sondern nur über einen hochohmigen Widerstand verbunden ist. Der Metallstift 15 ragt in Richtung der Anode über die Ebene der Glühspirale hervor. 7 und 8 sind die Zuführungen des Heizstromes.

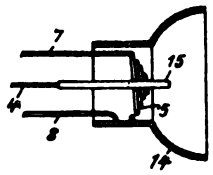


Abb. 1.

(Ö. P. Nr. 108288.)

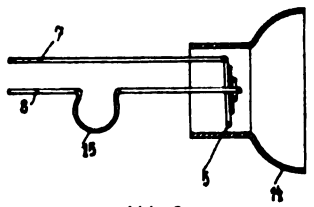


Abb. 2.

Eine Erfindung der Fa. C. H. F. Müller und H. Niclassen in Hamburg erreicht denselben Zweck durch Anwendung einer vom Belastungsstrom beeinflußten, thermostatischen, das heißt auf Temperaturänderungen reagierenden, Einrichtung, durch welche die gegenseitige Lage der Glühkathode und der Sammelvorrichtung, von der die Größe des Brennfleckes abhängt, selbsttätig geändert wird. In der Abb. 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer solchen Kathode dargestellt. Dabei bedeutet 5 die Glühspirale, 14 die Sammelvorrichtung und 7 und 8 die Zuleitungen des Heizstromes. In die Zuleitung 8 ist ein zum Beispiel aus einem Bimetallstreifen gebildeter Ausdehnungskörper 15 eingeschaltet, der bei zunehmender Belastung den inneren Teil der Glühspirale vorschiebt und dadurch den Brennfleck vergrößert.

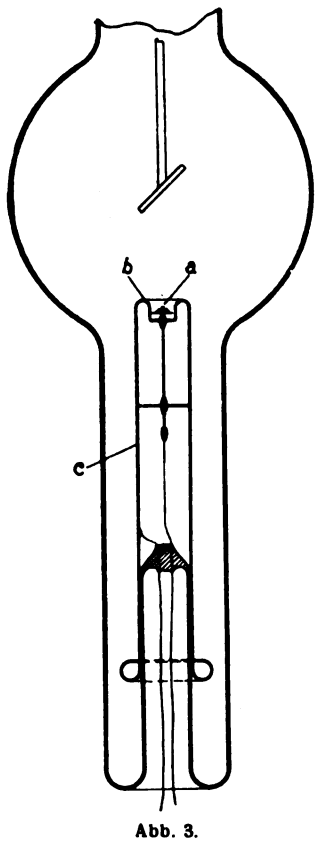


Abb. 3.

(Ö. P. Nr. 103436.)

Es ist bekannt, die zur Erzeugung eines bandförmigen Brennfleckes dienenden stabförmigen Glühkörper einer Röntgenglühkathode mit einem Sammeltrog zu umgeben, der seine offene Seite der Antikathode zuwendet. Gemäß einer Erfindung der Siemens-Reiniger-Veifa Ges. in Berlin werden, um die Ränder des Brennfleckes scharf zu machen, an den Stirnseiten des Trogs leitende Körper angebracht.

(Schw. P. Nr. 123222.)

Digitized by Google

Die an den Kanten der Sammelvorrichtung entstehenden autoelektronischen Entladungen wirken oft störend. Um sie zu vermeiden, wird nach einer Erfindung der Phönix Röntgenröhrenfabriken A. G. in Rudolstadt die Oberfläche dieser Teile, soweit sie im Bereich eines starken elektrischen Feldes liegt, überall abgerundet, und zwar dadurch, daß sie aus gebogenem Blech gebildet wird. In der Abb. 3 zeigt *a* die Glühkathode, *c* ein die Sammelvorrichtung bildendes Rohr, das bei *b* und unten umgebogen ist.

(Ö. P. Nr. 107225.)

Es ist bereits vorgeschlagen worden, eine Glühkathodenröntgenröhre mit Wasserstoff, Helium oder einem Gemenge dieser Gase zu füllen, wodurch der Betrieb der Röhre bei einem den Grenzdruck von 0·0006 mm Quecksilbersäule bei den bekannten Coolidgeröhren überschreitenden Gasdruck ermöglicht wird, ohne daß eine störende Gasionisation eintritt. Versuche der Fa. C. H. F. Müller, Hamburg, haben ergeben, daß sich mit gleichem Erfolge, aber unter Erzielung weiterer Vorteile, Neon als Füllgas für Glühkathodenröntgenröhren erwenden läßt.

(Schw. P. Nr. 122456.)

Nach einer Erfindung von E. Pohl in Kiel besteht die Glühkathode einer Röntgenröhre aus einem solchem Stoff und wird derart bemessen und geschaltet, daß sie beim Anlegen der Röntgenröhre an die Hochspannungsstromquelle unter Fortfall einer besonderen Heizstromquelle von selbst zum Glühen kommt. Als Material für die Glühkathode wird dabei ein Gemisch seltener Erden nach Art der Leuchtstäbe von Nernstlampen verwendet. (D. R. P. Nr. 446636.)

Für Glühkathodenröhren mit Hochfrequenz, welche primär an ein Gleichstromnetz angeschlossen sind, wird nach einer Erfindung der Dr. du Prel Elektromedizinische Apparate G. m. b. H. in München, zur Heizung der Glühkathode vorgeschlagen, einen besonderen Unterbrecher zu verwenden der zerhackten Gleichstrom für den Heiztransformator liefert.

(D. R. P. Nr. 445976.)

(Fortsetzung folgt.)

Literaturberichte.

3620 **Gummifreie Isolierstoffe.** (Technisches und Wirtschaftliches.) Unter Mitarbeit von Fachgenossen, verfaßt von Dr. Ing. Arthur Sommerfeld. 103 Seiten mit zahlreichen Abb. Herausgegeben vom Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie E. V., Berlin, 1927.

Die Technik der Isolierpreß-Materialien hat in den letzten Jahren einen so bedeutenden Aufschwung genommen, daß die Güte der Preßartikel einerseits ganz hervorragend verbessert wurde und andererseits damit im Zusammenhang eine ganz unglaubliche Vergrößerung des Anwendungsgebietes für diese Artikel geschaffen wurde. Überall dort, wo die Eigenheiten der Preßmaterialien und ihre Herstellung vom Konstrukteur richtig erfaßt und berücksichtigt werden, hat es sich gezeigt, daß die Einführung von Preßmaterialien die Güte des betreffenden Produktes gehoben hat, oder aber die Herstellungsweise verbilligt, manchmal sogar erst ermöglicht hat. Die Technologie der Preßmassen und namentlich der Massen, welche unter Zuhilfenahme von Kunstharzen hergestellt werden, ist nun leider in den breiten Kreisen der Verbraucher und Konstrukteure nicht so sehr bekannt, wie dies zum Zwecke der weiteren Verbreitung und Einführung dieser Massen erwünscht wäre. Daran ist teilweise eine gewisse Geheimniskrämerei schuld, die eine Zeitlang auf diesem Gebiete geherrscht hat.

Diesem Mangel hilft das vorliegende Büchlein in radikaler Weise ab; es werden in demselben nicht nur die Rohmaterialien und die Verarbeitungsmethoden, welche zur Herstellung von Kunstharzpreßartikel dienen, einer Besprechung unterzogen, sondern es werden auch die wichtigsten Einzelheiten der Nichtkunstharzpreßmassen gestreift. Die Besprechung der Erzeugung erstreckt sich sowohl auf den Preßvorgang, die dazugehörigen Maschinen, Arbeitsvorgänge und Matrizen, als auch auf die Nachbehandlung der aus der Presse herauskommenden Rohlinge. Anschliessend werden die Eigenschaften der Preßmassen und die Apparate, welche zur Feststellung dieser Eigenschaften dienen, erörtert. Daraus ergibt sich eine Besprechung der Klasseneinteilung derartiger Isolierpreßmassen, wie sie heute durch die Vorschriften des V. D. E. in Geltung sind, und die Möglichkeit der Besprechung einer Typeneinteilung, welche vielleicht die kommende Einteilung für Isolierpreßmassen sein wird.

Würde dieser erste Hauptteil des Büchleins an und für sich für die Verbraucherkreise interessant und wichtig genug sein, so kann dies erst recht von der zweiten Hälfte behauptet werden, welche sich mit den Gesichtspunkten beschäftigt, die für die richtige Konstruktion von Preßteilen von großer Wichtigkeit ist. An Hand von typischen Beispielen wird gezeigt, wie die Preßteile richtig geformt sein müssen, wenn hohe Festigkeitswerte und genaue Dimensionen erzielt werden sollen. Dieser Teil des Buches, sowie der anschließende Teil über die wirtschaftlichen Gesichtspunkte bei der Erzeugung und Verwendung von Isolierpreßmassen kann den Konstrukteuren von Maschinen und Apparaten oder dem Konstrukteur elektrischer Apparate nicht warm genug empfohlen werden. Zusammenfassend kommen wir zu dem Urteil, daß das Büchlein von Sommerfeld eine empfindliche Lücke in der Technologie der Stoffe der Elektrotechnik in beispielgebender Weise ausgefüllt hat, und daher jedem Konstrukteur und Elektrotechniker wärmstens empfohlen werden kann. Doz. Dr. Konstantinowsky.

3719 **Die Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkesselwesens.** Von Dipl.-Ing. R. Stumper. Mit 309 S. mit 101 Abb. Verlag J. Springer, Berlin, 1928. Preis geb. Mk. 24·—.

Der Verfasser hat den Versuch unternommen, die physikalisch-chemischen Grundlagen des Dampfkesselbaues und -betriebes zusammenzufassen. Er gibt damit dem Konstrukteur die wertvollen wissenschaftlichen Unterlagen, welche besonders während der jetzigen stürmischen Entwicklung des Kesselbaues ein unbedingt erforderliches Rüstzeug darstellen, in die Hand. Es werden zunächst die Bau- und Betriebsstoffe selbst besprochen und dann auf deren Verhalten im Betrieb eingegangen. Ein besonderer Teil ist der Speisewasseraufbereitung gewidmet. Über das Verhalten der Brennstoffe und der feuerfesten Materialien im Betrieb wird im Vergleich zu der Behandlung des übrigen Stoffes etwas zu wenig gebracht. Das Buch füllt in der Tat eine bisher bestandene Lücke der Literatur aus.

Stipernitz.

Eingelaufene Bücher.

Festschrift des tschechoslowakischen Elektrotechnischen Vereines (ESC).

Gelegentlich der 10. Jahresfeier des Bestandes der Republik und der Kulturausstellung in Brünn, ist eine Festschrift zur Jahresversammlung des Vereines in Brünn herausgegeben worden, die eine Reihe von Aufsätzen und auch Firmennachrichten enthält. Die Aufsätze behandeln die Entwicklung und den Stand der Elektrizitätswerke, der Elektroindustrie, insbesonders auch Radioindustrie und des elektrotechnischen Fachschulwesens in der tschechoslowakischen Republik. Abhandlungen über Elektromotoren, Apparate, Kabel, ferner über eine geplante größere Dampfanlage, die Brünner Straßenbahn und das automatische Fernsprechsystem schließen sich an; ein Artikel lenkt die Aufmerksamkeit auf die touristischen Schönheiten der Umgebung Brünns. Die einleitende Skizze bringt eine Übersicht der Abteilungen sowohl der Kulturausstellung als auch der gleichzeitig stattfindenden Messeausstellung. — g —

3502 Bau- und Einrichtung elektrischer Licht- und Kraftverteilungsanlagen. Technische Unterrichtsbriefe nach dem Lehrsystem Karnack-Hachfeld. 6 Briefe. Von Dipl.-Ing. H. Göpper, Mannheim. Herausgeber: Dipl.-Ing. E. Vollhardt, Berlin. Verlag: Bonneß & Hachfeld, Potsdam. Preis eines Briefes: Mk. 0·90.

Die ganze elementar gehaltenen Unterrichtsbriefe behandeln die Leitungen und ihre Verlegung (Brief I),

Digitized by Google

die Meßeinrichtungen (II), die Schalt-, Überstromschutz- und Überspannungsschutz-Einrichtungen (III, Lief. 1 u. 2), die Projektierung und Ausführung der Anlagen (IV, Lief. 1 u. 2). Sie sind wohl als erste installationstechnische Einführung gedacht, und greifen daher nur einige häufige Einrichtungen heraus, von denen eine mehr beschreibende als in die Tiefe gehende Schilderung geboten wird. Zusammenfassungen und Aufgaben unterstreichen noch den bloß gedächtnismäßigen Lehrzweck der Schriftchens, was am besten wohl beim 1. Lehrbrief (Leitungen) gelungen ist. F—r.

Briefe an die Schriftleitung.

Graphische Darstellung der Spannungsänderung von Transformatoren. Von E. Mittelmann. E. u. M. 1928, H. 12, S. 264.

Die Angabe der Koordinaten der Punkte 2 und 2':

$$e_\varphi = 0;\ \cos\varphi = \pm\cos\varphi_k$$

ist im allgemeinen nicht richtig. Es soll richtig heißen:

$$e_\varphi = 0;\ \cos\varphi = \pm\sin\varphi_k,$$

was übrigens aus Gleichung (1) sofort ersichtlich ist.

Auf Grund der Abb. 1, welche mit der spezialen Annahme

$$e_r = e_\sigma \text{ d. h.: } \varphi_k = 45^0$$

gezeichnet ist, kann natürlich der Unterschied nicht konstatiert werden.

Budapest, 26. März 1928.

Ing. Marcel Polgár.

Die in diesem Aufsatze angegebene Konstruktion der Spannungsänderung des Transformators in Abhängigkeit vom Kosinus des Phasenverschiebungswinkels, stellt eine sehr einfache und äußerst übersichtliche Methode dar. Da vorliegende Arbeit theoretischer Natur ist, wäre wohl der Hinweis noch erwünscht gewesen, daß die Strecke 11' (E. u. M. 1928, H. 12, S. 264, Abb. 1) nicht nur als konjugierter Durchmesser zu 3 3' von Bedeutung ist, sondern daß sie noch die wichtige Eigenschaft hat, jede Ordinate e_φ so in zwei Teile zu teilen, daß der oberhalb von ihr liegende Teil, da er gleich $e_\sigma \sin\varphi$ ist, den Einfluß des induktiven, der unterhalb liegende, da er gleich $e_r \cos\varphi$ ist, den Einfluß des Ohmschen Transformatorwiderstandes auf die Spannungsänderung darstellt.

Im weiteren soll auf Unstimmigkeiten hingewiesen werden. Die Koordinaten der Punkte 2, 2' (S. 264, Abb. 1) sind nicht $[\pm\cos\varphi_k, 0]$, **sondern richtig** $[\pm\sin\varphi_k, 0]$. Der Verfasser behauptet weiter, daß jener Teil der Ellipse nicht real ist, der den Phasenwinkeln von 180 bis 360° entspricht. Nun kann ein Transformator theoretisch so belastet werden, daß Phasenverschiebungen von 0 bis 90° durch induktive Belastung ($\cos\varphi = +1$ bis 0) und von 0 bis 90° (bzw. von 360 bis 270°) durch kapazitive Last ($\cos\varphi = +1$ bis 0) auftreten. Ein negativer $\cos\varphi$ ist daher nicht möglich. Der induktiven Belastung entspricht der Ellipsenteil 3, 4, 1 der kapazitiven Last der Teil 1, 2, 3'. (S. 264, Abb. 1). Die Trennungslinie zwischen erreichbaren und unerreichbaren Ellipsenpunkten ist also nicht die Strecke 11', sondern der ihr zugehörige konjugierte Durchmesser 33'.

Preßbaum bei Wien, 8. Mai 1928.

Ing. Hermann Reiter.

Erwiderung:

Die Koordinaten der Punkte 2 und 2' (S. 264, Abb. 1) sind, wie Herr Ing. Polgar und Herr Ing. Reiter richtig hervorheben, selbstverständlich $e_\varphi = 0$, $\cos\varphi = \pm\sin\varphi_k$ Bedauerlicherweise ist mir dieser Druckfehler beim Lesen der Korrektur entgangen.

Herrn Ing. Reiter bin ich für seine Bemerkungen zu Dank verpflichtet. Der Kurventeil 3—1 entspricht einer induktiven, der Teil 1—3' einer kapazitiven Belastung des Transformators. Der Kurventeil für die negativen Werte von $\cos\varphi$ entspricht der motorischen Belastung eines Induktionsapparates.

Wien, 1. Sept. 1928.

E. Mittelmann.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Welt-Telephonstatistik vom 1. Jänner 1927. Alljährlich stellt die statistische Abteilung der American Telegraph and Telephon Comp. an Hand der ihr zukommenden Angaben die Statistik über die Verbreitung des Telephons in allen Staaten zusammen. Aus der mit 1. Januar 1927 abgeschlossenen letzten Statistik[1]) ist zu entnehmen, daß man zu diesem Zeitpunkt 29 378 430 Telephone zählte, eine Zunahme von 5·3 vH gegen 1926[2]).

Die größte Zunahme hatten die V. St. A. mit 810 250 Teilnehmer-Stellen (T. St.). Die relative Zunahme auf den Vorjahrsstand betrug in Europa 6 vH, Nord-Amerika 4 vH, Südamerika 5 vH, Asien 2 vH, Afrika und Australien 9 vH. Die Zunahme war relativ am größten in Lettland 28 vH, Peru 18 vH, Rußland 16 vH, Finnland 15 vH, Rumänien 14 vH, Frankreich 11 vH und Belgien 10 vH. Von den T. St. der Welt befinden sich 60·5 vH in den V. St. A., 27·5 vH in Europa. Von den 8 Mill. T. St. Europas besitzt Deutschland 33 vH, England 18·7 vH Frankreich 10 vH und Schweden 5·5 vH. Die Länder größter Teilnehmerdichte sind die V. St. A. mit 15·3, Kanada 12·6, Neuseeland 9·5, Dänemark 9·2 und Schweden mit 7·4 T. St. auf je 100 Einwohner. Unter den Städten marschiert als erste San Francisco mit mit 31·9, Stockholm mit 28·7, New York an 10. Stelle mit 25·3 an der 13. bis 18. Stelle rangieren Kopenhagen 16·2, Oslo 16·2, Zürich 12·8, Wellington (Neuseeland) 12·6, Haag 11·2, Berlin mit 10·6 T. St. auf je 100 Einwohner. Ein anderes Bild gibt die Vergleichung nach Oberflächendichte. Den Weltrekord hält Dänemark mit 7·5, es folgen Niederlande mit 6·6, England mit 6·5, Belgien mit 6·1, Deutschland mit 5·7 und Schweiz mit 5·3 T. St. auf den km².

Die Zahl aller Orts- und Ferngespräche betrug in Millionen (Umrechnung auf jeden Einwohner) V. St. A. 23 700 (205), Japan 2283 (37·9), Deutschland 2052 (32), Kanada 1844 (195), England 1217 (26·9), Frankreich 687 (16·9), Schweden 664 (109·6), Dänemark 473 (137), Österreich 428 (63·2), Niederlande 412 (55·3), Australien 326 (54·5), Norwegen 290 (104·5), Czechoslowakei 218 (15·3), Schweiz 163 41·3), Belgien 158 (20·2), Ungarn 118 (14·1). Rechnet man aber die angegebenen Zahlen auf die Teilnehmerstellen um, so ergeben sich für jede T. St. folgende jährliche Gesprächszahlen: Japan 3350, Österreich 2610, Ungarn 2420, Niederlande 1830, Kanada 1710, Norwegen 1690, Czechoslowakei 1690, Schweden 1480, Dänemark 1480, Ver. Staaten 1340, England 1220, Belgien 890, Deutschland 830, Australien 810, Schweiz 760 und Frankreich 717.

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt in Spalte *S* die Anzahl der Staatsbetriebe, *P* Privatbetriebe in vH. Spalte *T* gibt die Zahl der T.-St.; in Spalte *D* sind die T.-St. pro 100 Einwohner und in Spalte *F* die pro km² zusammengestellt.

	S	P	T	D	F
Europa	84	16	8 080 642	1·6	1·2
Belgien	100	—	176 572	2·2	6·1
Brüssel			61 267	6·8	
Antwerpen			25 267	5·2	
Bulgarien	100	—	10 010	0·2	0·1
Czechoslowakei	100	—	128 956	0·9	0·9
Prag			30 345	4·3	
Dänemark	4	96	321 109	9·2	7·5
Kopenhagen			124 021	16·2	
Deutschland	100	—	2 688 495	4·2	5·7
Berlin			428 949	10·6	
Hamburg			143 755	11·2	
München			63 798	9·1	
Leipzig			59 155	8·6	
Köln			58 837	8·3	
Dresden			52 737	8·4	
Frankfurt a. Main			51 859	11·5	
Breslau			37 903	6·7	

[1]) Aus Bell Telephone Quarterly, July 1928.

[2]) Für die Statistik der vorhergehenden Jahre vgl. E. u. M. 1927, S. 333 und 939.

Digitized by Google

	S	P	T	D	F
England	100	—	1 511 585	3·3	6·5
London			532 066	7·1	
Manchester			52 424	4·9	
Liverpool			49 061	4·4	
Glasgow			48 178	4·3	
Birmingham			40 537	3·7	
Finnland	—	100	98 556	2·8	0·3
Frankreich	100	—	818 971	2·0	1·5
Paris			284 261	9·9	
Lyon			21 266	3·7	
Marseille			19 859	3·0	
Griechenland	100	—	6 328	0·1	0·01
Irland	100	—	23 830	0·8	0·4
Italien[1])	—	100	276 433	0·7	0·9
Jugoslawien	100	—	28 378	0·2	0·1
Lettland	100	—	24 192	1·2	0·4
Niederlande	100	—	225 348	3·0	6·6
Amsterdam			39 804	5·5	
Rotterdam			33 833	6·0	
Haag			31 036	7·6	
Norwegen	58	42	175 500	6·3	0·4
Oslo			40 872	16·2	
Österreich	100	—	158 429	2·3	1·9
Wien			98 226	5·1	
Graz			7 146	4·6	
Polen	56	44	131 951	6·5	0·4
Warschau			38 487	3·7	
Portugal	14	86	22 450	0·4	0·2
Rumänien	100	—	53 274	0·3	0·1
Bukarest			12 532	1·6	
Rußland	100	—	225 409	0·2	0·05
Moskau			54 936	2·7	
Leningrad			47 150	2·9	
Schweden	99	1	450 646	7·4	1·0
Stockholm			111 487	28·7	
Göteborg			29 913	13·0	
Malmö			15 416	13·2	
Schweiz	100	—	210 486	5·3	5·3
Zürich			26 987	12·8	
Genf			16 084	12·8	
Basel			15 262	10·9	
Bern			12 483	11·6	
Spanien	—	100	131 519	0·6	0·2
Ungarn	100	—	114 260	1·4	1·2
Budapest			49 120	5·0	
Übriges Europa			71 555		
Nord- und Zentral-Amerika	—	100	19 130 357	12·0	
Verein. Staaten	—	100	17 746 168	15·3	1·9
New York			1 502 376	25·3	
Chicago			848 017	27·2	
Los Angeles			307 471	25·4	
San Franzisko			229 935	31·9	
Cincinatti			145 707	21·9	
Milwaukee			129 151	20·2	
Washington			139 032	28·0	
Kanada	18	82	1 201 088	12·6	0·1
Toronto			163 744	25·6	
Montreal			150 681	17·8	
Mexiko	2	98	57 563	0·4	0·02
West Indien	17	83	96 750	1·8	0·4
Zentralamerika	40	60	20 283	0·3	0·05
Übriges N.-Am.			8 505		
Südamerika	1	99	427 746	0·5	0·04
Argentinien		100	204 463	2·0	0·07
Buenos Aires			112 137	5·6	
Brasilien	1	99	105 209	0·3	0·01
Chile	—	100	36 860	0·8	0·05
Uruguay	—	100	26 915	1·6	0·1
Columbia		100	18 875	0·2	0·01
Peru		100	13 229	0·2	0·01
Venezuela	1	99	12 732	0·4	0·01
Übriges S.-Am.			9 463		
Asien	90	10	928 531	0·08	0·02
Brit.-Indien	35	65	45 898	0·01	0·01
China	68	32	125 321	0·03	0·01
Peking			42 000	3·1	
Shanghai			25 731	1·6	
Japan	100	—	648 091	1·1	0·9
Tokio			125 649	5·9	
Osaka			86 100	3·8	
Kioto			29 107	4·1	
Kobe			25 036	3·8	
Übriges Asien			109 221		
Afrika	99	1	186 546	0·1	0·007
Ägypten	100	—	37 705	0·2	0·04
Südafr. Union	100	—	88 680	1·2	0·01
Übriges Afrika			60 161		
Australien und Ozeanien	87	13	624 608	0·8	0·06
Australien	100	—	403 616	6·7	0·5
Sydney			94 812	8·9	
Melbourne			80 301	8·8	
Neu Seeland	100	—	137 307	9·5	0·7
Wellington			15 997	12·6	
Aukland			15 987	7·9	
Niederl. Indien	90	10	42 899	0·1	0·02
Hawai	—	100	19 648	6·5	1·0
Philippinen	24	76	17 814	0·1	0·06
Übrig. Australien			3 224		
			29 378 430	1·6	0·2

[1]) Geschätzte Zahlen.

Reg.-Rat J. Kirschner, Innsbruck.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	17. IX. 1928	19. IX. 1928	21. IX. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	142¼	142¼	142¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	85—92	85—92	85—92

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 21. September 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	70	15	0	71	5	0
Wire bars	71	5	0	—	—	—
Standard Kassa	64	8	9	64	11	3
Standard 3 Monate	65	0	0	65	2	6
Zinn:						
Engl. Ingots	219	5	0	219	15	0
Standard Kassa	219	15	0	220	0	0
Standard 3 Monate	214	15	0	215	0	0
Blei:						
Engl. pig common	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	24	7	6	24	10	0
Remelted	24	15	0	—	—	—
English Swansea	24	17	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 5 sh/Pf. 16 10 sh p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 19. September 1928.)

(Grundpreis in S per 100 kg.)

Halbharte und harte Kupferdrähte	334
Weiche Kupferdrähte	336
Halbharte und harte Kupferdrähte	334

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 7. Oktober 1928 | Heft 41

Einige Erdschlußgrundprobleme in symmetrischer Darstellung.

Von Dr.-Ing. Günther **Oberdorfer**, Privatdozent an der techn. Hochschule in Wien[1]).

Einleitung: Erdschlußprobleme sind in den letzten Jahren häufig Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Während diese, nach den herkömmlichen Rechenmethoden behandelt, meist den physikalischen Zusammenhang der Vorgänge verschleierten, befaßt sich Bekku in seinem im „Archiv f. Elektrot." Bd. 14, Heft 6, erschienenen Aufsatz: „Methode der symmetrischen Koordinaten und allgemeine Theorie der Erdschlußlöscheinrichtungen" mit einschlägigen Fragen unter erstmaliger Benützung der Methode des Rechnens mit symmetrischen Komponenten, die ein einwandfreies Parallelgehen der physikalischen Vorstellung mit der mathematischen Berechnung ermöglicht. Befaßt sich nun die genannte Arbeit von Bekku in erster Linie mit der Theorie der Löscheinrichtungen, so soll in den folgenden Untersuchungen der Versuch gemacht werden, die physikalischen Vorgänge im Netz bei Erdschluß, unter Zuhilfenahme der neuen Rechenart zu analysieren.

I. Grundsätzliches über das Rechnen mit symmetrischen Komponenten.

Über die Grundzüge der Rechenart mittels symmetrischer Komponenten wurde bereits an dieser Stelle[2]) berichtet. Es genügt daher, das dort erhaltene Ergebnis anzuführen und nur jene Erweiterungen der Methode zu erwähnen, die sich inzwischen durch die praktischen Anwendungen ergeben haben.

Bekanntlich läßt sich jedes unsymmetrische Dreiphasensystem, das durch die Vektoren

$$\mathfrak{V}_R,\ \mathfrak{V}_S,\ \mathfrak{V}_T$$

dargestellt sei, zerlegen in ein Nullsystem, gekennzeichnet durch drei gleich große und gleichgerichtete Phasenkomponenten, ein Mitsystem, gekennzeichnet durch drei gleich große, im Uhrzeigersinn um 120° aufeinanderfolgende Phasenkomponenten und ein Gegensystem, gekennzeichnet durch drei gleich große, im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers um 120° aufeinanderfolgende Phasenkomponenten.

Die Größe und Phasenlage des Null- und Gegensystems in bezug auf das Mitsystem sind für die Art und Stärke der Unsymmetrie maßgebend. So ist im besonderen bei zweiphasigen Kurzschlüssen das Auftreten eines Gegensystems, bei Erdschlüssen das Auftreten eines Nullsystems charakteristisch.

Beziehen sich die Indices 0, 1, 2 auf die Null-, Mit- und Gegenkomponente, so kann man die vorbeschriebenen Beziehungen in die Gleichungen kleiden:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{V}_R &= \mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}\\ \mathfrak{V}_S &= \mathfrak{V}_{R0} + a^2\mathfrak{V}_{R1} + a\mathfrak{V}_{R2}\\ \mathfrak{V}_T &= \mathfrak{V}_{R0} + a\mathfrak{V}_{R1} + a^2\mathfrak{V}_{R2}\end{aligned}\right\} = \underline{0}\,\mathfrak{V}_R \quad . \quad (1),$$

worin der Operator $a = -\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}\sqrt{3}$.

Damit erhalten wir also eine Vorschrift, die angibt, wie man aus den bekannten symmetrischen Komponentenvektoren die Hauptvektoren „zusammensetzt". Da dieses Gleichungstripel häufig Verwendung findet, empfiehlt es sich, hiefür eine besondere Bezeichnung einzuführen. Es wird damit nicht nur die Rechnung vereinfacht, sondern auch das physikalische Verständnis gefördert. Wir wollen in der Folge das Gleichungstripel (1) die symmetrische Zusammensetzung nennen und hiefür das Zeichen $\underline{0}$ [3]) einführen, in welches der das System kennzeichnende Vektor der Bezugsphase — in unserem Falle $\mathfrak{V}_R$ — eingesetzt wird. Letzteren wollen wir den Vertreter des Systems nennen.

Es ist weiters bekannt, daß man die dreifachen Werte der symmetrischen Komponenten selbst dadurch aus der symmetrischen Zusammensetzung gewinnt, daß man deren Gleichungen der Reihe nach mit 1, 1, 1 beziehungsweise mit 1, a, a^2 beziehungsweise mit 1, a^2, a multipliziert und addiert. Auch diese Rechenoperation wird häufig angewandt; sie möge mit dem Ausdruck „Symmetrieren" bezeichnet werden. Als mathematisches Symbol soll ein kleines σ Verwendung finden, das als Faktor gesetzt, den oben beschriebenen Rechnungsgang fordert. Wir erhalten also:

---

[1]) Vortrag, gehalten am 18. April 1928 im Elektrotechnischen Verein in Wien.

[2]) G. Oberdorfer. Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten. E. u. M. 1927, Seite 296.

[3]) Ein verkehrtes bzw. aufrechtes Sigma, das etwa an das Wort Symmetrie erinnern soll.

Digitized by Google

$$\sigma 0\underline{\mathfrak{V}_R} = \sigma \begin{vmatrix} \mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2} \\ \mathfrak{V}_{R0} + a^2\mathfrak{V}_{R1} + a\,\mathfrak{V}_{R2} \\ \mathfrak{V}_{R0} + a\,\mathfrak{V}_{R1} + a^2\mathfrak{V}_{R2} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} (\mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}) + (\mathfrak{V}_{R0} + a^2\mathfrak{V}_{R1} + a\,\mathfrak{V}_{R2}) + (\mathfrak{V}_{R0} + a\,\mathfrak{V}_{R1} + a^2\mathfrak{V}_{R2}) = \mathfrak{V}_R + \mathfrak{V}_S + \mathfrak{V}_T \\ (\mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}) + (a\,\mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + a^2\mathfrak{V}_{R2}) + (a^2\mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + a\,\mathfrak{V}_{R2}) = \mathfrak{V}_R + a\,\mathfrak{V}_S + a^2\mathfrak{V}_T \\ (\mathfrak{V}_{R0} + \mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}) + (a^2\mathfrak{V}_{R0} + a\,\mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}) + (a\,\mathfrak{V}_{R0} + a^2\mathfrak{V}_{R1} + \mathfrak{V}_{R2}) = \mathfrak{V}_R + a^2\mathfrak{V}_S + a\,\mathfrak{V}_T \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} 3\mathfrak{V}_{R0} = \mathfrak{V}_R + \mathfrak{V}_S + \mathfrak{V}_T \\ 3\mathfrak{V}_{R1} = \mathfrak{V}_R + a\,\mathfrak{V}_S + a^2\mathfrak{V}_T \\ 3\mathfrak{V}_{R2} = \mathfrak{V}_R + a^2\mathfrak{V}_S + a\,\mathfrak{V}_T \end{vmatrix} = 0\overline{\mathfrak{V}_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

Der letzte Teil der Gleichung (2) zeigt an, wie man die vorliegenden Hauptvektoren in ihre symmetrischen Komponenten „zerlegt"; wir nennen daher das kennzeichnende Tripel die symmetrische Zerlegung und führen hiefür das Zeichen $0\overline{\ }$ ein, in welches wieder der Vertreter des Systems eingetragen wird (Vorschrift 2).

Benötigt man eine der symmetrischen Komponenten selbst, so braucht man nur den entsprechenden Wert der symmetrischen Zerlegung durch drei zu dividieren.

Es sollen nun mit Hilfe der beschriebenen Grundlagen einige Grundprobleme des Erdschlusses behandelt werden, die einerseits den Wert der neuen Rechenart beweisen, andererseits aber auch ein tieferes Verständnis für die physikalischen Vorgänge bei Erdschluß bringen sollen.

II. Anwendung der Methode auf einige Erdschlußgrundprobleme.

A) Der Erdschluß im ungeschützten Netz.

Als erstes und einfachstes Beispiel betrachten wir eine symmetrische Dreiphasenleitung, die entsprechend der Abb. 1 an eine symmetrische Spannungsquelle $\mathfrak{E}_R$, $\mathfrak{E}_S$, $\mathfrak{E}_T$ angeschlossen ist. Es gilt also

$$\mathfrak{E}_R + \mathfrak{E}_S + \mathfrak{E}_T = 0,$$

was auch für alle weiteren Beispiele vorausgesetzt sein soll. Um das wesentliche des Problems möglichst rein herauszukristallisieren, seien alle Nebeneinflüsse vernachlässigt. Es sei dementsprechend angenommen, daß die Leiter widerstandslos sind und je eine Kapazität C gegen Erde besitzen. Tritt nun an der in der Abb. gezeichneten Stelle ein satter Erdschluß ein, so entsteht bekanntlich eine Verlagerung des Sternpunktes bei gleichzeitigem Auftreten eines Erdschlußstromes an der Erdschlußstelle.

Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist mit den Bezeichnungen der Abbildung

$$\begin{vmatrix} \mathfrak{J}_R + \mathfrak{J}_S + \mathfrak{J}_T = 0, \\ \mathfrak{J}_R' = \mathfrak{J}_R + \mathfrak{J}_E \\ \mathfrak{J}_S' = \mathfrak{J}_S \\ \mathfrak{J}_T' = \mathfrak{J}_T \end{vmatrix} \quad \ldots\ldots (3).$$

Die Spannungen an der Erdschlußstelle betragen

$$\begin{aligned} \mathfrak{V}_R &= \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_R = 0 = \mathfrak{E}_R - \mathfrak{E}_R, \\ \mathfrak{V}_S &= \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_S = \mathfrak{E}_S - \mathfrak{E}_R, \\ \mathfrak{V}_T &= \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_T = \mathfrak{E}_T - \mathfrak{E}_R. \end{aligned}$$

Bildet man hieraus nach Vorschrift 2 die symmetrische Zerlegung

$$0\overline{\mathfrak{V}_R} = \begin{vmatrix} -3\mathfrak{E}_R \\ +3\mathfrak{E}_R \\ 0 \end{vmatrix}$$

so erkennt man, daß die Mitkomponente gleich ist der aufgedrückten Phasenspannung. Eine Gegen-Spannungskomponente tritt nicht auf. Dagegen erscheint eine Nullspannung gleich der negativen Phasenspannung der erdgeschlossenen Phase. Die Erscheinung ist an und für sich durchaus bekannt. Sie wurde jedoch bisher so formuliert, daß man sagte, es ist so, „als ob" dem ganzen System eine negative Phasenspannung aufgedrückt werden würde. Wir erkennen aber jetzt, daß hinter diesem

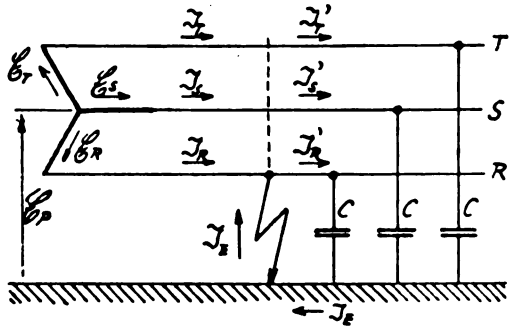


Abb. 1. Erdschluß im ungeschützten Netz.

„als ob" nichts anderes als die durch die entstandene Unsymmetrie hervorgerufene Nullspannung steckt, die durchaus physikalische Wirklichkeit darstellt.

Jede der drei Spannungskomponenten erzeugt nun im Teil rechts von der Fehlerstelle einen Strom, der durch den vorhandenen Leitwert $j\omega C$ bestimmt ist. Es ist daher

$$\frac{0\overline{\mathfrak{V}_R}}{3} j\omega C = \begin{vmatrix} \mathfrak{J}_{R0}' = -\mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R1}' = +\mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R2}' = 0 \end{vmatrix} . \quad (4).$$

Um die Phasenströme selbst zu bekommen, hat man nur die symmetrische Zusammensetzung zu bilden, also

$$0\underline{\mathfrak{J}_R'} = \begin{vmatrix} 0 \\ (a^2-1)\mathfrak{E}_R j\omega C \\ (a-1)\mathfrak{E}_R j\omega C \end{vmatrix}$$

woraus mit Benützung der Beziehungen (3) und der Gleichung

Digitized by Google

$$\mathfrak{J}_E = 3\,\mathfrak{J}_{R0}'$$

$$\begin{cases} \mathfrak{J}_R = 3\,\mathfrak{E}_R\, j\omega C \\ \mathfrak{J}_S = (a^2 - 1)\,\mathfrak{E}_R\, j\omega C \\ \mathfrak{J}_T = (a - 1)\,\mathfrak{E}_R\, j\omega C \end{cases}$$

Zur Vervollständigung des Bildes ermitteln wir noch die symmetrischen Komponenten dieser Ströme durch Bildung der Zerlegung und Division durch 3 unter Erhalt von

$$\left.\begin{cases} \mathfrak{J}_{R0} = 0 \\ \mathfrak{J}_{R1} = 2\,\mathfrak{E}_R\, j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R2} = \mathfrak{E}_R\, j\omega C \end{cases}\right\} \quad \ldots\ldots (5).$$

Dieses Resultat ist bemerkenswert und gestattet eine weitgehende Interpretation der bei Erdschluß auftretenden Erscheinungen. Im Teil hinter der Fehlerstelle fließt neben den Mitströmen, die nichts anderes darstellen als die normalen betriebsmäßigen Ladeströme, in jeder Phase ein Nullstrom als dritter Teil des Erdschlußstromes. Ein Gegensystem ist nicht vorhanden. Ein solches tritt jedoch für den Teil vor der Fehlerstelle auf, da die Leitung in diesem Teil infolge des durch den Erdschluß erfolgten Kurzschlusses zwischen den Phasen unsymmetrisch belastet erscheint. Das ganze System ist dort dreiphasig und gestattet daher höchstens die Ausbildung eines Gegenstromsystems. Im Abschnitt rechts von der Fehlerstelle liegt hingegen ein Vierleitersystem vor, das das Entstehen eines Nullstromes ermöglicht. Jeder Anschlußpunkt einer unsymmetrischen Belastung ist, wie man sieht, bezüglich der Stromverteilung ein Unstetigkeitspunkt in dem Sinne, als er die Anlage in Teile trennt, für die die unsymmetrische Belastung wesentlich verschieden einwirkt. Man kann sich dann stets vorstellen, daß die drei Phasen in diesen Unstetigkeitspunkt für die sich dort änderten Komponentensysteme kurzgeschlossen sind, so daß sich dort zum Beispiel Gegenströme zu Null schließen oder Nullströme auf ihren dreifachen Wert (Erdschlußstrom) summieren.

Um das erhaltene Ergebnis gut überblicken zu können, sind die einzelnen Stromsysteme und ihre Zusammensetzungen in Abb. 2 eingetragen, die auch einen einfachen Vergleich mit den weiteren Beispielen gestattet.

Wir wollen nun untersuchen, welchen Einfluß der Widerstand des Lichtbogens auf die Vorgänge bei Erdschluß ausübt. Wie Versuche ergeben haben, hat der Lichtbogenwiderstand vorwiegend ohmschen Charakter, so daß wir ihn also durch den induktionsfreien Widerstand — R darstellen wollen.

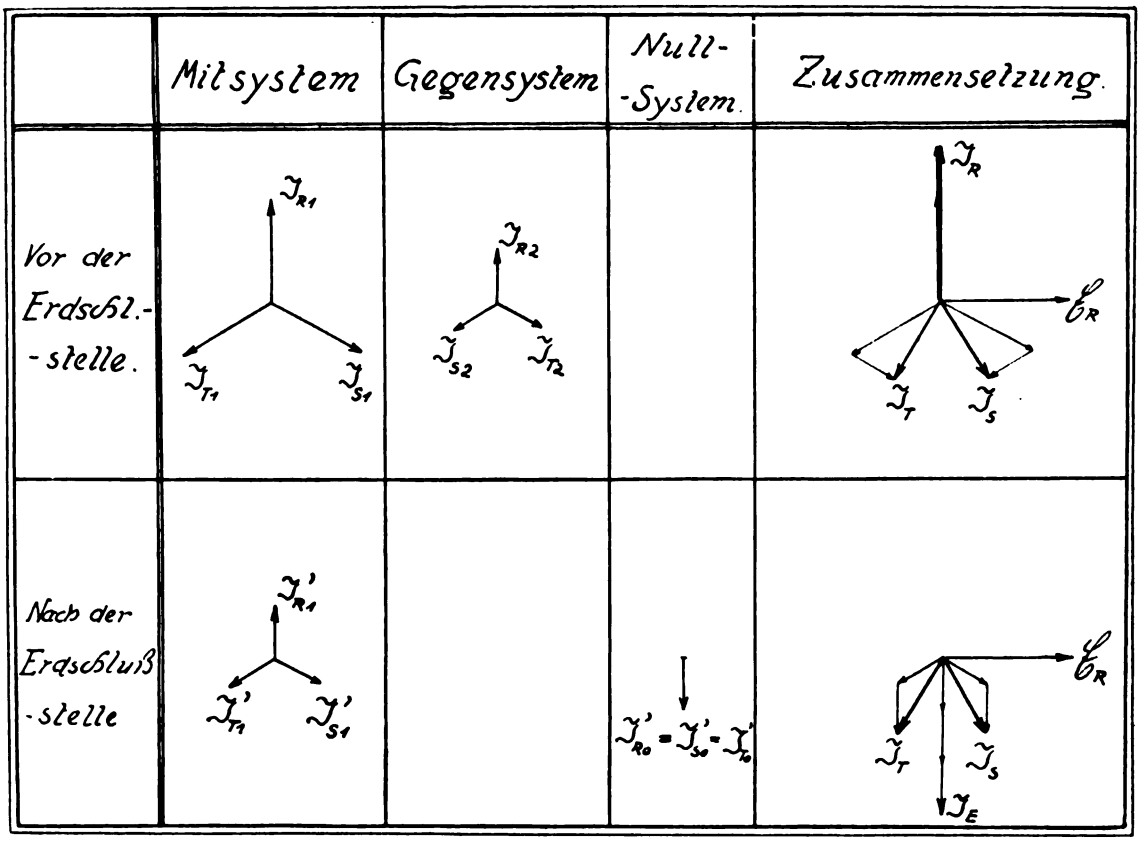


Abb. 2. Der Erdschluß im ungeschützten Netz.

Die Spannungen an der Fehlerstelle sind dann

$$\mathfrak{B}_R = \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_R = -\,\mathfrak{J}_E R,$$

$$\mathfrak{B}_S = \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_S = \mathfrak{E}_S - \mathfrak{E}_R - \mathfrak{J}_E R,$$

$$\mathfrak{B}_T = \mathfrak{E}_P + \mathfrak{E}_T = \mathfrak{E}_T - \mathfrak{E}_R - \mathfrak{J}_E R$$

und damit

$$0\overline{\mathfrak{B}_R} = \begin{cases} -3\,\mathfrak{E}_R - 3\,\mathfrak{J}_E R \\ 3\,\mathfrak{E}_R \\ 0 \end{cases}$$

Diese Spannungen wirken wieder einzeln auf die Leitfähigkeiten $j\omega C$, so daß

Digitized by Google

$$\mathfrak{J}'_{R0} = (-\mathfrak{E}_R - \mathfrak{J}_E R) j\omega C = \\ = -\mathfrak{E}_R j\omega C - 3\mathfrak{J}'_{R0} j\omega C$$

oder

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_{R0}' &= \frac{\mathfrak{J}_E}{3} = -\frac{\mathfrak{E}_R j\omega C}{1+3Rj\omega C} \\ \mathfrak{J}_{R1}' &= \mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R2}' &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots (6).$$

Für die Stromkomponenten vor der Fehlerstelle erhält man dann ähnlich wie früher die Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_{R0} &= 0 \\ \mathfrak{J}_{R1} &= \mathfrak{E}_R j\omega C \frac{2+3Rj\omega C}{1+3Rj\omega C} \\ \mathfrak{J}_{R2} &= \frac{\mathfrak{E}_R j\omega C}{1+3Rj\omega C} = \mathfrak{J}_{R1} - \mathfrak{E}_R j\omega C \end{aligned}\right\} \quad (7).$$

Phasenströme beeinflußt, wie aus den Zusammensetzungen eindeutig hervorgeht.

B) Der Erdschluß im geschützten Netz.

Die üblichen Erdschlußlöscheinrichtungen lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen, und zwar in die Gruppe der Nullpunktsdrosseln und der Pollöscher. Wir wollen beide Systeme einer grundsätzlichen Berechnung unterziehen und hiebei wieder alles Nebensächliche vernachlässigen. Es sei dabei gleich vorweggenommen, daß das Ergebnis mangels Einbeziehung näherer Details unmittelbar zu keinem abschließenden Vergleich der beiden Löschmethoden geeignet ist, obwohl es die wesentlichen Grundeigenschaften dieser Methoden deutlich herauskehrt. Das Ziel

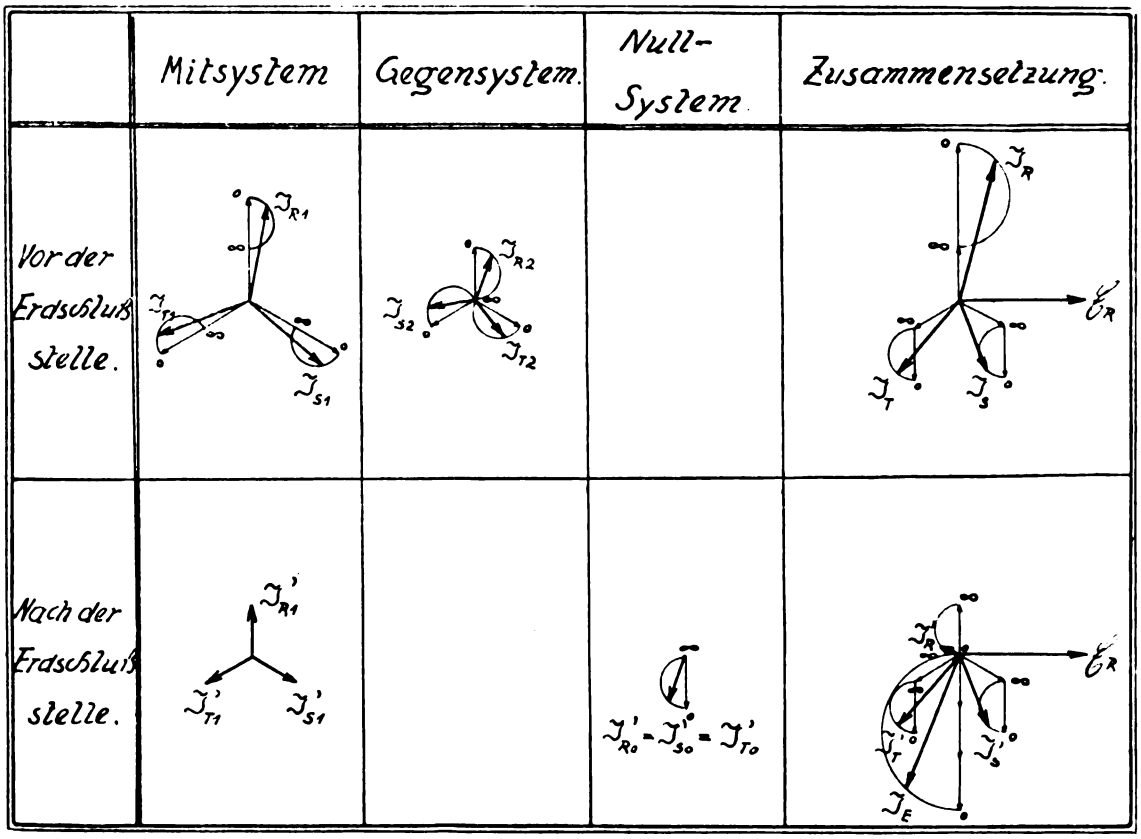


Abb. 3. Einfluß des Lichtbogenwiderstandes.

Die Ausdrücke der Gleichungen (6) und (7), die R im Nenner enthalten, liefern mit veränderlichem Lichtbogenwiderstand Kreise als Ortskurven für die Komponentenströme. Am besten überblickt man die Verhältnisse wieder, wenn man die Komponentensysteme und ihre Zusammensetzungen, wie in Abb. 3, tabellarisch zusammenstellt. Man sieht sofort, in welchem Sinne die Unsymmetrie bei wachsendem Lichtbogenwiderstand abnimmt, wobei bei $R = \infty$ der Zustand bei gesundem Netz erreicht werden muß, also die die Unsymmetrie kennzeichnenden Gegen- und Nullsysteme verschwinden müssen. Andererseits führt der Fall $R = 0$ wieder in das vorherige Beispiel des satten Erdschlusses über. Bemerkenswert ist, daß der Lichtbogenwiderstand Größe und Lage sämtlicher

der vorliegenden Arbeit soll ja auch nicht ein derartiger Vergleich sein; es soll vielmehr gezeigt werden, mit welch einfachen Mitteln man Unsymmetrieproblemen beizukommen vermag, die bisher meist nur mit Aufwand eines vergleichsweise umständlichen Apparates einer Lösung zugänglich waren.

Wir betrachten vorerst ein Drehstromnetz, das nach Abb. 4 mit einer Nullpunktsdrossel ausgerüstet ist. Mit den Bezeichnungen des Schaltbildes sind wieder die Spannungen an der Erdschlußstelle

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{V}_R &= \mathfrak{J}_L(-j\omega L) + \mathfrak{E}_R = 0 \\ \mathfrak{V}_S &= \mathfrak{J}_L(-j\omega L) + \mathfrak{E}_S \\ \mathfrak{V}_T &= \mathfrak{J}_L(-j\omega L) + \mathfrak{E}_T \end{aligned}\right.$$

Digitized by Google

woraus

$$0\overline{\mathfrak{B}_R} = \begin{cases} -3\mathfrak{I}_L j\omega L \\ 3\mathfrak{E}_R \\ 0 \end{cases}$$

Da außerdem

$$\mathfrak{E}_R - \mathfrak{I}_L j\omega L = 0$$

und damit

$$\mathfrak{I}_L = \frac{\mathfrak{E}_R}{j\omega L}$$

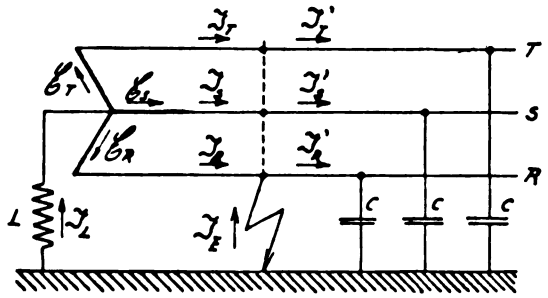


Abb. 4. Der Erdschluß bei angeschlossener Nullpunktsdrossel.

Für den Abschnitt vor der Erdschlußstelle gelten die Stromgleichungen

$$\mathfrak{I}_R = \mathfrak{I}_R' - \mathfrak{I}_E = \mathfrak{I}_{R0}' + \mathfrak{I}_{R1}' + \mathfrak{I}_{R2}' - \mathfrak{I}_E = -\mathfrak{I}_E,$$
$$\mathfrak{I}_S = \mathfrak{I}_S',$$
$$\mathfrak{I}_T = \mathfrak{I}_T',$$

woraus

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{I}_{R0} &= \frac{\mathfrak{E}_R}{3j\omega L} \\ \mathfrak{I}_{R1} &= \mathfrak{E}_R\left(2j\omega C + \frac{1}{3j\omega L}\right) \\ \mathfrak{I}_{R2} &= \mathfrak{E}_R\left(j\omega C + \frac{1}{3j\omega L}\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots (10).$$

Tragen wir wieder die erhaltenen Werte in tabellarischer Form in Abb. 5 ein, so können wir leicht einen direkten Vergleich mit dem Zustand bei ungeschütztem Netz, wie ihn Abb. 2 darstellte, anstellen.

Im Abschnitt hinter der Fehlerstelle hat sich nichts geändert. Dagegen ist der Erdschlußstrom

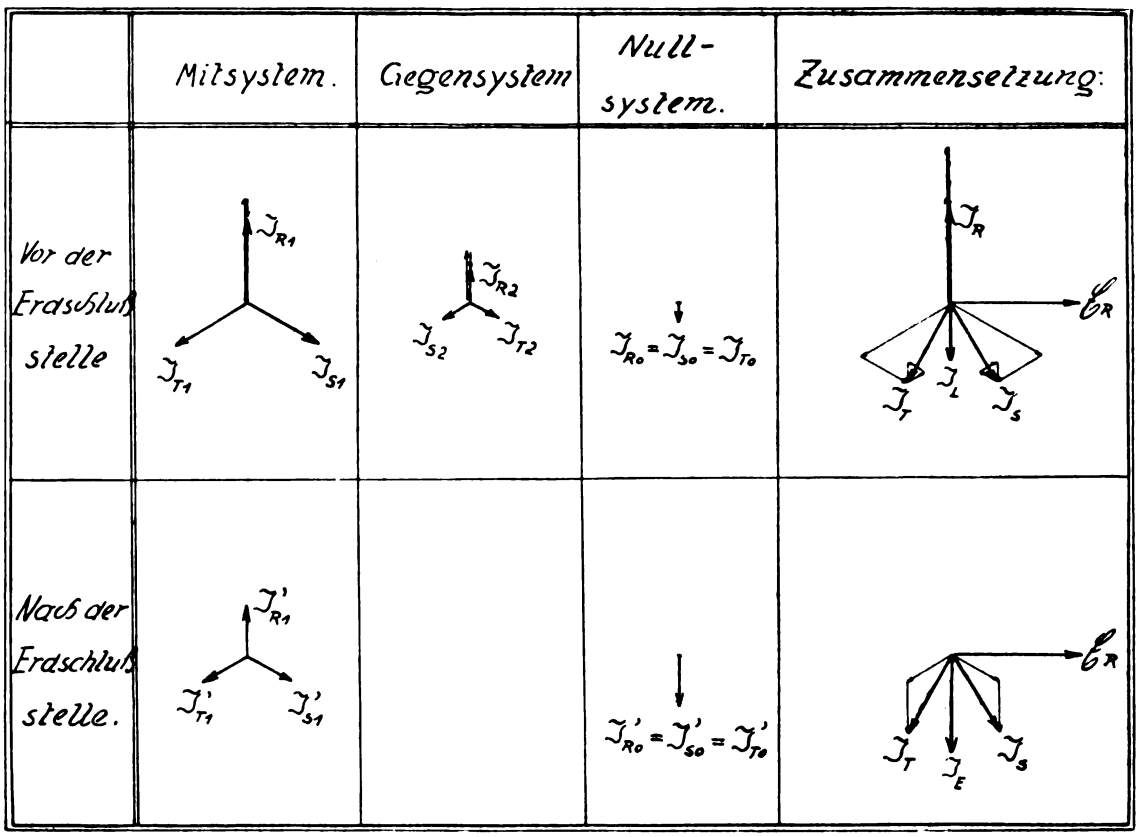


Abb. 5. Der Erdschluß bei angeschlossener Nullpunktsdrossel.

ist, wird für den Teil rechts von der Fehlerstelle

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{I}_{R0}' &= -\mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{I}_{R1}' &= \mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{I}_{R2}' &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (8).$$

Der Erdschlußstrom errechnet sich aus der Knotenpunktsgleichung

$$\mathfrak{I}_L + \mathfrak{I}_E = 3\mathfrak{I}_{R0}'$$

zu

$$\mathfrak{I}_E = -\mathfrak{E}_R\left(3j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right) \quad \ldots (9).$$

selbst kleiner geworden. Er verdankt diese Verkleinerung einem ihm überlagerten induktiven Nullstrom, der nunmehr im Abschnitt vor der Fehlerstelle auftritt. Dieser Nullstrom muß durch die Wicklungen der Spannungsquelle, was zumindest zu unliebsamen Einschränkungen in der Wahl der Transformatoren führen kann. Andererseits wird das Gegensystem geschwächt und dadurch werden die mit diesem verbundenen Verluste verkleinert. Auch die Schwächung des Mitsystems, das ja größer ist, als es den Betriebsladeströmen allein entsprechen würde, ist durchaus erwünscht.

Digitized by Google

Führt man die Nullpunktsdrossel derart aus, das

$$3j\omega C+\frac{1}{j\omega L}=0$$

ist, daß also die sogenannte Löschbedingung erfüllt ist, so wird

$$\begin{aligned}\Im_{R0}&=\frac{\mathfrak{E}_R}{3j\omega L}=-\mathfrak{E}_R j\omega C,\\ \Im_{R1}&=\mathfrak{E}_R j\omega C,\\ \Im_{R2}&=0,\\ \Im_E&=0.\end{aligned}$$

Es wird dann, wie allgemein bekannt ist, der gesamte Erdschlußstrom von der Fehlerstelle in die Nullpunktsdrossel abgesaugt. Die Belastung des Haupttransformators durch ein Gegensystem wird vermieden. Das Mitsystem hat nur die Größe, die der Aufladung des Netzes entspricht. Dagegen muß das Nullsystem in seiner ganzen Größe den Haupttransformator passieren, was die vorerwähnten Vorteile zumindest teilweise wieder aufhebt. Wir werden in der Folge sehen, daß in dieser Beziehung der Pollöscher bedeutend günstiger arbeitet.

Entwerfen wir zu diesem Zwecke vorerst

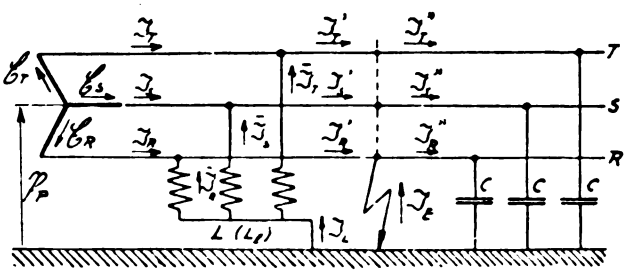


Abb. 6. Der Erdschluß bei angeschlossenem Pollöscher.

das Schaltbild Abb. 6 und tragen wir dort wieder die positiven Richtungspfeile ein. Der Löschtransformator sei durch eine dreiphasige Induktivität dargestellt, die je nachdem, ob es sich um Leerlauf oder Betrieb (Erdschluß) handelt, die Induktivität L_l oder L besitze. Dadurch sind wir unabhängig von der Schaltung des Pollöschers und haben die Rechnung so weit als möglich vereinfacht.

Aus dem Schaltbild leiten wir wieder ab:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{V}_R&=\mathfrak{P}_P+\mathfrak{E}_R=0\\ \mathfrak{V}_S&=\mathfrak{P}_P+\mathfrak{E}_S=\mathfrak{E}_S-\mathfrak{E}_R\\ \mathfrak{V}_T&=\mathfrak{P}_P+\mathfrak{E}_T=\mathfrak{E}_T-\mathfrak{E}_R\end{aligned}\right.$$

woraus

$$0\overline{\mathfrak{V}_R}=\begin{cases}-3\mathfrak{E}_R\\ +3\mathfrak{E}_R\\ 0\end{cases}$$

Die Komponentenspannungen wirken nun einerseits auf die Leitfähigkeiten $j\omega C$, andererseits auf die Widerstände $j\omega L$. Die entsprechenden Teilströme sind daher

$$\left.\begin{aligned}\Im_{R0}''&=-\mathfrak{E}_R j\omega C\\ \Im_{R1}''&=+\mathfrak{E}_R j\omega C\\ \Im_{R2}''&=0\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots(11)$$

bezw.

$$0\overline{\Im_R}=\begin{cases}\frac{3\mathfrak{E}_R}{j\omega L}\\ -\frac{3\mathfrak{E}_R}{j\omega L_l}\\ 0\end{cases}$$

Die Knotenpunktsgleichungen für den Anschlußpunkt des Löschtransformators liefern

$$\Im_R=\Im_R'-\bar{\Im}_R=\Im_R''-\Im_E-\bar{\Im}_R=-\Im_E-\mathfrak{E}_R\left(\frac{1}{j\omega L}-\frac{1}{j\omega L_l}\right)$$

$$\Im_S=\Im_S'-\bar{\Im}_S=\Im_S''-\bar{\Im}_S=\mathfrak{E}_R j\omega C(a^2-1)-\mathfrak{E}_R\left(\frac{1}{j\omega L}-\frac{a^2}{j\omega L_l}\right)$$

$$\Im_T=\Im_T'-\bar{\Im}_T=\Im_T''-\bar{\Im}_T=\mathfrak{E}_R j\omega C(a-1)-\mathfrak{E}_R\left(\frac{1}{j\omega L}-\frac{a}{j\omega L_l}\right)$$

woraus die Zerlegung

$$0\overline{\Im_R}=\begin{cases}-3\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right)-\Im_E\\ +3\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L_l}\right)-\Im_E\\ -\Im_E\end{cases}\quad(12)$$

Hierin ist noch der Erdschlußstrom $\Im_E$ unbekannt; er ergibt sich aus der Knotenpunktsgleichung für die Nullströme:

$$\Im_L+\Im_E=\Im_R''+\Im_S''+\Im_T''=\bar{\Im}_R+\bar{\Im}_S+\bar{\Im}_T+\Im_E$$

zu

$$\Im_E=\mathfrak{E}_R j\omega C(a^2-1+a-1)-\frac{3\mathfrak{E}_R}{j\omega L}$$

oder

$$\Im_E=-3\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right)\quad\ldots(13)$$

Wird dieser Wert in die Zusammensetzung (12) eingesetzt, so resultieren die Komponentenströme

$$\left.\begin{aligned}\Im_{R0}&=0\\ \Im_{R1}&=\mathfrak{E}_R\left(2j\omega C+\frac{1}{j\omega L}+\frac{1}{j\omega L_l}\right)\\ \Im_{R2}&=\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right)\end{aligned}\right\}\quad(14)$$

Es fehlen noch die Ströme zwischen Löschtransformator und Fehlerstelle. Diese ergeben sich aus

$$\Im_R'=\Im_R''-\Im_E=3\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right),$$

$$\Im_S'=\Im_S''=\mathfrak{E}_R j\omega C(a^2-1),$$

$$\Im_T'=\Im_T''=\mathfrak{E}_R j\omega C(a-1)$$

durch Symmetrieren und Division durch 3 zu

$$\left.\begin{aligned}\Im_{R0}'&=\frac{\mathfrak{E}_R}{j\omega L}\\ \Im_{R1}'&=\mathfrak{E}_R\left(2j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right)\\ \Im_{R2}'&=\mathfrak{E}_R\left(j\omega C+\frac{1}{j\omega L}\right)\end{aligned}\right\}\quad\ldots(15)$$

Digitized by Google

Schließlich findet man den Löschstrom $\mathfrak{J}_L$ aus

$$\mathfrak{J}_L = \mathfrak{J}_R'' + \mathfrak{J}_S'' + \mathfrak{J}_T'' - \mathfrak{J}_E = \\ = \mathfrak{E}_R j\omega C(a^2 - 1 + a - 1) + \\ + 3\mathfrak{E}_R\left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right),$$

also

$$\mathfrak{J}_L = \frac{3\mathfrak{E}_R}{j\omega L} \quad \ldots\ldots (16).$$

Ein Vergleich der erhaltenen Werte soll wieder an Hand der Vektordiagramme Abb. 7 erfolgen.

Der Abschnitt nach der Erdschlußstelle bleibt, wie vorauszusehen war, wieder unbeeinflußt. Er führt den Betriebsladestrom als Mitstrom und den Erdschlußstrom als Nullstrom.

Der Abschnitt zwischen Löscher und Fehlerstelle erfährt gegenüber der Anordnung einer Nullpunktsdrossel ebenfalls keine Änderung. Die dort gemachten Angaben gelten also auch hier unverändert. Bezüglich der Leitung und der Erdschlußlöschung verhalten sich also Pol- und Nullpunktlöscher vollkommen gleichartig, eine Tatsache, die ja bekannt ist.

Ganz anders gestalten sich jedoch die Verhältnisse vor dem Löscher, also am Haupttransformator. Das Nullsystem verschwindet hier vollständig, da die Nullströme durch den Löscher abfließen. Dagegen tritt wieder ein Gegensystem derselben Größe auf, wie bei angeschlossener Nullpunktsdrossel. Während aber bei vollständiger Abstimmung bei der Nullpunktsdrossel dem Verschwinden des Gegensystems eine vollständige Ausbildung des Nullsystems entgegensteht, verschwindet bei Anschluß eines Pollöschers das Gegensystem, ohne daß überhaupt eine Nullkomponente auftritt, wie sich aus den folgenden Gleichungen für erfüllte Löschbedingung ergibt

$$j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = 0,$$

$$\begin{cases} \mathfrak{J}_{R0} = 0 \\ \mathfrak{J}_{R1} = \mathfrak{E}_R\left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L_l}\right) \\ \mathfrak{J}_{R2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathfrak{J}_{R0}' = \frac{\mathfrak{E}_R}{j\omega L} - -\mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R1}' - \mathfrak{E}_R j\omega C \\ \mathfrak{J}_{R2}' = 0 \end{cases}$$

$$\mathfrak{J}_E = 0.$$

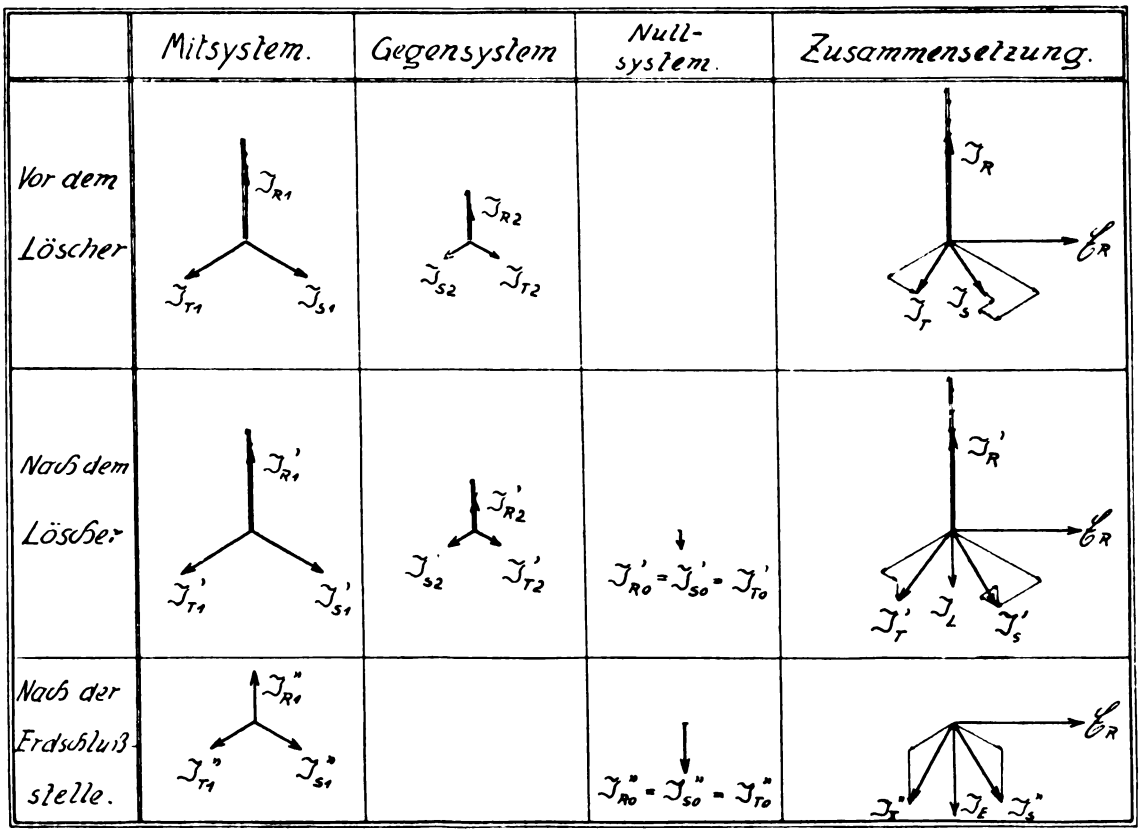


Abb. 7. Der Erdschluß bei angeschlossenem Pollöscher.

Der Haupttransformator erfährt also durch das Vorhandensein des Erdschlusses überhaupt keine unsymmetrische Strombelastung. Er führt nur ein Mitsystem, das sich aus dem Betriebsladestrom und dem Leerlaufstrom des Löschers zusammensetzt. Von außen betrachtet (das ist vom Haupttransformator) ist eben durch die vollständige Aufhebung des Erdschlusses die Anordnung durchaus symmetrisch, da sowohl die drei Wicklungen des Löschtransformators als auch die drei Kapazitäten der Leitung gegen Erde gleich angenommen wurden.

Es mag an dieser Stelle nochmals auf die physikalische Durchsichtigkeit des Verfahrens

Digitized by Google

hingewiesen werden. Betrachtet man nämlich beispielsweise den Fall nicht vollkommener Abstimmung, so sieht man, daß der Haupttransformator infolge der bestehenden Unsymmetrie zwischen den Phasen, ein Mit- und Gegensystem liefert. Dies dauert, wie bereits erwähnt wurde, solange an, als keine Unstetigkeitspunkte auftreten, das sind jene Punkte, an denen eine neue Unsymmetrie auftritt, oder eine vorhandene verschwindet. Der erste solche Unstetigkeitspunkt liegt im Anschluß des mit der Erde verbundenen Löschtransformators. Hier fließen vorerst die Leerlaufströme des Löschers ab und vermindern dadurch das weiterlaufende Mitsystem. Außerdem besteht hier jedoch die Möglichkeit des Einfließens von Nullströmen. Ist dies tatsächlich infolge eines vorhandenen Erdschlusses der Fall, so verbleiben für den nächsten Abschnitt das verkleinerte Mitsystem, das ungeänderte Gegensystem und das neu hinzugekommene Nullsystem. Beim nächsten Unstetigkeitspunkt, das ist an der Fehlerstelle, an der ja ideell alle drei Phasen überbrückt gedacht werden können, ist dem weiteren Zufluß des Erdschlußstromes zum Nullsystem Möglichkeit verschafft. Da weiters der darauffolgende Abschnitt vollständig symmetrisch ist, muß auch hier das Gegensystem und der hiedurch hervorgerufene Überschuß des Mitsystems verschwinden. Es bleibt also für den letzten Abschnitt nur mehr das aus den Ladeströmen gebildete Mitsystem und ein Nullsystem, dessen Ströme über die Erdkapazitäten zur Erdrückleitung abfließen können.

III. Schlußwort.

Die besprochenen Beispiele konnten nur das grundsätzliche der aufgeworfenen Probleme beleuchten. Es sollte auch in erster Linie dargetan werden, wie sich die Rechnung mit symmetrischen Komponenten im besonderen in den Fragen des Erdschlusses verwenden läßt und wie sie es gestattet, mit einfachen und auch physikalisch durchsichtigen Mitteln in die immerhin etwas verwickelte Materie vorzudringen, so daß der Hoffnung Ausdruck verliehen werden kann, daß mit Hilfe dieses neuen mathematischen Werkzeuges bald auch schwierigere und bisher ungelöste Probleme einer Lösung zugeführt werden.

Die Bestimmung der Wendepole bei Gleichstrommaschinen auf Grund praktischer Ergebnisse.

Von Carl Hermann **Schübbe**, Stuttgart.

In seiner Arbeit E. und M. 1917, Heft 38, Seite 453, hat der Verfasser auf Grund von Untersuchungen an vielen ausgeführten Maschinen, und auf Grund der bestehenden Kommutierungstheorie, eine praktische, einfach anwendbare Rechnungsart für Wendepole angegeben.

Diese praktische Rechnungsart ist auf eine vom Verfasser gegebene und von ihm bei richtiger Kommutierung geprüfte Kurve, welche die Beziehung des Kommutierungsfaktors zur Wendepolsättigung nach seiner Rechnungsart darstellt, gestützt, wobei dieser Kurve eine hierbei gefundene Luftsättigung von

$$B_L = 1500 \text{ bis } 2000 \text{ Linien}$$

bei mittelgroßen Maschinen, für die zu erzeugende Wende-EMK zugrunde lag.

Ferner ist auf die Grenze der nach dieser Rechnungsart zu erhaltenden scheinbaren Kernsättigung, welche sich auf Grund der Prüfung zur erforderlichen Proportionalität mit dem Belastungsstrom praktisch ergab zu

$$B_K = 1800 - 2000, \text{ maximal } 3000 \text{ Linien}$$

hingewiesen.

Kurz sei das Wesen der gegebenen vereinfachten Rechnungsart nochmals zur Erläuterung rekapituliert:

Der Rechnungsart liegt, wie erwähnt, die gegebene Kurve zugrunde, die den Kommutierungsfaktor durch die Beziehung

$$F = \frac{B}{A\,S}$$

in Abhängigkeit von der Kernlinienzahl B_K darstellt, welch letztere aus der Luftsättigung nach der Beziehung

$$B = \frac{A\,W_a}{0{\cdot}8\,.\,\delta}$$

auf den Kernquerschnitt der Wendepole übertragen ist. Durch die aus der Konstruktion zu ermittelnden Überamperewindungen, die sich ergeben aus der Differenz der Gesamtamperewindungen auf den Wendepolen und den Ankeramperewindungen, ergibt sich der Luftspalt, bei der oben gefundenen (oder durch erweiterte Berechnung) zugrunde zu legenden Luftsättigung.

Aus diesen Beziehungen ist man in einfacher Weise in der Lage, den zur guten Kommutierung erforderlichen Luftspalt, bezw. die zulässige Luftsättigung, die aus dem Luftspalt und den Überamperewindungen folgt, sowie die Wendepolkerndimensionen, bei der zulässigen scheinbaren Kernsättigung aus Prüfergebnissen, zur Proportionalität mit dem Belastungsstrome zu ermitteln.

In weiterer Verfolgung der Untersuchungen haben sich Grenzfälle gezeigt, die der Ergänzung bedürfen. Die Veröffentlichung dieser Untersuchungen hat sich leider verzögert.

Es sollen daher in folgendem, mit Bezug auf den oben angeführten Aufsatz, auch diese Ergebnisse mitgeteilt werden, welche zeigen, daß bei Berücksichtigung der Verhältnisse auch hierbei gute Kommutierung erzielt werden kann.

Zwei Fälle sind hier noch zu berücksichtigen,

Digitized by Google

wobei Abweichungen von den gegebenen Erfahrungsgrößen zu empfehlen sind, und zwar

a) wenn große Wendepolschuhe, und

b) wenn größere Wendepollängen wie Ankerlängen nach bisherigem erforderlich würden.

a) Große Wendepolschuhe.

Ist zum Beispiel die Nutenteilung des Ankers sehr grob, so kann es möglich sein, daß nicht alle Windungen, welche durch die Bürsten kurzgeschlossen werden, vom Wendepolschuh überdeckt werden können. Der Platz zwischen den Hauptpolen reicht dann dazu nicht aus. Dies ergibt sich zum Beispiel bei kleineren Maschinen, und Maschinen mit niedriger Klemmenspannung und hoher Umdrehungszahl.

Der Abstand des Wendepolschuhes vom Hauptpolschuh darf natürlich ein Minimum nicht unterschreiten. Verkleinert man den Hauptpolschuh, um Platz zu gewinnen, so wäre die Folge eine höhere Luftsättigung unter dem Hauptpol, und bei einer untersten Grenze des zulässigen Luftspaltes unter dem Hauptpole würde dies höhere Amperewindungen auf dem Hauptpole zur Folge haben, also mehr Kupfer erfordern, was unerwünscht wäre. Auch würde durch Verkleinern des Hauptpolschuhes das Verhältnis von Hauptpolschuh zur Polteilung kleiner, was bekanntlich die Feldkurve zu ungünstig beeinflußen würde.

Als praktische Maßstäbe hat der Verfasser gefunden, daß man in solchen Fällen bis zu 1·5facher Überdeckung der Nutteilung, und beim Abstand zwischen Hauptpolschuh und Wendepolschuh bis zur 0·25-fachen Größe des Wendepolschuhes heruntergehen kann. Hierbei empfiehlt es sich, um der zu geringen Überdeckung entgegenzukommen, die Luftsättigung unter den Wendepolen, etwas größer zu wählen. Letzteres ist besonders zu empfehlen, wenn die Reaktanzspannung dabei einen relativ hohen Wert aufweisen sollte. Hiermit kommt man auch in diesen Fällen auf gute Kommutierungsverhältnisse, wie die Erfahrung gezeigt hat.

Im allgemeinen sei noch erwähnt, daß bei kleineren Maschinen, etwa unter 25 kW, die Luftsättigung normal bei ca.

$$B_L = 1000 - 1500 \text{ Linien}$$

liegt.

b) Große Wendepollänge.

Auf Seite 457 des oben angeführten Aufsatzes ist im oberen Absatz dargelegt, daß die Wendepollänge in axialer Richtung von der Amperestabzahl pro cm Umfang des Ankers abhängt, also in Beziehung zur Höhe der Amperestabzahl pro cm Ankerumfang steht. Es ist dabei auf die Grenze der Amperestabzahl hingewiesen, die also mit Rücksicht auf exakte Kommutierung eine Grenze der Ausnutzung der Maschine darstellen würde. Diese Grenze für größere Maschinen ist aber noch etwas steigerbar.

Die Wendepollänge (Kernlänge = Wendepolschuhlänge in axialer Richtung) kann nicht größer als wie die Ankerlänge sein. Haben wir nun eine Maschine vor uns, die höhere Amperestabzahl pro cm Umfang des Ankers zuließe, sodaß also nach unserer vereinfachten Rechnungsart die Wendepollänge größer ausfiele wie die Ankerlänge, so ist ein kleinerer Kommutierungsfaktor zulässig, wenn gleichzeitig dabei die oben angegebene Luftsättigung unter den Wendepolen gesteigert wird. Der nach erster Rechnung zu kurzen Wendepollänge wird dadurch wirksam begegnet und ergibt gute Kommutierung.

In folgender Tabelle ist das Resultat einer Nachrechnung mittels unserer vereinfachten Rechnungsart an neun ausgeführten und umgeänderten Maschinen für diesen Fall (diese Fälle sind selten) zusammengestellt:

Tabelle:

	B_L	B_K scheinbar	F
1	2150	1070	2·8
2	2470	1595	4·35
3	2370	1580	4·4
4	2180	2180	6
5	2320	2320	6·1
6	2250	2250	6·45
7	2420	2720	7·3
8	2270	2920	7·5
9	2480	3100	7·9

Die Tabelle stellt nach den Prüfungen der Maschinen die oberste Grenze der Ausnutzung in Bezug auf die Amperestabzahl pro cm Ankerumfang bei einwandfreier, geradliniger Kommutierung, die durch gleiches Potentialgefälle an den Kohlen von der anlaufenden Kante zur ablaufenden Kante gekennzeichnet ist, dar. Bei weiterer Steigerung können sich, trotz gesteigerter Luftsättigung unter den Wendepolen, schon Schwierigkeiten in dem Potentialgefälle einstellen, wenn man auch dabei noch teilweise von funkenfreiem Lauf der Maschine — je nach den strengen Anforderungen daran — sprechen könnte.

Daß bei allen Maßnahmen, die scheinbare Wendepolsättigung — der Proportionalität mit dem Belastungstrom der Maschine entsprechend — in den angegebenen zulässigen Grenzen bleiben muß, bedarf wohl nur des Hinweises. Hieran ändert sich natürlich nichts. Dies ergibt dann bei der Anwendung der obigen Tabelle einen stärkeren Wendepolkern in tangentialer Richtung des Ankers, wofür Platz vorhanden sein muß. Da diese Fälle nur bei größeren Maschinen vorkommen, so ist die tangentiale Verbreiterung des Wendepolkernes hier aus Platzrücksichten eher möglich, bei kleineren Maschinen jedoch ist dies nicht durchfürbar.

Bei großen tangentialen Wendepolschuhen ist die zulässige scheinbare Kernsättigung bei höher gewählter Luftsättigung natürlich ebenfalls zu beachten.

Erwähnt sei noch, daß als überschlägiger Anhaltspunkt für die ungefähre wirkliche Kernsättigung, ohne genauere Berechnung (Streuungskoeffizienten-Berechnung) — solange wir maximal unter dem Knie der Sättigungs-Charakteristik der Wendepole bleiben — bei normalen Verhältnissen die scheinbare Kernsättigung im

Digitized by Google

Verhältnis der Gesamt-Amperewindungen zu den Überamperewindungen (zirka 25% der Ankeramperewindungen) größer genommen werden kann, also ungefähr dargestellt ist durch die Beziehung

$$B = B_K \cdot \frac{A\,W_{ges}}{A\,W_{\ddot{u}}}.$$

Bei schmiedeeisernen Wendepolen dürften also hiernach 15 000 Linien für den Kern kaum überschritten werden, da sonst unsere zugrunde gelegte Beziehung der scheinbaren Kernlinienzahl zum Kommutierungsfaktor nicht mehr richtig wäre, und ebenfalls die Proportionalität des Wendefeldes mit der aufzuhebenden Reaktanzspannung durch Sättigung verloren ginge.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß man mit der angegebenen, vereinfachten Rechnungsart, die für den praktischen Berechner anwendbar ist, auch in diesen Grenzfällen — wenn auch die Anzahl der geprüften Maschinen zum Beweise bei diesen seltener vorkommenden Fällen nicht so groß sein kann — noch gute Kommutierung erreichen kann, und der Verfasser hofft, daß die praktisch tätigen Berechnungsingenieure auch weiterhin in diesen Fällen gleich gute Kommutierung bei gebührender Berücksichtigung auf diese einfache Art erzielen werden. Weitergehende und langwierigere Berechnungen, die natürlich der erfahrene Fachmann zum Vergleich vornehmen wird, führen nicht zu viel günstigeren Resultaten in praktischer Anwendung, und sind nicht unbedingt erforderlich. Diese vereinfachte Rechnungsart wird allen Anforderungen an funkenfreien Lauf gerecht. Unterschiede bei der Prüfung bedingen nur geringe Änderung des Luftspaltes.

Rundschau.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Ein großes englisches Hochdruckdampfkraftwerk wird von Metropolitan-Vickers Elektrical Co. für eine Stickstoffproduktefabrik in Billingham des großen englischen chemischen Konzerns „Imperial Chemical Industries" (dem u. a. die englische Nobelgesellschaft und Brunner, Mond & Co. angehören) errichtet. Es werden insgesamt 9 Turbosätze mit zusammen 93 000 kW Dauerleistung aufgestellt (die Anlage übertrifft damit z. B. eines der größten englischen Elektrizitätswerke, das Bartonwerk[1]), und zwar drei 12 500 kW Hochdrucksätze, drei gleichgroße Niederdruckkondensationssatze und drei 6000 kW Anzapfsätze. Bei Vollbelastung sollen je zwei Sätze in Betrieb stehen. Die Hochdrucksätze verarbeiten das Gefälle von 44 atü bei 445° C bis 19·3 atü bei 350° C. Bei der Normalleistung von 12 000 kW gehen dann in 24 Std. 5850 t Dampf durch jede Maschine durch. Der Abdampf der Hochdruckturbinen geht zu Dampfsammlern und wird zum überwiegenden Teile als Heiz- und Kochdampf verwendet, ein Teil für die letzte Stufe der Speisewasservorwärmer und der Rest für die übrigen Turbinen. Den Verbrauchern kann erforderlichenfalls über Reduzierventile und Enthitzer auch Frischdampf aus den Kesseln zugeführt werden. Zu den Anzapfturbinen mit dreistufiger Anzapfung, die überhitzten Dampf von 18·3 atü bis etwas unter 1 atü verarbeiten, gehören drei Sätze Kesselspeisepumpen (drei bestehen je aus einer Niederdruck- und einer Mitteldruckpumpe mit eigenem Motor, die vierte mit einem besonderen Vorwärmer dient als Reserve) und drei Sätze von Vorwärmerkondensatpumpen, die in die Kesselspeiseleitungen zurückspeisen. Die Pumpenanlage wir von Mather & Platt, Ltd. gebaut. Da, wie erwähnt, ein großer Teil des Dampfes für Fabrikationszwecke benötigt wird, ist eine besonders große Verdampferanlage mit Entgasern zur Erzeugung des Zusatzkesselspeisewassers erforderlich, die mit einem Teile des Abdampfes der Anzapfturbinen gespeist wird, der Rest des Abdampfes geht in die Speisewasservorwärmer, in welchen das Kesselspeisewasser bis auf rd 200° erwärmt wird. Die Heiz- und Kochdampfverbraucher müssen immer unter den gleichen Bedingungen arbeiten, es dürfen an den Vorschalt- und den Anzapfturbinen daher keine Belastungsänderungen (wegen der damit verbundenen Änderungen der Dampfverhältnisse) zugelassen werden und die Schwankungen im Kraftbedarf müssen von den Niederdruckturbinen aufgenommen werden, die normal etwa mit 8000 kW beansprucht sein werden. Die Stromerzeuger, die mit 2400 U/min laufen, werden Drehstrom von 6300 V und 40 per s liefern und alle mit Kreisluftkühlung ausgerüstet sein. Die sechs großen werden 15 625 kVA, die kleineren 7500 kVA leisten.

(The Metropolitan Vickers Gazette, Bd. 10, Nr. 180, April 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 62.

Elektrische Meßkunde.

Zur Messung vagabundierender Erdströme. Burton Mc. Collum und K. H. Logan behandeln in einer umfangreichen Arbeit die Elektrolyse und Korrosion von in der Erde eingegrabenen Wasser- und Gasröhren, Kabelmänteln und sonstigen metallischen Anlagen durch vagabundierende Gleichströme.

Bisher wurden zur Bestimmung dieser Ströme hauptsächlich Potential- und Stromstärkemessungen an den Schienen- und Rohrleitungen vorgenommen. Das direkte Maß für die Gefahr der Korrosion an einer bestimmten Stelle einer Rohrleitung ist die Stärke des Stromes, der dort von der Röhre in die Erde fließt. Eine Methode zur direkten Messung dieses Erdstromes ist vom Bureau of Standards (V. St. A.) ausgearbeitet worden. Das Prinzip der Messung ist das folgende: An der zu untersuchenden Stelle wird das Rohr freigelegt und in unmittelbarer Nähe des Rohres werden zwei Elektrodenpaare (vier Elektroden), die von einem isolierten Rahmen getragen werden, an die Wand des Grabens gepreßt. Das eine Elektrodenpaar I ist mit einer Batterie und einem Amperemeter, das zweite Paar II mit einem Voltmeter verbunden. Zunächst wird unter Ausschaltung des Erdstromes, der vom Rohr herrührt, ein Strom von gemessener Stärke J von der Batterie durch das Elektrodenpaar I geschickt. Dieser pflanzt sich durch die umgebende Erde in allen Richtungen gleichmäßig fort und ergibt zwischen dem Elektrodenpaar II ein Potentialgefälle E, das durch das Voltmeter angezeigt wird. Es ist

$$I = \frac{KE}{r} \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

dabei ist r der spezifische Widerstand der Erde und K eine Konstante, die für die benützte Elektrodenanordnung durch Messung der Stromstärke und des Potentials in einer Lösung mit bekannten Widerstand ein für alle mal bestimmt wird. Nach Abschaltung des Stromkreises, der die Batterie enthält, erzeugt der von der Röhre ausgehende Strom, dessen mittlere Dichte i zu bestimmen ist, eine Spannungsdifferenz e am Elektrodenpaar II. Es gilt dann

$$i = \frac{e}{rL} \quad \ldots\ldots\ldots (2),$$

wenn L der Abstand der beiden Elektroden des Paares II ist. Aus (1) und (2) folgt:

Digitized by Google

$$i = \frac{I.e}{E.K.L} \quad \ldots\ldots\ldots (3).$$

Die gesuchte Stromstärke i ist also durch die Amperemeterablesung, die beiden Voltmeterablesungen und die durch eine Eichmessung bestimmte Konstante $\frac{1}{K.L}$ gegeben.

Zur Ausschaltung des vom Rohr kommenden Erdstromes im ersten Teil der Messung ist in jeden der beiden Stromkreise, die das Amperemeter und das Voltmeter enthalten, je ein Kommutator geschaltet; die Kommutatoren sitzen auf einer Achse, so daß durch Drehen einer Kurbel sehr schnell und genau gleichzeitig kommutiert werden kann. Durch das doppelte Kommutieren wird der Voltmeterausschlag, der von dem von der Batterie erzeugten Strom herrührt, nicht geändert, während der vom Rohr kommende Erdstrom nur einfach kommutiert wird, so daß er auf den Voltmeterausschlag ohne Einfluß bleibt. Die Methode hat sich als sehr brauchbar erwiesen. Durch Vergleich der mit ihr erhaltenen Resultate mit denen der bisher üblichen Potential- und Strommessungen zeigt es sich, daß letztere kein quantitatives Maß für die Gefahr der Korrosion geben, da bei ihnen noch der unsichere Wert des Erdwiderstandes, die gegenseitige Lage der verschiedenen Anlagen, Polarisationspotentiale und andere Nebeneffekte zu berücksichtigen sind. Die älteren Methoden kommen daher mehr als Voruntersuchungen und Kontrollmessungen in Betracht, die anzeigen, wo die mühsameren Erdstrommessungen auszuführen sind.

A. Her.

(Technologic Papers Bureau of Standards, Nr. 355.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Ein- und Ausschalten von Induktionsreglern. C. L. Griffeth und R. C. Hardy untersuchen die Ursachen des Auftretens von Überspannungen beim Ausschalten induktiver Stromkreise. Im besonderen ist die in der Erregerwicklung eines Induktionsreglers entstehende Spannung direkt proportional der zeitlichen Flußänderung. Erfolgt nun das Öffnen des Stromkreises etwa zur Zeit des maximalen magnetischen Flusses und mit großer Geschwindigkeit, so können erhebliche Überspannungen auftreten, die oft zu Überschlägen führen. Diese Verhältnisse sind besonders schwierig im Falle eines Induktionsreglers, da sich hier wegen des vorhandenen Luftspaltes größere magnetische Energien anammeln können. Die verschiedensten Schaltungen tragen diesen Umständen Rechnung und haben schließlich dazu geführt, zum Ausschalten der Erregerwicklung kleine Ölschalter zu verwenden, die das Auftreten von Überschlägen sicher vermeiden. Für den Fall, als keine Zwischensammelschiene vorhanden ist, gilt dann folgende Schaltregel für das Außerbetriebsetzen des Induktionsreglers: Man schließe in der Nullstellung des Reglers dessen Zusatzwicklung kurz — womit dieser vollkommen entlastet wird — und trenne dann die Serienwicklung ab. Zum Schlusse wird dann die Erregerwicklung mittels des Ölschalters abgeschaltet. Ist eine Zwischensammelschiene vorhanden, so wird diese vorerst angeschaltet und hierauf der abzuschaltende Regler nach Einregeln auf die gleiche Spannung zugeschaltet. Nun trennt man den Regler durch Öffnen des Leitungschalters ab und unterbricht zum Schlusse wieder die Erregung durch den erwähnten Ölschalter. Beim Zuschalten des Induktionsreglers ist der gleiche Vorgang im verkehrten Sinne zu beobachten. G. O.

(General Electric Review, Bd. 31, Nr. 4, 1928.)

Der Hochbau des Unterwerks Töß der Nordostschweizerischen Kraftwerke (N. O. K.). R. Bindschedler. Das Unterwerk Töß stellt mittels zweier Transformatoren von je 16 500 kVA eine Verbindung zwischen dem 150 kV- und dem 50 kV-Netz der N. O. K. her. An den 150 kV-Teil sind zwei Leitungen angeschlossen (Wäggital[1]) und Beznau), vom 50 kV-Teil gehen zehn Leitungen ab, für weitere zwei sind Reservefelder vorgesehen. Nachdem eingehende Vergleichsrechnungen keinen nennenswerten Unterschied in den Kosten der Freiluft- und der Hallenbauweise erkennen ließen, entschied man sich wegen der betriebstechnischen Vorteile für die Wind- und Regenschutz bietende Halle. Für jeden der beiden Teile wurde eine Halle erbaut; die beiden Hallen sind an zwei entgegengesetzte Seiten des Mittelbaues angeschlossen, der den Kommandoraum enthält. In der 150 kV-Halle (Höhe bis Unterkante Dachbinder 18·38 m) sind die beiden Transformatoren untergebracht; ein Anbau bildet den Kranraum in den von der Straße aus eingefahren werden kann. Die 50 kV-Halle ist wesentlich niedriger (10·6 m). Die Wände beider Hallen sind in überaus einfacher Weise aus Eisenkonstruktion erstellt und mit Wellblech gedeckt. Statt einzelner Fenster sind drei (in der kleinen Halle zwei) um das ganze Gebäude herumlaufende Fensterbänder aus Rohglas vorhanden. Da diese Konstruktionsart keine Wärmeisolation ergibt, wurde der Kommandoraum mit Schlakkenplatten ausgemauert und mit einer elektrischen Bodenheizung ausgestattet; seine Beleuchtung geschieht durch eine kittlose Oberlichte. Die gesamten Baukosten beliefen sich auf 568 350 Frk., worin auch die Erstellung der Fundamente und eines Kabelkanals enthalten ist. Die 150 kV-Halle (Eisengewicht 197·6 t, entspricht 13·1 kg/m³ umbauten Raumes), war sechs Monate nach Bestellung fertig montiert, die 50 kV-Halle (125 t oder 13·8 kg/m³) wurde in zwei Monaten montiert. A. Fr.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 90, Nr. 24, Dez. 1927.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 181; 1925, S. 393, 665.

Leitungen und Leitungsbau.

Die Beanspruchung von Prüftransformatoren durch elektrische Entladungen an Isolatoren. Für Transformatoren bedeuten Entladungen, wie Überschläge über die Isolation der angeschlossenen Netze, eine erhebliche Beanspruchung der Isolation. Bei Prüftransformatoren ist die Beanspruchung durch Entladungen der normale Betriebsfall. Erscheinungen, die man an Prüftransformatoren bei Entladungen an Isolatoren beobachtet, gestatten Schlüsse auf das Verhalten normaler Leistungstransformatoren, zum Beispiel bei auftretenden Überschlägen. Dr. Ing. Harald Müller, Hermsdorf, Thüringen, berichtet über von ihm in dieser Richtung durchgeführte Untersuchungen an Prüftransformatoren und unterzieht die Forderungen der Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R. E. T. 1923) einer Kritik.

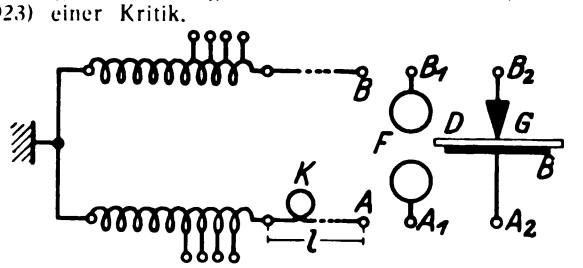


Abb 1. Schaltung (nur Oberspannungseite) zur Untersuchung der bei Überschlägen und Gleitfunken auftretenden Überspannungen. *K* Koppelschleife zur Messung von Wellenlängen mittels Wellenmessers, GDB Gleitsystem zur Erzeugung von Gleitfunken.

Zur experimentellen Ergründung der durch Entladungen bedingten Überspannungen an Transformatoren wird eine Schaltung nach Abb. 1 verwandt. Außerdem

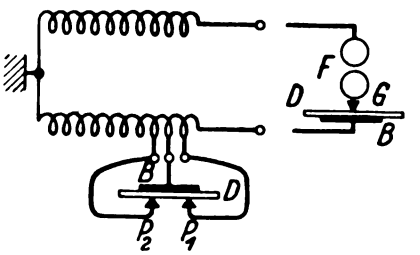


Abb. 2 Schaltung zur Bestimmung der Spulenüberspannungen mit zweipoligem Klydonographen P_1, P_2 *D B*, an aufeinanderfolgende Spulenenden angeschlossen, GDB Gleitsystem mit Vorfunkenstrecke *F* zur Erzeugung normalfrequenter Gleitfunken (*F* kurzgeschlossen) und zur Erzeugung von Gleitfunken stoßartigen Charakters (*F* offen).

wurde auch hier der Klydonograph zur Beurteilung der Verhältnisse herangezogen, die dabei verwandte Schal-

Digitized by Google

tung ist zu diesem Zwecke besonders entworfen worden, Die Messungen mit Funkenstrecke und Klydonograph ergaben der Größenordnung nach das gleiche. Abb. 2 zeigt die Schaltung bei Verwendung des Klydonographen.

Abb. 3 zeigt die an einem Prüftransformator bei verschiedenen Entladungsformen am Prüfobjekt gemessenen Überspannungen. Überschläge ohne Vorentladungen stellen dabei eine besonders scharfe Beanspruchung des Transformators dar.

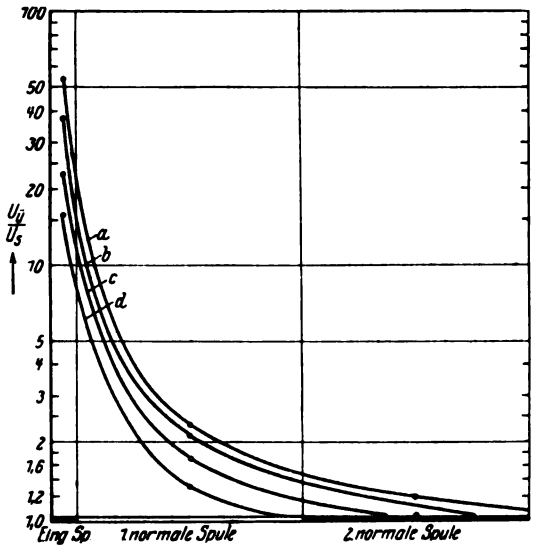


Abb. 3. Verhältnis $U_ü/U_s$ (Spulenüberspannung/normalfrequente Spulenspannung) bei gleicher Transformator-Klemmenspannung für die verschiedenen Entladungsformen ($2l = 40$ m), hierzu vgl. Abb. 1.

In Übereinstimmung mit Wanderwellenversuchen an Drehstrom-Transformatoren[1]) konnte auch hier ein wesentlicher Einfluß der Leitungslänge l zwischen Transformator und Prüfjobekt festgestellt werden. Es kann bei bestimmten Leitungslängen zu Resonanzerscheinungen zwischen Transformatorspulen und Leitung kommen, Erscheinungen, die auch im Betriebe der Elektrizitätswerke beobachtet wurden. Sie sind ihrer Art nach hochfrequente Schwingungen. Der Resonanzfall braucht durchaus nicht nur für die Eingangspulen einzutreten. Es kann ebensogut ein Aufschwingen anderer Spulen-

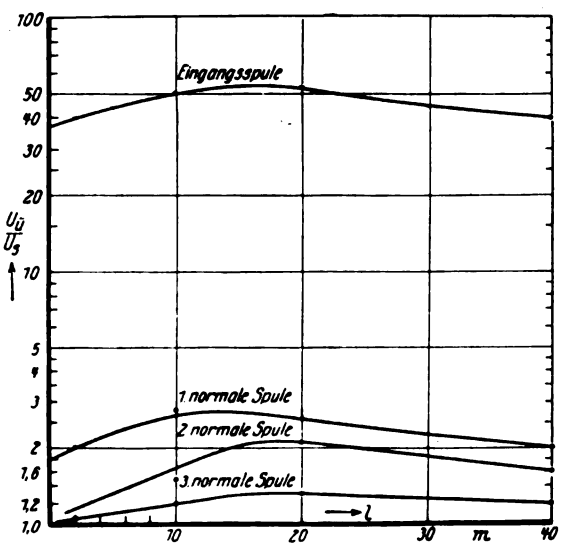


Abb. 4. Verhältnis $U_ü/U_s$ bei gleicher Transformator-Klemmenspannung für verschiedene Längen l der Verbindungsleitungen zwischen Transformator und Funkenstrecke.

gruppen erfolgen, so daß dann nicht die Eingangspulen, sondern Spulen an beliebigen Stellen des Schenkels durchschlagen. Abb. 4 zeigt das Verhältnis der Überspannungen für einige Spulen des einen der untersuchten Prüftransformatoren bei verschiedenen Längen l der Verbindungsleitungen zwischen Transformator und Prüfobjekt. Man erkennt deutlich ein Maximum für eine Leitungslänge l von 15 m. Diese Länge ist von der Länge der Überspannungswelle abhängig. Schließlich werden noch Versuche an Transformatorsätzen beschrieben, die zeigen, daß bei Reihenschaltung von Transformatoren verschieden hoher Klemmspannung am schwächeren Transformator außerordentlich hohe Überspannungen gemessen werden.

Verfasser kommt zu dem Schluß, daß für Prüftransformatoren Entladungen mit dem Charakter der Anfangsspannung, wie sie Überschläge an Meß-Kugelfunkenstrecken in dem vom VDE vorgesehenen Meßbereich immer darstellen ,ohne Zwischenschaltung von Widerständen vermieden werden möchten, um den Prüftransformator nicht zu gefährden. Überschläge mit großen Schlagweiten und Gleitfunken sind längst nicht in dem Maße gefährlich.

(ETZ, Bd. 49, Heft 27, 1928.)

[1]) Elektrizitätswirtschaft, 2. Juliheft, 1928.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Elektrischer Betrieb in Gummifabriken. Von S. Hopferwieser. Der Kraftbedarf der Maschinen für Gummiverarbeitung ist groß und stark veränderlich. weshalb guter Wirkungsgrad und hohe Überlastungsfähigkeit wichtig sind. Nur Einzel- und Gruppenantrieb gestatten eine dem Fabrikationsvorgang entsprechende Aufstellung, so daß sich der elektrische Antrieb völlig durchgesetzt hat. Da mit wenigen Ausnahmen eine Drehzahlregelung nicht gefordert wird, empfiehlt sich Drehstrom, der bei einigen Regelantrieben auf Gleichstrom umgeformt wird. Der Rohgummi wird in einem Walzwerkssatz zerkleinert, gewaschen und zu sogenannten Fellen ausgewalzt. Dieser Maschinensatz, dessen Teile durchaus schwankenden Kraftbedarf haben, wird wegen des Ausgleichs vorteilhaft von einem gemeinsamen Motor angetrieben. Andere Maschinen kneten, trocknen und mischen den Gummi mit Chemikalien und Farben. Alle diese Maschinen erhalten zum Schutze der Arbeiter Fernauslösung durch die Nullspannungsspule des Schalters und sebsttätige Bremsen. Bei großen Maschinen kann die Bremsung durch die Freifall-Sicherheitsbremsen der A. G. Brown-Boveri & Co. erfolgen, bei der das Bremsgewicht bis zum Anlegen der Bremsbacken frei fällt und erst dann durch besondere Vorrichtungen so verzögert wird, daß eine rasche und stoßfreie Übertragung der Bremskraft stattfindet[1]). Den weiteren Arbeitsgang bildet das Kalandrieren, bei welchem die Felle zu Gummiplatten gepreßt werden oder der Gummi auf ein Gewebe gepreßt wird. Der Kraftbedarf und die Drehzahl sind vom Prozeß, von der Gummiqualität, der Temperatur und dem Walzendruck stark abhängig. Das Drehmoment nimmt bei kleinerer Drehzahl etwas zu und geht bei mehrfachem Kalandrieren derselben Platte stark zurück. Für den Antrieb eignet sich der im Nebenschluß regelbare Gleichstrommotor. Bei größeren Leistungen und einem Regelbereich von mehr als 1 : 3 empfiehlt sich Leonardschaltung oder Zu- und Gegenschaltung. In diesen Fällen wird zur Schaltung ein Schütz verwendet, welches mit dem Magnetregler der Steuerdynamo so verriegelt ist, daß das Anfahren nur aus der Nullstellung des Reglers erfolgen kann. Der Einschaltdruckknopf schließt einen Teil des Vorwiderstands der Magnete der Erregermaschine kurz, so daß der Motor mit großem Moment anfährt. Beim Ausschalten wird durch das Schütz der ganze Vorwiderstand den Magneten vorgeschaltet, so daß zur Schonung in den Betriebspausen die Magnete der Erregermaschine und des Motors geringen Strom führen. Für manche Kalander wird keine Drehzahlregelung verlangt, so daß ein Asynchronmotor genügt. Der Erzeugung der Reifen und Schläuche der Automobile und Fahrräder — heute das Hauptgebiet der Gummiindustrie — dienen verschiedene Arbeitsmaschinen. Dazu gehört eine Webmaschine zur Herstellung des Kordgewebes und ein Kalander zum Einpressen des Gummis in das Kordgewebe, das in einer

[1]) BBC-Mitt., Baden, Jg. 13, H. 2.

Digitized by Google

Schneidmaschine zu Streifen geteilt wird, Antriebe, die Asynchronmotoren besorgen. Die Spritzmaschinen zur Herstellung der Luftschläuche bedürfen hingegen weitgehender Drehzahlregelung, für welche sich Drehstrom-Kommutatormotoren eignen. Wegen der starken Staubentwicklung ist die Anwendung gekapselter Schalt- und Verteilanlagen notwendig. Die Heizung der Walzen, das Trocknen und Vulkanisieren des Gummis erfordern große Dampfmengen, zu deren Beschaffung es sich empfiehlt, die Kraftzentrale mit Gegendruck- oder Anzapf-Dampfturbinen arbeiten zu lassen, wodurch die größte Wirtschaftlichkeit der Heizung gewährleistet wird.

Ho.

(BBC-Mitteilungen, Baden, Jg. 15, H. 4. 1928.)

Die elektrische Ausrüstung der Gaswerke. Baurat F. Benkert, München. Die Forderung hoher Wirtschaftlichkeit für Gaswerke zwingt ebenso zur Zentralisierung der Krafterzeugung, wie die räumliche Ausdehnung solcher Werke zur Anwendung elektrischer Kraftübertragung führt. Die Gefahren der Gaserzeugungsstätten fordern weitgehende Sicherheit gegen Explosionen und gegen rauhe Behandlung. Gerade der letztere Grund verschafft dem Drehstrom den Vorrang, sofern nicht der Anschluß an das Elektrizitätswerk die Verwendung von Gleichstrom veranlaßt. Da nur in Ausnahmsfällen hohe Anforderungen an Regelfähigkeit gestellt werden, so erfüllt der Drehstrommotor alle Anforderungen, zumal den vorkommenden Ausnahmen durch besondere Umformer Rechnung getragen werden kann. Als Spannung wird fast durchaus 220/380 V, als Frequenz 50 gewählt. Die Motoren von mehreren 100 PS schwerer Hammermühlen oder Gebläse, werden an Hochspannung anzuschließen sein. Für Handlampen an feuchten Arbeitsplätzen ist die Verwendung von kleinen Spannungen, etwa 24 V, geboten.

Im Gaswerk München—Moosach sind etwa 300 Motoren installiert. Mit Rücksicht auf rasche Auswechselbarkeit bei geringer Zahl von Reservemotoren wurden möglichst viele Motoren gleicher Type, Leistung und Drehzahl gewählt. Aus ähnlichen Gründen wurde das gesamte Installationsmaterial für das Werk genormt. Bei den Schalt- und Verteilanlagen wurden zur Vermeidung von Betriebsunterbrechungen bei Reparaturen stets Doppelsammelschienen angewendet. Zur Erleichterung in der Berechnung der Selbstkosten der einzelnen Abteilungen sollen reichlich Zähler eingebaut werden. Wegen seiner Widerstandsfähigkeit sollte durchaus zu gußeisengekapseltem Schaltmaterial für Verteilungsanlagen und zu gußgekapselten Schaltern mit Auslösemagneten bei den Motoren gegriffen werden. Als Leitungsmaterial fordern die Vorschriften Erdkabel oder Gummileitungen in Eisenrohren. Aber auch an anderen Stellen lohnen sich billigere Leitungen nicht, weil die Erhaltung zu teuer wird. Für ortsveränderliche schwere Antriebe werden hochflexible Spezialkabel mit starkem Gummimantel empfohlen, welche durch Hartfasergeflecht oder Leder geschützt sind. Alle Schaltwalzen und Anlasser sollen kräftigster Bauart sein und mit den Widerständen unter Öl arbeiten. Schaltwalzen bis 500 V sollten eingebaute Ständerschalter besitzen. Der Aufbau von Strom- oder Leistungszeigern auf den Schaltkästen lohnt sich wegen der Beobachtungsmöglichkeit immer.

Motoren in explosionsgefährlichen Räumen, also in den Räumen der Apparate, Reiniger und Kompressoren, unterliegen den Errichtungsvorschriften des VDE, § 36. Motoren mit Kurzschlußanker sind zulässig und für Gaswerke sehr günstig, sofern die besonderen Vorschriften bezüglich erhöhter Isolierfestigkeit, herabgesetzter Erwärmung und besonderen mechanischen Schutz erfüllt werden. Aber nicht in allen Fällen sind offene Motoren wegen der mechanischen und chemischen Wirkungen auf Wicklungen und blanke Teile zulässig, so daß zu den teueren gekapselten Modellen gegriffen werden muß. Bei dauerbelasteten Antrieben werden vorteilhaft Motoren mit Mantelkühlung gewählt, welche eingehende Ventilatoren und aufgesetzte Luftkühler besitzen. Ebenso gute Dienste leisten Durchgangstypen mit Zu- und Abfuhrluftführungen ins Freie. Zweiteiligkeit der Ständer und Anbringung von Rollenlagern sind wegen der leichteren Instandhaltung und Verminderung der Lagerabnützung vorteilhaft. Schleifringanker sind für ganz geschlossene Motoren in explosionsgefährlichen Räumen unzulässig, weil Funken an den Bürsten durch das Atmen des Gehäuses zu Zündungen führen können. Dagegen sind ventiliert gekapselte Motoren erlaubt, wenn die Schleifringe außen liegen und schlagwettersicher gekapselt sind. Solche Motoren müssen erhöhte Sicherheit haben und vorschriftsmäßig von einem Zeugnis begleitet sein, das die Prüfung auf Explosionssicherheit in einer Wasserstoffluftmischung bestätigt. Der billigste Motor ist der offene mit Kurzschlußläufer. Der Schleifringanker ist 10%, der ventiliert gekapselte 50% teurer, noch viel kostspieliger sind mantelgekühlte und ganz geschlossene Typen. Der Leistungsfaktor bei Gaswerken ist wegen der vielen Hebezeugmotoren und der zeitweisen Unterbelastung der anderen Antriebe schlecht. Eine ausreichende Verbesserung wurde im Gaswerk München durch Einstellung von einigen kompensierten Motoren, natürlich nur dort, wo offene Typen zulässig sind, erreicht, so bei den Grundwasserpumpen, den Ventilatoren der Abhitzekessel und bei der Koksförderung. Drehzahlregelung in größerem Umfang ist in Gaswerken nur selten nötig, dann aber muß zu Kommutatoren, Induktionskaskaden oder zu Leonardsätzen gegriffen werden. Letzterer Ausweg wurde in München beim fahrbaren Kübelturm gewählt, bei welchem ein Kokskübel mit 23t auf 25 m zu heben ist und welcher mit Förderbändern zur Verteilung und Lagerung des Kokses versehen ist. Das Hubwerk hat Druckknopfsteuerung mit Leonardanlage. Steuerdynamo und Erregermaschine werden von einem synchronisierten Asynchronmotor angetrieben, welcher bei Vollast für $\cos \varphi = 0{\cdot}9$ voreilend ausgelegt ist. Dadurch wird nicht nur bei Belastung, sondern insbesondere in den Zeiten der Entlastung bedeutender Blindstrom zur Verbesserung des Leistungsfaktors ins Netz geliefert. Ho.

(Zeitschrift des österr. Vereines von Gas- und Wasserfachmännern, Bd. 68, Heft 5, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Rohöl-Lokomotiven. H. Lemp, beratender Ingenieur der Ingersoll-Rand Co., hielt im New Yorker Verein der Maschineningenieure einen Vortrag über die mit Rohöllokomotiven erreichten Leistungen. Ein etwa dreijähriger Betrieb mit solchen Fahrzeugen hat gezeigt, daß die Bedienungsmannschaft den Motor genau kennen muß, wenn man zufriedenstellende Ergebnisse erreichen will. Er sieht die Rohöllokomotien mit elektrischer Kraftübertragung[1]) als die einzige vorteilhafte Bauform für Normalspur an, wenn auch in Rußland seit März 1927 eine 1000 PS-Lokomotive mit mechanischem Getriebe läuft, und eine gleiche auf der Strecke der Boston and Maine-Bahn heuer in Betrieb gehen soll. Der Brennstoffverbrauch für 1000 tkm hängt außer von den Streckenverhältnissen von so viel Nebenumständen ab, daß ein Vergleich zweier Fahrzeuge schwierig ist. So verbraucht eine 100 t schwere Lokomotive, die Güterzüge von 377 t mit durchschnittlich 30 km/h befördert 12·4 kg/1000 tkm, eine ähnliche Lokomotive im Personenverkehr mit 280 t bei 60 km/h 13·7 kg/100 tkm. Dagegen verbraucht eine Verschublokomotive von 60 t, die Züge von 4125 t mit 4·5 km/h führt, nur 0·77 kg/ 1000 tkm. Eine andere 100 t-Lokomotive verbraucht 19·8 kg, wobei in 19 h 78 500 tkm geleistet wurden. Auf der gleichen Strecke hat eine moderne ölgefeuerte Dampflokomotive mit Überhitzer in 26 h nur 43 300 tkm bei einem spezifischen Verbrauch von 196 kg geführt. In Amerika laufen eine Reihe von 10 t-Lokomotiven mit mechanischer Übertragung mit gutem Erfolg. Sie werden als nicht vollbahnmäßige Fahrzeuge in diesem Zusammenhang nicht weiter berücksichtigt. In Amerika werden solche Lokomotiven hauptsächlich für Verschubdienst verwendet. Die New York Central-Bahn will sie auch für Personen- und Frachtenverkehr auf der Hauptstrecke verwenden. Die diesbezüglichen Erfahrungen in

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 915; 1926, S. 620; 1927, S. 156, 526, 917.

Digitized by Google

Rußland und Schweden mit Triebwagen[1]) sind gut. Die General Electric Co. hat zusammen mit der Ingersoll-Rand Co. in den letzten 3 Jahren 14 60 t-Lokomotiven und 5 100 t-Lokomotiven gebaut. Je 2 Einheiten jeder Bauart sind im Bau. Eine 60 t-Lokomotive wurde auch von der Mc Intosh u. Seymour Corporation geliefert. Die 100 t-Lokomotiven haben zwei 300 PS Motoren. In einem Vortrag vor der American Railroad Association im Jahre 1927 wurde erwähnt, daß man gegenüber Dampfbetrieb mit dieselelektrischen Lokomotiven im Verschubdienst 30 v. H. der Kosten und in Verbindung mit dieselelektrischen Triebwagen 50 v. H. der Kosten sparen kann. Eine vom Vortragenden erlassene Rundfrage hat ergeben, daß bei den 60 t-Lokomotiven die nutzbare Zeit bezogen auf 24stündigen Betrieb während 300 Tagen im Jahre zwischen 72 v. H. und 99 v. H. mit einem Mittelwert von 91·5 v. H. schwankt. Ein Betrieb gab für die erste Lokomotive 81·5 v. H. an. Dieser Wert stieg später auf 94 v. H. infolge sachgemäßer Bedienung an. Die 100 t-Lokomotiven zeigen ähnliche Werte, doch liegt der Durchschnitt unter 91·5 v. H. Rauch- und geräuschloser Betrieb gelten als Hauptvorteile. Im Verschubdienst in Chicago ersetzten drei 60 t-Lokomotiven von 300 PS sechs 600 PS Dampflokomotiven. Sie stehen während 6 Tagen in der Woche mit 3 Mannschaftsschichten 24 h im Dienst und verbrauchen für 1000 tkm ca 20 l Brennstoff, bzw. erzeugen 25 Wh/tkm. In New York werden in 8stündigem Betrieb 48·3 l für 1000 tkm, bzw. 43·7 Wh/tkm verbraucht. Die Erhaltungskosten je Lok-km sind derzeit etwa 44 g, welcher Wert sich noch zu erniedrigen scheint. Wl.

(Power. Bd. 67. Nr. 18. 1928.)

Literaturberichte.

860 **Elektrizitätswirtschaft.** Von Dr. Ing. R. Fischer, Königsberg i. Pr. 147 S. mit 53 Fig. und 8 ganzseitigen Abb. Sammlung Göschen Nr. 995, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1928. Preis Mk. 1·50.

Das Buch will eine gedrängte Übersicht über das große Gebiet der Elektrizitätswirtschaft geben. Der erste Teil (technisch-wirtschaftliche Grundlagen) bringt die Energiegrundlagen, den Elektrizitätsbedarf der einzelnen Verbrauchergruppen, die technische und wirtschaftliche Durchführung der Erzeugung und Verteilung des Stromes, Einzelerzeugung und Verbundwirtschaft, Strompreisbildung und die Anwendungsgebiete der Elektrizität. Nicht enthalten ist jedoch die Versorgung der Bahnen und die besonders in diesem Zusammenhang wichtigen Gleichrichteranlagen, sowie ein Hinweis auf die für die Wärmewirtschaft so bedeutsamen Verbindung von Heiz- und Dampfkraftwerken hätten einige Worte gewidmet werden sollen.

Im zweiten Teil „Organisation der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft" werden die wichtigsten stromerzeugenden Länder ausführlich behandelt. Bei Deutschland, dem der größte Raum gewidmet ist, werden die einzelnen Versorgungsgebiete eingehend behandelt und die wichtigsten Werke, ihre Größe und ihre Verbindungen angeführt. Die Zahlenangaben über die Größenverhältnisse der Werke weisen leider mehrere Unrichtigkeiten auf.

Das Buch ist wegen seiner vollständigen Darstellung und seines reichen Inhaltes an zahlenmäßigen Angaben zu empfehlen. Ing. V. Horwatitsch.

3450 **Transformatoren und Wechselstrommaschinen.** Von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland, VIII und 174 Seiten, 188 Abbildungen. Band IV der „Elektrotechnischen Lehrhefte", Verlag Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig, 1928. Preis geh. Mk. 2·90.

In Analogie zu den bisher veröffentlichten Bändchen dieser Sammlung[2]), bildet das vorliegende nun auch eine leichtfaßliche Einführung in die Wirkungsweise, die Berechnung und den Bau der Wechselstrommaschinen. Die Darstellung, die sich nur auf das Grundlegende beschränken kann, ist im Hinblick auf den überaus knappen Raum in sachlicher und didaktischer Beziehung von anerkennenswerter Güte. Manches ist allerdings bedenklich knapp geraten, so die Kapitel über die Kommutator-Motoren, die Umformer und die anhangsweise angeführten Wechselstrom-Anlagen. Hier müßte der Verfasser bei einer Neuauflage unbedingt mehr Raum erhalten. Zur ersten Einführung ist jedoch das Büchlein sehr geeignet. K.—M.

3715 **Die Transformatoren.** Theorie, Aufbau und Berechnung. Ein Handbuch für Studierende und Praktiker von Prof. Dr. R. Wotruba und Ing. A. Stifter. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin. Preis geh. Mk. 11·50.

Das Buch zerfällt in zwei Teile, der erste die Theorie, der zweite den Aufbau und die Berechnung behandelnd. Der theoretische Teil umfaßt Leerlauf, Belastung und Kurzschluß des Transformators in kurzer Darstellung, ist aber mit zahlreichen Rechnungsbeispielen versehen, die die praktische Anwendung der gewonnenen Erkenntnis vermitteln. Einen breiten Raum nimmt die Einordnung des Transformators in der Theorie der Wechselstrommaschinen ein. Der Abschnitt über den Aufbau ist gleichfalls knapp gehalten und gibt die allgemeinen Grundzüge und Formeln an, wobei auf die entsprechende Literatur verwiesen wird. Der größte Teil des Buches ist Rechnungsentwürfen gewidmet, in deren Anschluß auch Wärmeübergang, Kühlung und die elektrische Festigkeit erläutert wird. Das Buch will also vornehmlich den Studierenden technischer Mittelschulen bei ihren Entwürfen ein Führer sein.

Für ein Lehrbuch enthält es zahlreiche Undeutlichkeiten und Mängel, die gründliche Durchsicht erfordern würden und wovon einige angeführt seien. Auf Seite 55 wird der größere Magnetisierungsstrom der äußeren Schenkel unter der Annahme erklärt, daß der Widerstand des Eisenweges vernachlässigbar sei. Aber gerade dieser ist die Ursache, die Luft-AW sind für jeden Schenkel beim Maximalwert des Flusses gleich. Bei Besprechung der Schaltarten, Seite 65, sind die Schaltbuchstaben nicht angeführt, sondern erscheinen später unvermittelt im Text. Einige Vektorbilder sind nicht lagerichtig gezeichnet. Das auf Seite 32 befindliche Diagramm deckt sich nicht mit der vorangegangenen Aufstellung der Differentialgleichung. Die ganze Darlegung ist physikalisch sehr undurchsichtig.

Bei einer Neuauflage wird eine gründliche Durchsicht des Buches zwecks Ausmerzung dieser und anderer Mängel notwendig sein. Druck und Ausstattung des Buches sind zu loben. W. Petrzelka.

1970 **Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes** unter besonderer Berücksichtigung der Wärmewirtschaft. Von Dr.-Ing. Georg Herberg. 4. erweiterte Aufl. 442 S. mit 84 Abb., 118 Zahlentafeln. Verlag von J. Springer, Berlin, 1928. Preis geb. Mk. 23.50.

Das wohlbekannte Handbuch wurde in seiner neuen Auflage, der vierten[1]), den letzten Fortschritten der Dampftechnik und Wärmewirtschaft angepaßt und zweckmäßig erweitert. Sämtliche Rechnungen wurden auf Grund der neuen Dampftabellen von Knoblauch, Raisch und Hausen sowie unter Berücksichtigung des oberen Heizwertes umgeändert. Neuaufgenommen wurden Abschnitte über gasförmige Brennstoffe, Hochdruckdampf, Speicher und Elektrokessel. Man vermißt u. a. die Angaben über die Anheizverluste der Kessel. Die Reichhaltigkeit des Buches an Kurven und Tabellen, welche es besonders schätzenswert machen, ist eine noch größere geworden. Stipernitz.

Neue Druckschriften.

3560 RKW-Veröffentlichungen. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin. 1928.

Nr. 15. Richtlinien für wirtschaftliche Schmierung. Teil II. Zweckmäßige Schmierverfahren für Gleitlager. Ausgearbeitet von J. Böge. 44 S. mit 25 Abb. und 2 Tafeln (Bestellnummer AWF 218). Preis M. 1·50.

Als Ergänzung zu der früher erschienenen Schrift über zweckmäßige Schmiernuten[2]) werden die Kenn-

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 915; 1926, S. 44, 797.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 38; 1928, S. 59, 367.

[1]) Vgl. Besprechung der 3. Aufl. E. u. M. 1912, S. 556.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 174.

Digitized by Google

zeichen und Merkmale der einzelnen Verfahren besprochen und die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten auf ihre Zweckmäßigkeit in jedem einzelnen Fall untersucht. Zwei Übersichtstafeln fassen die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen und erleichtern die Auswahl des richtigen Schmierverfahrens. Die Schmiermittel werden in einer weiteren Schrift behandelt werden.

Nr. 18. Der Spritzguß und seine Anwendung. 2. Auflage. 48 S. mit 27 Abb. (Bestellnummer AWF 206). Preis M. 1·50.

Die Neuauflage weicht von der ersten Auflage[1]) nur in Einzelheiten ab. So wurden Hinweise auf neuere Aluminiumlegierungen gemacht und Toleranzen für Spritzgußteile angegeben.

Chronik.

Oberbaurat e. h. Ing. Wilhelm Winkler-Forazest.

Am 15. September d. J. verschied plötzlich in Klagenfurt das langjährige Mitglied des Elektrotechnischen Vereines in Wien, Oberbaurat Ing. W. Winkler-Forazest, einer der ältesten österreichischen Elektrotechniker, im 71. Lebensjahre.

Winkler begann nach Absolvierung des akad. Gymnasiums in Wien seine Studien in der Abteilung für Maschinenbau an der Technischen Hochschule, setzte dieselben in Dresden fort, wohin ihn hauptsächlich Prof. Zeuners wärmetheoretische Vorlesungen zogen. Nach Beendigung seiner Studien trat er als Ingenieur in die Wiener Maschinenfabrik Schultz & Göbel ein; die damals anfangs der achtziger Jahre beginnende österreichische Elektrotechnik veranlaßte ihn, eine Stellung bei Brückner, Roß & Cons. anzunehmen, wo damals Dynamomaschinen nach Edison und Gramme gebaut wurden; zu Ende der achtziger Jahre trat Winkler bei der Firma B. Egger & Co. ein, wo er mit der Ausgestaltung der Lichtinstallation im Neuen Wiener Rathaus betraut war. Später (1890) trat er in die Dienste der Akkumulatorenfabriks A. G., vertrat dann auch einige Jahre die Union Elektrizitäts-Gesellschaft in Graz und machte sich durch die Gründung der Installationsfirma Winkler & Reich in Wien selbständig, welche von 1893 bis 1897 bestand. Im Jahre 1903 wurde Winkler als Direktor des Städt. Elektrizitätswerkes Klagenfurt berufen, als welcher er sich durch großzügige Verbesserungen und Ausbauten um die Stadt sehr verdient gemacht hat. Winkler baute eine Dampfzentrale im Innern der Stadt als Reserve für das große Wasserkraftwerk an der Gurk, eine Akkumulatorenstation zur Versorgung der Klagenfurter Straßenbahn und erweiterte das Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerkes sehr bedeutend behufs Speisung der im Sommer stark besuchten Orte an den Ufern des Wörthersees. Nachdem Winkler diese Direktorstelle durch 18 Jahre bekleidete, ging er 1922 in Pension, wobei ihm die Stadtgemeinde Klagenfurt den Titel eines Oberbaurates e. h. verlieh.

Eine Reihe von technischen und wirtschaftlichen Artikeln in der Vereins-Zeischrift entstammten seiner stilistisch sehr gewandten Feder. Winkler war ein sehr ernster, strebsamer und sehr gründlicher Ingenieur, der sich auch um die Schaffung der „Sicherheitsvorschriften" verdient gemacht hat.

Der Elektrotechnische Verein wird dem Dahingegangenen ein ehrendes Andenken bewahren.

Ing. Friedrich Drexler.

Zum Gedächtnis Wilhelm Wiens.

Am 30. August 1928 ist Geheimrat Wilhelm Wien, Professor der Experimentalphysik an der Universität München, nach kurzem Leiden verschieden.

Der in der gesamten physikalischen Welt unter dem Namen Willi Wien bekannte deutsche Forscher zählte zu den hervorragendsten Vertretern seines Faches. Er gehörte noch jener Generation von klassischen Physikern an, die ohne engherzige Spezialisierung große Gebiete ihres Faches mit weitem Blicke beherrschten. Kennzeichnend dafür ist der Umstand, daß eines der besten deutschen Lehrbücher der theoretischen Hydrodynamik von dem Experimentalphysiker Wien herrührte und daß seine wichtigste, später mit dem Nobelpreis gekrönte Leistung die Aufstellung eines theoretischen Gesetzes, nämlich des nach ihm benannten Verschiebungsgesetzes der Strahlungstheorie, war. Die Frage nach der Energieverteilung im Spektrum der Wärmestrahlung eines schwarzen Körpers gehörte zu den wichtigsten Problemen, mit denen sich die Theoretiker am Ausgang des 19. Jahrhunderts beschäftigten. Stefan und Boltzmann hatten eine Formel für die Temperaturabhängigkeit der gesamten von einem schwarzen Körper emittierten Wärmestrahlung aufgestellt. Es handelte sich nun um die Frage nach der Gestalt der spektralen Energieverteilungskurve, deren Integral nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur ist. Die endgültige Lösung dieses Problems ist um 1900 durch das berühmte Planecksche Strahlungsgesetz gegeben worden. Eine wichtige Etappe auf dem Wege zur Auffindung dieses Satzes bildete nun das erwähnte Wiensche Verschiebungsgesetz, welches besagt, daß die gesuchte Verteilungsfunktion die Gestalt haben muß

$$\nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right),$$

wobei ν die Frequenz der Strahlung und T die absolute Temperatur bedeutet. Der Name „Verschiebungsgesetz" rührt daher, weil sich aus dem Wienschen Satze eine Formel herleiten läßt, die angibt, wie sich die Wellenlänge maximaler Strahlungsemission bei wachsender Temperatur des strahlenden Körpers verschiebt. Die betreffende Formel lautet:

$$\lambda_m T = \text{Const.},$$

wobei λ_m jene Wellenlänge ist, bei der die Verteilungskurve der Strahlung ihr Maximum erreicht. Die allgemein geläufige Tatsache, daß die Farbe eines glühenden Körpers bei wachsender Temperatur von tiefrot über hellrot und gelb allmählich nach weiß wandert, findet in dem Wienschen Verschiebungsgesetz ihren quantitativen Ausdruck und gleichzeitig ihre theoretische Begründung. Auch für die in der Lichttechnik grundlegend wichtige Frage nach der Ökonomie der Glühlampen bietet das Wiensche Verschiebungsgesetz sehr wertvolle Aufschlüsse. Die große theoretische Bedeutung dieses Satzes lag aber darin, daß er Planck den Weg zu seinem Strahlungsgesetz gewiesen hat, das bekanntlich mit der darauf begründeten Quantentheorie eine ganz neue Epoche der theoretischen Physik eingeleitet hat. Wien war daher mit der Aufstellung des Verschiebungsgesetzes einer der Pioniere zur neueren Physik geworden.

Als vor einigen Jahren die Lehrkanzel Röntgens an der Münchener Universität vakant geworden war, hat man als dessen Nachfolger Willi Wien berufen, der dort bis in seine letzten Lebensjahre eine reiche Lehr- und Forschungstätigkeit entfaltete. Zu seinen bekanntesten Untersuchungen aus der letzten Zeit gehört die Bestimmung der Leuchtdauer der Atome, die er durch sinnreiche Messungen an Kanalstrahlen ermittelte. Seit dem Kriege war Wien auch der Redakteur der „Annalen der Physik", die eines der wichtigsten Fachorgane deutscher Sprache darstellen.

Die gewinnende Persönlichkeit Wiens, dessen markanter Kopf und dessen gütige klare Augen bei den großen Physikerversammlungen immer hervorstachen, ist durch den Tod seinen Freunden und Kollegen entrissen worden. Sein Name ist aber mit dem von ihm entdeckten Gesetz dauernd in die Geschichte seiner Wissenschaft eingegraben.

Prof. Hans Thirring, Wien.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 287.

Digitized by Google

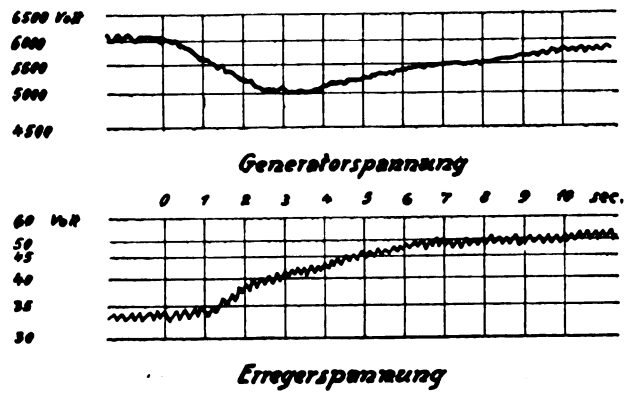
Briefe an die Schriftleitung.

Das Verhalten der Synchronmaschine bei veränderlicher Spannung, Frequenz und Belastung. Von Dr. A. Mandl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 728 ff.

In dem Aufsatz des Herrn Dr. Mandl befindet sich die Angabe, daß die dort näher beschriebene Schnellsynchronisierung auf Vorschlag des Herrn Prof. Petersen bei dem Kraftwerk Herdecke durchgeführt werde. Dieses ist ein Irrtum; dieser Vorschlag ist bereits vor mehreren Jahren von mir gemacht worden, und die Einzelheiten der dort beschriebenen Schaltung sind mir auch seit jener Zeit geschützt.

Ich will damit nicht in Frage stellen, daß die AEG oder Herr Prof. Petersen nicht vielleicht selbst auf diese Vorschläge der Schnellsynchronisierung gekommen sind, nachdem es doch wohl jedem aufmerksamen Beobachter des Kraftwerkbetriebes auffällt, wie unzulänglich zumal in Störungsfällen die üblichen Einrichtungen der Synchronisierung sind.

Ferner wird in dem Aufsatz von Mandl die Frage des Verlaufs der Klemmspannung einer Drehstromsynchronmaschine bei plötzlicher Be- und Entlastung mit Tirrillregler eingehend untersucht, ohne daß angegeben wird, daß diese Fragen noch viel ausführlicher unter Beibringung entsprechdem Versuchsmaterials bereits vor 14 Jahren in meiner Schrift der „Tirrillregler" behandelt sind. Bei den Untersuchungen des Herrn Dr. Mandl



fehlt übrigens die Angabe, daß der Tirrillregler, zumal wenn man Höchstwerte der Reguliergeschwindigkeit, wie bei den Kurven nach Abb. 4 des Herrn Mandl verlangt, nicht ohne Nachpendeln arbeitet. Es fehlt auch die Angabe, daß die überhaupt erreichbaren Höchstwerte der Reguliergeschwindigkeit durch die bei zu geringer Anspannung der Ölbremse des Tirrillreglers auftretenden dauernden Pendelungen beschränkt werden. Tatsächlich werden die Kurven nach der Art von Abb. 4, wenn man sie nicht nach einer unzulänglichen auf die Pendelerscheinungen gar nicht oder nicht genügende Rücksicht nehmenden Theorie berechnet oder sie experimentell ermittelt, ganz anders aussehen. Die oben beigefügte Spannungskurve zeigt den Spannungsverlauf an einem 600 kVA Generator des Elektr.-Werks Unterpreiliep, welche im Jahre 1912 aufgenommen wurde. Wie man sieht, erstreckt sich der Reguliervorgang über viele Sekunden, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß es sich hier um eine verhältnismäßig kleine Maschine mit einer Zeitkonstante der Magnetwicklung von 1·5 sec handelt. Bei neueren, großen Maschinen mit längerer Zeitkonstante wird die Regulierdauer noch länger sein.

Karlsruhe, den 24. Juli 1928.

Prof. Dr. Ing. H. Thoma.

Erwiderung.

Ich bin mir nicht bewußt, Tirrillreglerfragen in meinem Aufsatz eingehend untersucht zu haben. In Abb. 4 war es mir im Gegenteil nur um das Verhalten des Generators zu tun. Es lag deshalb kein Grund vor, die 14 Jahre alte Schrift von Prof. H. Thoma „Tirrillregler" zu zitieren.

Die in Abb. 4 dargestellten Kurven gelten für den einfachen Fall, daß sofort nach dem Eintreten der Störung (in Abb. 4 der Spannungsrückgang von 6600 auf 4750 V) die volle Hilfserregerspannung dem Feld der Haupterregermaschine zugeführt wird, daß also die Tirrillkontakte zunächst dauernd geschlossen bleiben. Bekanntlich trifft dies beim gewöhnlichen Tirrillregler nicht zu. Es ist jedoch leicht möglich, ihm diese Eigenschaft zu geben. In Amerika sind Anlagen bereits in Betrieb, bei welchen der Nachteil der Dämpfungseinrichtung im Tirrillregler durch sehr einfache Vorrichtungen im Störungsfalle vollständig beseitigt ist. Alle diese Einzelheiten hatte ich nicht erwähnt, weil es mir nicht auf den Regler, sondern nur auf das grundsätzliche Verhalten des Generators ankam.

Auch zu der von Prof. Thoma aufgeworfenen Patentfrage habe ich nicht Stellung genommen. Die Grobsynchronisierung an sich ist nicht neu: für eine kleinere Anlage ist sie bereits ETZ 1920, S. 815, „Selbsttätige Wasserkraftelektrizitätswerke" (nach Electrical World Bd. 75, 1920, S. 827) beschrieben. Es ist mir bekannt, daß verschiedene Anmeldungen schweben, von welchen meines Wissens jedoch noch keine zur Auslage gekommen ist.

Die rein persönliche Frage, wer im Falle Herdecke die Grobsynchronisierung vorgeschlagen hat, habe ich in meinem Aufsatz nicht berührt. In dem in Betracht kommenden Absatz auf S. 672 ist allgemein von Speicherkraftwerken die Rede; das Kraftwerk Herdecke ist dort überhaupt nicht erwähnt. Wenn ich mich zu dieser Frage äußern soll, so kann ich mitteilen, daß die Grobsynchronisierung im Falle Herdecke erst in Betracht gezogen wurde, nachdem Prof. Petersen in autoritativer Weise erklärt hatte, trotz der sehr großen Einheiten von 40 000 kVA hierfür die volle Verantwortung zu übernehmen.

Berlin, den 23. August 1928. *Dr. Mandl.*

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	24. IX. 1928	26. IX. 1928	28. IX. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	144½	144½	144½

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	—	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	—	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	—	350	350
Antimon-Regulus	—	85—92	85—92

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 28. September 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	71	5	0	71	15	0
Wire bars	71	15	0	—	—	—
Standard Kassa	64	8	9	64	10	0
Standard 3 Monate	64	18	9	65	0	0
Zinn:						
Engl. Ingots	225	0	0	225	5	0
Standard Kassa	225	15	0	226	0	0
Standard 3 Monate	222	5	0	222	10	0
Blei:						
Engl. pig common	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	24	1	3	24	5	0
Remelted	24	10	0	—	—	—
English Swansea	24	11	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 5 sh/Pf. 16 10 sh p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 26. September 1928.)

(Grundpreise in S per 100 kg.)

Halbharte und harte Kupferdrähte	338
Weiche Kupferdrähte	340
Kupferstangen	340

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 14. Oktober 1928 | Heft 42

Einfluß der Wendepole auf die Stromverteilung zwischen den gleichnamigen Bürsten bei Gleichstrommaschinen.

Mitteilung aus dem Staatlichen Elektrotechnischen Experimental-Institut, Moskau.

Von Prof. Claudius **Schenfer**, Moskau.

1. Versuchsanordnung.

Bis jetzt gibt es noch sehr wenig experimentelle Angaben zur Aufklärung der Erscheinungen, welche die Stromverteilung unter den auf gemeinsamen Bürstenbolzen sitzenden Bürsten der Gleichstrommaschine beeinflussen. Doch hat diese Frage große praktische Bedeutung, weil von der Arbeitsweise der Bürsten am Kommutator die funkenlose Kommutierung der Maschine abhängt[1]).

Zur experimentellen Lösung dieser Aufgabe wurde die folgende Versuchsschaltung benutzt (Abb. 1):

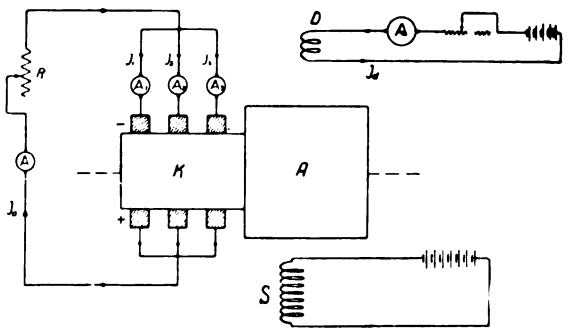


Abb. 1. Versuchsanordnung.

A . . . Anker der Versuchsmaschine, von einem (nicht dargestellten) Motor angetrieben,

K . . . Kommutator,

R . . . Belastungswiderstand,

A_1, A_2, A_3, *A* . . . Strommesser,

D . . . von einer Akkumulatorenbatterie *B* gespeiste Wendepolwicklung,

S . . . Hauptpolwicklung.

Als Versuchsobjekt diente eine Gleichstrommaschine mit folgenden Daten:

Leistung 8 PS, Spannung 120 V, normale Stromstärke 57·2 A, Tourenzahl 1270 U/min, Zahl der Hauptpole 4, Zahl der Wendepole 4, Zahl der Bürstenbolzen 4, Zahl der Bürsten an einem Bolzen 2, Bürstenkontaktfläche 30×9 mm², Sorte: Kohlenbürste mittlerer Härte.

[1]) C. Schenfer und B. Aparoff, „Experimentelle Untersuchung der Kommutierung bei Gleichstrommaschinen" (Archiv f. El. 1927, Bd. 18, Heft 5).

Während des Versuches arbeitet die Maschine als Generator.

Wie aus Abb. 1 zu ersehen, sind die Amperemeter A_1, A_2, A_3 in den Stromkreis jeder „abgesonderten" Bürste, die an einem gemeinsamen Bürstenbolzen sitzt, eingeschaltet. Dadurch wird es möglich, die Stärke des durch jede „abgesonderte" Bürste fließenden Stromes (J_1, J_2, J_3) zu messen; wenn wir nämlich den Belastungsstrom J_a im äußeren Stromkreis (im Falle des Betriebes der Maschine als Generator) durch den Widerstand *R* ändern, so können wir auch die Änderung der durch die „abgesonderten" Bürsten fließenden Ströme J_1, J_2 und J_3 beobachten. Dabei müssen die einzelnen Bürsten von dem Bürstenbolzen isoliert werden.

2. Die Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten, die an einem gemeinsamen Bürstenbolzen sitzen.

Sehr interessant ist es zu beobachten, wie die Stromstärken J_1, J_2 und J_3 in jeder abgesonderten Bürste bei verschiedenen Kommutierungsbedingungen mit der Belastung sich ändern. Um eine experimentelle Lösung dieser Frage zu ermitteln, wurde die Wendepolwicklung *D* in dem Stromkreis der Batterie *B* eingeschaltet, womit die Regulierung der Stromstärke J_d in den Wendepolen und die Änderung ihrer Richtung, unabhängig von dem Belastungsstrom J_a (siehe Abb. 1), ermöglicht wurde. Dabei kann die Stromverteilung zwischen verschiedenen, auf einem gemeinsamen Bürstenbolzen sitzenden Bürsten untersucht werden; auch kann die Untersuchung bei verschiedenen Wendepolströmen J_d, wie bei verzögerten, so auch bei einer beschleunigten Kommutierung stattfinden.

In Abb. 2 sind die Resultate der Untersuchungen in Kurvenform gegeben; sie führen uns zu überraschenden Folgerungen! Es zeigt sich, daß die Ströme in den „abgesonderten" Bürsten J_1, J_2 und J_3 nur bei richtiger Wendepolerregung einander annähernd gleich sind. Bei einem zu großen Strom J_d in den Wendepolen (beschleunigte Kommutierung) und bei einem zu kleinen Strom J_d

Digitized by Google

(verzögerte Kommutierung) sind die Ströme, die in den Teilbürsten J_1, J_2 und J_3 fließen, ungleich, trotz ihres etwa gleichen Preßdruckes und gleicher Bürstenabmessungen. Bei stark verzögerter Kommutierung, wenn der Strom J_d in den Wendepolen (Abb. 2) im Vergleich zur normalen Stromrichtung eine umgekehrte Richtung hat, fällt der Strom J_3 in einer der Bürsten bis 0 und kann sogar seine Richtung ändern.

Eine so überraschende Erscheinung kann auf folgende Weise erklärt werden: In der Praxis werden oft die Kommutatorbürsten nicht hinreichend eingeschliffen, so daß sie oft nur mit einem Rande arbeiten. In Abb. 3 sind, zum Beispiel, in übertriebener Form zwei Bürsten A und B, die an einem Bürstenbolzen sitzen, gezeichnet, von denen die Bürste A nur mit dem Rande „a" und die Bürste B mit dem Rande „b" arbeitet.

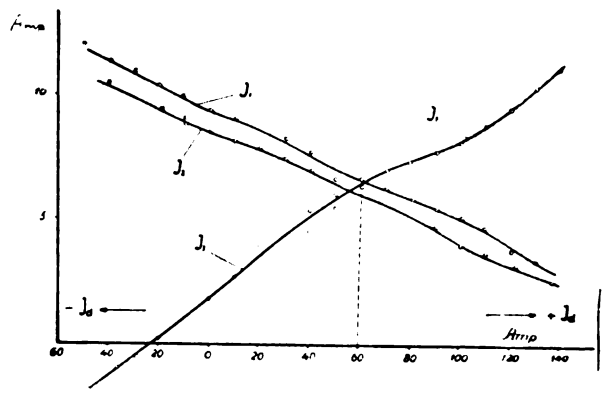


Abb. 2. Die zu den einzelnen Bürsten fließende Stromstärke als Funktion des Wendepolstroms J_d.

In Abb. 3[2]) links ist der Weg des zusätzlichen Kommutierungsstromes i gezeichnet. Dieser Strom

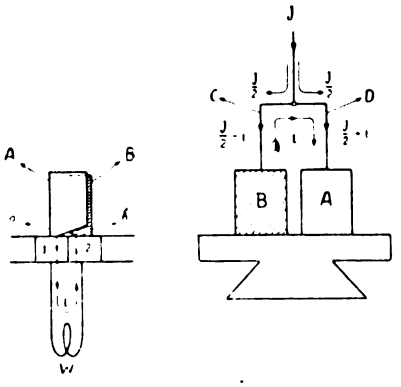


Abb. 3. Bürsten A und B, die auf den gemeinsamen Bürstenbolzen sitzen.

wird durch die E. M. K. der Selbstinduktion in der kurzgeschlossenen Spule W während der Kommutierung erzeugt. Gemäß der Abb. 3 ist der Stromweg i der folgende: Der zusätzliche Strom i fließt aus der linken Kollektorlamelle 1, nach Durchlaufen der kurzgeschlossenen Spule W kommt er in die rechte Kollektorlamelle 2, fließt nachher in den rechten Rand b der Bürste (siehe Abb. 3), dann durch den Schließungsdraht C—D (siehe Abb. 3, rechts), endlich fließt der Strom i in die Bürste A und kehrt durch ihren Rand a in die linke Kollektorlamelle 1 (Abb. 3, links) zurück.

In Abb. 3, rechts, ist mit Pfeilen die Richtung des Arbeitstromes J, der zu den Bürsten A und B fließt, bezeichnet. Im selben Bild sieht man, wie der Strom J im Verzweigungspunkt in zwei etwa gleiche Teile $J/2$ geteilt[3]) wird; wenn kein zusätzlicher Strom vorhanden sein würde, so würden die beiden Bürsten A und B von gleichen Strömen $J/2$ durchflossen werden; jedoch, infolge der Anwesenheit des zusätzlichen Stromes i, wird jetzt in der Bürste B die Differenz $J/2 - i$ und in der Bürste A die Summe $J/2 + i$ fließen; wir sehen, daß jetzt die Gleichmäßigkeit der Stromverteilung zwischen den beiden an einem Bürstenbolzen sitzenden Bürsten A und B gestört wird.

Wenn beide Bürsten A und B stets gleichartig mit ihrer ganzen Kontaktfläche arbeiten würden, so würde der zusätzliche Kommutierungsstrom quer über jede Bürste A und B schließen, ohne den Schließungsdraht C—D zu durchfließen und ohne die Veränderung der Stromverteilung zwischen Bürsten A und B hervorzurufen[4]). Hieraus ist die Abhängigkeit der Ungleichmäßigkeit der Stromverteilung zwischen den Bürsten A und B von der Art der Kommutierung der Maschine und dem Einschleifen der Bürsten zu sehen. Je schlechter die Kommutierung, desto größer ist der zusätzliche Strom i und desto unregelmäßiger ist die Stromverteilung zwischen den an einem Bürstenbolzen sitzenden Bürsten. Bei richtiger Wendepolerregung ist aber die Größe des zusätzlichen Kommutierungsstroms i gewöhnlich klein. Also kommen wir zu der Überzeugung, daß die Wendepole einen nützlichen Einfluß auf die Arbeit der Maschine nicht nur wegen der gleichmäßigen Verteilung der Stromdichte im Arbeitskontakt jeder einzelnen Bürste, sondern auch wegen ihrer Beiwirkung zu der etwa gleichen Stromverteilung in der Maschine unter allen, an einem gemeinsamen Bürstenbolzen sitzenden Bürsten ausüben.

Es hat sich aus den durchgeführten Untersuchungen erwiesen, daß bei wendepollosen Maschinen überhaupt eine ungleichmäßige Stromverteilung zwischen der auf gemeinsamen Bürstenbolzen sitzenden Bürsten stattfindet; dabei ist die Ungleichmäßigkeit um so größer, je größer die Ströme i sind, welche durch die Reaktanzspannung in einer Spule der Ankerwicklung hervorge-

[2]) Um größere Klarheit in der Abbildung zu erreichen, ist in Abb. 3 die Bürste B in bezug zu der Bürste A in einer etwas versetzten Lage dargestellt; gewöhnlich kommt eine solche Verschiebung nicht vor; der leichteren Unterscheidung wegen ist die Bürste B in Abb. 3 schraffiert.

[3]) Der Strom J im Verzweigungspunkt wird unter den Bürsten A und B in zwei gleiche Teile nur in dem Falle geteilt, wenn die Bürstenübergangswiderstände der Bürsten A und B einander gleich sind.

[4]) Doch ist das ungleichmäßige Einschleifen der Kontaktfläche der Bürsten in der Praxis häufig zu beobachten.

Digitized by Google

rufen werden, das heißt je schlechter die Kommutierung ist[5]).

Es zeigt sich also eine neue Eigenschaft der Wendepole: sie beseitigen die Ungleichmäßigkeit der Stromverteilung unter den Bürsten, die an einem gemeinsamen Bürstenbolzen sitzen.

Auf diese merkwürdige Eigenschaft der Wendepole ist, soweit es dem Verfasser bekannt ist, bis jetzt noch nicht hingewiesen worden.

3. Die Stromverteilung zwischen Bürsten, die auf verschiedenen gleichnamigen Bürstenbolzen sitzen.

Gemäß der Abb. 4 stellt der Strom J_a, der im äußeren Stromkreis fließt, eine Summe vor, nämlich:

$$J_a = J_I + J_{II}.$$

Trägt der Anker eine Wellenwicklung, so sind zumeist die Ströme J_I und J_{II} nur bei idealer Kommutierung einander gleich. Bei Vorhandensein von unkompensierten E. M. K. in den kurzgeschlossenen Spulen werden zumeist die Ströme J_I und J_{II} einander nicht gleich sein.

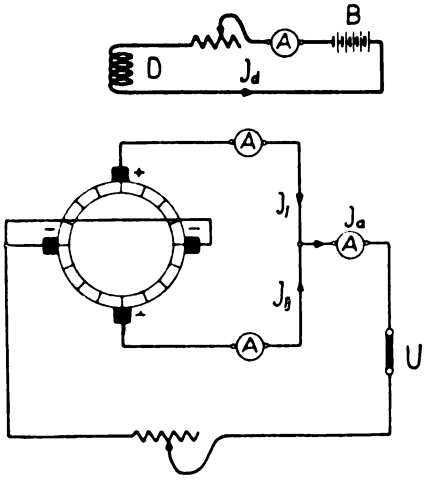


Abb. 4. Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten.

Zur besseren Aufklärung dieser Erscheinung wollen wir Abb. 5 betrachten.

Dort ist die durch die Bürste kurzgeschlossene Spule einer Ankerwellenwicklung dargestellt. Wenn die Kommutierung unvollkommen ist, erscheint in der Ankerspule ein Kurzschlußstrom i_0, welcher den Leiter, der die gleichnamigen Bürsten verbindet, durchfließt und somit eine ungleichmäßige Stromverteilung hervorruft.

Wir werden den Strom im äußeren Stromkreis durch I_a bezeichnen. Bei einer idealen Kommutierung ($i_0 = 0$) würden wir eine gleiche Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten erhalten, so daß aus jeder Bürste (Abb. 5) ein Strom

$$J_I = J_{II} = \frac{J_a}{2}$$

fließen würde. Bei unvollkommener Kommutierung ist jedoch $i_0 \neq 0$. Dabei stört der Kommutierungsstrom i_0 die gleichmäßige Verteilung des Hauptstromes J_a zwischen den Bürsten: bei der

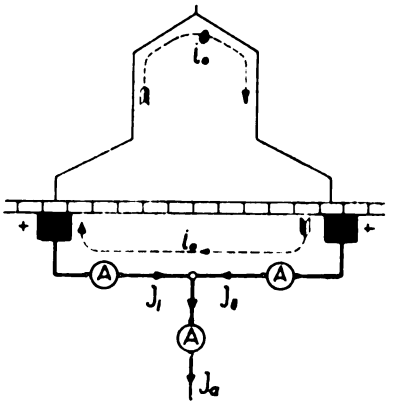


Abb. 5. Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten bei Wellenwicklung.

in Abb. 5 gezeichneten Stromrichtung i_0 wird jetzt aus der rechten Bürste der Strom

$$J_{II} = \frac{J_a}{2} + i_0$$

und aus der linken Bürste der Strom

$$J_I = \frac{J_a}{2} - i_0$$

fließen; deswegen wird die rechte, mit dem großen Strom belastete Bürste (Abb. 5) eine Neigung zur Funkenbildung haben.

Um dies experimentell zu untersuchen, wurde das folgende Versuchsschema (siehe Abb. 4) benutzt; darin bezeichnen: D die von einer Akkumulatorenbatterie gespeiste Wendepolwicklung; A_1, A_2, A_3 Amperemeter; U Ausschalter.

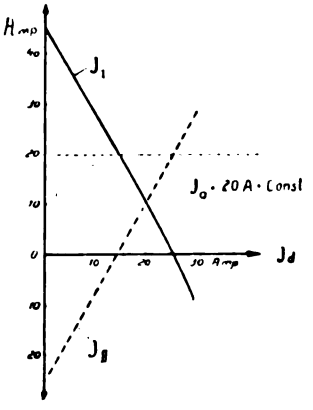


Abb. 6. Stromverteilung bei gleichnamigen Bürsten bei Wellenwicklung.

Der Versuch wurde auf folgende Weise ausgeführt:

1. Der Erregerstrom in der Hauptpolwicklung (in Abb. 4 nicht eingezeichnet) und der Belastungsstrom wurden im Laufe des Versuches konstant gehalten.

[5]) Besonders scharf muß die beschriebene Ungleichmäßigkeit der Stromverteilung unter einnamigen Bürsten in Wechselstrom-Kommutatoren beobachtet werden. Der Verfasser hofft in nächster Zeit diese Frage experimentell zu bearbeiten.

Digitized by Google

2. Der Strom in den Wendepolen J_d wurde während des Versuchs geändert, wobei die Wirkung dieser Änderung auf die relative Größe der Ströme J_I und J_{II} beobachtet wurde.

Die Versuche haben nun ergeben, daß die Größe der Ströme J_I und J_{II} bei der Änderung der Wendepolerregung J_d in weiten Grenzen schwanken kann. In Abb. 6 bis 8 sind die Versuchsergebnisse in Kurvenform dargestellt.

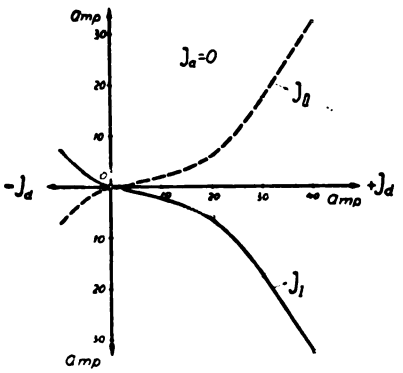


Abb. 7. Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten bei Wellenwicklung und bei $J_a = 0$.

Abb. 6 gibt den Zusammenhang der Ströme J_I und J_{II} mit dem Wendepolerregerstrom J_d; diese Abb. zeigt, daß nur bei richtiger Erregung der Wendepole $J_d = J_a = 20\,A$ der Strom zwischen den zwei gleichnamigen Bürstenbolzen sich in gleiche Teile zerteilt, so daß $J_I = J_{II} = 10\,A$; bei unrichtigen Größen des Stromes J_d (siehe Abb. 6) sind die Ströme J_I und J_{II} einander ungleich.

In Abb. 7 sind die Stromgrößen J_I und J_{II} gezeigt, welche beim Leerlauf der Maschine ($J_a = 0$) erzeugt werden; dabei werden die Wendepole von

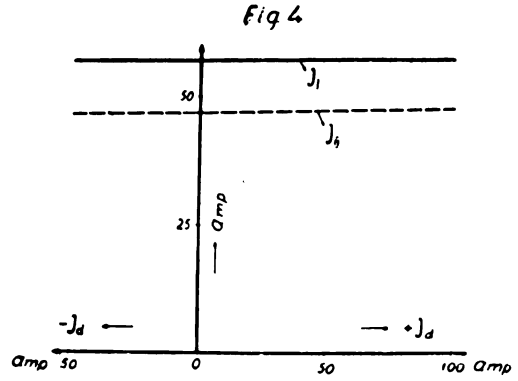


Abb. 8. Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürsten bei Schleifenwicklung.

einer besonderen Stromquelle gespeist (Strom J_d). Wie aus Abb. 7 ersichtlich, sind bei $J_d = 0$ die Ströme $J_I = J_{II} = 0$; bei $J_d \neq 0$ ist der Strom $i_0 = J_I = J_{II}$ (siehe Abb. 7 und Abb. 5).

Die oben erwähnte Ungleichheit der Ströme J_I und J_{II} bei falscher Erregung der Wendepole kann nur bei Wellenwicklungen stattfinden. Dagegen ist bei Schleifenwicklungen die relative Größe J_I und J_{II} von der Stromgröße J_d in den Wendepolen nicht abhängig. Dies wird von den Kurven J_I und J_{II} in Abb. 8 bestätigt; aus dieser Abb. 8 sehen wir, daß in einer solchen Maschine die Ströme J_I und J_{II} praktisch ihre Größe unverändert behalten, unabhängig von der Stromänderung J_d der Wendepole.

4. Schlußfolgerung.

Ein Überblick der erhaltenen Ergebnisse führt führt uns zu der Folgerung, daß in Schleifenwicklungen, bei allen Arbeitsbedingungen eine etwa gleichmäßige Stromverteilung zwischen gleichnamigen Bürstenbolzen stattfindet. Bei Wellenwicklungen wird diese Stromverteilung nur bei einer richtigen Wendepolerregung erreicht, das heißt bei voller Kompensation der Reaktanzspannung.

Außerdem ist hier noch folgendes zu beobachten:

Eine volle Kompensation der Reaktanzspannung in den kurzgeschlossenen Spulen kann man in der Praxis gewöhnlich nur bei Belastungen, die nahe zu der Normalbelastung stehen, erhalten. Bei starker Überlastung, bzw. Kurzschluß steigt der magnetische Fluß der Wendepole infolge magnetischer Sättigung ihrer Kerne in kleinerem Maß als der Belastungsstrom der Maschine; deshalb wird die Reaktanzspannung in den kurzgeschlossenen Ankerspulen nur teilweise kompensiert. Infolgedessen können bei Überlastungen bei Ankern mit Wellenwicklung einige Gruppen gleichnamiger Bürsten mit einem größeren Strom als die übrigen Bürstengruppen belastet werden. Eine Störung der Gleichmäßigkeit der Stromverteilung zwischen den gleichnamigen Bürsten muß eine Verschlimmerung der Kommutation mit sich bringen. Was die Schleifenwicklung anbetrifft, so wird hier eine ungefähr gleichmäßige Stromverteilung unter allen gleichnamigen Bürsten bei jeder Belastung garantiert; in dieser Hinsicht bietet die Scheifenwicklung im Vergleich mit der Wellenwicklung gewisse Vorteile.

Diese verschiedene Eigenschaft der Wellen- und Schleifenwicklung im Verhalten zur Kommutierung wurde längst bemerkt; in der Literatur jedoch (bei Arnold, Pichelmayer) gibt es auf dieses Thema sehr wenig Hinweise; bis jetzt wurden keine ausführliche Erklärungen der verschiedenen Eigenschaften der Wellen- und Schleifenwicklung hinsichtlich der Kommutierung gegeben.

Diese Arbeit soll als erster Versuch gelten, in diese wichtige Frage die nötige Klarheit zu bringen.

Digitized by Google

Über die Benennung und die Maßeinheiten der Wechselstromleistungsgrößen.

Von Ing. Dr. Arthur **Boltzmann** und Ing. Dr. Otto **Franke**, Wien.

Es dürfte kaum ein Kapitel der Elektrotechnik geben, in dem eine derartige Verwirrung herrscht, wie in der Frage der Benennung der Wechselstromleistungsgrößen und ihrer Maßeinheiten. Besonders in Bezug auf die letzten kann der derzeitige Zustand geradezu als unhaltbar bezeichnet werden. Es werden verwendet: Die Einheiten „Watt" (kW) für die Wirkleistung, aber auch für Blind- und Scheinleistung[1]), die Einheit VA (kVA) für die Scheinleistung aber auch für die Blindleistung[2]), während für die letzte auch eine eigene Einheit, das „Blindwatt", bzw. „Blindkilowatt", oder auch die Einheit „Blindvoltampere" bzw. „Blindkilovoltampere" verwendet wird. Auch die Einheiten „kilozin" und „kVA sin φ" kommen mitunter vor. Nicht ganz so arg ist es in der Frage der Benennung der Wechselstromleistungsgrößen. Obwohl die Benennungen „Wirkleistung" für $EI\cos\varphi$, „Blindleistung" für $EI\sin\varphi$ und „Scheinleistung" für EI (auf einphasige Kreise bezogen) in Elektrophysik und Elektrotechnik seit langem eingebürgert sind, sind doch gerade in der letzten Zeit Abänderungsvorschläge aufgetaucht, so daß sich auch der AEF genötigt sah, die Abänderung der Benennung „Scheinleistung" in Erwägung zu ziehen[3]).

Außerdem hat A. Linker Vorschläge über die Umbenennung der Wechselstromleistungsgrößen gebracht[4]).

Es kann nicht geleugnet werden, daß in der Frage der Benennungen der persönliche Geschmack eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. Namen sind immer nur Symbole für die Größen und nie diese selbst, und daher ist es unmöglich, sie so zu wählen, daß in ihnen alle Eigenschaften der betreffenden Größe zum Ausdruck kommen. Man wird sich vielmehr begnügen müssen, eine charakteristische Eigenschaft der Größe durch die Benennung hervorzuheben.

In diesem Sinne sind nun die seit langem eingebürgerten Ausdrücke für die Leistungsgrößen der Wechselstromtechnik, nämlich „Leistung" (Wirkleistung), „Blindleistung" und „Scheinleistung" sehr glücklich gewählt. Der Ausdruck „Blindleistung" drückt treffend aus, daß es sich um eine Größe von der Dimension einer Leistung handelt, die aber als solche nicht in Erscheinung tritt. Das Wort „blind" in diesem übertragenen Sinne zu gebrauchen, ist in der deutschen Sprache seit langem üblich; man vergleiche zum Beispiel das Wort Kants „Gedanken ohne Anschauungen sind leer, Anschauungen ohne Gedanken sind blind" oder das Wort „Blindgänger" usw.[5]).

[1]) Vgl. zum Beispiel: Emde, ETZ 1924, S. 1053.
[2]) v. Königslöw: E. u. M. 1925, S. 927.
[3]) Phys. Z. 1927, S. 390.
[4]) E. u. M. 1927, S. 689.
[5]) Der von Linker für Blindleistung vorgeschlagene Ausdruck „Feldleistung" ist durchaus unmöglich, denn unter „Feldleistung" muß zwangläufig die Änderung der magnetischen oder elektrischen Feldenergie je Zeiteinheit verstanden werden; diese stimmt aber mit der bisher als „Blindleistung" bezeichneten Größe nicht überein. Vgl. v. Königslöw, l. c. und E. u. M. 1927, S. 923.

Ganz ähnlich ist es mit der Benennung „Scheinleistung"; es wird damit kurz und klar zum Ausdruck gebracht, daß im Wechselstromkreis durch Multiplikation des gemessenen effektiven Stromes mit der gemessenen effektiven Spannung nicht wie im Gleichstromkreise wirklich die Leistung erhalten wird; gerade die Vorsilbe „Schein" wirkt hier warnend. Gegen die von Linker zitierten Ausführungen Rüdenbergs kann eingewendet werden, daß erstens die Benennung allein einem „Unbefangenen" das Studium der Grundlagen der Wechselstromtechnik nicht ersparen kann, sondern daß es sich um einen Fachausdruck handelt, dessen Anwendung ein gewisses Maß von Kenntnissen notwendigerweise voraussetzt, und daß zweitens durch die Vorsilbe „Schein" nur ausgedrückt wird, daß das Produkt EI nur scheinbar die Leistung ergibt, ohne daß über die Bedeutung der als „Scheinleistung" bezeichneten Größe für die elektrische Seite von Maschinen und Apparaten irgend etwas ausgesagt wird.

Die vom AEF in Erwägung gezogene Benennung „Richtleistung" statt „Scheinleistung" kann nicht als glücklich bezeichnet werden. Denn die „Scheinleistung" erhält man ja gerade durch Multiplikation von Strom und Spannung ohne Berücksichtigung der verschiedenen Richtungen ihrer Vektoren. Will man aber die Vorsilbe „Richt" damit begründen, daß sie zum Ausdruck bringen soll, daß sich „Leistungsfähigkeit

Die Feldleistung findet sich auf Grund folgender Überlegung, wobei wir uns der Einfachheit halber auf den Fall eines Stromkreises mit konstanter Selbstinduktion L beschränken.

$ir = e_k + e_s$ ... II. Kirchhoff'sches Gesetz,

$ir = e_k - L\frac{di}{dt}$. Die Gleichung mit i multipliziert:

$i^2 r = e_k i - Li\frac{di}{dt}$,

$e_k i = i^2 r + Li\frac{di}{dt}$,

$Li\frac{di}{dt}$ ... dem Magnetfeld zugeführte Leistung N_{Ft},

$e_k i$ ... gesamte zugeführte Leistung,

$i^2 r$ ... in Joule'sche Wärme umgewandelte Leistung.

Im Falle eines sinusförmigen Stromes $i = \bar{i}\sin(\omega t - \varphi)$ ergibt sich:

$$N_{Ft} = Li\frac{di}{dt},$$

$$N_{Ft} = \omega L \bar{i}^2 \sin(\omega t - \varphi)\cos(\omega t - \varphi),$$

$$N_{Ft} = \omega L I^2 \sin 2(\omega t - \varphi),$$

$$I\omega L = E_S = E.\sin\varphi,$$

$$N_{Ft} = EI\sin\varphi\sin 2(\omega t - \varphi),$$

$$\overline{N_F} = EI\sin\varphi,$$

$$N_F = 0.$$

Digitized by Google

und Verkaufswert von Maschinen, Transformatoren usw. nach der durch sie gekennzeichneten Leistungsgröße richten"[6]), so muß dazu bemerkt werden, daß dieser Zweck durchaus nicht erfüllt wird, da die Vorsilbe in keiner Weise angibt, was sich nach der mit ihr bezeichneten Größe richtet. Mit genau demselben Recht könnte auch die Blind- und vielleicht mit noch mehr Recht die Wirkleistung als Richtleistung bezeichnet werden, denn auch nach diesen Leistungen richten sich wichtige Größen. Mit einem Wort, die Vorsilbe „Richt" ist für die Scheinleistung in keiner Weise charakteristisch, während diese Leistungsgröße durch die Benennung „Scheinleistung" ganz treffend charakterisiert wird; will man aber — vielleicht aus verkaufstechnischen Gründen — das Wort „Schein" vermeiden, so müßte man sich schon die Mühe nehmen, einen treffenderen Ausdruck zu suchen, zum Beispiel Bauleistung oder Dimensionierungsleistung oder dergleichen sagen, was aber durchaus kein Vorschlag, sondern nur ein Beispiel sein soll[7]). So viel über die Benennung der Wechselstromgrößen.

Zusammenfassend soll bemerkt werden, daß die prinzipielle Berechtigung, andere Benennungen an Stelle der bisher üblichen einzuführen, wenn sie sich als klarer und zweckentsprechender erweisen, durchaus anerkannt wird; es wurde aber gezeigt, daß die bisher gebräuchlichen Benennungen den erwähnten neu vorgeschlagenen in jeder Weise überlegen sind, weshalb kein Grund besteht, von ihnen abzugehen.

Durchaus anders aber ist es im Falle der Einheiten für die drei Leistungsgrößen. Hier können Einflüsse des persönlichen Geschmackes oder Gründe der Zweckmäßigkeit in keiner Weise in Betracht kommen, da es sich hier einzig und allein um eine logisch-mathematische Frage handelt. In der Sache selbst muß immer wieder auf die Arbeit Emdes verwiesen werden und es bleibt also nur wenig zu bemerken übrig. Daß die Einheit „Blindwatt" nicht haltbar ist, hat v. Königslöw in seiner angeführten Arbeit durch eine sehr einfache und einleuchtende Schlußfolgerung gezeigt, indem er darauf hinwies, daß in dem speziellen Fall $\varphi = 90°$ die Scheinleistung mit der Blindleistung zusammenfällt, daher beide notwendigerweise in derselben Einheit bemessen werden müssen. Durch genau dieselbe Schlußfolgerung können wir zeigen, daß in Wirklichkeit für alle drei Leistungsgrößen nur das Watt bzw. Kilowatt als Maßeinheit in Frage kommen kann. Denn in dem zweiten Spezialfall $\varphi = 0$ geht die Scheinleistung in die Wirkleistung über:

$$EI \,.\, 1\,\mathrm{W} = EI\,\mathrm{VA},$$

welche Beziehung nur einen Sinn hat, wenn ein Watt = 1 VA gesetzt wird. Im allgemeinen Fall besteht die bekannte Beziehung:

$$N_S = \sqrt{N_r^2 + N_B^2};$$

nun können nicht nur Brüche, sondern überhaupt Größen nur addiert werden, wenn sie auf gleichen „Nenner" gebracht wurden, also in derselben Einheit gemessen werden. Daraus folgt zwingend, daß für alle drei Leistungsgrößen nur das Watt als Maßeinheit verwendet werden kann. Die Tatsache, daß Schein- und Blindleistung Leistungsgrößen sind, die für die Wirkleistung des Wechselstromes nicht in Betracht kommen, drückt sich in der Benennung, und nicht in der Maßeinheit der Größen aus. Bei vollkommen allgemeiner Definition von Schein- und Blindleistung kommt übrigens ihr Charakter als Leistung deutlich zum Ausdruck:

Die Scheinleistung ist jene Leistung, die im Wechselstromkreis auftritt, wenn die Phasenverschiebung bei denselben Effektivwerten von Strom und Spannung statt φ den Wert Null hat.

Die Blindleistung ist jene Leistung, die im Wechselstromkreis auftritt, wenn die Phasenverschiebung bei denselben Effektivwerten von Strom und Spannung statt φ den Wert — $(90 - \varphi)$ hat.

Die so definierten Leistungsgrößen sind Leistungen, die im Stromkreis bei anderen Belastungsverhältnissen auftreten können, die leicht zu messen und für gewisse Eigenschaften des Stromkreises charakteristisch sind, so daß ihre Einführung berechtigt ist, wenn sie auch in dem vorliegenden Fall des Phasenverschiebungswinkels φ nur als Rechnungsgrößen aufzufassen sind.

Die angegebenen Definitionen gestatten es, den zeitlichen Verlauf dieser Leistungsgrößen zu verfolgen; unter der Voraussetzung, sinusförmig verlaufender Ströme und Spannungen finden wir für den Momentanwert der Scheinleistung:

$$N_{St} = \bar{e}\,\bar{i} \sin^2 \omega t,$$

$$N_{St} = EI(1 - \cos 2\omega t),$$

daraus der Höchstwert:

$$\overline{N_S} = \bar{e}\,\bar{i}$$

und der Mittelwert:

$$N_S = \bar{e}\,\bar{i}\,\frac{1}{T}\int_0^T \sin^2 \omega t\, dt$$

oder

$$N_S = \frac{1}{2}\,\bar{e}\,\bar{i} = EI.$$

Die entsprechenden Werte der Blindleistung ergeben sich auf folgende Weise:

$$N_{Bt} = \bar{e}\,\bar{i} \sin \omega t \sin\{\omega t + (90 - \varphi)\},$$

$$N_{Bt} = \bar{e}\,\bar{i} \sin \omega t \cos(\omega t - \varphi) =$$

$$= \frac{1}{2}\,\bar{e}\,\bar{i}\{\sin \varphi + \sin(2\omega t - \varphi)\},$$

[6]) Siehe auch Phys. Z. 1927, S. 391.

[7]) Auf den Vorschlag Linkers, Wirkleistung durch „Wechselstromleistung" zu ersetzen, hat schon v. Königslöw erwidert (l. c.); es soll nur darauf hingewiesen werden, daß „Wechselstromleistung" nach dem deutschen Sprachgebrauch mit Leistung des Wechselstromes vollkommen gleichbedeutend ist. Besonders im Falle eines einem Gleichstrom überlagerten Wechselstromes (zum Beispiel Strom im Anodenkreis einer Elektronenröhre), wo man fortwährend zwischen Gleichstrom- und Wechselstrom-(Wirk-)leistung zu unterscheiden hat, würde die Linkersche Benennung nur Anlaß zu Verwechslungen geben.

Digitized by Google

$$N_{Bt} = EI\{\sin\varphi + \sin(2\omega t - \varphi)\},$$
$$\overline{N}_B = EI(1 + \sin\varphi),$$
$$N_B = EI\sin\varphi^{8}).$$

Der Vollständigkeit halber sollen auch noch die entsprechenden Werte für die Wirkleistung hingeschrieben werden:

$$N_t = \bar{e}\bar{i}\sin\omega t\sin(\omega t - \varphi) =$$
$$= EI\{\cos\varphi - \cos(2\omega t - \varphi)\},$$
$$\overline{N} = EI(1 + \cos\varphi),$$
$$N = EI\cos\varphi.$$

[8]) Hingegen findet Linker auf S. 926 für den Momentanwert der Blindleistung

$N_S = E_S I = EI\sin\varphi$, $N_{St} = EI\sin\varphi\sin 2(\omega t - \varphi)$,

was als Mittelwert $N_S = 0$ ergeben würde; dieser Ausdruck ist nicht die Blindleistung, sondern die Feldleistung im oben definierten Sinne.

Ein Vergleich der für die Feldleistung (Anmerkung 5) gefundenen Werte mit denen für die Blindleistung läßt die Unterschiede augenfällig hervortreten.

Die der oben gegebenen Definition der Blindleistung entsprechenden Augenblickswerte kommen in den Meßgeräten für diese Leistung tatsächlich zur Wirkung. Die Definitionen führen, wie die Rechnungen zeigen, bei der Bildung des Mittelwertes zu den bekannten Formeln für die beiden Leistungsgrößen, womit die Zulässigkeit der Definitionen erwiesen ist. Da aber nun alle drei Leistungsgrößen als Leistungen in besonderen Fällen definiert sind (Wirkleistung: Phasenverschiebung φ, Scheinleistung: Phasenverschiebung = 0, Blindleistung: Phasenverschiebung $= -(90 - \varphi)$) kann für alle drei Leistungen als Maßeinheit nur das Watt bzw. Kilowatt in Betracht kommen.

Die Entwicklung der amerikanischen Niagarakraftwerke.

Anläßlich ihres 50jährigen Bestandes gab die Niagara Falls Power Company ein zweibändiges Prachtwerk[1]) heraus, dem neben einigen allgemeinen Angaben eine kurze Entwicklungsgeschichte der auf amerikanischem Boden liegenden Niagarakraftwerke entnommen sei[2]).

Die einzigartigen geographischen Verhältnisse bieten dem Niagaraflusse bei einem Einzugsgebiete von 640 000 km² eine Seeretentionsfläche von 225 000 km²: Der Obere See mit 82 000 km² liegt 180·6 m über dem Meere, Huron- und Michigansee mit 60 000 und 57 000 km² liegen 174·3 m über dem Meere, der Eriesee mit 25 600 km² liegt in 171·6 m Seehöhe, der Ontariosee mit 19 500 km² schließlich in 73 m Seehöhe. Zwischen Oberem und Huronsee befindet sich das Kraftwerk Sault St. Marie mit verfügbaren 60 000 PS auf amerikanischer, 25 000 PS auf kanadischer Seite, zwischen Erie- und Ontariosee sind die Niagarakraftwerke mit ausgebauten 405 000 PS auf amerikanischer, 675 000 PS auf kanadischer Seite, im Sankt Lorenzstrome unterhalb des Ontariosees sind auf amerikanischer Seite 87 000 PS, auf kanadischer Seite 218 000 PS verfügbar, die jedoch bei vollem Ausbau auf rund 4 Mill. PS geschätzt werden[3]). Das Gefälle zwischen Erie- und Ontariosee beträgt nach Vorstehendem 97·8 m. Dasselbe ist jedoch nicht an den Niagarafällen vorhanden: Es entfällt vielmehr auf den oberen Niagarafluß ein Ringgefälle von 3·3 m, auf die Stromschnellen unmittelbar vor den Fällen 15·3 m, auf die eigentlichen Fälle 49·2 m, auf den Kessel unterhalb der Fälle 1·5 m, auf die anschließenden Stromschnellen 28·2 m und auf den unteren Niagarafluß 0·3 m.

Der erste Bericht über die Niagarafälle von Samuel de Champlain reicht in das Jahr 1604 zurück, 1683 wurde erstmals in den Kartenwerken von Henepin der Name Niagara verwendet. Unter den Pionieren der Kraftgewinnung am Niagara ist vor allem der Franzose Chabert Joucaire zu erwähnen, welcher 1757 die erste Kraft aus den Stromschnellen oberhalb des Falles mit Hilfe eines hölzernen Wasserrades bei etwa 1·8 m Gefälle gewann. Um 1800 wurde durch die Familie Porter die Kraftgewinnung durch Errichtung von Schleifereien, Sägen, Mühlen usw. bedeutend erweitert. Auch diese Kraft wurde ausschließlich aus den erwähnten Stromschnellen bezogen. Die ersten Schätzungen der Wasserkraft der Fälle selbst stammen aus dem Jahre 1841, wo Zachariah Allen und E. R. Blackwell nach der Eytelweinschen Formel die sekundliche Wassermenge mit 10 000 m³, die Fallhöhe mit 48 m bestimmten, und daraus unter Berücksichtigung entsprechender Verluste eine Kraft von 4 533 334 PS berechneten. Diese bestrickende Zahl lockte viel Ansiedler zu den Fällen, doch mußten dieselben vorerst alle eine Enttäuschung erleben, denn nicht die eigentlichen Fälle, sondern immer nur die Stromschnellen vor denselben wurden damals ausgenützt, einesteils, weil das zu jener Zeit nur bekannte Wasserrad dem großen Gefälle nicht gewachsen war, anderenteils, weil diese Stromschnellen in viel günstigerem, weniger eingeschnittenem Gelände gelegen sind. Die Industrialisierung der Niagarafälle trat 1847 durch Errichtung des Hydraulic Canals im Sinne des sogenannten Woodhull-Projektes in eine neue Epoche ein. Dieser Kanal diente in erster Linie für Schiffahrtszwecke; um die Fälle für die Schiffahrt zu überbrücken, wurden 1789, 1823 und 1858 umfangreiche Kanalprojekte ausgearbeitet, doch wurde durch diesen Kanal auch die Errichtung von Wasserkraftwerken ermöglicht, welche allerdings vorerst nur Teilgefälle ausgenützt haben. 1853 machte Charles H. Bigelow auf die Turbinen aufmerksam, die hohes Gefälle zu verarbeiten in der Lage sind, und unter diesem Ansporn wurde 1856 die Niagara Falls Water Power Co., die sogenannte Day-Company, gegründet. Man kam aber nur langsam vorwärts, 1875 baute Jakob F. Schöllkopf eine durch Turbinen betriebene Mühle, die aber nur 7·5 m Gefälle ausnützte. Erst 1882 wurden durch die Hydraulic Canal Co., deren erster Präsident J. F. Schöllkopf war, zwei Mühlen mit 100 und 900 PS, drei Papierfabriken mit 300, 1000 und 250 PS, ein Edelmetallwerk mit 150 PS und ein Wasserpumpwerk mit 25 PS in Betrieb genommen, insgesamt also 2725 PS.

In den Jahren 1895/96 wurde unter Schöllkopfs Leitung von der Gesellschaft, die inzwischen den Namen Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Company annahm, das ganze Gefälle von 63 m durch 4 Turbinen von je 6850 PS ausgenützt, welche von James J. Leffel, Springfield, Ohio, gebaut wurden. Sehr bald wurden diese Anlagen auf 15 Turbinen mit einer Gesamtleistung von 34 000 PS vergrößert. Um die Bauart der zugehörigen

[1]) Niagara Power, History of the Niagara Falls Power Company, von Edward Dean Adams in zwei Bänden (Band I Geschichte und Krafterzeugung, Band II Konstruktion und Betrieb) mit 455 und 504 Seiten 28 × 21 cm, New-York 1927, im Selbstverlage der Gesellschaft.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 177.

[3]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 182; 1922, S. 574.

Digitized by Google

Generatoren zu kennzeichnen, sei erwähnt, daß die Pittsburgh Reduction Company, die heutige Aluminium Company of America, die Kraft von 6 Stück 560 kW-, 8 Stück 750 kW- und 4 Stück 1000 kW-Maschinen, insgesamt also die Kraft von 18 Westinghouse 300 V-Gleichstromgeneratoren mit zusammen 13 300 kW oder 18 000 PS bezog.

Nebenher wurde 1886 die Niagara River Hydraulic Tunnel Power and Sever Company gegründet, welche die Wasserkraft der Fälle mit Hilfe eines unterirdischen Abwassertunnels ausnützt, der durch vertikale Fallrohre gespeist wird, an deren unterem Ende die Turbinen angebracht sind, die durch entsprechend lange Wellen die Kraft nach oben abgeben. Der Tunnel wurde 1890 begonnen, 1892 fertiggestellt. Im Jänner 1894 waren die Rohrschächte fertig, im Oktober desselben Jahres wurde das Wasser eingelassen und 1895 begann die Stromabgabe. Bei Vergebung der Turbinenlieferung wurde hier erstmals auch der Europäische Turbinenbau zur Offertstellung eingeladen. Von den 17 Projekten aus Amerika, Deutschland, England, Frankreich, Ungarn und der Schweiz errang die Firma Escher Wyss und Co., Zürich, die damals bereits auf eine Lieferung von 2000 Turbinen mit insgesamt 120 000 PS zurückblicken konnte, den Vorrang. Nach ihren Plänen wurden insbesondere 11 Stück 5500 PS-Turbinen gebaut. Der Tunnel, der vorerst mit 5·75 km Länge gedacht war, wurde schließlich nur mit 2 km Länge ausgeführt. Die 12 ursprünglich vorgesehenen Wassereinläufe wurden später auf einen einzigen reduziert. Anstatt 238 Maschinensätzen von je 500 PS wurden schließlich nur 12 Einheiten von je 5500 PS, insgesamt also 115 500 PS aufgestellt. Beim Bau des Tunnels wurden 2500 Personen beschäftigt, die Erdbewegung umfaßte 600 000 t; 16 Mill. Ziegel, 5700 km Rundholz und 55 000 Fässer Portlandzement wurden für den Bau aufgewendet, Zahlen, die für die damaligen Verhältnisse ungeheuer waren. 1889 wurde der Name der Firma in Niagara Falls Power Company umgeändert. Als solche trat sie mit der Cataract Construction Company, die aus den früher erwähnten Gesellschaften hervorging, in Interessengemeinschaft, und 1918 wurde sie mit ihr zur Niagara Falls Power Company (1918) vereinigt.

Dieser Gesellschaft stehen heute die Edward Dean Adams-Stationen 1 und 2 mit unterirdischen Wasserablauf und die Schöllkopfwerke zur Verfügung, nämlich das Kraftwerk 3A mit offenem Zulaufkanal und die Kraftwerke 3B und 3C mit Zulauf durch Düker, der 33 m unter dem Hyraulic Canal, 13·5 m über dem Ablauftunnel der Werke 1 und 2 verlegt ist, und in einem offenen Wasserschloß endigt[4]). Die Kraftwerke 1 und 2, sie wurden kürzlich modernisiert[5]), ergeben zusammen, wie erwähnt, 115 500 PS, die Kraftwerke 3A und 3B haben zusammen eine Installation von 245 900 PS, das Kraftwerk 3C enthält seit 1923 drei je 70 000 PS Turbinen[6]), insgesamt also 210 000 PS mit einem Turbinenwirkungsgrade von 93·8 vH, einem Gesamtwirkungsgrade von 92 vH. Die elektrische Installation der Gesellschaft beträgt heute 725 000 kW, von denen 545 000 kW auf Wasserkraft-, 180 000 kW auf Dampfkraftwerke entfallen. Die Jahreserzeugung der Wasserkraftwerke beträgt heute 3161 Mill. kWh, das sind 50 vH über der Erzeugung von 1918. Diese Energiemenge würde 35 Mill. t Kohle entsprechen. Das Hochspannungsnetz der Gesellschaft umfaßt heute 1050 km mit Stahlmasten, 1360 km mit Holzmasten. 1510 km sind für eine Spannung von 110 kV, 320 km für eine Spannung von 60 kV, der Rest für kleinere Spannungen gebaut. Rund 45 Städte und Ortschaften, 480 km von Ost nach West, 160 km von Nord nach Süd sind an die Werke angeschlossen.

Abb. 1. Die Niagarafälle vom Flugzeug aus gesehen.

Abb. 1, welche dem eingangs erwähnten Werke entnommen wurde, gibt einen allgemeinen Überblick über die Niagarafälle; man sieht links den amerikanischen, rechts den Hufeisenfall, beide getrennt durch die Insel Goat Island. Die erwähnten Kraftwerke der Niagara Falls Power Company liegen auf amerikanischem Boden, demnach rechtsufrig, und zwar sind 1 die Schöllkopfwerke 3A bis 3C, während 2 den Auslaßtunnel der Edward Dean Adams-Stationen andeutet. Linksufrig, also auf kanadischem Boden, sind, ebenfalls dem Flußlauf entgegen, folgende Kanadische Werke[7]) gelegen: Unterhalb des Hufeisenfalles die 203 000 PS Ontario Power Plant[8]), deren 3 Einlauftunnels oberhalb der Stromschnellen abzweigen. Knapp vor den Hufeisenfällen die 121 000 PS Canadian Niagara Station mit kurzem Auslauftunnel, und vor dieser die 157 000 PS Toronto Power Station, deren Auslauftunnel unter dem Absturz des Hufeisen-

[4]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 216.
[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 21, S. 475.
[6]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 643.
[7]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 182.
[8]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 133.

Digitized by Google

falles endigt. Im Hintergrunde ist linksufrig abzweigend der Oberkanal des Queenstownwerkes[9]) mit 502 000 PS sichtbar.

Schon frühzeitig wurde das Zurückweichen der Fälle, das durch die unterwühlende Wirkung der herabstürzenden Wassermassen auf das Gestein hervorgerufen wird, beobachtet. Die Länge der Abfallkante des Hufeisenfalles betrug im Jahre 1764 nur 540 m, sie vergrößerte sich 1842 auf 609 m, 1875 auf 705 m, 1890 auf 825 m, 1905 auf 855 m und 1915 auf 906 m. Die Abfallkante des Hufeisenfalles weicht daher jährlich im Stromstrich um 1·2 bis 1·5 m zurück, während an den Ufern das Zurückweichen bedeutend langsamer vor sich geht. Der amerikanische Fall zeigt im Gegensatz hiezu seit 1827 keine wesentliche Veränderung. Nimmt man das Zurückweichen der Abfallkante mit 1·5 m jährlich auch für die Zukunft an, so genügen die heutigen Einläufe der Niagara Falls Power Company, sie liegen heute 1800 m oberhalb des Hufeisenfalls, für einen Zeitraum von 1200 Jahren.

1869 wurde erstmals von der Gefahr, die den Fällen durch die Industrialisierung drohte, gesprochen. 1879 nahm die Schaffung eines bezüglichen Naturschutzgesetzes greifbare Formen an, und 1881 bis 1889 folgten dem ersten Gesetze entsprechende Ergänzungen. Diese Gesetze waren notwendig, da die Fälle einen ständig wachsenden Reisestrom auf sich lenkten. 1923/24 wurden sie von rund 2·5 Mill. Personen besucht[10]). Die wasserrechtlichen Fragen wurden daher in zahlreichen Gesetzen geregelt, so insbesondere vom 27. März 1906, wonach es gestattet wurde, auf amerikanischer Seite 770 m³/s dem Flusse zu entnehmen. Heute steht man auf dem Standpunkte, daß den Fällen ohne weiteres das halbe Wasser zur Energieerzeugung entnommen werden kann, und daß mit dem Rest durch künstliche Nachhilfe das gleiche Naturschauspiel erhalten werden kann. Viel zu dieser Erkenntnis hat das Niagaramodell von John Lyell Harpener beigetragen. Rechnet man mit einer mittleren Wasserführung des Flusses von 5400 m³/s, nimmt man den Wasserverbrauch im New Welland-Schiffahrtskanal mit 54 m³/s, im Barge-Schiffahrtskanal mit 33 m³/s, im Chicago-Drainage-Kanal mit 216 m³/s an, berücksichtigt man, daß für Kraftzwecke derzeit 1500 m³/s verwendet werden, daß der Minimalabfluß zur Erhaltung des Naturschauspiels 135 m³/s betragen muß, so verbleibt noch immer ein Rest von rund 3450 m³/s, der weitere 2·5 Mill. PS liefern würde.

Dies nur ein kleiner Abriß aus dem ganz hervorragenden Werke, in welchem bis ins Detail gehend die Arbeiten der Niagara Commission, die Entwicklung der Wasserrechte des Niagara, das wirtschaftliche Aufblühen der einzelnen Firmen in ebenso fesselnder Weise beschrieben werden, wie die Einzelheiten der Konstruktion, wie z. B. die Anfressungserscheinungen der ersten Fourneyronturbinenräder nach 15jährigem Betriebe, oder das Problem der Eisabfuhr, das mit zunehmender Kraftentnahme, also mit zunehmendem Wasserzuge, immer schwieriger wird. Die Entwicklung, welche die Erzeugung und Übertragung der elektrischen Energie, aber auch die elektrometallurgische Industrie in den Niagarawerken durchmachte, läßt das Buch geradezu auch als eine Entwicklungsgeschichte der Westinghouse Electric and Manufacturing Company und der General Electric Company erscheinen. Dr. Baudisch.

[9]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 482.

[10]) Vgl. E. u. M. 1928, Die Lichttechnik, Heft 1, S. 10.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Verbesserung des Parallellaufes von Maschinen, die durch Gasmaschinen oder Dieselmotoren angetrieben werden. F. Punga schlägt vor, daß zur Erreichung eines günstigen Parallellaufes die Viertakt-Gasmaschine oder der Dieselmotor zunächst ein Schwungrad antreiben soll, welches seinerseits unter Zwischenschaltung einer flexiblen Kupplung den Drehstrom-Generator antreibt. Das analoge mechanische Übertragungsbild dieser Anordnung (Abb. 1) besteht aus zwei Massen m_1 und m_2, die untereinander durch die Feder c_1 verbunden sind und auf den festen Körper K einerseits durch eine Feder c_2 zwischen m_2 und K, andererseits durch die Reibung der Masse m_2 auf der Unterlage einwirken, während an m_1 eine Kraft P angreift, die aus einer konstanten und einer überlagerten periodischen Kraft zusammengesetzt ist. Verwandelt man dieses mechanische Schema in sein elektrisches Analogon (Abb. 2), indem man die Massen m durch Selbstinduktionen L, die spezifische Rückführkraft der Federn c durch Kapazitäten C und die spezifische Reibung D durch den ohmschen Widerstand R ersetzt, so errechnet sich das Verhältnis der von m_2 auf K durch Feder und Reibung übertragenen Kraft zu der ursprünglichen Kraft, welches Verhältnis als Übertragungsfaktor g bezeichnet wird, zu:

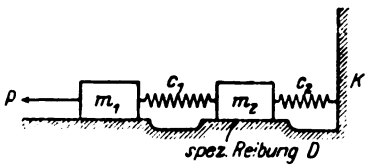


Abb. 1.

$$g = \frac{R - \frac{j}{\omega C_2}}{Z_0 \cdot (1 + j \cdot \omega C_1 \cdot Z_2)},$$

wobei die Bedeutung von

$$Z_0 = j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1 + \frac{1}{Z_2}}$$

und

$$Z_2 = R + j\left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)$$

aus Abb. 2 zu ersehen ist und ω die in P, bzw. im Tangentialdruckdiagramm enthaltene Frequenz bedeutet. In dieser Anordnung ergeben sich zwei kritische Drehzahlen bzw. Drehfrequenzen. In einem besonders untersuchten Spezialfall von 94-tourigen, von Viertakt-Gasmaschinen angetriebenen Generatoren mit 6000 kVA, einem Läufer-$GD^2 = 5$ Mill. kgm² und einer kritischen Drehzahl von 63 U/min sind bei Vernachlässigung der Dämpfung die beiden kritischen Drehfrequenzen 2·81 und 17·4. Bei Berücksichtigung der Dämpfung (R) ergab sich schließlich in Abhängigkeit von ω eine spitze Resonanzkurve für g, in der die 1. kritische Drehfrequenz geblieben, die 2. hingegen verschwunden ist. Hieraus folgt, daß einerseits C_1 so groß gewählt werden muß, daß

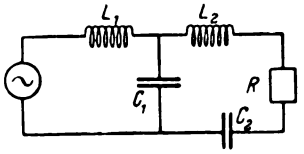


Abb. 2.

die 1. kritische Drehzahl bedeutend niedriger ist als die Harmonische niedrigster Ordnung des Tangentialdruckdiagrammes und anderseits durch eine kräftige Dämpfung das Auftreten der 2. kritischen Drehzahl vollständig verhindert wird.

Es wird noch der Fall untersucht, daß der Generator vom Netz abgeschaltet wird, wobei sich gegebenenfalls Gefährdungen für die elastische Kupp-

Digitized by Google

lung ergeben können. Dieser Fall läßt sich auf einen normalen Resonanzfall zurückführen. Er zeigt, daß man das Anlaufen und Abstellen besonders untersuchen muß. Aus einem zahlenmäßigen Beispiel ersieht man, daß man C_1 nicht immer so groß nehmen darf, als es aus anderen Gründen wünschenswert erscheint. Die ähnlichen Verhältnisse bei 3000 tourigen Turbogeneratoren, deren kritische Drehzahlen ebenfalls unterhalb der Betriebsdrehzahl liegen, weisen den einzuschlagenden Weg, der in vielen Fällen genügen wird: ein schnelles Durcheilen der kritischen Drehzahl. Es sind aber noch zwei andere Mittel vorhanden: die elastische Kupplung muß so gebaut werden, daß sie während des Anlaufens und Abstellens entweder als starre Kupplung oder als elastische Kupplung mit starker Dämpfung wirkt. G. O.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, Heft 4, 1928.)

Zur Beurteilung der Abweichung einer Wellenform von der Sinuswelle. G. Benischke nimmt zu den Vorschlägen der IEC und des deutschen Komitees (VDE) Stellung[1]), indem er von dem Standpunkte ausgeht, daß es in der Elektrotechnik bei der Beurteilung einer Wellenform nur auf die folgenden drei Punkte ankomme: 1. auf die Beanspruchung der Isolierstoffe durch die Spannung, und für diese ist nur der Scheitelwert der Kurve maßgebend. 2. auf die Hysteresisverluste im Eisen während einer Periode, wofür wieder nur der Scheitelwert der magnetischen Welle maßgebend ist, und 3. auf das elektrische Drehmoment und die elektrische Leistung der Maschine. Dieser letzte Punkt ist durch eine einfache Zahl überhaupt nicht zu erledigen, während für die beiden ersten Punkte der Scheitelfaktor als der richtige Ausdruck der Abweichung von der Sinuskurve anzusehen sei. Benischke rechnet nun für die von O. Hammerer[2]) in dessen Zusammenstellung der Vorschläge der einzelnen Länder behandelten Kurvenformen den Scheitelfaktor und findet, daß danach von den vier Fällen eigentlich nur ein einziger wirklich unzulässig sein solle, während doch O. Hammerer alle für unzulässig erklären muß. Der letztere Autor ergreift auch die Gelegenheit zu einer Erwiderung und zeigt an einem Beispiele, daß bei gleichem Scheitelfaktor sich durch Veränderung der Amplituden der Oberwellen jede beliebige Abweichung von der Sinuskurve erreichen läßt, also eine Charakteristik der Kurvenform keineswegs durch den Scheitelfaktor erzielt wird. Auch die Begründung mit Hinweis auf die oben genannten drei Punkte kann nicht ins Gewicht fallen, denn schließlich muß jede Anlage und Maschine mit weit mehr Sicherheit ausgeführt werden, als eine Kurvendeformation von 5 vH an Gefahr birgt. Schon die Spannungsschwankung im Betriebe erreicht höhere Beträge.

Außerdem berichtet O. Hammerer über die Verhandlungen der IEC in Bellagio bezüglich des Deformationskoeffizienten von periodischen Kurven und behandelt einen Einwand des rumänischen Komitees gegen den deutschen Vorschlag. Betrachtet man nämlich eine Kurve, in der Oberschwingungen von der Form

$$\frac{1}{2K+1}\cdot\sin\left[3\,(2K+1)\,.\,x\right]$$

vorkommen, also

$$y = 100\sin x + 5\left[\frac{1}{1}\sin 3x + \frac{1}{3}\sin 9x + \frac{1}{5}\sin 15x + \;\right],$$

so ist der Deformationskoeffizient nach dem deutschen Vorschlage kleiner als nach dem französischen. Es läßt sich zeigen, daß dies stets dann der Fall ist, wenn der Scheitelfaktor kleiner als 1 ist. Der größte Fehler kann jedoch nur 41·41 vH des französischen Deformationskoeffizienten betragen, während für einen Scheitelfaktor >1 der französische Deformationskoeffizient immer mehr hinter dem deutschen zurückbleibt und eine Grenze nicht angegeben werden kann. Man könnte sich helfen, indem man je nach der Größe des Scheitelfaktors verschiedene Grenzwerte des Deformationskoeffizienten definiert, doch ist dies ein unbefriedigender Ausweg.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 977.
[2]) ETZ, Jg. 48, H. 37, 1927.

Endlich weist O. Hammerer darauf hin, daß die Schwachstromtechnik bei der Festlegung eines Deformationskoeffizienten ganz andere Interessen verfolgt wie die Starkstromtechnik, indem jene auf die Frequenz diese aber auf die Leistungsübertragung den Hauptwert legt. Es dürfte daher vorteilhaft sein, für diese beiden Gebiete getrennte Lösungen zu geben. Dr. E. Weber.

(ETZ, Bd. 49, H. 13, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Über den Einfluß der Kurzschlußströme auf die Festigkeit hartgezogener Drähte. Von Dipl. Ing. H. Schmitt. Während der Einfluß lange andauernder (stationärer) Erwärmungen auf die Festigkeit der verschiedenen Baustoffe erforscht ist, standen bisher entsprechende Untersuchungen für kurzzeitige Erwärmungen, wie solche bei Kurzschlüssen vorkommen, noch aus, welche Lücke nun durch die Untersuchungen des Verfassers ausgefüllt wird. Es wurden durchwegs 1 mm starke Drähte aus verschiedenen Werkstoffen untersucht und mit jeweils gleichbleibenden Stromstärken von 200 A bis 20 A, entsprechend den Stromdichten von 255 bis 25·5 A/mm² während 0·08 bis 60 sek belastet. Aus der mit Spiegelablesung festgestellten Wärmedehnung wurde die Erwärmung des Drahtes ermittelt und nach dem Erkalten die Zerreißfestigkeit bestimmt. Bei der Übertragung der Meßergebnisse auf größere Querschnitte ist zu berücksichtigen, daß sich die kleineren wahrscheinlich günstiger verhalten, da hier eine, wenn auch geringere Wärmestrahlung stattfindet, wodurch die Erwärmung unter einem bestimmten Strom nicht so hoch ansteigt, wie bei einem größeren Querschnitt. Die Versuche ergaben ein ziemlich rasches Abnehmen der Festigkeit von einer bestimmten Temperatur an. Weiters ließ sich ein Einfluß der Zeitdauer, die bei verschiedenen Strömen zur Erreichung einer bestimmten Temperatur nötig war, feststellen, und zwar je kürzer die Zeiten waren, desto mehr wurde die Entfestigung verzögert. Bei Kupfer beginnt die Entfestigung bei 220° bis 240°, steigt bei 300° auf 15 vH (Mittelwert von verschieden langen Einwirkungszeiten), erreicht bei 400° etwa 40 vH und strebt bei 500° einem gleichbleibenden Wert von etwas über 40 vH zu. Der vorhin erwähnte Einfluß der Zeitdauer bis zur Erreichung einer bestimmten Temperatur zeigt sich darin, daß z. B. bei einer Temperatur von 300°, die durch einen Stromdurchgang von 0·3 sek erreicht wurde, eine Entfestigung von 15 vH eintritt, während bei derselben Temperatur, aber 10 sek Stromdurchgangsdauer eine solche von 18 vH eintritt. Bei Aluminium beginnt die Entfestigung bei 160° bis 180°, steigt bei 200° auf 10 vH, bei 300° auf 40 vH, bei 350° auf 50 vH, ohne sich wie das Kupfer einem Werte asymptotisch zu nähern. Der Einfluß der Zeitdauer ist auch hier nicht sehr beträchtlich. Größer ist derselbe schon bei den Legierungen Aludur[1]) und Aldrey[2]), die im allgemeinen eine geringere Entfestigung wie ihr Ausgangsstoff zeigen. Noch günstiger verhält sich Bronze.

Einen weiteren Einblick in das Verhalten der Stoffe gewinnt man, wenn man die Entfestigung in Abhängigkeit von der Stromstärke aufträgt. Unter Annahme einer Betriebstemperatur von 20° und unter Zugrundelegung eines für alle Drähte gleichen Widerstandes, der dem Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 mm Durchmesser entspricht, ergibt sich die nachfolgende Tafel:

Werkstoff	Einwirkungsdauer in sek	Stromstärken in A für eine Entfestigung in vH d. Anfangsfestigkeit			
		Beginn	25 vH	40 vH	50 vH
Kupfer	3	75	80	100	—
Bronze	3	95	115	120	125
Kupfer	1	140	155	175	—
Bronze	1	165	205	210	220
Kupfer	0·3	255	280	325	—
Bronze	0·3	305	320	390	405

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1071.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 603, 1071; 1928, S. 405, 616.

Digitized by Google

Die bei Kupfer fehlenden Angaben für 50 vH Entfestigung erklären sich daraus, daß die Entfestigung einem bestimmten Endwert von etwas über 40 vH zustrebt. Die Werte für Aluminium schmiegen sich ziemlich an die des Kupfers an, diejenigen für Aludur und Aldrey liegen zwischen diesen und denen von Bronze. Bronze erscheint somit für diese Verhältnisse als der günstigste Leiterbaustoff. Nimmt man, wie es bei Maschinen der Fall ist, 85° als Ausgangstemperatur an, so ergibt sich, daß die Entfestigung schon bei etwas geringeren Stromstärken auftritt. Wieder erweist sich Bronze als der günstigste Baustoff, ihm folgen die vergütbaren Aluminiumlegierungen Aludur und Aldrey und schließlich kommen Kupfer und Aluminium in ziemlich derselben Lage. V. H.

(ETZ, Bd. 49, Heft 13, 1928.)

Hohlraumbildung in Hochspannungskabeln. Die Untersuchung von Kabelfehlern und die Ergebnisse der Prüfungen an Versuchsstücken haben gezeigt, daß ein guter Teil der Durchschläge in Hochspannungskabeln auf Hohlräume zurückgeht, welche sich im Kabeldielektrikum bilden können, wenn die Kabeltemperatur Schwankungen, sei es bei der Erzeugung, sei es im Betrieb unterworfen wird. Derartige Temperaturschwankungen können z. B. bewirken, daß der Bleimantel des Kabels weniger stark zusammenschrumpft als die von ihm eingeschlossene Isolation; diese Ursache für die Bildung von Hohlräumen ist bereits öfters hervorgehoben worden.[1]) Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich jedoch mit einer anderen, bisher noch nicht eingehend in Betracht gezogenen Erscheinung. Von allen im Kabel vorhandenen Substanzen hat die Kabeltränkmasse den größten Ausdehnungskoeffizienten. Wird daher bei der Erzeugung des Kabels die Kabelseele nach vollendeter Imprägnierung abgekühlt, so muß Tränkmasse nachgezogen werden, wenn die Räume, welche die Tränkmasse bei der Tränktemperatur innegehabt hat, auch weiterhin vollkommen mit Masse gefüllt sein, also Hohlräume vermieden werden sollen. Diesem Nachsaugen steht die bekannte Tatsache entgegen, daß die Tränkmasse bei tieferen Temperaturen immer viskoser wird und schließlich nicht mehr durch die Papiere hindurch zu den sich bildenden Hohlräumen nachzudringen vermag. An Hand von Kurven über die Abhängigkeit der „Flüssigkeit" oder reziproken Viskosität einerseits und der Kontraktion andererseits, lassen sich durch Integration leicht zwei Koeffizienten betimmen, welche (bei einer bestimmten vorgegebenen Abkühlungskurve) dem nach einer bestimmten Zeit erreichten Schrumpfvolumen und der nach dieser Zeit durch die Isolation hindurchtretenden Menge von Tränkmasse proportional sind. Die Proportionalitätskonstanten lassen sich bei einem vorgegebenen Kabel bestimmter Konstruktion angenähert festlegen, indem der Gehalt eines Kabels an Hohlräumen bestimmt wird, wozu in erster Annäherung bloß die Ermittlung jener Menge Compound nötig ist, welche bei Erhöhung der Temperatur des Kabels auf zwei voneinander verschiedene Temperaturen aus dem Kabel hinausgedrückt werden kann. Sodann kann man für alle Zeitpunkte der Abkühlungskurve leicht feststellen, ob die Schrumpfung der Masse größer ist als die Menge der Tränkmasse, welche nachfließen könnte. Nur dann und nur zu jenen Zeiten, in welchen dies der Fall ist, bestehen Hohlräume. Untersuchungen an bestimmten Tränkmassen zeigen, was ja zu erwarten war, daß die Bildung der Hohlräume umso unwahrscheinlicher ist, je langsamer die Kabelseele nach der Tränkung abgekühlt wird. Bei manchen Tränkmassen wird man wieder eine vollkommene Tränkung erreichen, wenn, bei gegebenem Abkühlungsprozeß, die Seele nach der Tränkung genügend lang in der Tränkmasse liegen bleibt, so daß noch bei erreichter konstanter Temperatur Masse nachgezogen werden kann. (Dieser Fall trifft wohl für die bei uns gebräuchlichen Tränkmassen nicht zu. D. Ber.) Als ideal ist jene Tränkmasse anzusprechen, welche bei noch so schroffen Temperaturänderungen leichtflüssig genug ist, um die Hohlräume jederzeit ausfüllen zu können. Aus den bisherigen Betrachtungen läßt sich der Schluß ziehen, daß die Neigung eines Kabels zur Hohlraumbildung nicht nur durch die Beschaffenheit der Tränkmasse, sondern auch durch die Abkühlungsverhältnisse während der Tränkung mitbestimmt wird. Das Letztere bezieht sich natürlich nur auf den einmaligen Prozeß der Imprägnierung, während das Erstere für die im Betriebe auftretenden viel rascheren Temperaturschwankungen sicher noch in erhöhtem Maße gültig ist. Mit dieser Erscheinung zusammenhängend ist es vielleicht schließlich, wenn man in vielen Fällen und bei verschiedenen Tränkmassen gefunden hat, daß zwischen der sogenannten Ionisationskurve und der Zeit-Spannungskurve kein einheitlicher Zusammenhang besteht. Die von der Ionisierungskurve durch einen vorhandenen Ionisierungsknick angezeigten Hohlräume geben bei erhöhten Spannungen deshalb nicht zu Ionisierungen und vorzeitigem Durchschlag Anlaß, weil sich, wie an Hand von Beispielen gezeigt wird, das Kabel bei der erhöhten Spannung erwärmt und die ursprünglich vorhandenen Hohlräume durch die sich ausdehnende Masse wieder ausgefüllt werden. In Übereinstimmung damit wurde gefunden, daß die Dauerdurchschlagsfestigkeit eines Kabels stark (um 30 vH) sinkt, wenn dasselbe nur wenig (5—10° C) abgekühlt wird, daß hingegen die Jonisationskurve eines hohlraumhältigen Kabels besser wird, wenn dieses Kabel erwärmt wird[1]).

Dr. Konst.

(El. World, Bd. 91, Nr. 14, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Die elektrische Fernbahn Baku—Sabuntschi—Surachany wurde, als erste Fernbahn Rußlands im Juli 1926 in Betrieb genommen. Sie verbindet die Stadt Baku mit 2 Naphtagebieten — Sabuntschi und Surachany — Länge 34 km, davon 13·5 km zweigleisig, mittlere Steigerung 0·7 vT, kleinste Krümmung 240 m. Der Verkehr ist fast ausschließlich für Personen bestimmt und trägt den Charakter einer Vorstadtbahn mit höchstens 6 Wagen; der mittlere Abstand der Stationen ist 3·4 km, 17 bis 20 Minuten Intervall. Die Bahn kann bei max 65 km/Std. 22 000 Personen täglich befördern. Strom wird von den Drehstrom-Überlandzentralen der Naphtawerke[2]) durch eine Ringleitung von 20 000 V geliefert und in 2 Unterwerken in 1350 V Gleichstrom umformt. Das eine Unterwerk enthält 3 Motor-Generatoren zu je 600 kW, das andere 2 Motor-Generatoren gleicher Größe; es sind dies Synchron-Motoren für 370 V mit Gleichstrom-Generatoren, 1350 V, und Erreger 10 kW, 125 V gekuppelt. Jedem Aggregat ist ein eigener Transformator von 700 kVA, 20 000/870 V, 50 Per/s, mit Ölkühlung zugeordnet. Jeder Transformator besitzt noch hochvoltseitig Anzapfungen von 18 000 und 19 000 V zur Spannungsregulierung. Außerdem ist in jedem Unterwerk, für eigenen Bedarf je ein Transformator von 20 kW und eine Akkumulatorenbatterie von 120 V, 100 Ah vorhanden. Die Fahrleitung mißt 105 mm² im Querschnitt. Im ganzen sind 13 Motor- und ebensoviel Anhängewagen für je 82 Sitzplätze vorhanden. Der Wagenoberbau ist 18 × 3·1 m, Gewicht eines Motorwagens 38·5 t, eines Anhängewagens 28·3 t, Durchmesser der Räder 1050 mm, der Wagenachsen 165 mm.

Jeder Motorwagen ist mit 4 Triebmotoren je 75 kW Stundenleitung, dauernd 45 kW, zu 2 hintereinander geschaltet, ausgerüstet, die bei 600 V eine Stunde 135 A, dauernd 92 A aufnehmen. Gewicht eines kompletten Triebmotors 1700 kg, Anker in Rollenlagern, Selbstlüftung durch parallele Ventilation mittels eines auf der Ankerwelle kollektorseitig angebrachten Ventilators. Als Stromabnehmer dienen je 2 Pantographe von 200 kg Gewicht, die auf den Fahrdraht einen Druck von 0 bis 8·5 kg ausüben; im Betriebe hat sich durchschnittlich der Druck von 5 bis 6 kg bewährt. Die Reibungsfläche

[1]) Van Staveren, Proos, Smith, Kleine, Conférence Intern. Grands Réseaux 1923, S. 539; vgl. E. u. M. 1924, S. 397. — Konstantinowsky, E. u. M. 1926, Heft 48, S. 874. — Delmar, A. I. E. E. Bd. 45, Juli 1926, S. 627.

[1]) Vgl. hiezu van Staveren, Proos, Smith-Kleine l. c.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 59.

Digitized by Google

des Stromabnehmers ist 900 mm lang, aus Aluminium hergestellt. Für die Wagenbeleuchtung und den Motor-Kompressor ist ein kleiner Generator vorgesehen, der vom Fahrdraht gespeist, eine Spannung von 110 V ergibt, mit 2 Ankern und 3 Kollektoren ausgerüstet, 8 kW leistet und bei Vollbelastung 2420, im Leerlaufe 3700 U/min entwickelt. Zum Bremsen des Zuges sind Hand- und phneumatische Bremsen vorhanden, von der elektrischen Bremsung wurde in diesem Falle wegen Kompliziertheit ganz abgesehen. Der Motor-Kompressor für die Knorrbremse verbraucht 5·5 kW, bei 110 V Gleichstrom und 1450 U/min; Gewicht 355 kg. Zum Signalisieren sind auf allen Dächern der Motorwagen elektrische Sirenen angebracht, da das pneumatische Läutewerk bei solchen Zuggeschwindigkeiten nicht laut genug ist. Ing. Ad. Brauner.

(Elektritschestwo, Nr. 1 u. 2, 1928.)

Der Entwurf der Schaltwalzen läßt sich, wie Prof. Ing. R. Edler an einem Beispiele (Kran-Hubwalze, mit Sicherheits-Senkbremsschaltung) zeigt, in folgerichtiger Weise aus den Schaltbedingungen entwickeln. Als Ausgangspunkt dienen die schematischen Schaltbilder für die einzelnen Hub- und Senkstellungen, aus denen sich zuerst jene Verbindungen ergeben, die in allen Stellungen ungeändert bleiben; sie können als feste Verbindungen ausgeführt werden und haben auf die Ausbildung der Schaltwalze gar keinen Einfluß, da ja die Schaltwalze nur die wechselnden Verbindungen herzustellen hat. Letztere werden zunächst in einer 1. Tabelle übersichtlich zusammengestellt; für jede Walzenstellung wird eine Zeile vorgesehen, während jedem Anschlußpunkte, der in den wechselnden Verbindungen vorkommt, eine Vertikalreihe der Tabelle entspricht. In die so entstehenden Felder der 1. Tabelle werden Verbindungszeichen (z. B. Ziffern 1, 2, 3 . . .) eingetragen, und zwar so, daß die mit einander verbundenen Punkte in den einzelnen Zeilen dasselbe Verbindungszeichen tragen. Ordnet man nun die Tabelle so, daß sie mehrere Gruppen von Vertikalreihen bekommt, so ergibt sich eine 2. Übersicht der wechselnden Verbindungen derart, daß in jeder Gruppe nur dieselben Zeichen stehen, zum Beispiel 1, 2, 3. In dieser 2. Übersicht kommen im Kopf der Tabelle einzelne Anschlußpunkte mehrfach vor, wenn die betreffende Vertikalreihe der 1. Tabelle mehrere verschiedene Verbindungszeichen enthalten hatte. Die 2. Tabelle führt nun, ergänzt durch die zuerst ausgeschiedenen festen Verbindungen, unmittelbar zu der Abwicklung der Schaltwalze und zu dem zugehörigen Schaltplan. Die so entstehende Schaltwalze enthält so viele Gruppen von Kontaktringen, als verschiedene Zeichen vorkommen. Die Ringe in jeder Gruppe, die auf einer Gußeisennabe aufgeschraubt werden, können in beliebiger Reihenfolge angeordnet werden; die einzelnen Gruppen dagegen sind gegeneinander isoliert, können aber, wenn sie nicht zerrissen werden, in beliebiger Folge auf die Welle, gegen letztere isoliert, aufgereiht werden. Die so entstehende Schaltwalze wird zumeist recht lang; sie kann durch Einbau von Isolierringen, die an der Mantelfläche Kontaktring-Segmente aus verschiedenen Gruppen tragen, wesentlich kürzer gemacht werden. Die kürzeste Schaltwalze, die sich bauen läßt, enthält so viele Ringe, als Anschlußpunkte in der 1. Tabelle vorkommen, jedoch in einer günstigeren Reihenfolge, deren Bestimmung abgeleitet wird. Es kommt nun vor, daß beim Übergang zur Ausschaltstellung die Zahl der Unterbrechungsstellen zu klein ist, um eine sichere Lichtbogenlöschung zu erreichen. Ein Hinweis auf eine Arbeit von Dr. Ing. E. Philippi[1]) führt nun dazu, die Zahl jener Ergänzungsringe der Walze zu bestimmen, die eine Erhöhung der Zahl der Unterbrechungsstellen ermöglicht, so daß die einwandfreie Löschung des Schaltfeuers erreicht werden kann. Man gelangt dadurch zu einer Bauweise der Schaltwalze, welche allen Anforderungen entspricht.

Die planmäßige Entwicklung der Schaltwalze führt folgerichtig zu einer zweckmäßigen Reihenfolge der Kontaktringe ohne Überkreuzungen oder doch nur mit einer möglichst geringen Zahl derselben, so daß sich eine günstige Bauform ergibt, die allen Bedingungen entspricht. Das Verfahren ermöglicht schließlich eine Prüfung der Richtigkeit der entwickelten Lösung[1]).

(Elektr. Bahnen. 3. Jg., H. 11. 1927.)

Fernmeldewesen.

Messungen am Azorenkabel. H. Salinger berichtet über die am fertig verlegten Kabel[2]) vorgenommenen Messungen. Die Dämpfung wurde bei den Frequenzen von 30 bis 80 Hertz und für verschiedene Anfangsspannungen gemessen. Die Messungen wurden einmal mit sinusförmiger und einmal mit rechteckiger Spannungskurve, wie sie dem wirklichen Betriebe entspricht, durchgeführt. Dabei wurde beobachtet, daß die Dämpfung, welche mit steigender Frequenz sehr stark, fast linear ansteigt, bei sinusförmiger Anfangsspannung größer war als bei rechteckiger Kurvenform. Infolge der großen Dämpfung des Kabels (bei 80 Hertz etwa $b = 9{\cdot}6$) konnte die Messung nicht nach der Kurzschluß- und Leerlaufmethode ausgeführt werden, sondern mußte durch den Vergleich der Spannungen am Anfang und Ende der Leitung nach Betrag und Phase bestimmt werden. Am Empfangsende war das Kabel mit einem Widerstande von 100 000 Ohm abgeschlossen. An der Stoßstelle zwischen einadrigem und zweiadrigem Kabel ist der eine Leiter des zweiadrigen Teiles über einen Widerstand von 500 Ohm mit den Bewehrungsdrähten verbunden. Dadurch wird erreicht, daß diese Stoßstelle reflexionsfrei ist. Die eigentliche Messung wurde derart ausgeführt, daß bei Messungen mit sinusförmigem Strom an den Anfang des Kabels ein Röhrensender mit Siebkette gelegt wurde. Bei Messungen mit Rechteckstrom wurde von diesem Röhrensender ein Relais betätigt, das abwechselnd den positiven oder negativen Pol einer in der Mitte geerdeten Batterie an das Kabel legte. Bei der Empfangsmessung war die Anordnung so getroffen, daß einmal an das Ende des Kabels ein Verstärker mit Galvanometer gelegt wurde und der Ausschlag des Galvanometers abgelesen wurde. Dann wurde der gleiche Verstärker über ein geeichtes Potentiometer an den örtlichen Wechselstromerzeuger gelegt, welcher die gleiche Frequenz und Kurvenform geben muß wie der aus dem Kabel ankommende Strom und mittels des Potentiometers die Spannung so einreguliert, bis das Galvanometer wieder den früher abgelesenen Wert anzeigt. Dadurch ist die Spannung am Ende bekannt. Um zu verhindern, daß bei diesen Messungen eventuell im Kabel vorhandene statische Ladungen störend wirken, ist der Eingang des Verstärkers durch einen 0·2 μF-Kondensator gegen Gleichströme blockiert.

Außer diesen Dämpfungsmessungen wurden noch Laufzeitmessungen angestellt. Die Laufzeit der Zeichen auf dem Kabel wurde nach der Methode der Western Electric Comp. bestimmt. An einem Ende des Kabels wird ein Zeichen abgeschickt, am anderen wird es reflektiert und die Ankunft am erstgenannten Ende aufgezeichnet. Die an diesem Ende gemessene Zeitdifferenz ist dann gleich der doppelten Laufzeit. Am reflektierenden Ende wird praktisch so verfahren, daß das ankommende Signal aufgezeichnet und erst nach einer Pause, die gemessen wird, ein neues Signal abgesandt wird. Die Aufzeichnung der Signale an der Sende- wie an der Empfangsstelle erfolgte oszillographisch. Die Sendezeichen hatten Rechteckform. Die nach dieser Methode gemessene Laufzeit ergab sich zu $\tau = 0{\cdot}357$ sec. Aus diesem Werte und der Kabellänge $l = 1884$ sm sowie

[1]) Dr. Ing. E. Philippi: „Über Ausschaltvorgänge und magnetische Funkenlöschung. Berlin, 1909. Druck v. L. Simion Nachf.; vgl. E. u. M., 1910, S. 970. Preis M. 11·50.

[1]) Der Verfasser hat das hier angedeutete Verfahren in seinem Buche „Schaltlehre" (Schalterbau, Bd. 2. 1927, Verlag Jänecke, Leipzig, Besprechung in E. u. M. 1927, S. 751) eingehend erläutert und auch auf anderen Gebieten der Schaltungen angewendet.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23. — M. Meyer, ENT. Bd. 4, H. 9. — A. Kunert, ETZ, Bd. 48, H. 42, 43.

Digitized by Google

der in der Fabrik gemessenen Kapazität $C = 0{\cdot}372\,\mu$ F/sm ergibt sich aus der Gleichung für die Laufzeit $\tau = l\sqrt{LC}$ die Selbstinduktion des Kabels zu $l = 96{,}5$ m H/sm.

Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Band 5, Heft 3, 1928.)

Energiewirtschaft.

Bemerkungen zur Frage der Spitzendeckung bei Großkraftwerken. Von M. Gercke. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen primären oder selbständigen (aktiven), und sekundären, unselbständigen (passiven) Spitzendeckungswerken. Erstere können im Bedarfsfalle auch als Laufwerke arbeiten, zu ihnen zählen Spitzendampfkraftwerke, Spitzendieselwerke und Spitzengasmaschinenanlagen, angeschlossen an die Ferngasversorgung oder an die Schwelanlagen des Braunkohlengebietes. Zu den letzteren gehören die Ruthsspeicher, die Pumpenspeicher und die Akkumulatoren. Sie sind untrennbar mit dem Stammwerk verbunden und kommen bei Störungen desselben auch außer Betrieb[1]). (Diese Gefahr läßt sich aber bei weitgehender Verbundwirtschaft, bzw. bei mehreren, in ihrer Größe aufeinander abgestimmten Einheiten in den Großkraftwerken auf ein Mindestmaß beschränken. Der Ber.)

Was die primären Spitzenkraftwerke anbelangt, so kann festgestellt werden, daß die Spitzendampfkraftwerke in ihrer gegenwärtigen Durchbildung noch keine befriedigende Wirtschaftlichkeit aufweisen. Das Hochheizen mit Staubkohlenfeuerung ist noch nicht allen Anforderungen entsprechend: es müßten billige Kessel, möglichst ohne Mauerung, mit kleinen Eisen- und Wassermassen und dazu einfache und billige Turbinen bei genügender Betriebssicherheit geschaffen werden. Außerdem wird die Entwicklung in der Wirklichkeit immer die sein, daß das rasche Fortschreiten im Dampfmaschinenbau die älteren Maschinen zur Betriebsreserve und Spitzendeckung verweist, während die neuen die Grundlast übernehmen. Hingegen sind die technischen und wirtschaftlichen Betriebsvorteile der Großdieselmaschinen für die Spitzendeckung und Augenblicksreserve so groß, daß sie immer weitere Anwendungsgebiete erobern. Nur die Großgasmaschinen lassen sich in Bezug auf Wirtschaftlichkei mit ihnen vergleichen.[2])

Der Verfasser untersucht nun als ersten Sonderfall die Kupplung von elektrischer und Gaswirtschaft, der bei der Entwicklung der Ferngasversorgung und der Kohlenschwelung an Bedeutung gewinnt. In Betracht kommen die liegende, doppelt wirkende Viertaktmaschine in Tandem- oder Zwillingstandembauart, erstere bis 3500 kW, letztere bis 7000 kW Leistung, mit einem Verbrauch von 4000 Kal für die kWh, eingerechnet den Eigenbedarf, entsprechend einem gesamten wirtschaftlichen Wirkungsgrad von 21·5 vH. Bei einem Anschaffungspreis von 250 RM/kW bei der Gasmaschine, gegen 200 RM/kW bei dem Großdieselmotor ergibt sich eine Überlegenheit des letzteren, und zwar stellen sich bei einem Gaspreis von 4 pf/m³ mit 4000 Kal/m³ und einem Treibölpreis von 13 pf/kg, sowie einer Ausbaugröße der Spitzendeckungsanlage von 13 400 kW (Gasmaschine), bzw. 15 000 kW (Dieselmotor)[3]), die Gesamtbetriebskosten bei einer jährlichen Benutzungsdauer von 500 Stunden auf 9·5 und 7·5 pf/kWh, bei 1000 Stunden auf 7 und 5·5 pf/kWh. Noch mehr überlegen wird der Dieselmotor unter Berücksichtigung der Speicherungsanlagen des Betriebsstoffes. Mit einem Treiböltank von 600 m³ lassen sich zwei Millionen kWh speichern, für die gleiche Leistung wäre ein Gasbehälter von zwei Millionen m³ notwendig. Andererseits ist zu bedenken, daß die Gasspeicherung einem heimischen Brennstoff den Absatz sichert, was die Wirtschaftlichkeit der Gaswerke und auch der Gasfernversorgung hebt und bei Berücksichtigung dieser allgemein wirtschaftlichen Überlegungen so zugunsten der Gasmaschine ausschlaggebend sein kann. (Die Dampfkraftwerke kommen bei diesen Überlegungen, zumindest was die Großkraftwerke betrifft, etwas schlecht weg. Denn die zu deckenden Spitzen sind im Allgemeinen von einer anderen Größenordnung als jene, für die der Vergleich angeführt wird. Die Dieselmotoren kommen in diesen Größenverhältnissen nur für die äußersten Spitzen und als Augenblicksreserven in Betracht. Der Ber.)

Als zweiter Sonderfall wird der Betrieb eines Bahnkraftwerkes untersucht, dessen Spitzen in der kennzeichnenden, kammartigen Gestalt verlaufen. Es wird einerseits angenommen, daß die Versorgung durch ein reines Dampfkraftwerk für die Grund- und Spitzenlast ohne Speicherung, mit Gleichrichtern entlang der Strecke, andererseits durch ein Dampfkraftwerk mit Gleichrichtern an der Strecke und mit Dieselmotoren, mit Gleichstromgeneratoren gekuppelt an den Verbrauchspunkten für die Spitzendeckung erfolgt. Es ergeben sich auch hier Ersparnisse gegenüber dem reinen Dampfbetrieb.[4]) (Die Beweisführung erscheint aber für die Anwendung des Dieselmotors nicht ganz schlüssig, da die vom Verfasser erwähnten Ruthsspeicher und Gleichdruckspeicheranlagen, wie sie bereits mehrfach unter solchen Verhältnissen ausgeführt sind, nicht in den Vergleich einbezogen werden und ihr bedeutender Vorteil, der sich an die Belastungskurve ungemein leicht anschmiegende Betrieb, nicht berücksichtigt wird. Der Ber.)

V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Nr. 456, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 846; 1927, S. 871.
[2]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 35, S. 882.
[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567; 1927, S. 389.
[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 871.

Patentbericht.

Röntgentechnik.

(Fortsetzung aus Heft 40, Seite 965.)

Eine Erfindung der Reiniger, Gebbert und Schall A. G. betrifft ebenfalls eine Einrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlen mittels hochfrequenter Ströme und verwendet Hochfrequenztransformatoren mit ferromagnetischem Kern. (Ö. P. Nr. 106941.)

Ein Dickenmeßzirkel zur Angabe der Belichtungszeiten ist nach einer Erfindung von Otto Sommer in Wien, derart ausgebildet, daß er nicht nur die gemessenen Körperdicken, sondern auch die Belichtungswerte angibt, so daß die Belichtungszeit nach den Ablesungen der auf dem Zirkel vorgesehenen Teilungen leicht und rasch bestimmt werden kann. Der Zirkel hat nämlich außer der Teilung zur Bestimung der gemessenen Körperdicke, Teilungen zur Ablesung der erforderlichen Spannung (kV) und des Stromwertes (mA), auf denen ein gemeinsamer Schieber oder dergleichen die Werte angibt. (Ö. P. Nr. 106409.)

Von Ing. S. Strauss und Ing. W. Brandt in Wien wurde seinerzeit eine Einrichtung zur Messung der Intensität von Röntgenstrahlen aus der Stärke des Ionisierungsstromes angegeben, welche eine Elektronenröhre in Generatorschaltung enthält, in deren Gitterkreis ein von dem zu messenden Ionisierungswiderstand überbrückter Kondensator geschaltet ist. Die einzelnen Größen der Schwingungsanordnung sind derart bemessen, daß durch Pausen zwischen den über den zu messenden Ionisationswiderstand erfolgenden Entladungen des Kondensators deutlich getrennte Kondensatoraufladungen erfolgen, deren Zahl in der Zeiteinheit ein Maß für die Größe des Widerstandes ergibt. Zur Messung der Aufladungsfrequenz wird in einer Verbesserung eine in Abhängigkeit von der zur Schonung der Röhren und Stromquellen ohnehin vorhandenen Schaltuhr stehende Anordnung verwendet, welche die Einrichtung während vergleichsweise langer periodischer Zeiträume nur kurzzeitig unter Strom setzt. Die Einschaltezeit der Stromquellen und Röhren wird so gewählt, daß die während dieser Zeit erreichte Anzahl der Stromimpulse, solange deren Frequenz vergleichsweise klein ist, wirkungslos bleibt, hingegen ein Signal betätigt, so bald die Anzahl der periodischen Stromimpulse eine bestimmte Grenze überschreitet. Eine andere Ausgestaltung betrifft ein

[1]) Vgl. a. d. Erfahrungen im Bahnkraftwerk Mittelsteine, E. u. M. 1927, S. 282.

Digitized by Google

Verfahren, nach welchem zur periodischen Aufladung des Gitters ein besonderer Kondensator verwendet wird, der aus der vorhandenen Anodenbatterie jeweils aufgeladen wird, und welcher im gegebenen Augenblick mit seinem negativen Pol an das Gitter der Röhre gelegt wird. Eine weitere Ausgestaltung soll eine möglichst lineare Beziehung zwischen dem zu messenden Widerstand und den angezeigten Intervallen schaffen. Zu diesem Zweck wird das eine Ende des zu messenden Widerstandes nicht an den Gitterkondensator, sondern an die Heizbatterie angeschlossen. In der Abb. 4 bedeutet V die Röhre, w_x den zu messenden Widerstand, C den Gitterkondensator, t das Telephon, T einen Autotransformator und B_1, B_2 die Batterien.

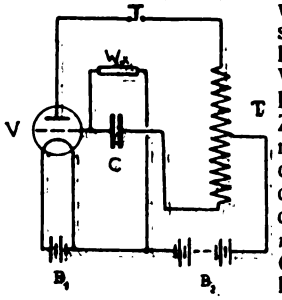


Abb. 4.

(Ö. P. Nr. 104318, Nr. 107124 und Nr. 107126.)

Gemäß einer Erfindung von Dr. H. Behnken, Dr. G. Jaeckel und Dr. W. Kutzner in Berlin, läßt sich die kurzwellige Grenze des Röntgenspektrums und damit die an die Röhre angelegte Spannung in einer bisher nicht erreichten Genauigkeit dadurch feststellen, daß mittels eines Geigerschen β-Strahlenzählers, insbesonders einer Spitzenzählkammer, die gegenüber dem Röntgenspektrographen verschiebbar angeordnet ist, die Lage der kurzwelligen Grenze des Röntgenspektrums festgestellt wird. (D. R. P. Nr. 439055.)

Gemäß einer Erfindung der Siemens-Schuckertwerke wird beim Verschmelzen von Glas oder dgl. mit der Metallkappe der Röhre die Einschmelzstelle mit Hilfe eines erhitzten Gasstromes erwärmt. Verwendet man reduzierende Gase, so kann leicht die Oxydation der Metallkappe an der Einschmelzstelle verhindert werden. Als reduzierende Gase kommen zum Beispiel Wasserstoff und Leuchtgas in Frage.

(Ö. P. Nr. 108637.)

Um eine Gasabgabe durch die im Röhreninnern oft zum Ausblenden unerwünschter Röntgenstrahlen angebrachten Blenden unmöglich zu machen, werden gemäß einer Erfindung der Phönix-Röntgenröhrenfabriken in Rudolstadt Kathode und Antikathode im Röhreninnern von einem doppelwandigen Hohlkörper umgeben, der seinerseits vakuumdicht an der Wandung der Röhre befestigt ist, wobei der Raum zwischen den beiden Hohlkörperwandungen mit dem Aussenraum in Verbindung steht. In diesem Zwischenraum ist die Kathode und Antikathode, bis auf ein Durchlaßfenster, umschließend, eine für Röntgenstrahlen undurchlässige Hülle angebracht. Durch die Anbringung der Hülle außerhalb des Vakuum ist das Röhreninnere von allen schwierig zu entgasenden Bestandteilen befreit.

(Ö. P. Nr. 108356.)

Gemäß einer Erfindung der N. V. Philips Gloeilampenfabriken in Eindhoven (Holland) wird eine besondere gute Wärmeabfuhr an der Stelle des Brennfleckes der Antikathode dadurch erzielt, daß diese Stelle hohl, das heißt trichterförmig vertieft ausgebildet ist. (Ö. P. Nr. 105698.)

Eine Erfindung der Phönix Röntgenröhrenfabriken in Rudolstadt betrifft gleichfalls eine derartige Röhre und besteht darin, daß eine der Elektroden, etwa die Antikathode, in geringem Maße beweglich ausgebildet wird, um so vor der gänzlichen Fertigstellung der Röhre eine ganz genaue Zentrierung der Kathodenstrahlen in die Antikathodengrube zu erzielen.

(Ö. P. Nr. 109951.)

Zur Erzielung eines scharfen Röntgenstrahlenbündels auch bei hoher Belastung wird nach einer Erfindung der Fa. Reiniger, Gebbert und Schall A. G. in Erlangen der Antikathodenspiegel keilförmig, mit geneigter Keilkante ausgebildet.

(D. R. P. Nr. 440013.)

(Schluß folgt.)

Literaturberichte.

3311 **Wasserkraftjahrbuch 1927/28.** (3. Jahrgang) Herausgeber: Oberbaudirektor K. Dantscher, ord. Prof. der Technischen Hochschule München und Ing. Carl Reindl, München. 1928. Mit zahlreichen Tafeln und Abbildungen. Verlag: Richard Pflaum, München. Preis geb. Mk. 20·—.

Der vorliegende dritte Jahrgang des Wasserkraftjahrbuches erfüllt die Aufgabe, welche sich die Herausgeber gestellt haben, die Entwicklung und den Stand der europäischen Wasserwirtschaft periodisch aufzuzeigen, in hervorragender Weise.

Der erste Abschnitt behandelt die Entwicklung der Wasserkraftnutzung. Ministerialrat Dr. Ing. e. h. Fr. Krieger, München, gibt eine Übersicht über die in dem Berichtjahre neu erstellten und geplanten Anlagen in Deutschland, wobei besonders die Beschreibung der in Bau befindlichen großen Pumpenspeicheranlagen von Interesse ist, die durch das Anwachsen der Spitzenleistungen in den deutschen Landesnetzen besondere Bedeutung gewonnen haben. Weitere Referate behandeln die Schweiz, Frankreich, Schweden und Norwegen. Mit Ausnahme von Frankreich, in welchem Lande mit der Ausführung größerer Kraftwerke in nächster Zeit zu rechnen ist, beschränken sich die Länder mit hochentwickelter Elektrizitätswirtschaft derzeit vielfach mit dem Ausbau des Konsums und der Erneuerung und Verbesserung der bestehenden Betriebseinrichtungen; größere Neuinstallationen betreffen zumeist Industrieanlagen. Italien deckt 95 vH seines Bedarfes, der zirka 220 kWh pro Einwohner beträgt, aus Wasserkraftwerken, wobei neuerdings eine Jahresarbeit von 13 Milliarden kWh geleistet wird.

Im zweiten Abschnitt, in welchem es sich um die Verwertung der Wasserkräfte handelt, erläutert Staatsminister a. D. Dr. Franz Schweyer, München, sämtliche für den Austausch der elektrischen Energie in Betracht kommenden Gesichtspunkte im Sinne eines zwischenstaatlichen Energieaustausches, wodurch der Ausbau jener Wasserkräfte ermöglicht wird, welche trotz unmittelbarem Absatzmangel durch den Anschluß an ein exportierendes Landesnetz wirtschaftlich werden. Die rechtlichen Fragen des Energieaustausches behandelt Dr. H. Trümpy, Glarus. Er bespricht den Stand der einschlägigen Gesetzgebung in Kanada, Schweden und der Schweiz, schafft Ausblicke und legt Grundsätze für die geregelte Entwicklung, insbesondere in der Schweiz fest, die mit Rücksicht auf die geringen Erfahrungen anderer Länder in der Frage der gesetzlichen Regelung des In- und Ausland [illegible] und Austausches elektrischer Energie von größter Bedeutung sind. In der Reihe der Beiträge über die Bahn-Elektrifizierung schildert Landesbaurat Dr. Ing. e. h. A. Menge, München, die Entwicklung der Kraftversorgungsanlagen der deutschen Reichsbahngesellschaft in Bayern sowie deren Stromabnahme im bisherigen Betrieb, wobei von besonderem Interesse die Durchführung des Parallelbetriebes zwischen Walchenseewerk und Mittlerer Isar ist, der mittels besonderer Einstellung der Regler und zentraler Regelung der Kraftwerksleistungen bewerkstelligt wird. Zahlreiche Aufschlüsse gewährt der Bericht des Ministerialrat Dr. Ing. techn. Artur Hruschka, Wien, über die Verbundwirtschaft und Betriebserfahrungen in den Bahnkraftwerken des west-österreichischen Bundesbahnnetzes; die Ergebnisse desselben sind für die Planung neuer Kraftwerksanlagen besonders bedeutungsvoll. Obering. H. Eggenberger, Bern, beschreibt die Energieversorgungsanlagen der Schweizer Bundesbahnen, deren Kosten für die nach Kriegsende erbauten Teile gegenüber den heutigen Anschaffungspreisen sehr hoch sind, welcher Umstand trotzdem die Rentabilität des Betriebes nicht einschneidend verschlechtert. In Italien und Frankreich geht die Bahn-Elektrifizierung in der Frage der Stromart bekanntlich eigene Wege. Ing. Georg Beurle, Linz a. D. referiert über neuzeitliche Erfahrungen in der Prognose der Wasserverhältnisse, welche für speicherfähige Kraftwerke, die im Verbundbetrieb arbeiten, ein wertvolles Hilfsmittel zur intensivsten Aus-

Digitized by Google

nützung der anfallenden Wässer in Form hochwertiger Energie bedeutet.

Künstlerische Gedanken entwickelt der Aufsatz von Geh. Reg.-Rat Prof. W. Franz, Charlottenburg, über Wasserkraftanlagen im Landschaftsbild, welcher den dritten Abschnitt: „Ausbau der Wasserkräfte" einleitet. Der Verfasser beschränkt sich im diesjährigen Beitrage auf Wehranlagen. Die Probleme der Geschiebeführung werden von Oberreg.-Rat Karl Schreitmüller und Regierungsbaurat Ferd. Düll, München, aufgezeigt, wobei die Verfasser ihre Erfahrungen, insbesonders auf dem Gebiete der Regulierung und Resultate von Versuchen und Beobachtungen vermitteln. Die Beschreibung von Eisschwierigkeiten und deren Abwehr, welche eine Sorge der meisten Betriebsleiter von Wasserkraftwerken bilden, bringt Geh. Rat Theod. Freytag, München, mit einigen Anregungen für den Wasserbau. Karlsson und Werner, Stockholm, geben einige Anhaltspunkte über Eisbeseitigung in Kanälen und Stauwerken. Einen wertvollen Beitrag über den Betrieb von Werkskanälen großer Abmessungen liefert Ober-Reg. Rat Dr. Ing. Kurzmann der Mittleren Isar A. G., München, in welchem er grundlegende Untersuchungen über das hydraulische Verhalten desselben veröffentlicht, die über den unmittelbaren Gegenstand hinaus von Interesse sind.

Im vierten Abschnitt: „Wasserkraftmaschinen", schafft Direktor Albert Ungerer, Berlin, einen kurzen Überblick über den Stand des europäischen Turbinenbaues 1927. Weitere Beiträge beschäftigen sich mit den in den letzten Jahren verschiedenartig entwickelten Saugrohrformen, den automatischen Betrieb schwedischer Wasserkraftanlagen, der gute Erfolge zeitigte, und die Grenzen der Abmessungen und Gewichte von Niederdruckturbinen und dazugehörigen Generatoren. Prof. Viktor Kaplan, Brünn, schildert die empirische Entwicklung des von ihm angegebenen Laufrades und Saugrohres mit zahlreichen Zwischenstufen, wogegen Dr. Alfred Lechner und Ing. Robert Zimmermann, Wien, die Grundgleichungen der Propellerturbinen mit Hilfe von Formeln der Ärodynamik ableiten.

Aus vorstehenden, nicht alle Beiträge umfassenden Inhaltsangaben des Werkes ist ersichtlich, daß das Wasserkraftjahrbuch ein unentbehrlicher Behelf geworden ist, welcher die wichtigsten Errungenschaften und Erfahrungen der Wasserkraftnutzung in ausgezeichneter und übersichtlicher Weise zusammenfassend vermittelt. Es kann dasselbe daher für jeden auf dem Gebiete der Wasserwirtschaft Tätigen, wärmstens empfohlen werden.

Baurat Krenner, Wien.

Neue Druckschriften.

3560 RKW-Veröffentlichungen. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin. 1928.

Nr. 25. Arbeitsvorbereitung. Richtlinien für Auftragsvorbereitung. 64 S. mit 23 schematischen Darstellungen und Formularen (Bestellnummer AWF 224). Preis M. 2·—.

Aus der Gesamtheit der Mittel und Maßnahmen, um die Erzeugung von Gütern planmäßig so zu gestalten, daß die an das Erzeugnis gestellten Anforderungen mit einem Mindestmaß an Aufwand erreicht werden, (Begriffsbestimmung der Arbeitsvorbereitung in der Gütererzeugung) sind in der vorliegenden Schrift jene Teilaufgaben zusammengefaßt, welche sich auf das Auftragswesen beziehen. (Vorher erschien schon die AWF Druckschrift 209 „Ausarbeitung und Verwaltung der konstruktiven Unterlagen".)[1]) Es wird die Entstehung und Bearbeitung der Kunden-, Vorrats-, Ersatz-, Betriebs- und Anlagenaufträge dargelegt und anhand von Beispielen aus verschiedenen Industriezweigen erläutert ferner werden die verschiedenen Möglichkeiten der Zerlegung in Teilaufträge berücksichtigt und Beispiele für die Ausgestaltung der Auftragsvordrucke gegeben.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1027.

Nr. 21. Behelfsmäßige Fördermittel in der Fließarbeit. Von G. Stern. 68 S. mit 86 Abb. (Bestellnummer AWF 220). Preis M. 3·—.

Es wird gezeigt, daß bei der fortschreitenden Umstellung der Industriebetriebe auf Fließarbeit nicht immer die Beschaffung großer Förderanlagen erforderlich ist, sondern daß sich eine große Zahl von vollständig entsprechenden Einrichtungen behelfsmäßig im eigenen Betriebe mit geringen Kosten herstellen läßt, so daß auch kleineren Betrieben die Umstellung möglich ist, die sie wieder wettbewerbsfähig macht. In der elektrotechnischen Erzeugung wird hier in erster Linie der Apparatebau und die Herstellung von Installationsmaterial in Betracht kommen.

Nr. 7. Seemäßige Verpackung. 80 S. mit 35 Abb. (Bestellnummer AWF 214). Preis M. 2·—.

Die für alle Wirtschaftszweige, die mit dem Export in irgendeiner Beziehung stehen, wertvolle Schrift enthält die Markierungsvorschriften für Güter im Überseeversand, die Zollvorschriften der wichtigsten Bestimmungsländer, Angaben über die Beanspruchung der Verpackung während der Verladung, des Transportes und beim Umladen, usw., sowie auch Angaben über das Gewicht und die zweckmäßige Verpackung der wichtigsten Überseegüter.

Nr. 20. Verschlüsse und Sicherungen für Verpackungszwecke. 64 S. mit 100 Abb. (Bestellnummer AWF 219). Preis M. 2·—.

Es werden verschiedene Einsteck- und Klebstreifen-Verschlüsse, Umschnürungen und Metallbandumreifungen, Plomben, Kistenklammern und Siegel, sowie Kapseln in bewährten Ausführungen wiedergegeben und besprochen und auch Bezugsquellen angegeben.

Alle vorstehend besprochenen, durchwegs sehr sorgfältig abgefaßten Schriften werden der Industrie wertvolle Dienste leisten. J.

Chronik.

Sektionschef Ing. Eduard Scheichl

Geboren am 17. März 1862 in Vöcklabruck, Oberösterreich, gestorben am 8. September 1928 in Wien.

„Und laßt am Rand des Grabes,
wo wir stehen,
die Schmerzen in Betrachtung
übergehen!"

Goethe.

Unser allverehrter Freund und Berufskollege Sektionschef Ing. Eduard Scheichl wurde uns zu unserem tiefen Schmerz unerwartet rasch entrissen.

Noch vor kurzem brachte er in voller Lebenskraft seine gründlichen Fachkenntnisse und reichen Erfahrungen bei Erstattung des Gutachtens über Elektrifizierung der Strecke Wien—Salzburg zur Geltung und Niemand hätte gedacht, daß dieser so nachhaltig und kräftig für seine Überzeugung eintretende Mann in wenigen Monaten einem im Keime schon vorhandenen Leiden erliegen wird.

Digitized by Google

Da der Gefertigte das Glück hatte, Scheichls Mitarbeit schon im Dezember 1889 also vor fast 40 Jahren zu gewinnen, und mehr als ein Jahrzehnt mit ihm die damalige stürmische Entwicklung der Starkstrom-Elektrotechnik bis zum Ende des abgelaufenen Jahrhunderts als sein unmittelbarer Berufskollege mitzuerleben, war ihm, wie wohl kaum einem Anderen Gelegenheit geboten, das reiche Können und die nie versiegende Arbeitsfreudigkeit des Verstorbenen kennen und schätzen zu lernen.

In dankbarer Erinnerung an den zum treuen Freund gewordenen lieben Kollegen sei im Nachstehenden über sein erfolgreiches Leben berichtet.

Schon in seinen Studienerfolgen zeigte sich seine besondere Veranlagung, denn er hatte die Realschulmatura in Salzburg im Jahre 1881 und vier Jahre später die Staatsprüfung an der Maschinenbauschule der Technischen Hochschule in Wien mit au gezeichnetem Erfolge abgelegt und sich sodann in dreijähriger Tätigkeit als Assistent der Lehrkanzel für Mechanik und Maschinenlehre derart hervorgetan, daß ihm eine einjährige Studienreise ermöglicht wurde, nach welcher er seine praktische Laufbahn antrat.

Diese begann Mitte 1889 mit einer halbjährigen Tätigkeit in Prag bei der dortigen Maschinenbau A.-G., vormals Rouston, nach welcher er bei Siemens & Halske, Wien, in die Abteilung für Elektrische Bahnen und Zentralstationen eintrat. Hier konnte er sich in vollem Maße betätigen, denn zahlreiche, für die damalige Zeit sehr bedeutende und vielfach erstmals zu lösende Aufgaben standen in Bearbeitung. Zum Teil wurde er bei Behandlung, der in Wien im Bau befindlichen elektrischen Zentralstation herangezogen, seine Hauptarbeit widmete er aber den elektrischen Bahnen, die damals von Siemens & Halske gebaut wurden, von denen jene in Wien, Budapest, Lemberg, Graz, Sarajevo und Laibach unter seiner Mitwirkung entstanden sind und durch ihre gute Entwicklung das beste Zeugnis für ihre Schöpfer ablegen.

Im November 1904 wurde er, gelegentlich der Gründung der österreichischen Siemens-Schuckertwerke als Prokurist Vorstand der Bahnabteilung.

Aus dieser arbeits- und verantwortungsreichen Tätigkeit wurde er Ende 1907 als Baurat zum Stellvertreter des Departementsvorstandes für elektrische Starkstromanlagen in das ehemalige Eisenbahnministerium berufen, in welcher Stellung ihm die Angelegenheiten der elektrischen Zugförderung der Eisenbahnen besonders anvertraut waren.

In dieser einflußreichen Stellung nahm er nicht nur an den einschlägigen Arbeiten der Hoheitsverwaltung teil, sondern wirkte auch an der Errichtung zahlreicher österreichischer Lokalbahnen mit Gleichstrombetrieb und an den ersten in Österreich gebauten Bahnen mit Wechselstrombetrieb werktätig mit, so bei der niederösterreichischen Alpenbahn, der Mittenwaldbahn und der Lokalbahn Wien–Preßburg. Hervorragende Verdienste erwarb er sich bei den Vorbereitungen und der Einführung des elektrischen Betriebes auf den österreichischen Bundesbahnen.

Im Jahre 1916 zum Ministerialrat ernannt und zum Vorstand des Departements für elektri che Starkstromanlagen bestellt, trat er im Herbste 1923 in den dauernden Ruhestand, für sein verdienstvolles Wirken durch den Titel Sektionschef ausgezeichnet.

Aber auch die im Ruhestand verbrachten letzten fünf Jahre seines Lebens waren reich mit Arbeit gesegnet, da er trotz seiner immer mehr fortschreitenden Schwerhörigkeit, die ja den Verkehr mit ihm sehr erschwerte, vielfach als Konsulent zu schwierigen und wichtigen Beratungen auf dem Gebiete des elektrischen Bahnwesens herangezogen wurde. Seine letzte, ebenso bedeutungsvolle als aufreibende größere Arbeit widmete er, als einer der acht Sachverständigen dem Gutachten über die Elektrifizierung der Strecke Wien—Salzburg.

Bei dieser, wie bei allen seinen Arbeiten kam nicht nur sein gründliches Wissen und seine reiche Erfahrung, sondern auch sein zuverlässiger Charakter und seine Achtung gebietende Persönlichkeit zur vorteilhaften Geltung und führte immer aufs neue zur Wertschätzung seiner Mitarbeit.

Trotz Kinderlosigkeit und mancher körperlicher Beschwerden hat er sein Leben an der Seite einer von ihm hoch verehrten und auch ihn heiß liebenden treuen Gattin und im regen Verkehr mit Freunden und Verwandten als ein glückliches empfunden, indem er die Arbeit als eine Freude und die Verfechtung seiner Überzeugung als seine Lebensaufgabe mit hoher Befriedigung genoß.

„Vitam impendere vero."

„Sein Leben dem Wahren weihen."

Dieser Wahlspruch Rousseaus schien auch sein Grundsatz zu sein und jeder, der das Glück hatte, ihn näher kennen zu lernen, mußte ihm Anerkennung, Zuneigung und Wertschätzung entgegenbringen.

Dr. C. Hochenegg.

Ausstellung „Elektrisches Messen" am Technischen Versuchsamt in Wien. In Ergänzung der Mitteilung über Zweck und Umfang dieser Ausstellung im Heft 30 d. J., S. 802 wird von Seiten des unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Franz Aigner der Technischen Hochschule Wien eingesetzten beratenden Komitees darauf hingewiesen, daß die Ausstellung nicht nur auf Meßinstrumente zur Bestimmung elektrischer Größen beschränkt ist. Die Ausstellung soll zeigen, wie weit die Elektrotechnik das gesamte Gebiet der Meßtechnik befruchtet hat. In ihren Rahmen fallen also auch Instrumente zur Messung der Temperatur, der Dampfmenge, des Kohlensäuregehaltes, der Strömungsgeschwindigkeit, der mechanischen Dehnung, der Zeit u. a. m., sofern die Meßangaben mittels elektrischer Anordnungen erhalten werden.

Die Eröffnung der Ausstellung erfolgt Mitte November, ihre Dauer ist auf zwei Monate in Aussicht genommen.

Der Anmeldetermin wurde bis zum 15. Oktober verlängert.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	1. X. 1928	3. X. 1928	5. X. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	144½	144¾	144¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	86—91	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 5. Oktober 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	71	5	0	71	15	0
Wire bars	71	15	0	—	—	—
Standard Kassa	64	16	3	64	17	6
Standard 3 Monate	65	3	9	65	5	0
Zinn:						
Engl. Ingots	217	10	0	218	10	0
Standard Kassa	218	12	6	218	17	6
Standard 3 Monate	217	7	6	217	10	0
Blei:						
Engl. pig common	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	24	0	0	24	5	0
Remelted	24	10	0	—	—	—
English Swansea	24	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 16 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12 — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 21. Oktober 1928 | Heft 43

Zur Theorie der V-Schaltung.

Von Dr. techn. Milan **Vidmar**, ord. Professor an der Universität Ljubljana.

Zusammenfassung. Neben der einfachen V-Schaltung die sich als Notschaltung eines ursprünglich hochspannungsseitig in Dreieck geschalteten dreiphasigen Transformators nach der Entfernung einer beschädigten Hochspannungsphasenwicklung ergeben kann, kommt die doppelte V-Schaltung, primär und sekundär also, in Betracht. Die Theorie dieser doppelten V-Schaltung wird nun im Hinblick darauf, daß vom Verfasser in einer früheren Arbeit (E. u. M. 1927, Heft 5, S. 81 ff.) die einfache V-Schaltung bereits untersucht wurde, entwickelt.

Es zeigt sich zunächst, daß die doppelte V-Schaltung den Vergleich mit der normalen Stern- oder Dreieckschaltung nicht bestehen kann. Sie ist normal um 20 vH teurer, außerdem bringt sie ungleiche Spannungsabfälle in den beiden V-Phasen, auch bei symmetrischer Belastung.

Ferner wird nachgewiesen, daß die doppelte V-Schaltung erheblich besser ist als die einfache, daß sie aber praktisch wenig in Betracht kommt, weil eben niederspannungsseitig die dreiphasigen Transformatoren meist in Stern geschaltet sind.

Die einzige praktische Anwendungsmöglichkeit der doppelten V-Schaltung erscheint die Vereinigung zweier Spannungswandler in dreiphasigen Meßeinrichtungen. Dieser wichtige Fall wird deshalb genau untersucht.

Die *V*-Schaltung ist für den Betrieb als Notschaltung nicht wertlos. Ein beschädigter dreiphasiger Transformator kann zuweilen, nach der Entfernung der beschädigten Phasenwicklung, ganz gut den Betrieb aufrecht erhalten. Dabei behält er auf der Primär- oder auf der Sekundärseite seine normale dreiphasige Wicklung, er arbeitet also nur primär, oder nur sekundär in *V*-Schaltung.

Neben dieser einfachen *V*-Schaltung ist natürlich auch die doppelte *V*-Schaltung möglich. Man kann, oder man muß sowohl primär als auch sekundär die Wicklung einer Phase entfernen. Man kann jederzeit zwei gleiche einphasige Transformatoren in doppelter *V*-Schaltung als Drehstromtransformator arbeiten lassen. Die Meßeinrichtung von Transformatorenstationen zeigt diese Anordnung sogar als normale Konstruktion.

Der allgemeinste Fall der *V*-Schaltung würde entstehen, wenn man einem dreiphasigen Transformator primär eine Phasenwicklung, sekundär dagegen die Wicklung einer anderen Phase wegnehmen würde. Dies wäre selbstverständlich eine Schaltung, die nur in höchster Not in Betracht käme. So wenigstens müßte man auf den ersten Blick urteilen.

Die Theorie der *V*-Schaltung ist noch ziemlich unvollständig. In seiner Arbeit „Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators"[1]) entwickelte der Verfasser eine ziemlich erschöpfende Theorie der einfachen *V*-Schaltung. Man findet sie auch in des Verfassers Buch „Der Transformator im Betrieb" (Springer, Berlin, 1927, S. 96). Dies ist indessen, wie aus den einleitenden Bemerkungen hervorgeht, nur ein Teil der Theorie der *V*-Schaltung.

Setzt man voraus, daß die Erscheinungen der einfachen *V*-Schaltung geklärt sind, so entsteht zunächst die Frage, wie sich die doppelte *V*-Schaltung, mit derselben fehlenden Phase primär und sekundär, verhält. Für die Meßtechnik ist die Lösung dieser Frage unmittelbar von Bedeutung.

Die nächste Aufgabe wäre ein Vergleich der einfachen und der doppelten *V*-Schaltung im Notbetrieb bei zwei ganz gesunden Phasenwicklungen. Endlich müßte auch noch die allgemeinste Form der *V*-Schaltung behandelt werden.

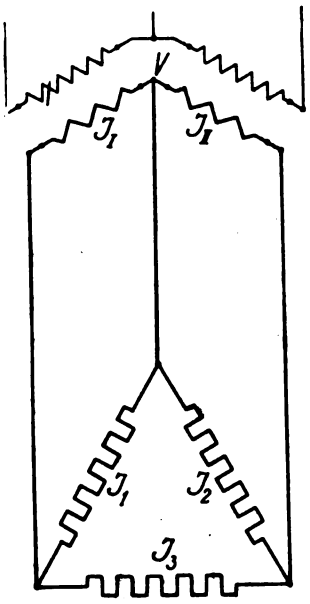


Abb. 1.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit der doppelten *V*-Schaltung. Sie muß die Theorie der einfachen *V*-Schaltung als bekannt voraussetzen, wenn sie Vergleiche anstellt oder aber die allgemeine doppelte *V*-Schaltung untersucht. Ihr Ziel ist nach all dem die Abrundung der Theorie einer Transformatorenschaltung, die immerhin einen größeren praktischen Wert besitzt, als man allgemein annimmt. Jede Erscheinung wird eben sofort wertvoller, wenn sie geklärt ist.

Wir gehen von zwei gleichen einphasigen Transformatoren aus und vereinigen sie nach Abb. 1 in doppelter *V*-Schaltung zu einem Drehstromtransformator. Sekundär legen wir zunächst an das dreiphasige Netz eine symmetrische induktionsfreie Belastung. Die drei Phasenbelastungs-

[1]) Vgl. E. u. M.-1927, H. 5, S. 81.

Digitized by Google

ströme des Netzes bilden dann das bekannte Vektorenbild der Abb. 2. Voraussetzungsgemäß sind nach Abb. 2 die verketteten Spannungen des Netzes in Phase mit ihren Belastungsströmen.

Aus dem Schaltbild der Abb. 1 ersieht man nun zunächst, daß der Belastungsstrom J_1 jedenfalls die Sekundärwicklung des Transformators I durchfließen muß. Ebenso hat der Belastungsstrom

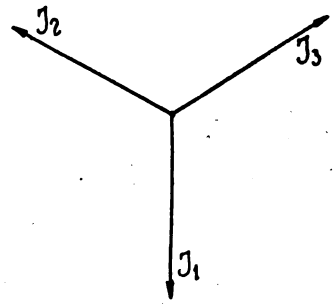


Abb. 2.

J_2 keinen anderen Weg als über die Sekundärwicklung des Transformators II. Der dritte Belastungsstrom J_3 dagegen fließt offenbar über beide Sekundärwicklungen.

Der Sekundärstrom des Transformators I J_I ist nach all dem als Differenz der Belastungsströme J_1 und J_3 erhältlich, der Sekundärstrom des Transformators II J_{II} als Differenz der Belastungsströme J_2 und J_3 (Abb. 3). Natürlich sind J_I und J_{II} zwei Linienströme des sekundären dreiphasigen Netzes. Der dritte Linienstrom J_{III} ergibt sich aus Abb. 3 von selbst.

Die Leistung, die dem Netz sekundär entnommen wird, ist natürlich mit:

$$J_1 = J_2 = J_3 = J$$

und

$$E_1 = E_2 = E_3 = E$$

durch:

$$N = 3 . E . J$$

gegeben.

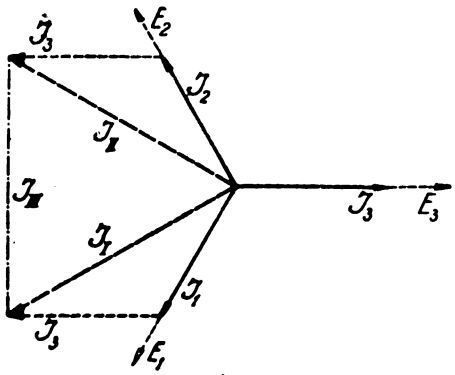


Abb. 3.

Nach Abb. 3 ist die vom Transformator I abgegebene Leistung

$$N_I = E_1 . J_{II} . \cos 30^0,$$

ebenso ist

$$N_{II} = E_2 . J_{II} . \cos 30^0,$$

Abb. 3 zeigt ferner, daß:

$$J_I = J_{II} = J . \sqrt{3}$$

ist und da

$$\cos 30^0 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

ist, wird ganz richtig

$$N_I + N_{II} = 3 . E . J.$$

Bei symmetrischer, induktionsfreier Belastung arbeitet somit der Transformator in doppelter V-Schaltung mit 30° Phasenverschiebung. Es ist klar, daß primär und sekundär die Verhältnisse ganz gleich liegen müssen. Einer der beiden Transformatoren bekommt dabei einen voreilenden, der andere einen nacheilenden Strom.

Der erste Nachteil der doppelten V-Schaltung gegenüber der normalen Stern- oder Dreieckschaltung ist damit bereits aufgedeckt. Die volle Leistung des Transformators, bzw. des Transformatorpaars ist nicht ausnützbar. Die beiden in doppelter V-Schaltung zu einem Drehstromtransformator zusammengelegten einphasigen Transformatoren müssen offenbar für eine im Verhältnis:

$$2 : \sqrt{3}$$

größere Leistung gebaut sein als der normale dreiphasige Transformator.

Will man diesen Nachteil richtig bewerten, so muß man ihn vor allem genauer ansehen. Die vom Verfasser in seinen Arbeiten wiederholt benützten Wachstumsgesetze bieten dabei eine ausgiebige Hilfe, vor allem die beiden Gesetze der Leistung und des Preises des Transformators.

Vergrößert man alle Abmessungen eines gegebenen Transformators, ohne die Liniendichte im Eisenkern und die Stromdichte im Kupfer zu ändern, x-mal, so wächst die Linienzahl des Kraftflusses und ebenso die Stromstärke in der Wicklung auf den x^2-fachen Wert. Die Leistung ist x^4-mal größer geworden. Das Gewicht des Transformators und damit seine Herstellungskosten steigen gleichzeitig allerdings nur auf die x^3-fache ursprüngliche Höhe. Der Preis des Transformators wächst nach all dem mit der $^3/_4$ ten Potenz der Leistung.

Nun muß noch berücksichtigt werden, daß man jederzeit aus einem dreiphasigen Transformator durch Weglassung einer Säule einen einphasigen Transformator machen kann, dessen Preis und Leistung zwei Drittel des Preises und der Leistung des dreiphasigen Transformators erreichen.

Vor allem sieht man, daß jeder einphasige Transformator im Verhältnis:

$$\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^{3/4} : 1 = 0{\cdot}905 : 1$$

billiger ist als der dreiphasige Transformator gleicher Leistung. Zwei einphasige Transformatoren in doppelter V-Schaltung sind somit im Verhältnis:

$$2 \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{2}{\sqrt{3}}\right)^{3/4} \times 0{\cdot}905 : 1 = 1{\cdot}2 : 1$$

teuerer als der normale dreiphasige Transformator für dieselbe abnehmbare Leistung.

Der erhebliche Preisunterschied genügt vollkommen, um jeden Wettbewerb der doppelten

Digitized by Google

V-Schaltung mit der normalen Stern- oder Dreieckschaltung unmöglich zu machen. Warum verwendet man aber dann überhaupt zwei einphasige Spannungswandler in doppelter V-Schaltung statt eines einzigen dreiphasigen? Mit dieser Frage werden wir uns weiter unten beschäftigen müssen.

Das Bild der doppelten V-Schaltung wird noch ungünstiger, wenn der Fall eines dreiphasigen Transformators herangezogen wird, dessen eine Säule sowohl die Primär- als auch die Sekundärwicklung verloren hat.

Aus Erwärmungsrücksichten kann man die Wicklung des Transformators immer nur mit dem zulässigen Vollastphasenstrom belasten. Durch die Entfernung einer Phasenwicklung sinkt somit die Belastbarkeit des Transformators zunächst auf zwei Drittel der ursprünglichen Höhe. Die doppelte V-Schaltung bringt, wie oben festgestellt, eine weitere Verringerung der Belastbarkeit. Die endgültige zulässige Leistung des beschädigten dreiphasigen Transformators steht somit zur ursprünglichen

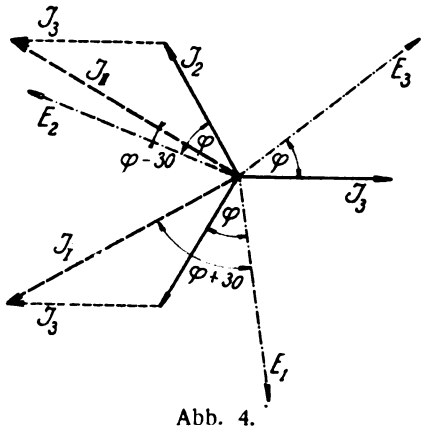


Abb. 4.

Leistung des unbeschädigten Transformators im Verhältnis:

$$\frac{2}{3}\times\frac{\sqrt{3}}{2}:1=0{\cdot}578:1.$$

Die bisher ermittelten Ergebnisse gelten natürlich alle zunächst nur für die vorausgesetzte symmetrische induktionsfreie Belastung. Aber bei Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung in den Verbrauchern kann sich keine andere Stromverteilung ergeben, solange die dreiphasige Belastung symmetrisch ist. Abb. 4, die ganz allgemein für symmetrische Belastungen gültig ist, ergibt sich von selbst.

Der Belastungsphasenwinkel φ äußert sich in den beiden, in doppelter V-Schaltung zusammengeschlossenen einphasigen Transformatoren in der Weise, daß der eine Transformator mit dem Phasenwinkel $30+\varphi$, der andere mit dem Phasenwinkel $30-\varphi$ arbeitet. Die Gesamtleistung der beiden Transformatoren ist dann:

$$N=E.J.\sqrt{3}\cos(30+\varphi)+E.J.\sqrt{3}\cos(30-\varphi)=$$
$$=E.J.\sqrt{3}.2\cos 30.\cos\varphi=3EJ\cos\varphi,$$

wie sie sein soll. Immer geben demnach die einphasigen Transformatoren in doppelter V-Schaltung eine im Verhältnis:

$$\sqrt{3}:2$$

kleinere Leistung, als im normalen Betrieb.

Außerordentlich bemerkenswert ist nun die Tatsache, daß bei symmetrischen Belastungen immer die Größenverhältnisse der Abb. 3 zwischen den Belastungsströmen J_1, J_2, J_3 und den Wicklungsströmen J_I, J_{II} herrschen müssen, ohne Rücksicht darauf, ob die einfache oder die doppelte V-Schaltung vorliegt. Auch bei der einfachen V-Schaltung ergibt sich, wie aus der eingangs angeführten Arbeit des Verfassers ersichtlich ist, das Vektorendiagramm der Ströme der Abb. 4.

Schließlich versteckt sich hinter diesem Vektorendiagramm doch nur der Übergang von der Dreieck- in die Sternschaltung. In der Abb. 3 sind die Belastungswiderstände in Dreieckschaltung zusammengeschlossen, die Transformatoren in einer scheinbar unvollständigen Sternschaltung mit dem V-Punkt als Sternpunkt. Aber diese scheinbar unvollkommene Sternschaltung ist doch ganz und gar in Ordnung, wenigstens für die Ströme, die wie sonst $\sqrt{3}$-mal größer sind als die Ströme im Dreieck der Belastungswiderstände und gegen diese natürlich 30° Phasenverschiebung zeigen müssen.

Hätte man nach Abb. 5 die Belastungswiderstände im Stern aufgebaut, so würde man natürlich die Belastungsströme der beiden in V-Schaltung vereinigten Transformatoren J_I und J_{II} unmittelbar auch in zwei Belastungswiderständen wiederfinden. Wieder wäre der V-Punkt eine Art Sternpunkt. Aber die Sekundärspannungen der beiden Transformatoren wären nach wie vor verkettete Spannungen des Systems.

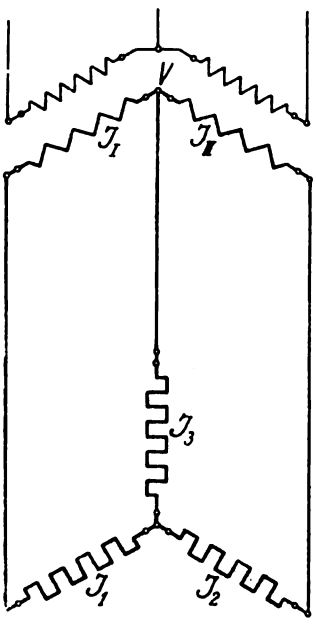


Abb. 5.

Man darf nicht vergessen, daß man immer die Stromvektoren für die vom Sternpunkt aus wegfließenden Ströme zeichnet, die Spannungsvektoren der V-Schaltung dagegen in der notwendigen Dreieckfolge. So kommt man ungezwungen wieder zum Vektorenbild der Abb. 6, in dem man den einen Strom seiner Transformatorspannung um 30° vor-, den anderen ebenfalls um 30° nacheilen sieht.

Es ist an dieser Stelle erwähnenswert, daß die bekannte Zweiwattmetermethode bei der Leistungsmessung in dreiphasigen Systemen die Spannungsspulen der beiden Leistungsmesser ebenfalls in V-Schaltung vereinigt, durch die Stromspulen dagegen die Linienströme fließen läßt. So bekommt sie tatsächlich die volle Leistung des dreiphasigen Systems, ganz ebenso wie wir oben die beiden Transformatoren in V-Schaltung die volle ver-

Digitized by Google

brauchte Leistung abgeben sahen und arbeitet bekanntlich ebenfalls einerseits mit 30° Voreilung, andererseits mit 30° Nacheilung.

Die einfache *V*-Schaltung hat vor der doppelten *V*-Schaltung, an einem beschädigten dreiphasigen Transformator angewandt, eigentlich gar nichts voraus. Wenn in beiden Fällen die eine Wicklung, die in *V*-Schaltung arbeitet, nur noch 58 vH der Leistung des unbeschädigten Transformators aufbringen kann, so ist es vom Erwärmungsstandpunkt aus ganz einerlei, ob die andere Wicklung ihre Belastung schön symmetrisch auf ihre drei Phasen aufteilt, oder aber dasselbe Belastungsbild zeigt. Bei Öltransformatoren mag ein kleiner Vorteil für die einfache *V*-Schaltung bleiben, viel ist bestimmt nicht zu holen.

Weder die einfache, noch die doppelte *V*-Schaltung können es nach all dem mit der normalen Stern- oder Dreieckschaltung im Transformator aufnehmen. Sie bringen beide, wie oben berechnet, eine 20prozentige Verteuerung. Das ist aber noch nicht alles. Wenn die beiden *V*-Phasen verschiedene Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung bekommen, müssen auch die Spannungsabfälle in den beiden *V*-Phasen

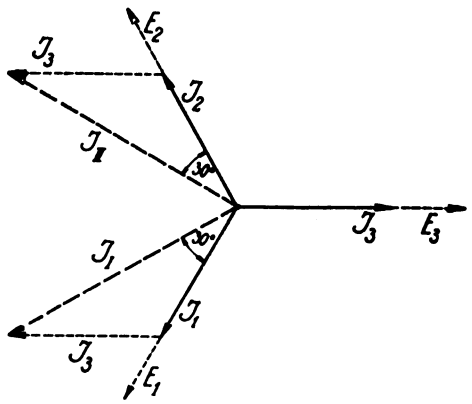


Abb. 6.

verschieden sein. Die doppelte *V*-Schaltung verunstaltet demnach sicherlich auch das Spannungsdreieck des von ihr bedienten dreiphasigen Systems.

Man pflegt, wie bekannt, bei der Berechnung des Spannungsabfalles meist nur die Projektion des Abfallspannungsvektors auf den Spannungsvektor zu berücksichtigen. Schon dieses, etwas ungenaue Verfahren, auf die *V*-Schaltung angewendet, läßt die Verzerrung des dreiphasigen Systems erkennen.

Bezeichnet man mit:

Δe_r . . den prozentuellen Ohmschen Spannungsabfall,
Δe_x . . den prozentuellen induktiven Spannungsabfall,
φ . . den Belastungsphasenwinkel des Netzes,

so erhält man in dem einen Transformator den Spannungsabfall:

$$\Delta e_I = \Delta e_r \cos(30° + \varphi) + \Delta e_x \sin(30° + \varphi) \text{ vH},$$

im zweiten Transformator

$$\Delta e_{II} = \Delta e_r \cos(30° - \varphi) + \Delta e_x \sin(30° - \varphi) \text{ vH}.$$

Die beiden Sekundärspannungen der in *V*-Schaltung zusammengeschlossenen Transformatoren müssen sich somit um:

$$\Delta e_I - \Delta e_{II} = 2\,\Delta e_r \sin 30° \sin\varphi + 2\,\Delta e_x \cos 30° \sin\varphi \text{ vH}$$

unterscheiden. Es ist daher einfacher:

$$\Delta e_I - \Delta e_{II} = \sin\varphi\,(\Delta e_r + \sqrt{3}\,\Delta e_x) \text{ vH},$$

die induktiven Spannungsabfälle sind es also, die vor allem ins Gewicht fallen.

Bei halbwegs größerer Leistung überwiegt der induktive Spannungsabfall des Transformators den Ohmschen erheblich. Bei großen Leistungen entstehen sogar ganz gewaltige Mißverhältnisse. Auf diese Weise müssen die Entstellungen der doppelten *V*-Schaltung bei großen Leistungen unerträglich werden.

So unangenehm aber die ungleichen, oder besser gesagt, ungleich sich auswirkenden Spannungsabfälle der doppelten *V*-Schaltung auch sein mögen, sie sind doch immer weit annehmbarer als der Spannungsabfall jener Phase der einfachen *V*-Schaltung, dem primär keine Wicklung zur Verfügung steht.

In seiner oben angeführten Arbeit beschrieb der Verfasser die eigenartigen Folgeerscheinungen des zusätzlichen einphasigen Kraftflusses, der sich bei einseitigen Belastungen von Drehstromtransformatoren bildet. Die einfache *V*-Schaltung leidet, wie dort dargestellt, ganz besonders darunter. Sie kämpft mit außerordentlich großen einseitigen Spannungsabfällen.

Der auf vollkommene Symmetrie zugeschnittene Zwang in der Schaltung der Phasenkraftflüsse und der Phasenströme ist der große Nachteil der einfachen *V*-Schaltung, die alles eher als eine symmetrische Schaltung darstellt. Deshalb ist die einfache *V*-Schaltung schwer im Nachteil.

Man kommt so zu dem überraschenden Ergebnis, daß man am besten auch noch die Sekundärwicklung jener Phase wegräumt, deren Primärwicklung verunglückt ist, allerdings nur dann, wenn man kann.

Aber leider ist das beim Einrichten des Notbetriebes meist unmöglich. Die *V*-Schaltung kommt als Notschaltung eines beschädigten Transformators zunächst überhaupt nur dann in Betracht, wenn die Wicklung vor der Beschädigung in Dreieckschaltung gearbeitet hat. Nur dann halten die zwei unbeschädigten Phasenwicklungen noch weiter den Zugang zu den drei Eckpunkten des Spannungsdreiecks offen.

Auf der Hochspannungsseite sind die Transformatoren häufig im Dreieck geschaltet. Die einfache *V*-Schaltung ist deshalb als Notschaltung ebenso häufig möglich. Auf der Niederspannungsseite findet man die Dreieckschaltung höchst selten. Die doppelte *V*-Schaltung ist als Notschaltung praktisch bedeutungslos.

Wie sehr eigentlich die doppelte *V*-Schaltung der einfachen überlegen ist, sieht man am besten, wenn man sich zunächst einen dreiphasigen Transformator aus drei selbständigen einphasigen Transformatoren aufbaut, wie das in Amerika üblich ist,

Digitized by Google

dann aber — Dreieckschaltung primär und sekundär vorausgesetzt — zur einfachen oder doppelten *V*-Schaltung übergeht, indem man einem der drei Einphasentransformatoren eine Wicklung wegnimmt oder aber ihn ganz entfernt.

Die doppelte *V*-Schaltung ist eine verhältnismäßig gute Schaltung, ganz besonders bei Belastungen, die mit geringen Phasenverschiebungen arbeiten, nur ist sie zu teuer. Wenn sie aber somit weder als Notschaltung, noch als Normalschaltung in Betracht zu kommen scheint, welchen Sinn hat es dann überhaupt, sich mit ihr zu beschäftigen?

Fast zwangläufig kommt man zur Erkenntnis, daß die Spannungswandler der dreiphasigen Meßeinrichtungen das einzige Anwendungsgebiet der doppelten *V*-Schaltung sind. Man kommt aber unschwer noch zum weiteren Ergebnis, daß zwei einphasige Meßwandler in *V*-Schaltung dem dreiphasigen Meßwandler überlegen sind.

Die Spannungswandler der dreiphasigen Meßeinrichtungen ermöglichen in Hochspannungsanlagen den Anschluß des Voltmeters und der Spannungsspulen der Leistungsmesser. Sie haben demnach nur sehr kleine Leistungen zu bewältigen. Bei halbwegs höherer Primärspannung kommt man somit zu sehr kleinen Primärstromstärken.

Der oben angeführte Vergleich der Herstellungskosten zweier einphasiger Transformatoren in doppelter *V*-Schaltung und eines dreiphasigen Transformators für die gleiche Leistung, setzte voraus, daß der Preis der Wicklung dem Gewicht des Wicklungskupfers proportional ist. Diese Annahme versagt im Gebiet sehr kleiner Leistungen.

Es ist bekannt, daß der Kilogrammpreis des besponnenen Kupferdrahtes bei sehr kleinen Drahtdurchmessern rasch ansteigt. Die doppelte *V*-Schaltung muß aber, wie nachgewiesen, mit Primärströmen rechnen, die im Verhältnis:

$$\sqrt{3}:1$$

größer sind, als in der normalen Dreieck- oder Sternschaltung. Es ist somit sehr fraglich, ob bei den in Betracht kommenden sehr kleinen Leistungen der vom dreiphasigen Spannungswandler benötigte Primärwicklungsdraht noch weniger kostet als der Primärwicklungsdraht der einphasigen Spannungswandler der doppelten *V*-Schaltung.

Gerade das entgegengesetzte Bild wird sich normal ergeben.

Die Hochspannungswicklung der doppelten *V*-Schaltung wird billiger sein als die dreiphasige Hochspannungswicklung und die billigere Niederspannungswicklung wird die Verhältnisse auch nicht merklich verschieben. Das Eisen hat zweifellos bei so kleinen Leistungen nur einen unbedeutenden Einfluß.

Die Kostenfrage kann es nach all dem nicht sein, die in Meßeinrichtungen dreiphasige Spannungswandler erzwingen würde. Aber die größere normale Ebenmäßigkeit der Dreieck- oder Sternschaltung kommt ebenfalls bei Meßeinrichtungen nicht zur Geltung. Es ist nicht schwer, sich davon zu überzeugen.

Meßeinrichtungen arbeiten meist mit einseitigen Belastungen. Wenn eine Phasenspannung gemessen wird, ist der Meßstrom des Voltmeters ein einseitiger Belastungsstrom. Es ist klar, daß man auf die nachteiligen Folgen der einseitigen Belastungen gefaßt sein muß.

Der dreiphasige Meßwandler steht immer unter magnetischem Zwang. Sein Eisenkern ist eigentlich ganz und gar für symmetrische Belastungen gebaut. Die *V*-Schaltung einphasiger Meßwandler befreit die Meßeinrichtung vom magnetischen Zwang. Sie braucht nicht mit unangenehmen zusätzlichen Spannungsabfällen zu rechnen.

Man kann ruhig behaupten, daß die Entstellungen des Spannungsdreieckes durch die Spannungsabfälle der Meßwandler bei doppelter *V*-Schaltung geringer sind, als bei Verwendung des dreiphasigen Spannungswandlers. Wohl mußten wir oben nachweisen, daß sich auch bei symmetrischer Belastung Unterschiede in den Abfällen der beiden Transformatoren zeigen. Aber der Phasenwinkel φ des Meßstroms nimmt dem Unterschied jede Bedeutung und der sonst gefährliche induktive Spannungsabfall der Transformatorwicklung ist gerade bei kleinen Leistungen unbedeutend.

Der bezogene induktive Spannungsabfall ist bei jedem Transformator durch das Verhältnis der Kraftlinienzahlen des Streu- und des Hauptflusses bestimmt. Vergrößert man, bei unveränderter Liniendichte im Eisenkern und bei unveränderter Stromdichte im Wicklungskupfer alle Abmessungen des Transformators x-mal, so wird der Hauptkraftfluß x^2-mal stärker. Der Streufluß steht unter dem Einfluß einer x^2-mal kräftigeren Durchflutung, der ihm zur Verfügung stehende Querschnitt ist x^2-mal größer geworden, seine Kraftlinienlänge ist dagegen nur x-mal vorhanden. Der bezogene induktive Spannungsabfall wächst nach all dem wie die linearen Abmessungen. Je kleiner der Transformator, um so kleiner ist sein bezogener induktiver Abfall.

Belastungen, die nur einen der beiden in *V*-Schaltung vereinigten Transformatoren treffen, zum Beispiel die Messung einer verketteten Spannung, bleiben eine Angelegenheit dieses Transformators allein. Er ist eben magnetisch unabhängig. Schaltet man dagegen den dreiphasigen Spannungswandler aus Ersparungsrücksichten hochspannungsseitig in Stern, so greift die unvermeidliche magnetische Unsymmetrie auch auf die anderen Phasen über.

Nach all dem ist die doppelte *V*-Schaltung für Meßeinrichtungen sehr empfehlenswert. Es wäre natürlich noch besser, drei einphasige Meßwandler in doppelter Dreieckschaltung zu verwenden. Daß diese Möglichkeit erheblich größere Kosten verursachen würde, liegt auf der Hand.

Unschwer erkennt man, daß die doppelte *V*-Schaltung in die Meßeinrichtungen einfach auf dem Wege über die Leistungsmessung eingedrungen ist. Die Spannungsspulen der Leistungsmesser werden bei der Zweiwattmetermethode immer in

Digitized by Google

V-Schaltung vereinigt. Galt es also, der Hochspannung auszuweichen, so war die Anwendung zweier Spannungswandler in doppelter *V*-Schaltung der natürliche Ausweg.

Ganz kurz kann man schließlich die doppelte *V*-Schaltung allgemeinster Form erledigen, die primär und sekundär nicht mehr in derselben Phase ohne Wicklung ist. Daß sie mit selbständigen einphasigen Transformatoren nicht aufgebaut werden kann, ist ohneweiters klar. Bei dreiphasigen Transformatoren mag es wohl vorkommen, daß gleichzeitig die Primärwicklung einer Säule und die Sekundärwicklung einer anderen Säule beschädigt werden. Aber niederspannungsseitig findet man so selten die Dreieckschaltung, die immer eine Vorbedingung der Anwendbarkeit der *V*-Schaltung ist, daß das Problem praktisch wirklich bedeutungslos wird.

Die Anpassung des Querloch-Stromwandlers an schwere Kurzschlußbedingungen.

Von Dr.-Ing. W. **Reiche**, Dresden.

Übersicht: Forderungen an kurzschlußfeste Stromwandler sind teils berechenbar, teils aus der Erfahrung bekannt. Aus ihrer Berücksichtigung ist der Querloch-Stromwandler entstanden. Gleichzeitig auftretende hohe Ansprüche an Kurzschlußfestigkeit und Meßgenauigkeit werden durch Schaffung immer leistungsfähigerer Apparate erfüllt. Die eingehende Behandlung eines Beispieles zeigt, wie die Auswahl des geeigneten Modelles zu erfolgen hat.

Der Querloch-Stromwandler hat sich in einer siebenjährigen Entwicklung so viele Freunde erworben, daß eine Mitteilung über die Grundgedanken seiner Gestaltung allseitigem Interesse begegnen wird. Dabei darf die hervorragendste Eigenschaft des Querloch-Stromwandlers, seine hohe Kurzschlußfestigkeit bei vorzüglicher Meßgenauigkeit, in den Vordergrund gestellt werden.

In einer anderen Arbeit hat der Verfasser den Nachweis geführt, daß sich jeder Stromwandler an beliebig hohe Kurzschlußströme anpassen läßt, lediglich durch Verringerung der Nennstromdichte im gleichbleibenden Wickelraum. Es ist ganz allgemein und für jede Art der Beanspruchung das zulässige Vielfache v des Überstromes umgekehrt proportional der **Stromdichte** i_n:

$$v = f_1\left(\frac{1}{i_n}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

Diese Maßnahme ist allerdings mit erheblichen Opfern verbunden. Üblicherweise erhält die Wicklung eines Stromwandlers in Rücksicht auf ihre Erwärmung im Dauerbetriebe eine Stromdichte von etwa 2 A/mm². Die Verwendung verstärkter Leiterquerschnitte zur Erzielung einer niedrigeren Stromdichte bedingt zwangsläufig eine Verringerung der Windungszahl bzw. der Durchflutung. In ein und demselben Modell ist die Durchflutung D (Produkt aus Windungszahl w und Nennstrom I_n) direkt proportional der Nennstromdichte i_n:

$$D = w \,.\, I_n = f_2(i_n) \quad \ldots\ldots (2).$$

Die Leistungsfähigkeit N des Stromwandlers innerhalb einer gegebenen Genauigkeitsklasse ist aber ungefähr direkt proportional der 2·5ten Potenz der Durchflutung:

$$N \approx f_3(D^{2{\cdot}5}) \approx f_4(i_n^{2{\cdot}5}) \quad \ldots\ldots (3).$$

Bei halber Nennstromdichte ist mithin nur noch etwa ein Fünftel bis ein Sechstel der bisherigen Leistung verfügbar.

Diejenige Stromwandlerkonstruktion wird also die beste sein, die zur Erzielung einer geforderten Kurzschlußfestigkeit die geringste Herabsetzung der Nennstromdichte verlangt.

Es ist notwendig, bei Anpassung des Stromwandlers an die gegebenen Kurzschlußbedingungen von der thermischen Beanspruchung auszugehen, weil hierbei sowohl Höhe als auch Dauer des Überstromes zu beachten sind. In keinem Wandler soll die Wicklungstemperatur bei Kurzschluß über etwa 200° C ansteigen. Dieses Ziel wird erreicht bei Bemessung der Stromdichte nach folgender empirisch bestätigten Formel:

$$i_n = \frac{173}{v \cdot \sqrt{t}} \text{ A/mm}^2 \quad \ldots\ldots (4).$$

Dabei ist v das Vielfache des Überstromes gegenüber dem Nennstrom und t die Dauer des Vorganges in Sekunden. Die Formel gilt ohne Unterschied für alle Bauarten von Stromwandlern.

Wird hiernach die thermische Kurzschlußfestigkeit der Wicklung vermehrt, so wächst entsprechend Gleichung (1) die Sicherheit des Wandlers gegenüber den sonstigen Überstromgefahren in gleichem Maße. Ist diese Sicherheit von Anfang an groß genug, so darf die vorliegende Konstruktion als gelungen bezeichnet werden. Es braucht dann eine Anpassung der Stromdichte nur in Rücksicht auf Erwärmung der Wicklung und nicht auch noch darüber hinaus auf Grund anderer Bedenken zu erfolgen.

Diese Bedenken beziehen sich insofern gleichfalls auf thermische Kurzschlußfolgen, als entflammbare Füllstoffe bei starker Erhitzung gelegentlich Anlaß zu Explosionen und Bränden geben. Das Beste daher ist, auf solche Füllstoffe, wie zum Beispiel Vergußmassen und Isolieröle, überhaupt zu verzichten. Weiterhin können die Stromkräfte ungenügend befestigte Wicklung deformieren und verlagern und die Einführungen sprengen. Schließlich sei noch beachtet, daß die Primärspannung durch hohe Überströme eine beträchtliche Steigerung erfahren kann. Dieser Vorgang ist besonders gefährlich, wenn eine Strom-

Digitized by Google

wandlerform infolge hoher Streuinduktivität schon bei Nennbetrieb eine beträchtliche Primärspannung aufweist.

Für den Bau eines kurzschlußfesten Stromwandlers sind daher als Hauptgesichtspunkte maßgebend:

a) Unverrückbar befestigte Wicklung,
b) Sicherung der Einführungen,
c) reichlicher Leiterquerschnitt, dem Überstrom angepaßt,
d) Vermeidung von Füllmasse und Öl,
e) niedrige Streuinduktivität.

Der in jeder Hinsicht betriebssichere Stromwandler muß im übrigen durch reichliche Isolation zwischen Wicklung und Erde sowie zwischen den Windungen hinreichende Festigkeit gegen Überspannungen aufweisen. Saubere Herstellung, geringes Gewicht und niedriger Preis sind schließlich selbstverständliche Forderungen.

So stand der Konstrukteur des Querloch-Stromwandlers vor einer Fülle von Aufgaben.

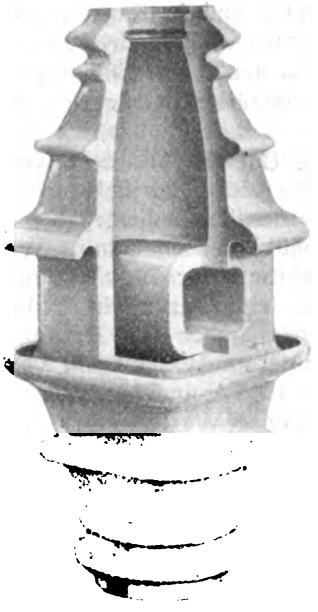


Abb. 1. Aufgeschnittener Querloch-Isolierkörper.

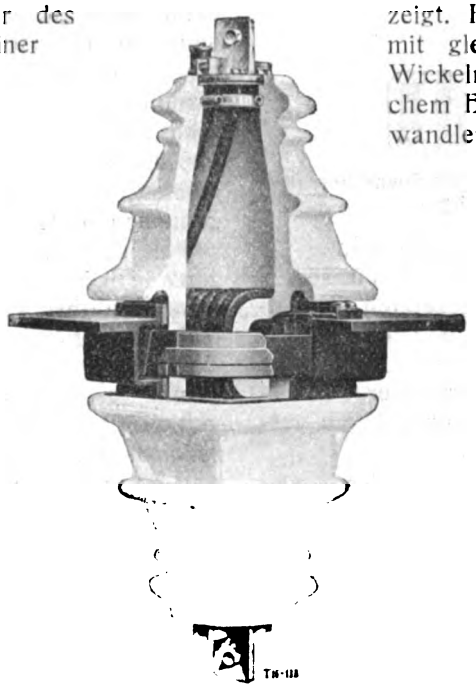


Abb. 2. Querloch-Durchführungsstromwandler.

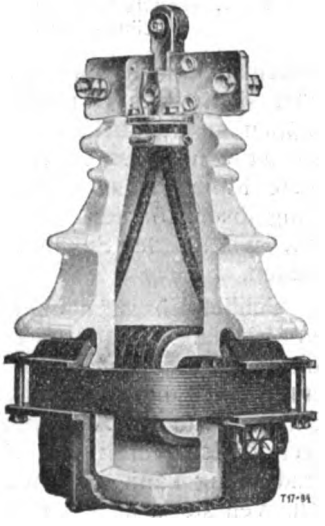


Abb. 3. Querloch-Stützerstromwandler.

Der Querloch-Stromwandler führt bekanntlich seinen Namen nach dem eigenartigen Isolierkörper, der einteilig aus Porzellan hergestellt wird und in seiner geometrischen Gestalt aus zwei einander durchdringenden Zylindern besteht (Abb. 1). Der Hauptzylinder ist für Durchführungswandler (Abb. 2) symmetrisch zur Querebene ausgebildet, mit je einer Öffnung oben und unten. Beim Stützerstromwandler (Abb. 3) erhält der Hauptzylinder einen geschlossenen Boden wie eine Flasche und nur eine einzige Öffnung am oberen Ende. Im Hauptzylinder verbleiben zwischen den Außenwänden des Querrohres und den Innenwänden des Außenrohres zwei schmale Rechtecke, welche den primären Wickelraum bilden. Die Primärwicklung besteht aus biegsamer Kupferlitze, welche um das Querrohr aufgewickelt wird. Im Innern des Querrohres liegt, konzentrisch zur Primärspule, die Sekundärspule. Sie ist auf ein stabiles Hartpapierrohr aufgewickelt, das mit Endscheiben zur Randabstützung der Sekundärwicklung versehen ist. Der Mantelkern ruht mit seinem Mittelschenkel innerhalb der Sekundärwicklung, während die Außenschenkel sich um die Seitenwände des Isolierkörpers legen. Zur Befestigung des Stromwandlers dienen ein Flansch oder ein Gefäß. Die Enden der Primärwicklung sind an Anschlußkappen, die Enden der Sekundärwicklung an eine Klemmleiste geführt.

Die Konstruktion des Stromwandlers nimmt sorgfältig Rücksicht auf Kurzschlußgefahr, die überaus gedrängte Bauart läßt in den Wicklungen nur ein Mindestmaß an Streuung auftreten. Einen Vergleich gerade in dieser Hinsicht mit anderen Bauarten zeigt Abb. 4, welche Schleifenwandler und Querlochwandler in Längs- und Querschnitt zeigt. Beide Formen sind dargestellt mit gleicher Isolationshöhe, gleichem Wickelraum, gleichen Wandstärken, gleichem Eisenquerschnitt. Beim Schleifenwandler bildet in der Tat die Primärwicklung eine umfangreiche Schleife, deren Induktivität beträchtlich ist; wegen des induktiven Spannungsabfalles ist die Primärspannung am Schleifenwandler rund zehnmal höher als am gleichwertigen Querlochwandler.

Für eine Festlegung der Primärwicklung im Querlochwandler sorgt der Porzellanisolator, der die Primärwicklung allseitig umgibt. Die Sekundärwicklung stützt sich andererseits auf die Endscheiben ihres Spulenkörpers. So können die Wicklungen niemals, selbst bei unsymmetrischer Anordnung, durch einen Überstrom in achsialer Richtung verschoben und etwa gegen den Eisenkern gepreßt werden. Ein solcher Vorgang hat schon manchen Topfstromwandler gewöhnlicher Bauart zerstört. Die Enden der Primärwicklung sind an den Kappen des Querlochwandlers mit einer kräf-

Digitized by Google

tigen Kerbverbindung derart fest geklemmt, daß kein Herausreißen möglich ist. Dieser Umstand ist sehr wichtig, weil schlechte Klemmverbindungen bei hohen Strömen zur Entwicklung von Spritzfeuer neigen. Nennenswerte Zugkräfte würden an den primären Wicklungsenden überhaupt nur am Stützermodell auftreten, bei dem die beiden Enden

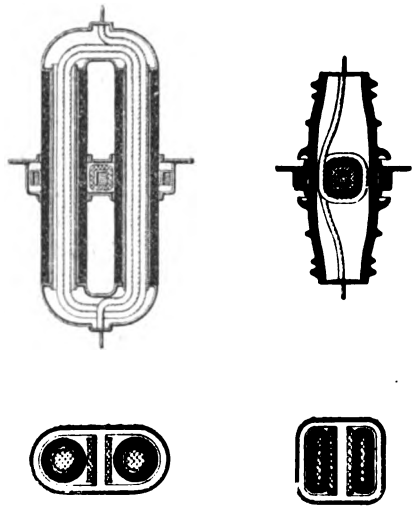


Abb. 4. Schleifenwandler und Querlochwandler in Längs- und Querschnitten.

gemeinsam nach oben an die geteilte Kappe geführt sind. Das Durchführungsmodell mit seinen Kappen an den beiden entgegengesetzten Öffnungen ist von dieser Gefahr so gut wie frei. Angelötete Kabelschuhe, welche sich bei Übererwärmung lösen könnten, sind sowohl auf der Primärseite wie auf der Sekundärseite grundsätzlich vermieden.

Schließlich ist noch eine weitere Festlegung der Wicklungen dadurch erzielt worden, daß sämtliche Hohlräume innerhalb des Stromwandlers mit Sand ausgefüllt sind. So werden bei einem Kurzschluß etwaige Bewegungen der Wicklungen und ihrer Enden durch den Sand aufgefangen. Die Sandfüllung kann ohne weiteres eingebracht werden, weil sie ja nicht zu isolieren braucht. Es wird sogar der Sand im Raume der Primärwicklung durch einen Graphitzusatz schwach leitend gemacht, um das statische Feld im Innern des Wandlers zu vergleichmäßigen. Sonst könnte durch Glimmentladungen und Ozonbildung unmittelbar am Leiter die Baumwollisolation zerstört werden.

Der Isolierkörper trägt außen eine Anzahl umlaufender Rippen. Die unmittelbar am Flansch oder Gefäß liegende Rippe besitzt eine innen metallisierte Hohlkehle und dient zur Unterdrückung vorzeitiger Glimmentladungen an dieser Stelle höchster statischer Feldstärke. Die anderen Rippen vermehren die Festigkeit gegen Hochfrequenz-Überschläge. Übrigens können diese Rippen auch in bekannter Weise vergrößert werden, um den Querlochwandler für Freiluftverwendung einzurichten. Für die Entlastung der Windungsisolation gegen die Überbeanspruchung durch Sprungwellen sorgt ein der Primärwicklung parallel geschalteter Silit-Widerstand.

Der einteilige Querloch-Stromwandler wird von der Firma Koch & Sterzel A.-G., Dresden, als Durchführung mit der Formbezeichnung DIF und als Stützer mit der Formbezeichnung IF gegenwärtig für vier verschiedene Prüfspannungen hergestellt, wie nachstehende Zahlentafel zeigt:

Zahlentafel 1.

Formbezeichnung als Stützer	Formbezeichnung als Durchführung	Freie Isolatorenhöhe mm	Prüfspannung kV gegenwärtig	Prüfspannung kV in Aussicht genommen
IF III	DIF III	135	30	42
IF IV	DIF IV	195	50	64
IF V	DIF V	260	70	86
IF VI	DIF VI	325	100	119

Daneben bestehen noch etliche Modelle für Sonderzwecke. Die in Aussicht genommenen Prüfspannungen entsprechen den geplanten R. E. H./1929 für die Reihen 6 bis 45. Für noch höhere Prüfspannungen kann der einteilige Querloch-Isolator heute noch nicht geliefert werden. Zur Verwendung in Höchstspannungsnetzen werden daher zwei oder drei einteilige Querloch-Stützerstromwandler aufeinander gesetzt und in Kaskade geschaltet. Die Primärwicklung wird nach Belieben für alle Stromstärken zwischen 5 und 800 A ausgeführt; die Sekundärstromstärke beträgt im allgemeinen 5 A.

Es soll nun an einem Beispiel erläutert werden, in wie hohem Maße der Querloch-Stromwandler selbst an außerordentlich schwere Kurzschlußbedingungen angepaßt werden kann. Wir wählen hierzu die Ausführung für 70 kV Prüfspannung. Dieses Modell wird normal in Größe „a" und mit einer Nennstromdichte von 2 A/mm² geliefert. Bei voll ausgenutztem Wickelraum vermag es in Klasse *E* etwa 18 VA und in Klasse *F* etwa 110 VA zu leisten. Diese Werte sind sicher

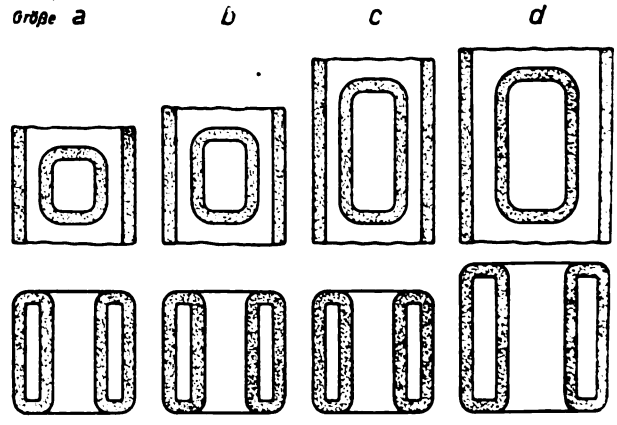


Abb. 5. Mittelteile einer Reihe von Querlochisolierkörpern in Längs- und Querschnitten.

erreichbar; kleine Verschiedenheiten in den Maßen der Porzellankörper gestatten gelegentlich auch etwas höhere Leistungen. Die thermische Kurzschlußsicherheit der normal bemessenen Wicklung wird nach Formel (4) berechnet und ergibt, daß während einer Sekunde das 86·5fache des Nennstromes geführt werden darf. Die mechanische Festigkeit des Wandlers gegenüber Stromkräften ist dabei etwa viermal höher.

Digitized by Google

Schon diese Sicherheit genügt gesteigerten Ansprüchen. Muß mit noch schwereren Beanspruchungen gerechnet werden, so ist die Nennstromdichte herabzusetzen. Daß hierbei die Leistung des Modelles rasch abfällt, zeigt nachstehende Zahlentafel:

Zahlentafel 2.

Form IF/DIF Va Stromdichte	Thermisch zulässiges Vielfaches d. Nennstromes während		Sekundärleistung	
	1 Sekunde	3 Sekunden	Klasse *E*	Klasse *F*
A/mm²			VA	VA
2·0	86·5	50	18	110
1·5	115	67	(10)	52
1·0	173	100	(4·5)	20
0·5	346	200	—	5·5

Da die Klasse *E* eine Mindestleistung von 15 VA bedingt, sind kleinere Werte eingeklammert.

Um den Querloch-Stromwandler auch bei stark verringerter Stromdichte zur Hergabe ausreichender Leistungen einzurichten, sind für jede Prüfspannung noch zwei weitere Modellgrößen „b" und „c" geschaffen worden. Diese unterscheiden sich von Größe „a" lediglich durch gesteigerte Schichthöhe des Eisenkernes. Da bei sehr niedrigen Durchflutungen das Mittel der Eisenvermehrung schließlich kaum noch eine Leistungszunahme bewirkt, ist für eine letzte Größe „d" nicht mehr die Eisenmenge, sondern der Wickelraum vergrößert worden. Dabei ist die Breitenausdehnung des Wandlers bis auf die Maße des Modells für die nächsthöhere Prüfspannung angewachsen. Abb. 5 gibt in Längs- und Querschnitten einen Überblick über die Größenverhältnisse im Mittelteil des Porzellankörpers für die gesamte Reihe „a" bis „d".

Zahlentafel 3.

Dauerkurzschlußstrom . .	$J_d = 10\,000$ A während 3 Sek.	
Erforderlicher Mindest-Leiterquerschnitt . . .	$q = 100$ mm²	
Primärer Nennstrom . . .	$J_n = 100$ A	50 A
Primäre Nennstromdichte .	$i_n =$ 1 A/mm²	0·5 A/mm²
Thermisch zulässiges Vielfaches des Nennstromes	100	200

Form IF/DIF V Größe	Leistung bei $i_n = 1$ A/mm²		Leistung bei $i_n = 0{\cdot}5$ A/mm²	
	Klasse *E*	Klasse *F*	Klasse *E*	Klasse *F*
	VA	VA	VA	VA
a	(4·5)	20	—	5·5
b	16	70	(4·5)	11
c	30	125	(7·5)	22
d	140	720	28	115

Mit dieser Auswahl ist es leicht, die verschiedenartigsten Bedingungen zu erfüllen. Wir wollen beispielsweise einen Dauerkurzschlußstrom von 10 000 A für 3 Sek. annehmen und nun feststellen, welche Leistungen in den verschiedenen Größen bei dieser Beanspruchung zur Verfügung stehen. Dabei möge der primäre Nennstrom 100 bzw. 50 A betragen.

Schließlich wollen wir bei 10 000 A während drei Sekunden und bei einer Sekundärleistung von 30 VA in Klasse *F* feststellen, bis zu welchen primären Nennstromstärken herab die einzelnen Modellgrößen lieferbar sind. Bei dieser Gelegenheit sei auch noch die Proportionalität zwischen Primär- und Sekundärstrom bei Überstrom beachtet. Bekanntlich vermag der Sekundärstrom wegen Übersättigung des Eisenkernes nicht bis zu jeder beliebigen Höhe dem Primärstrom zu folgen. Es möge nun mit „*n*" derjenige Wert des Vielfachen auf der Primärseite bezeichnet sein, bei dem das Übersetzungsverhältnis noch keinen größeren Fehler als 5 vH aufweist. Steigt der Primärstrom weiter an, so nimmt dieser Fehler rasch zu. Für den Betrieb von Selektivschutz-Relais ist die Kenntnis der Zahl „*n*" von großer Bedeutung, da solche Relais nur dann einwandfrei arbeiten können, wenn die Relaisströme auch im Kurzschlußfall ein getreues Abbild der Netzströme sind. Im allgemeinen wird für die Zahl „*n*" der Betrag 10 bis 15 gefordert.

Zahlentafel 4.

Dauerkurzschlußstrom	$J_d = 10\,000$ A während 3 Sekunden
Erfordl. Leiterquerschnitt	$q = 100$ mm²
Verlangte Sekundärleistung . . .	$N = 30$ VA in Klasse *F*

Form IF/DIF V Größe	Nennstrom-dichte	Kleinster zulässiger Nennstrom	Thermisch zulässiges Vielfaches d. Nennstr. während 3 Sekunden	*n*
	A/mm²	A		
a	1·20	120	83	19
b	0·73	73	137	19
c	0·58	58	172	29
d	0·30	30	333	29

Das durchgearbeitete Beispiel zeigt, daß die vorhandene Reihe von Modellen abgestufter Leistungsfähigkeit den verschiedenartigsten Kurzschlußbedingungen gerecht zu werden vermag. Ist erst die voraussichtliche Höhe der größten Beanspruchung ermittelt, so bereitet die Anpassung des Stromwandlers keine Schwierigkeiten mehr.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Kachletstufe bei Passau. Oberbaudirektor Prof. K. Dantscher, München, berichtet, daß die Donau auf der 27 km langen Strecke Hofkirchen—Passau, das Urgestein des Bayrischen Waldes mit einem Gefälle bis zu 2·7 m/km durchbricht[1]). Wurde früher durch Sprengungen eine entsprechende Fahrrinne geschaffen, so genügte dies den steigenden Anforderungen der Schiffahrt bald nicht mehr. Doch erst während des Krieges kam das Kachletproblem in Form einer Überstauung der ganzen Gefällstufe ins Rollen, da die in dieser Stromstrecke vorhandenen 11 m Rohgefälle ausgenützt werden sollten. Die Stauanlage, welche 1922 begonnen, 1927 vollendet wurde, liegt 3·5 km oberhalb Passau. Sie enthält zwei Kammerschleusen von je 230 m Nutzlänge und 24 m Breite, von denen jede einen ganzen Schiffzug, bestehend aus Raddampfer und vier Schleppern zu je 1000 t aufnehmen kann. Diese derzeit größten Schleusen Europas haben am Ober- und Unterhaupt Stemmtore, die wegen ihrer

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 78; 1924, Das El.-Werk, S. 144, 149.

Digitized by Google

Ausmaße mit Schwimmkästen versehen sind. Sie werden, ebenso wie die Füll- und Entleerungsschützen elektrisch betrieben. Das südwärts winkelrecht anschließende Krafthaus, sowie das Stauwehr sind in einer Flucht angeordnet. Das Stauwehr hat eine maximale Hochwassermenge von 6000 m³/s abzuführen und im Winter zeitweilig große Eismassen zu bewältigen. Die sechs Öffnungen haben eine Weite von je 25 m, die Pfeilerstärke beträgt 5 m, das gesamte Wehr ist demnach zwischen den Widerlagern 175 m lang. Jede eiserne Schütze besteht aus einem 8·3 m hohen Unter- und einem 3 m hohen Oberteil, welcher zur Abfuhr kleinerer Hochwässer und zur Eisabfuhr versenkbar ist. Das Krafthaus verarbeitet eine Wassermenge bis zu 700 m³/s, die an rund 130 Tagen jährlich zur Verfügung steht. Das Gefälle schwankt zwischen 9·2 m bei niederstem Wasserstande und nahezu 0 m bei höchstem Hochwasser, es beträgt im Mittel 7·65 m. Die jährlich erzeugbaren 248 Mill. kWh werden in 8 Propellerturbinen[1]) von 7450 bis 9320 PS bei 75 U/min gewonnen. Das Maschinenhaus ist 147 m lang, 15·87 m breit. Die Kühlluft der Generatoren wird oberstrom in Dachhöhe ein- und ausgeführt. Der vorgebaute Einlauf ist 257·6 m lang, 6·5 m tief, er hat 1674 m² Einströmfläche und ist mit einem Feinrechen mit 5 cm Stababstand ausgerüstet. Senkrecht zum Krafthaus ist das Niedervolthaus errichtet, von welchem der Strom über einen die Schleusen überbrückenden Kabelsteg zum Umspannwerk des Bayernwerkes geleitet wird, worin er auf 20 bzw. 100 kV umgeformt wird. Die umfassende Regulierung der verschiedenen Bacheinläufe in der 27 km langen Staustrecke, die Verlängerung der Eisenbahnbrücke über die Donau knapp unterhalb des Kraftwerkes machte umfangreiche Nebenarbeiten erforderlich. β.

(Z. V. D. I., Bd. 72, Nr. 33, 1928.)

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Die Turbinen des 150 000 PS Bhira Kraftwerkes der Tata Power Co. in Indien. Das Werk wurde 1927 auf Grund der Erfolge errichtet, welche mit dem 81 000 PS Khopoli Kraftwerke[2]) und mit dem 90 000 PS Andhra Valley Kraftwerke in Indien gemacht wurden. Es ist an den West Ghats gelegen, besitzt ein Totalgefälle von 519, ein Effektivgefälle von 489 m und erzeugt in 5, im Vollausbau in 6 in einer Achsflucht aufgestellten Maschinensätzen je 30 000 PS. Die sich von 2·14 auf 0·91 m verjüngenden 10 Rohrstränge von 10 bis 19 mm Wandstärke haben eine Länge von je 1·65 km. Das Krafthaus ist 114 m lang, 13 m breit. Druckrohrleitungen und Unterwasserkanal liegen auf der selben Seite des Maschinenhauses. Jede Turbine ist als einstrahlige Zwillings-Freistrahlturbine ausgeführt, deren Laufräder fliegend auf der Generatorwelle sitzen. Die Laufräder haben einen Außendurchmesser von 2·95, einen Strahlkreisdurchmesser von 2·25 m, ihre Drehzahl beträgt 375, ihre Durchgangsdrehzahl 675 U/min. Die 18 Becher jedes Laufrades sitzen reiterförmig auf der Radscheibe, sie werden darauf nur durch eine Durchschraube, dafür aber auch durch gegenseitige Verkeilung gehalten. Zwischen dem gußeisernen Radkasten und der Blechhaube ist ein Blech eingelegt, das mit geringem Spiel das Laufrad umschließt, um die Luftzirkulation zu unterbinden. Der durch einen Rost zugängliche Abfallraum unter der Turbine ist überall mit 10 mm Blech ausgekleidet, der horizontal angeordneten Düse gegenüber aber mit Stahlgußdeflektoren versehen. Die Zulaufrohre zu den Seewer schen Streudüsen von 760 mm Weite sind durch je einen entlasteten Rundschieber, dessen Schlußzeit begrenzt ist, abschaltbar. Beide Düsen eines Maschinensatzes werden durch einen einzigen Regler beherrscht. Die 50 Per/s. 9400 bis 11 000 V Drehstromgeneratoren von 17 500 kW Dauerleistung sind durch 10 h auf 21 000 kW überlastbar. Eine Erprobung bei der Durchgangsdrehzahl zeigte, daß hiefür eine Leistung von etwas über 1000 kW erforderlich ist. Das Schwungmoment beträgt 41 400 kgm², der Rotor wiegt 14, die Welle 20 t. Sie wird in zwei mit zwangläufiger Ölkühlung ausgerüsteten Lagern von 560 mm Bohrung bei 1020 mm Lagerlänge getragen. Die Erregung aller Generatoren wird durch zwei Gleichstrommaschinen von 500 kW bei 190 V und 2600 A besorgt, die durch je eine kleine fliegend angeordnete Freistrahlturbine von 600 U/min getrieben werden. β.

(Engineering, Bd. 125, Nr. 3257 bis 3259, 1928.)

Die Turbinenanlagen Inawashiro in Japan nützen nach J. Moser ein Gefälle von 40·6 und 63·4 m bei einer Wassermenge von 21·3 m³/s aus. Ihre Leistung stellt sich demnach auf 10 000 und 15 000 PS in jeweils drei Einheiten. Die vertikalachsigen Spiralturbinen von 250 U/min haben Prášilsaugrohre, die in starken Betonkegeln verankert sind. Die Spiralgehäuse sind aus Blech, die Stoßstellen der einzelnen Bleche überlascht und zusammengeschweißt. Als Abschlußorgane sind den Turbinen hydraulisch gesteuerte Drosselklappen von 2300 mm, bzw. Kugelschieber von 1800 mm Durchgangsweite vorgeschaltet; jede Einheit besitzt eine eigene Öldruckanlage, die von einer kleinen Freistrahlturbine getrieben wird, doch sind die Windkessel und Ölreservoire mit einander verbunden, so daß im Falle einer Störung ein Regler von den Ölpumpen der beiden anderen beliefert wird. Bei der Anlage mit kleinerem Gefälle sind keine Druckregler vorgesehen. Die Generatoren besitzen Fremderregung, die von einer horizontalachsigen Spiralturbine bezogen wird, die 400 PS bei 720 U/min erzeugt. Diese Turbine ist auf dem Generatorboden aufgestellt. Zur Verringerung der Saughöhe ist hiefür ein Überfallwehr vorgesehen. β.

(Escher-Wyß-Mitteilungen, 1. Jg. Nr. 3, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Eine neue Gleichung für den Entwurf von Gleichstrommaschinen. Von Prof. Claudius Schenfer, Moskau. Bei dem Entwurf von Gleichstrommaschinen geht man von der „Leistungsgleichung" aus:

$$kW = {}^1/_6 \cdot a B_\delta \cdot AS \cdot 10^{-11} \cdot D^2 \cdot L \cdot n.$$

Es gibt bekanntlich Tafeln, wo B_δ und AS in Abhängigkeit vom Durchmesser D aufgetragen sind. Ersetzt man nun diese zwei Kurven durch Gleichungen von der Art

$$B_\delta = a\sqrt{D}, \qquad AS = b\sqrt{D}$$

oder

$$B_\delta = a_1 \sqrt[3]{D}, \qquad AS = b_1 \sqrt[3]{D}$$

oder

$$B_\delta = a_2 \sqrt[4]{D}, \qquad AS = b_2 \sqrt[4]{D}$$

so müssen die Festwerte a, b, a_1, b_1, a_2, b_2 versuchsmäßig ermittelt werden.

Mit dem ersten Gleichungspaar für B_δ und AS, und mit $L = m \cdot a\, \tau_p = m \cdot a \dfrac{D\pi}{2p}$ wird der Durchmesser aus der Leistungsgleichung

$$D = C \cdot \sqrt[4]{\frac{2p \cdot kW}{m \cdot n}},$$

wobei

$$C = \sqrt[4]{\frac{6 \cdot 10^{11}}{\pi \cdot a^2 \cdot a \cdot b}}.$$

Setzt man die Polteilung

$$\tau_p = k \sqrt[\beta]{D},$$

dann wird aus der Geichung

$$2p = \frac{D\pi}{\tau_p}$$

die Polzahl $2p = k' \cdot \sqrt[\gamma]{D}$ und der Ankerdurchmesser

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 681, 717.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 640.

Digitized by Google

wird damit $D = C.\sqrt[\alpha]{\frac{kW}{m.n}}$, wobei α, β, γ Versuchswerte sind.

Nimmt man schließlich noch $m \cong 1$ an, so erhält man eine Gleichung für den Ankerdurchmesser aus Leistung und Drehzahl

$$D = C.\sqrt[\alpha]{\frac{kW}{n}}.$$

Der Verfasser fand für die beiden Festwerte C und α aus einer Reihe von Versuchen die Zahlen

$$C = 100 \div 120 \text{ und } \alpha = 3.$$

Es ergibt sich daher für den Ankerdurchmesser einer Gleichstrommaschine die ungemein einfache Formel

$$D = (100 \div 120)\sqrt[3]{\frac{kW}{n}}.$$

Squz.

(Zeitschrift für theoretische und experimentelle Elektrotechnik, Moskau, Nr. 2, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Über ein Verfahren der Eisenprüfung mit dem magnetischen Spannungsmesser und Messungen an Eiseneinkristallen berichtet W. Wolman. Der von Rogowski[1]) angegebene magnetische Spannungsmesser besteht aus einem flachen biegsamen Solenoid von geringem, gleichbleibenden Querschnitt f und gleichbleibender Windungszahl je cm n. Es ist dann

$$\Phi = 0{\cdot}4\,\pi\, n\,.f.\int_1^2 H.\,ds$$

Der mit den Windungen des magnetischen Spannungsmessers verkettete Gesamtfluß Φ ist also proportional der MMK zwischen den Wicklungsenden. Der magnetischen Spannungsmesser wird in Verbindung mit einem ballistischen Galvanometer verwendet, das beim Umkehren der Feldrichtung ausschlägt. Da die Empfindlichkeit des ballistischen Galvanometers gering ist und bei Drehspuleninstrumenten zwischen 10^{-5} bis 10^{-6} Voltsekunden liegt, ferner die Impulsverstärkung durch einen Röhrenverstärker auf Schwierigkeiten stößt, ist es nötig, die spezifische Windungsdichte und den Querschnitt des magnetischen Spannungsmesser zu erhöhen. Hiemit ist allerdings eine gewisse Einbuße an Meßgenauigkeit und der Verzicht auf die Biegsamkeit verbunden. Der Spannungsmesser wurde daher als fester Halbkreis ausgebildet und mit 10 Drahtlagern aus 0·1 mm starkem Emailledraht bewickelt. Die Abmessungen waren: Spulenbreite 16 mm; Spannweite 30 mm; mittlere Windungszahl je cm Spulenlänge 700; Empfindlichkeit 0·116 AW/cm auf 1 mm Ausschlag bei 1 m Skalenabstand; Meßgenauigkeit etwa 0·5 vH. Beim festen magnetischen Spannungsmesser ist die Feldstärke H_{fe} im Eisenprüfling unter der Voraussetzung ihrer Konstanz zwischen den Endflächen des Spannungsmessers durch die Gleichung

$$\Phi = 0{\cdot}4\,\pi\, n\,.f.H.L$$

gegeben, worin L die Spannweite des magnetischen Spannungmessers bezeichnet. Es ist also

$$H = \Phi/0{\cdot}4\,\pi\, n\,.f.L,$$

wobei sich der Fluß Φ in bekannter Weise aus dem Ausschlage des ballistischen Galvanometers ergibt. Die Eichung des magnetischen Spannungsmessers kann erfolgen: 1. im homogenen bekannten Feld einer langen Spule (konstantes $H = 0{\cdot}4\,.W\,.J/l$); 2. im Felde eines oder mehrerer in der Ebene der Endfläche des magnetischen Spannungsmessers liegenden geraden Drähte (Flachspule von der Windungszahl W; $H\,.ds = J\,.W/2$); 3. indem man seine Mitte mit einer stromführenden Wicklung von bekannter Windungszahl W umgibt und seine Endflächen auf einen Flacheisenstab von vernachlässigbarem magnetischen Widerstande aufsetzt ($H\,.ds = J\,.W$). Die drei Eichverfahren zeigen große Unterschiede im Flußlinienverlauf, sie liefern daher auch, wenn sie nacheinander angewendet werden, Angaben über die zu erwartende Meßgenauigkeit. Bei der Durchführung des dritten Verfahrens betrug der Anteil des Eisens am $\int H\,.ds$ immerhin noch 1 vH, wurde jedoch entsprechend berücksichtigt. Bei der praktischen Erprobung wurden Flacheisenstäbe oder Blechstreifen auf die ebenen Pole eines starken U-förmigen Joches aufgelegt, auf dessen Mittelstück sich die Magnetisierungsspule befand. Der magnetische Spannungsmesser wurde in der Mitte des Blechstreifens aufgesetzt, der zwischen den Endflächen des Spannungsmessers eine kleine, mit einem zweiten ballistischen Galvanometer verbundene Induktionsspule turg. Es wurden die Ausschläge beider Galvanometer bei der zyklischen Umkehrung des Magnetisierungsstromes beobachtet. In anderen Fällen wurde der Blechstreifen in das Feld einer langen, im übrigen eisenfreien Magnetisierungsspule gebracht. Beide Magnetisierungsarten liefern nach den älteren Verfahren wegen des verschiedenen Endeneinflusses verschieden gescherte Hysteresisschleifen; verwendet man aber zur magnetischen Feldstärkemessung den magnetischen Spannungsmesser, so erhält man in beiden Fällen dieselbe Hysteresisschleife. Koerzitivkraft und Remanenz können unmittelbar und dadurch genauer gemessen werden. Zur Messung der ersteren wurde eine Schaltung angewendet, die den magnetisierenden Strom so steuert, daß zuerst ein schwacher, der Koerzitivkraft entsprechender Strom besteht, dann auf kurze Zeit ein starker Strom eingeschaltet und dann der schwache Strom kommutiert wird. Der starke Strom wird auf die gewünschte Höchstfeldstärke, der schwache dagegen so eingestellt, daß die Induktionsspule $\int dB = 0$ anzeigt. Dann liefert der magnetische Spanungsmesser $\int dH$, das ist die doppelte Koerzitivkraft. Ähnlich wird zur Messung der Remanenz ein schwacher, voreingeschalteter Strom kommutiert und dazwischen kurze Zeit ein starker Strom eingeschaltet. Der schwache Strom wird so eingestellt, daß $\int dH = 0$ ist. Dann ist $\int dB = 2\,B_{rem}$.

Der magnetische Spannungsmesser hat in der vorliegenden Form als Eisenprüfgerät bezüglich Handlichkeit, Unempfindlichkeit gegen Störungen, Benützung beliebig geformter Proben den Anforderungen weitgehend genügt und die Genauigkeit eines wissenschaftlichen Meßgerätes gezeigt. Er wurde auch zur Untersuchung von Eiseneinkristallen, die Prof. Dr. Ing. P. Oberhoffer beistellte, verwendet. Die chemische Analyse des Ausgangseisens zeigte

Gehalt an	C	Mn	Si	P	S
in vH	0·10	0·47	0·01	0·022	0·044.

Das Eisen wurde bei 950° zur Erreichung einer günstigen Korngröße und zur Entfernung des Kohlenstoffes 48 Stunden lang geglüht, dann um 3·5 vH deformiert und schließlich durch 72-stündiges Glühen bei 880° in einen Einkristall von den Abmessungen 130 × 16 × 2 mm übergeführt. Die Hysteresisschleife zeichnet sich gegenüber dem Vielkristall durch geringere Steilheit aus. Die Koerzitivkraft ist halb so groß, die wahre Remanenz ein kleiner Bruchteil jener des Vielkristalls; auch die Ummagnetisierungsarbeit ist bedeutend geringer. Die Breite der Hysteresisschleife nahm mit der Raschheit der Feldänderung ab, so daß die Koerzitivkraft von 0·7 auf < 0·05 Gauß sank. Ähnliches wurde übrigens auch an dickeren Proben gewöhnlichen Handelseisens beobachtet. Bei den Versuchen sind elektrische Schwingungen in der Magnetisierungsspule oder mechanische im Prüfling wegen ihrer entmagnetisierenden Wirkung zu vermeiden. Man schaltet das Feld am besten durch Überbrückung der Magnetisierungsspule mit einem induktionsfreien Widerstande. In diesem Falle konnten mit einem Schleifenoszillographen elektrische Schwingungen nicht mehr nachgewiesen werden. Es wurden auch Versuche über den Einfluß von Zug-, Druck- und Biegungs-

[1]) D. R. P. Nr. 269 257. Vgl. a. E. u. M. 1912, S. 904.

Digitized by Google

beanspruchungen auf die Magnetisierungskurve und Hysteresisschleife angestellt. Zugbeanspruchungen vermindern die Induktion bei geringen und erhöhen sie bei höheren Feldstärken. Druck- und Biegungsbeanspruchungen vermindern sie bei allen Feldstärken ungefähr proportional der Beanspruchung. Die beiden Äste der Hysteresisschleife verlaufen bei elastisch deformierten Einkristallen mit größerer Neigung gegen die Achse der magnetischen Induktion, auch erscheint die Schleifenbreite etwas vergrößert. Als Vergleich kommen nur analoge Messungen von Gerlach[1]) in Frage, die im wesentlichen mit den beschriebenen übereinstimmen. Dagegen wurde die von Gerlach beobachtete Zusammensetzung der Hysteresisschleifen aus geradlinigen Stücken, die in Knickstellen aneinanderstoßen, nicht bemerkt. (Die bei elastischer Formänderung aufgenommene Hysteresisschleife zeigt aber doch ganz deutlich einen derartigen Verlauf, wenn auch die Knickstellen etwas abgerundet erscheinen. D. Ber.) Der Eiseneinkristall hat allerdings die Erwartungen, die man vielleicht anfangs auf seine elektrotechnische Anwendbarkeit gesetzt hat, nicht erfüllt. R. H.

(Arch. f. Elektrot., Bd. XIX, H. 3, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Über die Stabilität von Starkstromkabeln[2]). M. Höchstädter und R. Barrat. Durch die am Kupferleiter und im Isoliermaterial während des Betriebes erzeugte Wärme dehnen sich die einzelnen Teile des Kabels. Bezeichnet man mit I den Strom, welcher durch den Leiter eines Einleiterkabels fließt, mit R den Widerstand der Längeneinheit, mit K die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Isoliermaterials, mit Θ die Temperatur, mit r den Radius im Aufpunkt, dann gilt als Wärmeleitungsgleichung:

$$R I^2 = K . 2\pi r \frac{d\Theta}{dr}.$$

Integriert gibt dies als Temperaturdifferenz irgend eines Punktes gegen den Leiter

$$\Theta_r^{r_1} = \frac{R . I^2}{2\pi K} \ln \frac{r}{r_1}$$

oder zwischen Kupfer und Blei

$$\Theta_{r_2}^{r_1} = \frac{R . I^2}{2\pi K} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

und daher als Temperaturerhöhung des Aufpunktes gegen Blei

$$\Theta_{r_2}^{r_1} = \frac{R . I^2}{2\pi K} \left[\ln \frac{r_2}{r_1} - \ln \frac{r}{r_1} \right],$$

wenn r_1 der Radius über Kupfer und r_2 der Radius unter Blei ist. Unter dem Einfluß dieser Temperaturerhöhungen dehnt sich das auf Längeneinheit zwischen dem Radius r und $r + dr$ enthaltene zylindrische Volumelement

$$dv = 2\pi r dr \text{ auf } dv' = 2\pi r dr \left(1 + d\Theta_{r_2}^{r}\right),$$

wenn α der lineare Ausdehnungskoeffizient des imprägnierten Papieres ist und zunächst angenommen wird, daß der Bleimantel auf konstanter Temperatur bleibt. Dies gibt eine Volumsänderung der Kabelseele (je Längeneinheit) um

$$\Delta V' = \int_{r_1}^{r_2} \alpha \frac{R I^2}{K} r \left[\ln \frac{r_2}{r_1} - \ln \frac{r}{r_1} \right] dr =$$

$$= \frac{\alpha R I^2}{4K} \left[(r_2^2 - r_1^2) - 2 \ln \frac{r_2}{r_1} r_1^2 \right],$$

wie man durch Integration des ersten Gliedes und durch partielle Integration des zweiten findet und wobei in Übereinstimmung mit der Erfahrung vorausgesetzt wird, daß die Ausdehnung des Kupferleiters vernachlässigbar ist. In allgemeinen Fällen wird nun der Bleimantel selbst nicht konstante Temperatur behalten, sondern der äußere Wärmewiderstand R_s des Kabels wird eine Temperaturerhöhung des Bleimantels von $\Theta_s = R I^2 . R_s$ erzeugen, wodurch das Volumen der Kabelseele weiter gedehnt wird, und zwar um

$$\Delta V_1' = \alpha \pi (r_2^2 - r_1^2) \Theta_s;$$

dies gibt eine totale relative Volumsvergrößerung von

$$\frac{V' - V}{V + V_{cu}} = \frac{\Delta V' + \Delta V_1'}{V + V_{cu}} = \frac{\Delta V}{V + V_{cu}},$$

die sich in einer relativen Vergrößerung δ des äußeren Radius der Kabelseele ausdrückt

$$\delta = \frac{r_2' - r_2}{r_2} = \frac{\sqrt{V'} - \sqrt{V}}{\sqrt{V}} = \sqrt{1 + \frac{\Delta V}{V}} - 1.$$

Die Größe δ gibt zugleich auch die Verlängerung an, welche die äußersten Papierfasern der Isolation beim Ausdehnen des Kabels erfahren. Soll die Papierisolation keine Schädigung erfahren, dann muß nach der Annahme der Autoren diese Verlängerung immer innerhalb der elastischen Dehnungsgrenze des Papiers bleiben. Beim frischen (nicht imprägnierten) Papierband würde diese Dehnung wohl etwa 2 vH betragen; da aber das Papier beim Aufbringen auf den Leiter (plattieren) gedehnt wird, wird angenommen, daß δ nicht größer als 0·01 werden darf, wodurch die Temperaturgrenze festgelegt wird, über welche hinaus das Kabel niemals dauernd erwärmt werden darf.

Ausgeführte praktische Erwärmungsversuche zeigen, daß berechnete und ermittelte Volumsausdehnung gut übereinstimmen, ferner zeigt sich, daß der Bleimantel sehr bald über seine Elastizitätsgrenze hinaus gedehnt wird und beim Abkühlen Hohlräume zwischen Bleimantel und Isolation bestehen bleiben, was man an dem Herabdrücken der Ionisierungsspannung merkt. Verlustkurven an Kabeln mit metallisierten Adern zeigen völlige Konstanz auch nach dem Abkühlen, was darauf schließen läßt, daß das metallisierte Papier die Wärmebewegung des Dielektrikums bis zu 50° Erwärmung vollkommen getreu mitmacht. Für derartige Kabel besteht demnach keinerlei Gefahr der Ionisierung durch Erwärmen und nachheriges Abkühlen.

Dr. Konst.

(Revue Gén. de l'El., Bd. 22, Nr. 26, 1927.)

Bleimantel für Kabel. Um den Bleimantel von Telephonkabeln, dort wo die Kabel großen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, widerstandsfähiger zu machen, z. B. bei sogenannten Einziehkabeln, wird der Bleimantel seit mehr als 25 Jahren nicht aus reinem Blei, sondern aus einer Blei-Zinn-Legierung hergestellt. Um das teuere Zinn zu ersetzen, sind schon lange Bestrebungen im Gange andere Legierungen zu verwenden, unter welchen sich bisher die Blei-Antimon-Legierung am besten bewährt hat, welche aus reinem Blei mit einem Zusatz von 1 vH Antimon besteht.[1]) Die erhöhte mechanische Festigkeit dieser Legierung erklärt sich daraus, daß der Bleimantel aus dieser Antimon-Blei-Legierung, wie jedes andere Metall, aus einzelnen größeren Kriställchen besteht, zwischen welche kleinere Kriställchen als „Kitt" eingeschoben sind. Im vorliegenden Falle bestehen die großen Kristalle aus nahezu reinem Blei, während der Kitt aus Antimon-Kriställchen besteht. Dies hängt damit zusammen, daß bei hohen Temperaturen, etwa bei 250° C, das Blei mehr als 2 vH an Antimon aufzunehmen vermag, während bei normalen Temperaturen ein Antimongehalt von nur 0·25 vH im Gleichgewicht mit dem Blei ist. Beim Abkühlen während des Pressens wird ein Großteil des Antimongehaltes ausgeschieden, und zwar in Form ganz kleiner Kriställchen. Da die Festigkeit im allgemeinen um so höher ist, je kleiner die Kriställchen sind, würde dies bereits eine Verfestigung gegenüber dem reinen Blei verstehen lassen. Die tatsächlich gefundene Erhöhung an Festigkeit ist aber viel größer als dies auf Grund des geringen Gehaltes an diesen kleinen Antimon-Kriställchen erwartet werden könnte. Man nimmt daher an, daß die Antimon-Kriställchen das Aneinandervorbeigleiten der größeren Bleikristalle in erhöhtem Maße verhindern. In einem Aufsatz von P. Dunsheath und H. A. Tunstall[2]) werden diese Tatsachen und noch einige

[1]) Z. f. Physik, 38, S. 828, 1926.

[2]) Vgl. Planer, Heft 38 d. J., S. 926 ff.

[1] Schumacher, Telephony, 93, 11, 1927, S. 17.

[2]) Journal I. E. E. London, Bd. 66, März 1928.

Digitized by Google

weitere an Hand von Ätzungsfiguren und sonstigen Photographien erörtert. Insbesondere wird gezeigt, daß der Vorgang des Zerreissens bei rascher Steigerung der Last, so vor sich geht, daß die einzelnen Kristalle des Bleimantels zerissen wurden, während der Bruch durch Ermüdung dadurch eintritt, daß die Kristalle in ihrer natürlichen Trennfläche auseinandergerissen werden. Die weitverbreitete Ansicht, daß der Bleimantel durch Vibrationen oder sonstige Ermüdungsvorgänge „auskristallisiert" ist falsch. An dem Gefügezustande und an der Größe der Kristallbausteine ändert der Ermüdungsvorgang nichts, er lockert bloß die Festigkeit der Grenzschichte zwischen den Kristallen. Die Größe der Kristalle und damit die Reißfestigkeit des Bleimantels hängt vom Temperaturvorgange beim Anspressen, aber auch von den mechanischen Beanspruchungen, welche dabei auftreten, ab. Die Korrosion von Bleimänteln wird durch nachfolgende Faktoren beeinflußt[1]): Zugbeanspruchung, wiederholte Deformation, rasch wechselnde Beanspruchung durch Vibration, Temperatur und chemische Reagenzien. In den praktisch vorkommenden Fällen tritt niemals nur der eine oder der andere Faktor auf, sondern stets eine Reihe von ihnen gleichzeitig, wie dies an Hand einer Reihe von interessanten Bespielen gezeigt wird, von welchen nur das eine Erwähnung finden möge, nach welchem der Lärm, welchen in Wasser geblasener Dampf verursacht, die Ursache von Zerstörungserscheinungen an in nächster Nähe unter Wasser verlegten Bleikabeln sein kann. Korrosionen aus mechanischen Gründen lassen sich am ehesten so vermeiden, daß während des Transportes und während des Verlegens jede unnötige Beanspruchung des Bleimantels vermieden wird und darauf geachtet wird, daß der Bleimantel im verlegten Zustande keiner Zugbeanspruchung unterworfen und womöglich auch nicht zu Schwingungen angeregt wird. Beides läßt sich oft durch einfache Maßnahmen, wie z. B. durch die Art der Befestigung am Tragseil, leicht erreichen. Eine andere Methode ist bekanntlich die, nicht reines Blei, sondern Bleilegierungen für Bleimäntel zu wählen. Neben den üblichen Legierungen von 97 vH Blei und 3 vH Zinn einerseits und von 99 vH Blei und 1vH Antimon andererseits sind eine Reihe von anderen, unter Verwendung von Kadmium, Mangan, Kupfer, Wismut usw. geschützt worden, unter welchen jedoch zwei hervorgehoben werden, welche von der British Non-Ferrous Metall Research Association gefunden wurden; ihre Zusammenlautet: 98·25 vH Blei, 0·25 vH Kadmium, 1·5 vH Zinn, bzw. 99·25 vH Blei, 0·25 vH Kadmium und 0·5 vH Antimon. Die Versuche der Verfasser konnten die bedeutend (drei- bis viermal) erhöhte Festigkeit dieser Legierungen gegen Erschütterungen bestätigen. Schließlich werden Fehler untersucht, die sich beim Vorgang des Bleipressens ergeben können. Diese gehen darauf zurück, daß das Blei nicht immer ganz rein ist, und beim Nachfüllen die Grenzschichte zwischen altem und neuhinzugekommenen Blei nicht immer tadellos miteinander verschmilzt. Solche Ursachen führen einerseits zu Longitudinalspalten im Bleimantel, die jedoch, wie bekannt, nicht schon gelegentlich des Auspreßvorganges vorhanden sein müssen, sondern zum Beispiel erst gelegentlich der Verlegung sichtbar werden können. Eine andere Folge von Verunreinigungen oder schlechten Verschmelzungen sind die blätterigen oder blasigen Stellen, welche hie und da bei Bleimänteln auftreten. Um derartige schwache Verbindungsstellen zu vermeiden, wurde eine besondere Bleipresse konstruiert. Bei den heute üblichen Pressen wird das geschmolzene Blei in einen oder zwei Hohlzylinder eingefüllt, und sodann durch Druckzylinder um Matrize und Patrize herumgepreßt, das heißt es werden die Verbindungsstellen oder die Verbandstellen am nicht mehr flüssigen Blei erzielt. Die neue Presse enthält als „Druckzylinder" einen zum Kabel koaxialen Zylinder kreisförmigen Querschnittes, so daß der ringförmige Querschnitt des Bleimantels schon beim Eingießen erzielt wird, und nicht erst durch die Arbeit der Druckkolben. Das Bleirohr wird dann im wahrsten Sinne des Wortes um das Kabel herum herausgepreßt.

Interessante Mitteilungen über die Korrosion macht auch Schwarz[1]). Unter den Korrosionsursachen, welche von den im Obigen angegebenen abweichen, sei noch die genannt, daß gewisse in Spuren vorhandene „Impfstoffe" zunächst zur lokalen Bleiweißbildung führen, und dann durch Ausbreitung das ganze Rohr zum Zerfall bringen können. Dieser Autor neigt auf Grund seiner Beobachtungen zu der Ansicht, daß sehr reines Blei ungünstig ist, weil es an sich leicht zu Zerfallerscheinungen neigt, daß also einfach raffiniertes Blei besser ist als Blei von höherer Reinheit.

Konst.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 603; 1926, S. 64; 1927, S. 549; 1928, S. 868.

[1]) Korrosion und Metallschutz. 4. Jänner 1928, S. 1.

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Elektrische Rangierlokomotive für Einphasen-Wechselstrom, 3000 V, 50 Per/s. W. Becker beschreibt eine größere Lokomotive. die nach dem von Schön und Punga angegebenen Einphasenbahnsystem Krupp gebaut wurde. Die normalspurige Lokomotive, die für eine Braunkohlengrube als Verschubmaschine bestimmt ist, besitzt 4 Triebachsen und hat ein Gesamtgewicht von 48 t. Sie ist mit 2 Triebmotoren von je 320 PS Einstundenleistung ausgerüstet, die eine gesamte Anfahrzugkraft von rund 16 000 kg ausüben können. Die Motoren sind beide 8-polig, und zwar ist der eine ein Einphasenmotor System Krupp, der andere dagegen ein normaler Drehstrommotor. Es sind 2 Geschwindigkeitsstufen vorgesehen, entsprechend 6 und 12 km/h Fahrgeschwindigkeit; auf der ersten Stufe arbeitet der Drehstrommotor mit dem Einphasenmotor in Kaskade, auf der zweiten Stufe der Einphasenmotor allein. Die beiden Triebmotoren sind direkt miteinander gekuppelt und, mit der Achse in der Fahrtrichtung, halbhoch fest im Rahmen gelagert. Der Führerstand ist über den Motoren (entsprechend hoch) angeordnet, so daß auch ein guter Ausblick über die beidseitigen Vorbauten sich ergibt. Die Motoren treiben über eine elastische Kupplung und ein aus einem Kegelrad- und einem Stirnradvorgelege gebildetes Getriebe eine Blindwelle an. Von dieser, die an einem Lokomotivende gelegen ist, geht der Antrieb über schiefliegende Triebstangen zur zweiten der 4 Triebachsen, die ihrerseits alle durch Kuppelstangen verbunden sind.

Die elektrische Ausrüstung der Lokomotive entspricht im wesentlichen den Veröffentlichungen, die bereits über dieses System erfolgt sind[2]). Die Fahrdrahtspannung von 3000 V wird in einem Öltransformator auf die Motorregelspannung von 600 V herabtransformiert. Um die Motorleistung erforderlichenfalls kurzzeitig steigern zu können, ist durch einen Druckknopfschalter die Erhöhung der Motorspannung auf 720 V möglich. Die Steuerung geschieht mittels elektromagnetischer (ein- und mehrpoliger) Schützen. Den Erregerstrom für diese liefert ein Umformeraggregat auf Gleichstrom, das auch die Erregung des Zwischenrotors besorgt. Die Umschaltung von Vorwärts- auf Rückwärtsfahrt erfolgt (als Fortschritt gegenüber früheren Ausführungen, Anm. d. Ber.) in der Weise, daß bei weiterlaufendem Zwischenrotor die einphasige Motorspeisung vom Stator auf den Rotor des Einphasenmotors verlegt wird. Zum Anfahren dient ein Wasserwiderstand mit pyramidenförmig ausgebildeten Elektroden, die von einem Handrad mittels Kette gesenkt, bzw. gehoben werden können. Der Widerstand erhält Umlaufkühlung. Die Hilfsbetriebsmotoren der Lokomotive sind Drehstrommotoren, die in Verbindung mit dem für sie als Phasenspalter wirkenden Einphasentriebmotor der Lokomotive angeschlossen sind. Die Erprobung der Lokomotive auf einer Versuchsstrecke bei Krupp hat günstige Ergebnisse gezeitigt.

B. G.

(Kruppsche Monatshefte, 9. Jahrgang, März 1928.)

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 778 ff. und 1927, S. 901 ff.

Digitized by Google

Neue Triebwagen mit Schützensteuerung und selbsttätiger Bremse für die Berliner Straßenbahn. Ob.-Ing. E. Kindler beschreibt die 300 neuen Triebwagen, die als eiserne zweiachsige Mittelflurwagen ohne Laufgestell ausgeführt werden. Sie sind 11·2 m über die Stirnwände lang mit 3·5 m Radstand. Ein Drehgestellwagen könnte mit Rücksicht auf die Gleisverhältnisse nur um 50 cm länger sein und hätte ein Gewicht von rd. 220 kg je Fahrgast, während die neuen Wagen nur 170 kg je Fahrgast wiegen. Dabei kann der Raddurchmesser 670 mm betragen und ist der 2achsige Wagen auch billiger in Anschaffung und Betrieb. Sein ruhiger Lauf wird durch Rollenlager und lange Blattfedern bei niedriger Schwerpunktslage erreicht. Der Normalzug besteht aus 3 Triebwagen, die über den Stromabnehmer des führenden Wagens gespeist werden. Der Steuerkontroller ist nur 380 mm hoch und kann in den nicht benutzten Führerständen durch Sitzbänke überdeckt werden. Der führende Wagen hat 31 Sitze und 38 Stehplätze, die Beiwagen 34 Sitze und 41 Stehplätze. Die Grundrahmen der Wagen sind mit Rücksicht auf Zusammenstöße zum Teil aus Siliciumstahl von 48 kg Zugfestigkeit bei 20 v. H. Dehnung gebaut. Die Außenhaut der Kasten ist 1·55 mm starkes Tiefziehblech, das für Spritzlackierung ohne Spachtelung geeignet ist. Die Einzelteile des Wagens sind weitgehend vereinheitlicht. Das Gewicht beträgt leer 12 t. Sämtliche Zugstüren können mittels Zugmagneten von einer Stelle aus in 3 s geschlossen werden. Durch Druck auf den Türgriff kann jede Türe für sich entriegelt und geöffnet werden.

Die elektrische Ausrüstung umfaßt 2 Motoren mit Eigenlüftung von 40 kW Stundenleistung bei 550 V, 800 U/min von 1000 kg Gewicht. Die Übersetzung ist 1 : 4·92. Auf dem kollektorseitigen Wellenende sitzt eine polierte Stahlscheibe von 320 mm Dchm., auf der eine mechanisch betätigte Zangenbremse angreift. Die Steuerkontroller betätigen die 14 Schützen, die Fahrtwender und die Fahrt-Brems-Umschalter. Jeder Wagen hat Trennschalter für die Motoren und für die Steuerung. Die Sandstreuer der jeweils ersten Achsen, die Türverschlüsse und die selbsttätige Bremse werden ebenfalls über durchgehende Leitungen betätigt. Die Signalglocke betätigt ein Lichtsignal im Führerstand. Betriebsmäßig wird mit Kurzschluß elektrisch gebremst und bei Notbremsung gesandet. Die Handbremse wirkt als Zangenbremse. Ihre Betätigung ist so leicht, daß ein Hebel wie bei einem Auto genügt. Auf ihr Gestänge wirkt federnd eine selbsttätige Bremse, die elektrisch ausgelöst wird durch Unterbrechung des Steuerstroms infolge Entgleisung der Rolle, oder Ausbleibens der Netzspannung oder durch Ziehen eines Notschalters im Zug, oder wenn der Bremsstrom nach Beendigung einer betriebsmäßigen Bremsung abgeklungen ist. Beim Halten des Zuges ist der Steuerstrom ausgeschaltet und die Bremse angezogen. Bei Zugstrennung hält sie die abgetrennten Wagen. Vor der Abfahrt ist durch einen Schalter ein Relais zu betätigen, das durch einen Zugmagneten die Ankerbremse löst und gleichzeitig die Feder der Bremse spannt, die sodann durch einen Riegel gehalten wird. Die Stromunterbrechung öffnet den Riegel. Das Ansprechen der Bremse wird durch eine Meldelampe an jedem Führerstand angezeigt. Der Lösekontakt beim Führer ist mit em Türverschluß, dem Sandstreuer und den Signalglocken verbunden. Wl.

(Verkehrstechnik, Heft 18 a, 1928.)

Energiewirtschaft.

Die Spaltung der Energieerzeugung. Von Dr. M. Seidner. Um die Spitzendeckungsfrage für ein Versorgungsgebiet entscheiden zu können, ist es notwendig, jene Linie zu finden, welche die Belastungskurve wirtschaftlich in Spitzen- und Grundbelastung teilt, mit anderen Worten festzustellen, was überhaupt als Spitze anzusehen ist. Um diese Aufgabe zu lösen, empfiehlt es sich, die Dauerbelastungskurve des Kraftwerkes aufzustellen, indem man als Abszissen die Benutzungsstunden, als Ordinaten die Belastungen aufträgt. Man erhält so eine Kurve, die zeigt, durch wieviel Stunden im Jahre das Kraftwerk mit einer bestimmten Leistung beansprucht war. Teilt man die Dauerbelastungskurve eines beispielweise angenommenen Kraftwerkes von 20 000 kW Höchstbelastung in zwei gleiche Teile von je 10 000 kW, so erhält man für die eine Maschinengruppe eine Benutzungsdauer von nur rund 1700 Stunden, während die andere durchläuft. Die Leerlaufverluste der Kessel der ersten Gruppe verteuern die Kosten für die Spitzen-kW auf das vierfache jenes Betrages, der sich aus der gleichmäßigen Benutzung beider Maschinengruppen ergeben würde. Die volle Ausnutzung der zweiten Maschinengruppe ergibt hingegen eine Ermäßigung um 25 vH gegenüber dem vergleichmäßigten Betrieb. Diese Spaltung der Energie übt aber auch einen wesentlichen Einfluß auf allfällige Fernübertragungskosten aus, die sich für die Grundbelastung um 45 vH gegenüber dem völlig vergleichmäßigten Betrieb erniedrigen, bei der Spitzenenergie auf das sechsfache erhöhen. Es wird sich daher eine Spaltung (räumliche oder auch örtliche Trennung) der Energieerzeugung in Spitzen- und Grundlasterzeugung zur Verbilligung des Betriebes empfehlen.

Welchen Einfluß diese Spaltung auf die Erzeugungskosten hat, zeigen noch folgende Zahlen: in einem Dampfkraftwerk betragen bei reiner Grundstromerzeugung die Anteile der Heizkosten 48, der Kapitalskosten 36 vH der Gesamtauslagen, bei reiner Spitzenerzeugung (1700 Stunden) 65 vH und 22 vH. Nimmt man nun an, daß die gesamte Energie in einem einzigen teueren, aber sehr wirtschaftlich arbeitenden Kraftwerk erzeugt wird, so ermäßigen sich die Kosten je kWh gegenüber der Erzeugung in einem gewöhnlichen Dampfkraftwerk um 4·6 vH, erzeugt man aber die Grund- und Spitzenbelastung in zwei gesonderten, ihren Bestimmungen angepaßten Werken, so erhöht sich die Ersparnis auf 9·7 vH. Diesen Berechnungen ist ein Kohlenpreis von 2·8 Pf/10 000 WE und eine Verzinsung usw. von 8 vH zugrundegelegt. Grundenergien können somit auf weite Entfernungen übertragen. Spitzenenergien sollen dagegen im Verbraucherschwerpunkt erzeugt werden. Es stellt sich weiters heraus, daß hochthermische Kraftwerke bei der Aufstellung in den Verbrauchsschwerpunkten eine größere Wirtschaftlichkeit als bei jener auf den Kohlengruben erzielen. Die Ersparnisse sinken, wenn der Kohlenpreis sinkt, sie erhöhen sich zugunsten des hochthermischen Werkes, wenn sich der Zinsfuß erniedrigt. In einem Lande mit niedrigem Zinsfuß und hohen Kohlenpreisen, wie Amerika, wird sich daher die laufende Erneuerung der Anlagen empfehlen, in kapitalsarmen, aber kohlenreichen Ländern, wie in Europa, sollten eher Spitzenkraftwerke errichtet als alte Anlagen ersetzt werden.

An dem angeführten Beispiel wird nun weiters nachgerechnet, wie sich die Erzeugungskosten stellen, wenn Grund- und Spitzenerzeugung örtlich getrennt, und wenn beide Werke am selben Ort errichtet sind, und zwar entweder auf der Grube oder im Verbrauchspunkt. Es zeigt sich, daß dem Spitzenkraftwerk umso größere Belastung zugeteilt werden soll, je niedriger die Errichtungskosten des Spitzenkraftwerkes gegenüber denen des Grundkraftwerkes sind. Was die zahlenmäßigen Angaben betrifft, so stellen sich, wenn man die Gestehungskosten der auf der Grube erzeugten Energie mit 100 vH annimmt, die entsprechenden Kosten der am Verbrauchsort erzeugten Energie gleichfalls auf 100 vH, was dadurch zustande kommt, daß sich die geringeren Errichtungskosten des Werkes auf der Grube gegen die Fortleitungskosten wieder ausgleichen. Bei Aufteilung der Erzeugung auf Grund- und Spitzenwerk auf der Grube ergeben sich 95 bis 98 vH, bei derselben Aufteilung — die Erzeugung aber im Verbrauchsort — 97 bis 99 vH: bei örtlich getrennten Grund- und Spitzenwerken, und zwar, wenn das Grundwerk auf der Grube, das Spitzenwerk am Verbrauchsort liegt 84 bis 96 vH, je nach Art des Spitzenwerkes, wobei der höhere Wert für Dieselanlagen, der niedrigere für die Benützung von bestehenden Dampfkraftwerken oder für Pumpenspeicherwerke gilt. Wenn das Grundwerk im Verbrauchsort, das Spitzenwerk jedoch weit weg liegt, so betragen die Kosten 103 vH. V. H.

(ETZ, Bd. 49, Heft 17, 1928.)

Digitized by Google

Preise der elektrischen Energie in Italien. Von amtlicher Seite (Servizio idografico, sezione III del consilio superiore dei lavori pubblici) wurde in Italien sowohl für öffentliche als auch für private Beleuchtungszwecke und für Kraftstrom der Mittelwert des Strompreises in Lire pro kWh ermittelt. Letzterer wurde für eine mittlere Installation von 30 kW und eine Benützungsdauer von 2000 und 800 Stunden angegeben.

Provinz	Lichtstrom öffentlich	Lichtstrom privat	Kraftstrom (30 kW) 2000 Betriebst.	Kraftstrom (30 kW) 800 Betriebst.
Piemont	0·38	0·95	0·40	0·55
Ligurien	0·55	1·13	0·37	0·53
Lombardei	0·39	1·16	0·39	0·52
Oberetsch	0·40	0·71	0·26	0·30
Istrien	0·22	1·36	0·39	0·62
Venezien	0·51	1·05	0·40	0·48
Emilien	0·45	1·26	0·47	0·60
Umbrien	0·49	1·02	0·31	—
Toscana	0·76	1·36	0·44	0·60
Marken	0·42	1·41	0·36	0·57
Latium	0·47	1·05	0·43	0·46
Abruzzen	0·50	1·50	0·50	0·60
Campanien	0·60	1·36	0·55	0·73
Basilicata	0·75	1·90	0·49	0·65
Apulien	1·44	2·68	0·67	1·15
Calabrien	1·03	1·80	0·63	0·80
Sizilien	0·98	1·98	0·82	0·96
Sardinien	0·65	1·42	—	—

β.

(Annali dei Lavori Pubblici, Band 64, Heft 3, 1928.)

Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie in Frankreich im Jahre 1926. Nach der in „Revue Générale de l'Electricité" vom 12. Mai d. J. wiedergegebenen amtlichen Statistik, welche jedoch jene industriellen Wärmekraftwerke nicht umfaßt, die nicht an die öffentlichen Verteilungs- und Übertragungsleitungen angeschlossen sind, wurden aus Wasserkraftwerken mit 1 719 000 kVA installierter Leistung einschließlich Reserven und 772 000 kW mittleren Jahresleistung 4·778 Milliarden kWh erzeugt, das heißt es wurde die installierte Leistung 2780 h und die mittlere Leistung 6280 h im Jahr ausgenutzt. Für die Wärmekraftwerke sind die entsprechenden Zahlen 4 624 000 kVA, 2 941 000 kW (höchste Dauerleistung mit Rücksicht auf die von den Kesselanlagen erzeugbaren Dampfmengen), 6·568 Milliarden kWh, 1420 und 2230 h. Von Insgesamt 170 402 km Übertragungs- und Verteilungsleitungen zu Ende 1926 entfallen 73 336 km auf solche mit einer geringeren Spannung als 600 V Gleichstrom oder 250 V Wechselstrom, 89 276 km auf solche mit weniger als 60 kV Gleichstrom oder 33 kV Wechselstrom und 7790 km auf die Leitungen mit höheren Spannungen. Auf den beiden letzten Gruppen von Leitungen wurden 8·124 Milliarden kWh (83 700 kWh/km) übertragen, auf den Niederspannungsleitungen 1·884 Milliarden (25 700 kWh/km). Zu den innerhalb Frankreichs insgesamt erzeugten 11 347 Mill. kWh kommen noch 400 Mill. kWh importierter Strom, während 44 Mill. ausgeführt wurden. Die verbleibenden 11 703 Mill. kWh verteilen sich in Prozenten auf Beleuchtung (9), Niederspannungskraftstrom (7), Hochspannungsstrom außer für elektrochemische und Bahnzwecke (46), elektrochemische und elektrometallurgische Industrie (18), Bahnstrom (6) Verluste in den Leitungen und den Transformatoren (14). Auf jeden Einwohner entfallen insgesamt 287 kWh/Jahr, auf jeden mit Strom versorgten Einwohner 34·5 kWh Lichtstrom und 27·8 kWh Niederspannungskraftstrom im Jahr. Von rund 40·7 Mill. Einwohnern sind noch 9·7 Mill. nicht an Stromverteilungsnetze angeschlossen, von den 37 981 Gemeinden Frankreichs verfügten am 1. Jänner 1927 19 775, und am 1. Jänner 1928 16 747 noch nicht über elektrischen Strom.

Patentbericht.

Röntgentechnik.

(Schluß aus Heft 42, Seite 997.)

Eine Erfindung von Dr. R. Mannl in Karlsbad, baut auf der bekannten Blende auf, welche aus einem aus Lamellen gebildeten Stern besteht und bezweckt eine solche Konstruktion der Blende, daß der das Bild störende Mittelpunkt der Blende außerhalb des Leuchtschirmes fällt, und die Konvergenz der einzelnen Sektorenteile so gering ist, daß sie nicht mehr störend wirkt. Erfindungsgemäß wird aus einem ideal gedachtem Lamellenrade ein exzentrisch liegender Teil herausgeschnitten und als Blende verwendet.

(Ö. P. Nr. 107965.)

Nach einer Erfindung der Siemens & Halske A. G. in Berlin und Wien wird eine Einrichtung, um bei der Anwendung von Röntgenstrahlen die Bestrahlung ohne Vorschalten des bestimmten, vorgeschriebenen Filters auszuschließen, derart ausgebildet, daß der Schalter mindestens eines der Stromkreise der zum Betrieb der Röntgenröhre dienenden Einrichtung (Hauptschalter) mit einer elektrischen Arretiervorrichtung versehen ist, deren Stromkreis eine der in Betracht kommenden Anzahl untereinander verschiedener Filter gleiche Anzahl von Verzweigungen aufweist. In jedem so entstehendem Zweigstrom ist ein Schalter angeordnet, der infolge seiner Anordnung und Beschaffenheit nur von einem der untereinander verschiedenen Filter, das mit einem diesem Schalter entsprechendem Anschlag oder dgl. versehen ist, geschlossen werden kann; hinter diesem Schalter ist ein nur vorübergehend schließbarer gegebenenfalls mit einer Kennzeichnung versehener Schalter (Druckknopfschalter) angebracht.

(Ö. P. Nr. 108341.)

Eine andere Filtersicherung für Röntgeneinrichtungen, nach einer Erfindung der gleichen Firma, zeigt mechanische Sperrvorrichtungen, mit deren Hilfe das Filter und die Verschlußblende derart zusammenwirken, daß die Blende nur bei vollkommen eingeschobenem Filter geöffnet, und das Filter nur bei vollkommen eingeschobener Blende herausgenommen werden kann.

(Ö. P. Nr. 105763.)

Eine Erfindung der Siemens und Halske A. G. in Berlin und Wien betrifft eine Stereoröntgeneinrichtung; diese besteht darin, daß die bekannten Einrichtungen zur Röntgenstereodurchleuchtung mit ineinander übergreifenden Bildern auf einem Leuchtschirm mit einer optischen Einrichtung kombiniert werden, welche aus Prismen und Linsen (eventuell Spiegel) besteht. Durch diese Anordnung wird der bei den üblichen Anordnungen auftretende Zwang zur Divergenz oder übertriebenen Konvergenz der Augachsen, ferner der Akkomodationsdifferenz, die dadurch entsteht, daß das plastisch virtuelle Bild und der Leuchtschirm nicht in gleichen Abstand vom Beschauer sind, behoben.

(Ö. P. Nr. 109950.)

Am Röntgenstativ werden gewöhnlich verschiedene Hilfsvorrichtungen (Blenden und andere) angebracht. Diese, sowie das Gewicht der nötigen Schutzvorrichtungen aus Blei oder Bleiglas vergrößern das Kippmoment der bekannten Stative erheblich. Gemäß einer Erfindung der Siemens-Reiniger-Veifa Ges. f. med. Technik in Berlin, wird dieser Nachteil dadurch beseitigt, daß neben einem nur die Röntgenröhre tragendem Stativ ein Vorsetzstativ für die Hilfsvorrichtungen vorhanden ist, das mit dem ersten Stativ mittels Kupplungsstangen oder dgl. verbunden wird.

(Ö. P. Nr. 109953.)

Chronik.

Die 9. ordentliche Vollversammlung des deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke in der Tschechoslowakei wurde vom 3. bis 5. Mai l. J. unter dem Vorsitz von Direktor Ing. Seifert in Aussig abgehalten. Von auswärtigen Verbänden war der österreichische Verband durch Direktionsrat Ing. Hartmann vertreten. In der Aussprache nahm die Stellungnahme gegen das Gesetz über die Elektrisierung durch das sich die privaten und Gemeindeelektrizitätswerke

Digitized by Google

in ihrer Stellung bedroht fühlen, einen breiten Raum ein[1]). Das gemeinsame Vorgehen des deutschen, tschechischen und anderer Verbände hatte eine freundlichere Stellungnahme einiger Behörden zur Folge, ohne daß jedoch schon ein befriedigender Zustand herrschen würde. Aus diesen Gesichtspunkten heraus sprach Doktor Knöpfelmacher über „das Problem der Rechtssicherheit in der Elektrizitätswirtschaft und die neuen Verwaltungsgesetze". Ing. Rudolph, Direktor der nordböhmischen Elektrizitätswerke A.-G., hielt einen Vortrag über „Die Erhaltung und den Betrieb von Mittelspannungs-Freileitungen mit Berücksichtigung der Transformatorenstationen. Von allgemeinem Interesse dürften die, unseres Wissens erstmalig in Europa angewendeten hölzernen Tragarme an Stelle der eisernen Stützen sein[2]), die bei Überschlägen durch ihren großen Oberflächenwiderstand den nachfließenden Betriebsstrom zum Erlöschen bringen. Sie werden im 10 kV-Netz der Gesellschaft an den eisernen Verlängerungen einer Holzleitung angebracht. Die Einmündungen der 10 kV Transformatorendstationen wurden zur Verhinderung von schädlichen Überschlägen elektrisch verstärkt, indem an Stelle der Deltaglocken zur Abspannung der einmündenden Leitungen Knüppelisolatoren verwendet wurden, die billiger sind als die gleichlangen Kappenisolatoren. Die eisernen Durchführungsplatten wurden durch solche aus Asbestzementschiefer ersetzt. Eine weitere Ursache von Überschlägen an den Einführungen sind zu schwache Leiter, an denen sich unter der Einwirkung der zurückgeworfenen Wanderwellen Glimmentladungen ausbilden, die den Überschlag einleiten. Eine Vergrößerung des Durchmessers durch Hacketaldrähte schafft hier Abhilfe. Weitere Vorträge wurden gehalten von Dr. Heinisch, Wien, über „Höchstspannungsleitungen mit besonderer Berücksichtigung der 380/220 kV-Rheinlandleitung" und von Ing. Rossow, Wien, über den „Bau und Betrieb des Kraftwerkes Klingenberg". Im Anschluß an die Tagung wurde das Großkraftwerk Türmitz[3]) der nordböhmischen Elektrizitätswerk A.-G., die Schichtwerke und die Dampf- und elektrischen Anlagen des Vereines für chemische und metallurgische Produktion in Aussig besucht. Die nächstjährige Tagung wird in Reichenberg stattfinden. V. H.

Das Deutsche Museum im 23. Geschäftsjahre (Mai 1926 bis Mai 1927). Wie dem kürzlich erschienenen Geschäftsbericht zu entnehmen ist, betrug die Mitgliederzahl am Ende des Geschäftsjahres etwa 4800, die Besucherzahl war rd. 666 000 gegen 944 000 im Jahre 1925/26. Die Sammlungen sind wieder reichhaltig ausgestaltet worden. In Aufstellung begriffen sind unter anderem die Gruppen Beleuchtung und Kochen, in welchen auch die Elektrotechnik berücksichtigt ist und schließlich die Gruppe Elektrotechnik selbst, welche die Entwicklung der elektrischen Maschinen und Transformatoren mit zahlreichen historisch wertvollen Orignalausführungen zeigt, außerdem aber auch die Zentralen und Leitungsnetze bis zu den neuzeitlichen großen Landesversorgungen. Für den Bibliotheksneubau wurde ein Programm entworfen und darnach ein Vorentwurf hergestellt (inzwischen hat bekanntlich auch schon die Grundsteinlegung für den Neubau stattgefunden. Der Ber.). Aus den Einnahmen für den Museumsbetrieb von 1·044 Mill. M. verblieb nach Deckung aller laufenden Ausgaben ein Betrag von 47 000 M. Von den Einnahmen für den Museumsneubau von 703 000 M. wurden 503 000 M. verwendet. Das Vermögen des Deutschen Museums bestand zu Ende März 1927 aus rund 300 000 M. Barmitteln und 26·6 Mill. M. an Museumsgegenständen, Mobilien und Bauten. Wie in den früheren Jahren haben auch im abgelaufenen Jahre das Reich, Bayern, München und die Deutsche Industrie das Museum in reichem Maße unterstützt.

Graphisch-rechnerische Behandlung von Wechselstrom-Problemen. Über dieses Thema wird Privatdozent Ing. Dr. techn. Günther Oberdorfer, Vorlesungen an der Technischen Hochschule in Wien halten. Beginn der Vorlesungen am 25. Oktober im Hörsaal II des Elektrotechnischen Institutes.

[1]) E. u. M. 1928, Heft 28, S. 754. [2]) E. u. M. 1928, Heft 18, S. 405. [3]) E. u. M. 1925, S. 941.

Literaturberichte.

3725 **Starkstromtechnik,** bearbeitet von Dr. H. Jungmichel, Ing. G. Reerink, Ing. Sessinghaus, Ing. H. Stössinger, Ing. M. Zorn: herausgegeben von Prof. Dr. L. Graetz. 475 S., 475 Abb. im Text. Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1928. Preis brosch. Mk. 36·—.

Das Buch ist eine Sonderausgabe des Abschnittes über Starkstromtechnik in Band V des von Professor Dr. L. Graetz herausgegebenen „Handbuches der Elektrizität und des Magnetismus". Es werden Gleich- und Wechselstrommaschinen, Transformatoren, Asynchronmaschinen, Wechsel- und Drehstrom-Kommutatormaschinen, Einanker- und Kaskadenumformer, Quecksilberdampf- und andere Gleichrichter und schließlich auch Kraftwerke mit Fernleitungs- und Ortsnetzen auf moderner Grundlage sowohl praktisch als auch theoretisch behandelt. Der theoretische Teil erstreckt sich auch auf die Berechnung der Konstruktionsgrundlagen bei gegebener Leistung und Spannung der betreffenden Maschinen, ist also sehr eingehend. Die Bearbeitung der einzelnen Kapitel wurde von den im Titel angeführten Sonderfachleuten übernommen, wodurch die Berücksichtigung des modernsten Standpunktes auf allen Gebieten gewährleistet erscheint. Bemerkenswert erscheint besonders die bei aller Kürze durchsichtig klare Erklärung der in Wechselstromaufgaben üblichen Vektordiagramme auf S. 162. Dagegen mutet die Auffassung der MMK als $(1/0{\cdot}4\pi)\int \mathfrak{H}\,dl$ etwas eigentümlich an; gewöhnlich bezeichnet man in Analogie des Ausdruckes $\int \mathfrak{E}\,dl$ für die EMK die Größe $\int \mathfrak{H}\,dl$ als MMK. Die Absicht des Verfassers ist dabei offenbar, die Amperwindungen als Maßzahl der MMK einzuführen. Das wäre wohl nur dann zulässig, wenn sich eine autoritative Stelle, wie z. B. der AEF, für diese Änderung der gegenwärtigen Übung ausgesprochen hätte. Die Verfasser waren mit Erfolg bemüht, ihre Sondergebiete so klar und leichtfaßlich als möglich darzustellen, auch die drucktechnische Ausstattung des Buches darf als vorzüglich bezeichnet werden. Es kann daher als Einführung in die Praxis und Theorie der Starkstrommaschinen und Kraftwerke bestens empfohlen werden. Dr. Rich. Hiecke.

3634 **Thermodynamik und die freie Energie chemischer Substanzen.** Von G. N. Lewis und M. Randall, Berkeley, Kal. Übersetzt und mit Zusätzen und Anmerkungen versehen von O. Redlich, Wien. 598 Seiten, mit 64 Textabb., 1927. Verlag von Julius Springer, Berlin. Preis: geb. Mk. 46·80.

An gründlichen und exakten Lehrbüchern der physikalischen Chemie und der Thermodynamik samt ihren Anwendungen auf die Probleme der physikalischen Chemie ist kein Mangel. Den Autoren und dem Übersetzer des Buches müssen wir doch dankbar sein. Sind in einigen (wenigen) anderen Büchern die begrifflichen Grundlagen der Thermodynamik auch tieferschürfend dargestellt, so ist hier große Exaktheit angestrebt und erfolgreich versucht, die Möglichkeit und Anwendbarkeit der Thermodynamik (I. und II. Hauptsatz, Theorie der Mischungen einschließlich der Lösungen von Elektrolyten, freie Energie chemischer Reaktionen [auch elektrochemische Ketten, äußeres Feld], Nernstsches Wärmetheorem) nicht nur an Beispielen zu zeigen, sondern auch in solcher Form zu geben, daß ihre direkte Anwendbarkeit ohne weitere Umformungen (algebraisch, häufig auch graphisch) leicht möglich ist. Dabei wird immer scharf zwischen den allgemeinen thermodynamischen Gesetzen und den bei Einführung der idealen Gas- und Lösungsgesetze bedingt giltigen Näherungsformeln unterschieden. Besonders in der Theorie der Mischungen und bei den Lösungen von Elektrolyten ist die eingeschlagene Behandlungsweise überaus praktisch und fruchtbringend. Direkt technische Anwendungen werden zwar nur gelegentlich behandelt, aber die Anwendung der Theorie auf technische Probleme kann keinem, der das Buch gründlich studiert hat, schwer fallen; hiezu tragen auch die jedem Kapitel angefügten Übungsauf-

Digitized by Google

gaben (eine Zusammenstellung der Lösungen wäre dem Studenten sicher erwünscht) bei. Auf Einzelheiten ist hier nicht der Ort einzugehen; vielleicht darf doch auf die Gefahr verwiesen werden, daß der von vornherein hiezu geeignete Leser leicht an dem gegebenen Formalismus kleben bleibt und darauf, daß die ungewohnte, übrigens eindeutige und einheitliche Bezeichnungsweise und die ständigen, im Interesse der Kürze vielleicht unumgänglichen Rückverweisungen bei gelegentlichem Nachschlagen recht lästig fallen. Der Übersetzer hat neuere Arbeiten in Fußnoten und zwei Zusatzkapiteln (eines über die Debyesche Elektrolyttheorie, das andere über die neueren Arbeiten zum Nernstschen Wärmetheorem) angeführt und kritisch behandelt; sie stehen auf derselben Höhe wie die übrigen, des hiedurch durchaus modernen Buches. Die Übersetzung ist sprachlich einwandfrei, die Ausstattung ist sehr gut.

Dr. Ph. Groß.

3620 **Gummifreie Isolierstoffe.** Von A. Sommerfeld. Der im Heft 40 d. J., Seite 966 veröffentlichten Besprechung dieses Buches ist noch anzufügen, daß das Buch im Verlag von Julius Springer, Berlin, erschienen ist und zum Preise von 3·60 M. geb. und 2·80 M. geh. bezogen werden kann.

Eingelaufene Bücher.

Fernsprechverkehr in Deutschland. Gebühren für 200 Orte. Nach amtlichen Quellen herausgegeben vom Verlag Europäischer Fernsprechdienst G. m. b. H., Berlin. Juni 1928. Preis Mk. —·50.

Das Heft enthält, nach 200 Orten Deutschlands alphabetisch geordnet, die Gebührensätze im Fernsprechverkehr zwischen diesen Orten bei Tages- und Nachtzeit, sowie Vorbemerkungen über die verschiedenen Gesprächsarten.

Briefe an die Schriftleitung.

Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden? Von G. Benischke. E. u. M. 1928, Heft 24, S. 585 ff.

Herr Benischke wendet sich gegen die Ansicht, daß zwischen den Kraftliniendichten in Luft und in anderen Stoffen ein physikalischer Wesensunterschied bestehe. Er behauptet, diese Ansicht sei in den letzten Jahren von einigen Physikern vertreten worden, so in der französischen Physikalischen Gesellschaft und bei der Tagung der IEC in Bellagio. Ihre Anhänger seien genötigt, ein anderes Maßsystem zu fordern.

Demgegenüber möchte ich feststellen:

1. Es gibt wahrscheinlich keinen Physiker, der die Kraftliniendichten in Luft und in anderen Stoffen für wesensverschieden hielte.

2. Die Physiker und Elektrotechniker, die von wesensverschiedenen Größen Feldstärke und Verschiebung (oder Induktion) sprechen, definieren diese Größen auch verschieden.

3. Die Auffassung dieser Physiker und Elektrotechniker führt zu einer etwas anderen Begründung der absoluten Maßsysteme; sie ist jedoch mit allen Maßsystemen verträglich.

Berlin-Siemensstadt, 4. Juli 1928.

J. Wallot.

In diesem Aufsatz beschäftigt sich Herr G. Benischke auch mit einer Arbeit des Unterzeichneten.[1]) Bei aller persönlichen Wertschätzung, die ich Herrn Benischke als einem der Pioniere der theoretischen Elektrotechnik entgegenbringe, sehe ich mich doch genötigt, auf seine Ausführungen kurz einzugehen, um die sich ergebenden Mißverständnisse zu klären.

Vor allen Dingen muß ich bemerken, daß es mir niemals eingefallen ist, den Kraftlinien in Luft und in einem anderen Medium eine physikalische Wesensverschiedenheit zuzuschreiben. Vielmehr unterscheide ich in jedem Stoffe Kraftlinien und Induktionslinien, bzw. Verschiebungslinien, da ich das magnetische oder elektrische Feld in einem Punkte jedes Mediums durch zwei Vektorgrößen $\mathfrak{H}$ ($\mathfrak{E}$) und $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{D}$) die Feldstärke und die Induktion, bzw. die dielektrische Verschiebung charakterisiere. Wir haben demnach in jedem Medium Kraftlinien und Induktionslinien, und es besteht kein Wesensunterschied zwischen den Kraftlinien in Luft und in irgend einem anderen Medium, ebensowenig wie zwischen den Induktionslinien in Luft und in einem anderen Medium. Es war eben Gegenstand meiner Arbeit, zu zeigen, daß man bei dieser Art der Beschreibung des magnetischen und des elektrischen Feldes durch zwei Vektorgrößen ungezwungen und ohne hypothetische Annahmen, wie wahre und freie Elektrizitätsmengen oder gar magnetische Mengen, zu den Maxwell'schen Grundgleichungen des elektromagnetischen Feldes kommt. Man kann natürlich über die Zweckmäßigkeit dieses Vorschlages verschiedener Meinung sein, jedoch ist mir bisher kein Fall bekannt geworden, „daß sich durch weitere Ausspinnung meiner Ausgangsbeziehungen später Unstimmigkeiten eingestellt hätten", und auch Herrn Benischke dürfte es schwer fallen, mir solche aufzuzeigen.

Wenn man wie Herr Benischke die Analogie des magnetischen mit dem Strömungsfeld in einem Leiter heranziehen will, so muß ich bemerken, daß der Induktionsvektor $\mathfrak{B}$ der Stromdichte $\mathfrak{i}$, der Vektor $\mathfrak{H}$ der elektrischen Feldstärke $\mathfrak{E}$ und die Permeabilität μ der elektrischen Leitfähigkeit λ an der betrachteten Stelle analog ist; es entspricht also die Beziehung des magnetischen Feldes $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$ dem Ohm'schen Gesetz: $\mathfrak{i} = \lambda \mathfrak{E}$ des Strömungsfeldes. Mit anderen Worten: Die Kraftlinien des magnetischen Feldes entsprechen den Linien des elektrischen Feldes im Leiter, die Induktionslinien den Strömungslinien; und niemals habe ich die Induktion in zwei verschiedenen Medien für wesensverschieden erklärt, noch folgt dies irgendwie aus meinen Annahmen, ebensowenig wie die elektrischen Ströme in Kupfer und Eisen oder Wismut wesensverschieden sind; hingegen halte ich Induktion und Feldstärke für ebenso wesensverschieden, wie es Stromdichte und Feldstärke in einem stromdurchflossenen Leiter sind; es ist bemerkenswert, daß eine Wesensgleichheit der beiden letzten Größen meines Wissens noch niemals behauptet wurde, obwohl sie einander viel genauer proportional sind, als $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$, deren funktioneller Zusammenhang z. B. im Falle der ferromagnetischen Körper nichts weniger als Proportionalität genannt werden kann! Im Falle eines Eisenringes mit Luftspalt sind nicht die Kraftlinien im Luftspalt Gaußkraftlinien, wie sie Herr Benischke nennt, und im Eisen Induktionslinien (Mascartkraftlinien), vielmehr haben wir im Eisen und im Luftspalt Kraftlinien und Induktionslinien zu unterscheiden, sowie wir in einem stromdurchflossenen Leiter an jeder Stelle Kraftlinien (Linien des $\mathfrak{E}$-Vektors) und Stromlinien (Linien des $\mathfrak{i}$-Vektors) unterscheiden. Wie die Kraft- und Stromlinien im stromdurchflossenen Leiter haben sie dieselbe Richtung und sind ihrer Zahl nach einander proportional. An der Grenzfläche zwischen Luftspalt und Eisen sind die Induktionslinien quellenfrei, d. h. der gesamte Induktionsfluß ist derselbe im Eisen und im Luftspalt, hingegen haben die magnetischen Kraftlinien an diesen Grenzflächen Quellen, bzw. Senken (magnetische Wirkungen freier Endflächen!), sowie sich an der Grenze zweier stromdurchflossener Leiter aus verschiedenen Stoffen die Strömungslinien stetig fortsetzen, während die Kraftlinien an diesen Grenzen Unstetigkeitsstellen aufweisen. Hingegen halte auch ich die Auffassung der Induktion $\mathfrak{B}$ als Wirkung der Feldstärke $\mathfrak{H}$ für unrichtig.

Die Beschreibung des elektrischen und des magnetischen Feldes durch je zwei Vektorgrößen ergibt sich ungezwungen aus der Tatsache, daß sich jedes der beiden Felder auch in zwei Wirkungen äußert, die ohne Zuhilfenahme von Hypothesen aufeinander nicht zurückführbar sind. Es ist dies sowohl in meiner Arbeit von 1923, als auch in der Entgegnung zu den Ausführungen des Herrn Wallot[1]) ausführlich besprochen und ich kann mich daher hier ganz kurz fassen. Betrachten wir

[1]) E. u. M. 1923, S. 277.

[1]) ETZ 1927, Seite 1824.

Digitized by Google

ein geschlossenes Ringsolenoid von w Windungen, das zunächst im Luftraum (noch besser im Vakuum), angeordnet sei. Durch die Windungen fließe ein Strom i, so daß im Solenoid ein elektromagnetisches Feld besteht. In einem bestimmten Aufpunkte A im Solenoid messen wir mit Hilfe eines astatischen Nadelpaares mit Torsionsaufhängung zunächst die Kraftwirkung des Feldes auf einen Magnetpol (m Polstärke der Nadel), und mit Prüfspule und ballistischem Galvanometer die Induktionswirkung beim Kommutieren des Feldes ($2\,\mathfrak{B}$). Und nun wiederholen wir beide Messungen, nachdem das Solenoid mit einem flüssigen oder gasförmigen Medium von der Permeabilität μ erfüllt wurde. Wir erhalten dieselbe Kraft, und somit auch dieselbe Feldstärke, da an dem Prüfpol nichts geändert wurde, hingegen den μ-fachen Ausschlag des ballistischen Galvanometers, also die μ-fache Induktion. Analoge Versuche lassen sich auch im elektrischen Felde anstellen.

Herr Benischke behauptet, ich schriebe ohne Begründung den Ansatz $\mathfrak{E}_0 = \varepsilon\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{D} = \eta\mathfrak{E}_0$ und nennt diesen Ansatz nicht durch das Experiment begründet und eine willkürliche Ausgangsbeziehung. Auch dem muß ich widersprechen, denn ich habe zunächst den Ansatz $\mathfrak{E}_0 = \varepsilon\mathfrak{E}$ mit dem Hinweis auf die experimentellen Untersuchungen der ponderomotorischen Wirkungen des elektrostatischen Feldes begründet. Es war weder möglich, noch erschien es mir notwendig, auf diese Experimente näher einzugehen. Im Prinzip beruhen alle Methoden, die Dielektrizitätskonstante aus den ponderomotorischen Wirkungen zu bestimmen, auf dem genannten Ansatz. Man denke sich eine Messung der Anziehungskraft zweier geladener Probekörper mit Hilfe der Coulomb'schen Drehwaage einmal im Vakuum, und sodann bei gleicher Ladung in dem gasförmigen oder flüssigen Medium von der Dielektrizitätskonstanten ε durchgeführt; man erhält $\mathfrak{P} = \frac{1}{\varepsilon}\mathfrak{P}_0$, ($\mathfrak{P}_0$ Kraft im Vakuum), oder wenn nicht die Ladung, sondern, was meßtechnisch einfacher und genauer durchführbar ist, das Potential konstant gehalten wird: $\mathfrak{P} = \varepsilon\mathfrak{P}_0$. Auf diese Weise mißt zum Beispiel Silow[1]) die Dielektrizitätskonstante; er verwendet an Stelle der Drehwaage ein Quadrantenelektrometer.

Ebensowenig willkürlich ist der Ansatz $\mathfrak{D} = \eta\mathfrak{E}_0$; er ist nichts anderes als die mathematische Formulierung der Tatsache, daß die Influenzwirkungen den Kraftwirkungen des Feldes proportional, aber vom Medium unabhängig sind, konstante Ladungen der felderzeugenden Körper vorausgesetzt, eine Tatsache, die wohl als hinreichend bekannt vorausgesetzt werden kann.

Im vorstehenden beschränkte ich mich darauf, die Behauptungen des Herrn Benischke soweit sie meine Arbeit von 1923 betreffen zu widerlegen, halte es jedoch für überflüssig, seine Auffassung im allgemeinen kritisch zu beleuchten, weil diese „schulmäßige Anschauung" in dem angeführten Vortrag Wallots einer ausführlichen Kritik unterzogen wurde, der ich nichts hinzuzufügen habe.

Wien, 17. August 1928.

Ing. Dr. Otto Franke.

Zu der von Dr. G. Benischke aufgeworfenen Frage „Sind die Kraftlinien in verschiedenen Stoffen physikalisch verschieden?" läßt sich folgendes bemerken. Es ist zunächst nicht ganz korrekt von Kraftlinien schlechtweg zu sprechen. Als Kraftlinien können streng genommen nur die elektrischen oder magnetischen Feldlinien bezeichnet werden, denn nur diese geben Richtung und Stärke der Kraft auf den magnetischen oder elektrischen Einheitspol an. Außer diesen eigentlichen „Kraftlinien" gibt es noch elektrische „Verschiebungslinien" und magnetische „Induktionslinien". Auf das Kraftfeld sind die verschiedenen ponderomotorischen Wirkungen, auf das Verschiebungsfeld die statischen Ladungen und auf das Induktionsfeld die Erscheinungen der elektrischen Induktion zurückzuführen. Im leeren Raume und im Raume zwischen den Bestandteilen der Körperatome, den Atomkernen und Elektronen, können wir allerdings die Verschiebungs- und Induktionslinien von den Feldlinien nicht trennen, denn das Mittel in dem sich beide ausbilden, das auch als Lichtäther bezeichnet wird, ist überall in unserer der Beobachtung zugänglichen Umgebung homogen und von gleicher Beschaffenheit; es läßt sich aus keinem Teile des Raumes entfernen, ja nicht einmal verdünnen oder verdichten. Mit jedem Feld ist also auch stets eine gleichgerichtete, zur Feldstärke in einem festen Verhältnis stehende Verschiebung oder Induktion verbunden. Man hat daher im elektrostatischen Maßsysteme die Verschiebung im leeren Raume nur durch den Faktor $1/4\pi$ von der Feldstärke unterschieden und im elektromagnetischen Maßsysteme die magnetische Induktion im leeren Raume sogar der Feldstärke gleich gesetzt. $\varepsilon = 1$ und $\mu = 1$ beziehen sich daher streng genommen nur auf den leeren oder mit Lichtäther erfüllten Raum und nicht auf den lufterfüllten Raum. Für diesen letzteren gelten diese Beziehungen nicht streng, sondern nur mit einer gewissen, nur praktisch zulässigen Vernachlässigung; man hat durch sorgfältige Messungen ε und μ auch für Luft als von eins verschiedene Größen bestimmt.

Da der leere Raum unbestritten einen ausgezeichneten Zustand des Feldes darstellt, ist der Unterschied zwischen para- und diamagnetischen Stoffen nicht durch die willkürliche Wahl eines Normalstoffes, sondern durch ihr gegensätzliches Verhalten gegenüber diesem ausgezeichneten Zustand begründet.

Daß die elektrische Feldstärke und Verschiebung im elektrostatischen, sowie die magnetische Feldstärke und Induktion im elektromagnetischen Maßsysteme gleiche Dimension besitzen, darf uns nicht irre machen; dies kommt z. B. auch in der Mechanik und in der Lichttechnik dort vor, wo sich zwei Größen nur durch einen dimensionslosen Faktor, etwa einen ebenen oder räumlichen Winkel, unterscheiden. So haben das mechanische Drehmoment und die mechanische Arbeit, oder der Lichtstrom und die Lichtstärke gleiche Dimensionen, obwohl niemand zweifeln wird, daß es sich in beiden Fällen um physikalisch verschiedene Größen handelt. Die Dimensionsgleichheit der beiden elektrischen oder magnetischen Größen geht übrigens beim Wechsel des Maßsystemes verloren, was nicht der Fall sein dürfte, wenn es sich um physikalisch identische Größen handelte. Als Zeugen hiefür kann ich L. Boltzmann[1]) anführen, der aus der Anziehung, welche nach dem Ampereschen Gesetz zwei Stromelemente auf einander ausüben, und die durch

$$(i_m i_m' . ds . ds'/r^2)(2\sigma - 3\varrho\varrho') = (i_s i_s' . ds . ds'\, r^2\mathfrak{B}^4)(2\sigma - 3\varrho\varrho')$$

ausgedrückt wird, mit Recht schließt, daß die Konstante $\mu_m = 1$ im elektromagnetischen Maßsystem den Wert $\mu_s = 1/\mathfrak{B}^2$ im elektrostatischen Maßsystem bedingt, wenn $\mathfrak{B}$ die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet. Ebenso entspricht dem elektrostatischen Werte $\varepsilon_s = 1$ der elektromagnetische Wert $\varepsilon_m = 1/\mathfrak{B}^2$. Von den beiden Größen ist also in jedem der beiden Maßsysteme abwechselnd eine dimensionslos, während die andere die Dimension $l^{-2}\,t^2$ besitzt. Daraus geht wohl mit aller Strenge hervor, daß die elektrische Feldstärke und die elektrische Verschiebung, bzw. die magnetische Feldstärke und die magnetische Induktion physikalisch verschiedene Größen sind. Daß beide nach der Definition Maxwells auch in festen Körpern durch die Wirkung auf den Einheitspol, und zwar die Feldstärke in einem schmalen Spalte parallel zu den Kraftlinien und die Induktion in einem ebensolchen senkrecht zu den Induktionslinien gemessen werden können, beweist nicht die physikalische Identität der beiden Größen, denn sonst müßten auch Strom und Spannung, die beide mit demselben Galvanometer gemessen werden können, auch identische Größen sein.

In anderer Beziehung weist aber schon die Maxwellsche Feldtheorie auf die physikalische Verschiedenheit der beiden Größen hin. In einem Kondensator mit

[1]) Pogg. Annalen 156, 1875, S. 389.

[1]) „Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichtes", J. Ambr. Barth, Leipzig, 1891, S. 120 u. 121.

Digitized by Google

geschichtetem Dielektrikum, dessen Trennungsflächen Niveauflächen sind, ist die Verschiebung im Dielektrikum eine stetige, also quellenfreie Funktion des Ortes, während die elektrische Feldstärke beim Übergange von einem Dielektrikum auf das benachbarte sprunghafte Änderungen, also Unstetigkeiten aufweist. Das letztere gilt auch für die magnetische Feldstärke an der Grenze zweier Medien verschiedener Permeabilität, während die Induktionslinien quellenfrei, d. h. in sich geschlossen verlaufen.

Aber noch schärfer tritt der Unterschied im Lichte der Elektronentheorie hervor. Verschiebung und Induktion sind hier großenteils wirkliche, unter der Wirkung des Kraftfeldes entstandene mechanische Verschiebungen. Im elektrostatischen Felde wird bei unpolarisierten Molekülen der Atomkern gegen seine Elektronenhülle verschoben, da an beiden entgegengesetzte Feldkräfte angreifen. Sind polarisierte Moleküle vorhanden, so werden diese durch das Kraftfeld außerdem mehr oder minder gleich gerichtet. Gleiches gilt im magnetischen Falle von den Achsen der geschlossenen Elektronenbahnen, die als Elementarmagnete wirken. Die Beziehungen sind also analog der Beziehung zwischen Kraft und Weg, oder Drehmoment und Verdrehung. Dies führt aber auf ein weiteres Moment, das für die Verschiedenheit der betrachteten Größen spricht. Die als Arbeit oder Energie bezeichnete physikalische Größe läßt sich in der Mechanik stets auf ein Produkt aus zwei verschiedenen Größen, die der Ursache und der Wirkung entsprechen, zurückführen (wobei noch häufig der Faktor $^1/_2$ hinzutritt, wenn bei konstanter Ursache die Wirkung erst allmählig auftritt). Beispiele sind die Produkte $P.s$; $\int p \cdot dv$ usw. Auch die kinetische Energie $mv^2/2$ gehört hieher, insoferne man sie in den Impuls mv und die unter der Wirkung dieses Impulses nach und nach erzeugte Geschwindigkeit v zerlegen kann. Ein Beispiel aus der Elektrotechnik ist das Produkt $e.i$. Da die Elektrisierungsarbeit von 1 cm³ Dielektrikum $^1/_2 \mathfrak{E}.\mathfrak{D}$ und die Magnetisierungsarbeit je cm³

$$\frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{H} d\mathfrak{B}$$

ist, so kann man wohl nicht umhin, auch hier $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ als Ursache und $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{B}$ als Wirkung, also als physikalisch verschiedene Größen zu betrachten.

Etwas Verwirrung stiften vielleicht auch die Rückwirkungen der induzierten Körper auf das Kraftfeld. Bringt man in ein homogenes magnetisches Feld z. B. einen Weicheisenzylinder, dessen Achse den Feldlinien parallel ist, so wird das äußere Feld in der Nähe der Zylinderenden verstärkt, in der Nähe der Zylindermitte jedoch geschwächt. Das hat aber mit der strittigen Frage nichts zu tun; solche Rückwirkungen treten beispielsweise auch auf, wenn man einen festen Körper in eine Flüssigkeit taucht. Der Druck auf die Körperoberfläche hängt unter anderem von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels über der betrachteten Stelle ab, ist aber mit dieser Höhe keineswegs identisch. Der Flüssigkeitsspiegel steigt nun beim Eintauchen des Körpers umsomehr, je größer sein Volum und je enger das Gefäß ist. In einem sehr weiten Gefäße kann diese Rückwirkung vermieden werden; im magnetischen Falle dann, wenn man dem Eisen Ringform gibt. Aus dem Auftreten von Rückwirkungen kann also nicht auf die Identität von Ursache und Wirkung geschlossen werden.

Es ist gewiß zuzugeben, daß die Technik oft, insbesonders bei der Behandlung der Wirkungen magnetischer Felder auf Leiter, keinen Unterschied zwischen Feld- und Induktionslinien macht. Das rührt aber meist daher, daß die Leiter eben nicht in den Medien von der Permeabilität μ, sondern zwischen ihnen und zwar so gut wie ausschließlich in Medien mit nahe $\mu = 1$ liegen, und auch selbst, soferne sie aus Kupfer bestehen, nahe diese Permeabilität besitzen. Dies berechtigt aber noch nicht, sich über den physikalischen Unterchied der in Rede stehenden Größen hinwegzusetzen.

Wien, 21. Juli 1928.

Dr. Rich. Hiecke.

Erwiderung:

Ich verweise auf die in meinem Aufsatz angeführten Veröffentlichungen, denen ich die Ausdrücke „wesensverschieden" und „physikalisch verschieden" entnommen habe. Ich habe dort, um alle durch verschiedene Benennungen und Wortdefinitionen etwa entstehenden Unklarheiten zu vermeiden, die mathematischen Definitionen, nämlich

$$\mathfrak{H} = \frac{0{\cdot}4\pi i n}{l}, \qquad \mathfrak{B} = \mu \frac{0{\cdot}4\pi i n}{l}, \qquad \mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$$

angeführt und an den grundlegenden Erscheinungen gezeigt, daß die $\mathfrak{H}$- und $\mathfrak{B}$-Linien für alle Stoffe, mag man sie Kraftlinien, Feldlinien, Induktionslinien (Verschiebungslinien) nennen, wesensgleich sind. Daher bezeichne ich sie alle als Kraftlinien, und zwar „schulmäßig", wie Herr Dr. Franke sagt, nach Faraday, Stefan und vielen anderen und in Übereinstimmung mit den diesbezüglichen Versuchen von Sahulka[1]) über Dauermagnete und elektrische Induktion. Daraus folgere ich aber nicht, wie mir Herr Dr. Franke zuschreibt, daß es in Luft (oder luftleerem Raum) nur $\mathfrak{H}$-Linien und in Eisen nur $\mathfrak{B}$-Linien geben soll. Sie sind, wenn man die obigen Formeln anwendet, selbstverständlich beide gleichzeitig vorhanden, aber völlig wesensgleich. μ ist eben nur eine Verhältniszahl.

Daß $\mathfrak{H}$- und $\mathfrak{B}$-Linien gleichzeitig vorhanden sind, zeigt ja schon die altbekannte Gleichung $\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi\sigma$ (aus der sich weiterhin $\mu = 1 + 4\pi\varkappa$ ergibt), wenn σ die „Flächendichte" (in der Raumeinheit induzierter Magnetismus bezw. Elektrizität) und $\varkappa$ das magnetische Aufnahmevermögen (Suszeptibilität) bezw. die Elektrisierungszahl bedeutet. Daraus geht hervor, daß je Flächeneinheit die Kraftlinien $\mathfrak{B}$ aus der Kraftlinienzahl $\mathfrak{H}$ und der induzierten oder influenzierten Kraftlinienzahl $4\pi\sigma$ besteht. Wenn nun aber $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$, als wesensverschieden betrachtet, verschieden definiert und benannt werden, so frage ich: was sind den nun die $4\pi\sigma$ Linien? Sind es Feldlinien, Kraftlinien, Induktionslinien? Sind sie wesensgleich mit $\mathfrak{B}$ oder mit $\mathfrak{H}$ oder mit keinem von beiden, sondern eine dritte Sorte? Kann man Birnen und Pflaumen addieren, und bedeutet dann die Summe Birnen oder Pflaumen oder etwa Äpfel? Bei dieser Gleichung kann man sich nicht mehr dadurch aus der Verlegenheit helfen, daß man einem Zahlenfaktor eine physikalische Dimension zuschreibt, wie es in den vorstehenden „Briefen" bezüglich der Gleichung $\mathfrak{B} = \mu\mathfrak{H}$ mit dem Zahlenfaktor μ geschieht. Es wird wohl niemand bezweifeln, daß nur Größen gleicher Dimension addiert werden können, und daß die Summe wesensgleich ist mit jedem Summanden. Die Flächendichte σ und daher auch $4\pi\sigma$ hat gleiche Dimension wie $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$. (S. „Wiss. Grundlagen der Elektrotechnik" 6. Aufl. Anhang). Wenn nach dem französischen Vorschlag für $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ verschiedene Einheitsbezeichnungen (Gauß und Mascart) eingeführt würden, so würde sich ergeben:

$$\text{Gauß} = \text{Mascart} + ?$$

Dann wird wohl für $4\pi\sigma$ eine dritte Einheit eingeführt werden müssen, und dann hätten wir die Gleichung: Äpfel = Birnen + Pflaumen.

Die obige Gleichung zeigt auch, (wie ich schon auf S. 586 bemerkte), daß die Bezeichnung „Induktionslinien" für $\mathfrak{B}$, an sich schon irreführend ist, denn nicht die ganzen $\mathfrak{B}$, sondern nur die $4\pi\sigma$ sind induziert.

Ich habe in meinem Aufsatz von Unstimmigkeiten gesprochen. Ich meine damit den Versuch, dem $\mathfrak{H}$ und dem $\mathfrak{B}$ verschiedene Wirkungen, dem einen Kraftwirkung (ponderomotorisch), dem anderen Induktions- (Influenz-) Wirkung zuzuschreiben. Die Kraft zwischen zwei Polflächen S ist gleich $\frac{S\mathfrak{B}^2}{8\pi\mu}$ oder gleich $\frac{\mu S\mathfrak{H}^2}{8\pi}$. Die eine Formel ist genau so richtig wie die andere. Man kann also nicht sagen, die Kraftwirkung sei auf $\mathfrak{H}$ und nicht auf $\mathfrak{B}$ zurückzuführen. Die Kraftlinienbilder, die M. Seddig durch Glyzinpulver in Öl sichtbar gemacht hat (s. „W. Grundl. d. Elektrot." Abb. 4 und 53), wären sonst keine

[1]) Sahulka: „Versuche mit einem Hufeisenmagnet". ETZ 1905, S. 118. „Induktion in einem mit zwei Wicklungen versehenen Ring". E. u. M. 1923, S. 382.

Digitized by Google

Kraftlinien, sondern „Verschiebungslinien". Wenn man aber dasselbe Pulver zwischen zwei Polen (entsprechend der genannten Abb. 4) in Luft zerstäubt, so wären es Kraftlinien, obwohl die Aneinanderreihung der Glyzinteilchen in beiden Fällen durch dieselbe Kraft (nur in verschiedener Stärke) erfolgt. Jede magnetische (elektrische) Masse oder Anordnung bringt sämtliche Wirkungen hervor, soweit die Bedingungen dazu vorhanden sind, und zwar nicht teils wegen $\mathfrak{H}$ und teils wegen $\mathfrak{B}$, sondern lediglich deshalb, weil es Magnetismus (bzw. Elektrizität) ist. Das gilt auch vom Energieinhalt eines magnetisierten oder elektrisierten Stoffes (s. § 35 u. 97 des genannten Buches). Herr Dr. Hiecke folgert aus der Energieformel für die Raumeinheit $\frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{H} \cdot d\mathfrak{B}$, daß $\mathfrak{H}$ die Ursache, $\mathfrak{B}$ aber eine Wirkung und daher physikalisch verschieden sei. Warum denn? Dieselbe Energie ist ja auch gleich $\frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{B} \cdot d\mathfrak{H}$. Dann wäre also $\mathfrak{B}$ die Ursache und $\mathfrak{H}$ die Wirkung. Tatsächlich sind beide gleichartige Wirkungen (von verschiedener Stärke) eines Stromes oder einer Potentialdifferenz. Das erkennt man noch deutlicher, wenn man statt $\mathfrak{H}$ die magnetomotorische Kraft $\mathfrak{F} = l\,\mathfrak{H}$ einführt, so daß diese Energie gleich $\frac{1}{4\pi l}\int \mathfrak{F} \cdot d\mathfrak{B}$ ist; oder noch besser, wenn man die auf die Längeneinheit entfallende gesamte Stromstärke $\mathfrak{J}_e = \frac{in}{l}$ einführt, so daß diese Energie gleich $\int \mathfrak{J}_e \cdot d\mathfrak{B}$ ist. Dabei verschwindet auch der in der Energie unbegreifliche Faktor 4π. Dieser tritt in den obigen Formeln nur deswegen auf, weil $\mathfrak{H}$ nicht Ursache, sondern wie $\mathfrak{B}$ Wirkung ist. Aus jeder dieser Formeln ergibt sich die Energie zwischen 2 Grenzwerten gleich der Fläche zwischen diesen, und bei einem Kreisprozeß gleich der Hysterese-Schleife. Die Natur richtet sich nicht darnach, was für Formeln der Mensch zur Berechnung ihrer Wirkungen aufstellt. Diese Formeln sind eine Angelegenheit der Methodik. Es ist durchaus möglich, sämtliche Wirkungen durch $\mathfrak{H}$ oder durch $\mathfrak{B}$ auszudrücken; aber manchmal ist es so, manchmal anders zweckmäßiger. Einblick in die Vorgänge bei einer Wirkung gibt nur der Versuch. Das gilt auch von dem, was Herr Dr. Hiecke aus der Elektronentheorie vorbringt. Das sind ebenso reine Annahmen. An diesen hat sich schon innerhalb 20 Jahren viel geändert, und es wird sich noch viel ändern.

Ich habe nie eine „Analogie des magnetischen mit dem Strömungsfeld" aufgestellt, sondern ich habe nur die Methoden verglichen; nämlich einerseits: die Kraftlinien in Luft und Eisen als wesensverschieden zu betrachten, andererseits aber: den elektrischen Strom, der Kupfer und Eisen in Hintereinanderschaltung durchfließt, als wesensgleich zu betrachten. Analogien habe ich seit jeher nicht als sachliche Beweismittel betrachtet. (S. „Arch. f. El." Bd. 4, S. 369.) In mancher Hinsicht stimmen sie, in mancher nicht. Ich gehe daher auf die in den vorstehenden „Briefen" aufgestellten Analogien gar nicht ein.

Herr Dr. Hiecke lehnt alles das als belanglos ab, was die Wesensgleichheit der Kraftlinien in Luft und Eisen beweist, und betrachtet das als beweisend, was nur Größenverschiedenheit ist. Er erklärt auch die Dimensionslosigkeit des μ (bzw. ε) im bezüglichen natürlichen Maßsystem für belanglos, hält aber die bekannte Abweichung beim Übergang zu dem der betreffenden Erscheinung nicht zugehörigen, also unnatürlichen Maaßsystem für beweisend. Ich halte das gerade umgekehrt für beweisend, und daran kann auch ein Zitat aus Boltzmann nichts ändern.

Daß an der Grenzfläche zweier Stoffe eine sprunghafte Änderung der Kraftliniendichte stattfindet, erklärt sich daraus, daß es nebst geschlossenen auch noch ungeschlossene Kraftlinien gibt, die auf den Grenzflächen endigen. (Die elektrischen Kraftlinien sind alle ungeschlossen.) Daraus folgt aber nur eine Verschiedenheit in der Zahl, aber keine Wesensverschiedenheit der Kraftlinien in den beiden Stoffen. Gerade ich habe die Verschiedenheit der Wirkung in geschichteten Isolierstoffen zuerst berechnet, und zwar ohne Annahme einer Wesensverschiedenheit[1]).

Zwischen paramagnetischen und diamagnetischen Stoffen besteht kein gegensätzlicher Unterschied, sondern nur ein Unterschied in bezug auf die umgebende Luft. Bestände aber ein Gegensatz, dann wäre die Einführung besonderer Einheiten für die diamagnetischen Stoffe neben denen für die paramagnetischen Stoffe um so notwendiger. Dann würde man also auch den Strom, der durch einen Leiter mit sogenannter negativer Charakteristik geht, nicht mehr in Ampere sondern in einer neuen Einheit messen müssen.

Was sonst in den vorstehenden „Briefen" noch angeführt wird, ist in meinen „Wissensch. Grundlagen d. Elektrotechnik" behandelt. Um hier nicht Auszüge daraus wiedergeben zu müssen, verweise ich darauf. Dort sind, ausgehend von den Elementargesetzen, alle magnetischen Erscheinungen bis zum Dauermagnet und alle elektrischen Erscheinungen bis zum Durchgang der Elektrizität durch Nichtleiter folgerichtig entwickelt, und zwar nur auf Grund wesensgleicher Kraftlinien in allen Stoffen, ohne daß eine Unstimmigkeit entstanden wäre. Ich habe diese Darstellung an sechs Auflagen und zwei Übersetzungen immer wieder geprüft, und bin immer zu dem Ergebnis gekommen, daß diese Unterscheidung nicht nur überflüssig, sondern manchmal irreführend ist.

Berlin-Zehlendorf, 5. September 1928.

Prof. Dr. G. Benischke.

[1]) Benischke „Elektr. Kraft und Durchschlagsfestigkeit in zwei hintereinandergeschalteten Isolierstoffen ETZ" 1907, S. 95.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	8. X. 1928	10. X. 1928	12. X. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	144¾	144¾	144¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 12. Oktober 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	71	5	0	71	15	0
Wire bars	71	15	0	—	—	—
Standard { Kassa . .	64	17	6	64	18	9
Standard { 3 Monate .	65	6	3	65	7	6
Zinn:						
Engl. Ingots	218	10	0	219	0	0
Standard { Kassa . .	219	0	0	219	2	6
Standard { 3 Monate .	216	10	0	217	15	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	24	0	0	24	3	9
Remelted	24	7	6	—	—	—
English Swansea . .	24	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 sh 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 28. Oktober 1928 | Heft 44

Das Sinus- und Tangens-Relief im Dienste der Fernleitungsberechnung.

Von Prof. Dr. C. **Breitfeld.**

Übersicht: Das Problem der Fernleitung elektrischer Energie ist nach den bisherigen Methoden erschöpfend zu behandeln. Wer es aber einmal versucht hat, eine lange Leitung exakt durchzurechnen, das heißt den elektrischen Zustand jedes Punktes der Leitung kennen zu lernen — und das ist bei einer langen Leitung notwendig — weiß, welcher Aufwand an Zeit und gigantischer Rechenarbeit dazu erforderlich ist. Es ist daher mit großer Freude zu begrüßen, daß sich nunmehr eine Methode gefunden hat, die eine ganz außerordentliche Ersparnis an Zeit und Rechenarbeit bedeutet und deshalb von der technicchen Praxis nicht übergangen werden darf.

Die technische Praxis zeigt — mit Recht — eine gewisse Sprödigkeit gegen den Gebrauch neuer mathematischer Darstellungsformen. Ich sage „mit Recht", da es wahrlich nicht immer der Mühe lohnt, sich in eine schwierige mathematische Theorie einzuarbeiten, um dann einen verschwindend kleinen Vorteil einzuheimsen. Hier aber handelt es sich um eine Methode — den Gebrauch des Sinus- und Tangens-Reliefs —, die ich als Grundpfeiler einer neuen Entwicklung bezeichnen möchte, und die daher der Praxis zugänglich gemacht werden muß.

Auf einer amerikanischen Originalarbeit von Raymond S. Brown[1]) fußend, hat Prof. Fritz Emde seine Schrift „Sinus- und Tangens-Relief in der Elektrotechnik"[2]) herausgegeben, in welcher er, die Brownschen Ideen erläuternd, aber auch ergänzend, eine neue vollständige Methode der Fernleitungsberechnung gibt. Emde hat in seiner Schrift natürlich seine Darstellungsform gewählt, die, bei selbstverständlicher absoluter Einwandfreiheit, nicht überall gebräuchlich ist und daher jenen, die an die Rösslersche Darstellungsform gewöhnt sind, Schwierigkeiten bereiten kann. Ich will daher im Folgenden die Entwicklung der Methode nach der Rösslerschen Art, die auch ich und meine Schüler benützen, geben.

Sind e und i die Momentanwerte von Spannung und Strom auf einer Leitung, r, L, C und g die elektrischen Daten, das sind bezw.: Widerstand, Induktivität, Kapazität und Ableitung, so wird das Strömungsproblem auf der Leitung durch die bekannten Differentialgleichungen erfaßt:

$$\pm \frac{\partial e}{\partial X} = ir + L\frac{\partial i}{\partial t};$$

$$\text{und } \pm \frac{\partial i}{\partial X} = ge + C\frac{\partial e}{\partial t} \quad \ldots (1).$$

Das Vorzeichen der linken Seite hängt von dem Zählsinn der Länge X ab. Zählt man das X von der Konsumstelle gegen den Generator, so gilt das positive, zählt man es vom Generator aus, so gilt das negative Vorzeichen.

Da wir mit diesen Gleichungen nur den stationären Zustand eines Wechselstromvorganges berechnen wollen, ist die Einführung der Symbolik für e und i zulässig in der Form:

$$e = \mathfrak{E}\sin\omega t \triangleq \mathfrak{E}\varepsilon^{j\omega t} = E$$

$$i = \mathfrak{J}\sin(\omega t + \varphi) \triangleq \mathfrak{J}\varepsilon^{j(\omega t+\varphi)} = I,$$

wodurch die partiellen Differentialgleichungen (1) übergehen in:

$$\pm \frac{dE}{dX} = I(r + j\omega L),$$

$$\pm \frac{dI}{dX} = E(g + j\omega C) \quad \ldots (2).$$

Multipliziert und dividiert man die rechten Seiten dieser Gleichungen mit $j = \sqrt{-1}$, so folgt

$$\pm \frac{dE}{dX} = \frac{1}{j} I(jr - \omega L),$$

$$\pm \frac{dI}{dX} = \frac{1}{j} E(jg - \omega C) \quad \ldots (2a)$$

und setzt man:

$$(jr - \omega L)(jg - \omega C) = v^2 \quad \ldots (3),$$

so folgt:

$$\frac{d^2 I}{dX^2} = -v^2 I$$

und daher:

$$I = A\varepsilon^{jvX} + B\varepsilon^{-jvX} \quad \ldots (4),$$

wo A und B Integrationskonstanten sind; also aus (2a):

$$E = \pm \frac{dI}{dX}\frac{j}{jg - \omega C}$$

oder:

$$E = \pm (jvA\varepsilon^{jvX} - jvB\varepsilon^{jvX})\frac{j}{jg - \omega C} =$$

$$= \pm \frac{v}{jg - \omega C}(-A\varepsilon^{jvX} + B\varepsilon^{-jvX})$$

und für v den Wert aus (3) gesetzt:

$$E = \pm \sqrt{\frac{jr \quad \omega L}{jg - \omega C}}(-A\varepsilon^{jvX} + B\varepsilon^{-jvX}).$$

Führen wir eine Größe Z ein, definiert durch

[1]) R. S. Brown, Journ. Ann. Inst. of El. Eng. 40, 854, Nov. 1921; vgl. E. u. M. 1922, S. 416.

[2]) Fritz Emde, Sinus- u. Tang.-Relief i. d. Elektrot. Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten d. Naturwissenschaften u. der Technik. 1924. Vgl. E. u. M. 1924, S. 153, 464.

Digitized by Google

$$Z=\sqrt{\frac{jr-\omega L}{jg-\omega C}} \quad \ldots\ldots (5),$$

so folgt

$$E=\pm Z(-A\,\varepsilon^{jvX}+B\,\varepsilon^{-jvX}) \quad \ldots (6).$$

Nennen wir die Stelle X der Leitung, wo wir den elektrischen Zustand kennen (also zum Beispiel das Konsumende mit dem von uns erwünschten elektrischen Zustand $E_0\,I_0$) $X=0$, so folgt:

$$I_0=A+B;\quad E_0=\mp Z(A-B) \quad (7a).$$

Aus (4) und (6) folgt aber auch:

$$I=(A+B)\cos vX+j(A-B)\sin vX$$

$$E=\pm Z\{-(A-B)\cos vX-j(A+B)\sin vX\}$$

oder nach (7 *a*)

$$I=I_0\cos vX\pm\frac{E_0}{jZ}\sin vX \quad \ldots (7b),$$

$$E=E_0\cos vX\mp jZI_0\sin vX \quad \ldots (7c),$$

wobei das obere Vorzeichen für die Zählung des X vom Ende, das untere für die Zählung vom Anfang der Leitung gilt.

Oder:

$$I=\frac{1}{jZ}(jZI_0\cos vX\pm E_0\sin vX) \quad (7d).$$

Setzen wir hier und in (7 *c*):

$$jZI_0=F\sin vc,\quad E_0=F\cos vc,$$

so wird:

$$\operatorname{tg} vc=\frac{jZI_0}{E_0};\quad F=\sqrt{E_0^2-Z^2I_0^2} \quad \ldots (8);$$

und aus (7 *b*) und (7 *d*) wird:

$$I=\frac{F}{jZ}(\sin vc.\cos vX\pm\cos vc.\sin v\lambda),$$

$$E=F(\cos vc.\cos vX\mp\sin vc.\sin vX)$$

oder:

$$I=\mp j\frac{F}{Z}.\sin(vX\pm vc),$$

$$E=F.\cos(vX\pm vc)$$

oder mit

$$\frac{F}{Z}=H \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

folgt

$$I=\mp jH\sin(vX\pm vc) \quad \ldots (10),$$

$$E=ZH\cos(vX\pm vc) \quad \ldots\ldots (11),$$

wobei jeweils das obere Zeichen für die X-Zählung vom Ende, das untere Zeichen für die X-Zählung vom Anfang giltig ist.

Somit ist für $X=0$

$$I_0=\mp jH\sin(\pm vc) \quad \ldots\ldots (12),$$

$$E_0=ZH\cos(\pm vc) \quad \ldots\ldots (13).$$

Also

$$\mp jH=\frac{I_0}{\sin(\pm vc)},\quad ZH=\frac{E_0}{\cos(vc)}$$

und daher

$$I=I_0\frac{\sin(vX\pm vc)}{\sin(\pm vc)} \quad \ldots\ldots (14).$$

$$E=E_0\frac{\cos(vX\pm vc)}{\cos(\pm vc)}=$$

$$=E_0\frac{\sin(vX\pm vc+90^0)}{\sin(\pm vc+90^0)} \quad \ldots (15).$$

Aus (12) und (13) folgt natürlich auch

$$\operatorname{tg}(vc)=\frac{jZI_0}{E_0} \quad \ldots\ldots (16).$$

Es ist also das Argument vc aus dem elektrischen Zustand der Leitungsstelle $X=0$ bestimmt.

Die Gleichungen (14) und (15) besagen, daß der elektrische Zustand $[E, I]$ an einer beliebigen Leitungsstelle bedingt ist durch den elektrischen Zustand an der Leitungsstelle $X=0$, $[E_0\,I_0]$ und durch Sinusfunktionen der Argumente $(vX\pm vc)$ und $(\pm vc)$. Da nach Gleichung (3) v eine konstante komplexe Größe ist, sind auch die Argumente der Sinusfunktionen komplex und es ist das Argument $vX\pm vc$ eine lineare Funktion der Länge X.

Wir wollen nun in Zukunft unter der Stelle $X=0$ die Konsumstelle verstehen, zählen also das X in Richtung steigender Energie, das heißt zum Generator. Dann lautet (14) und (15)

$$I=I_0\frac{\sin(vX+vc)}{\sin(vc)} \quad \ldots\ldots (14a),$$

$$E=E_0\frac{\cos(vX+vc)}{\cos(vc)}=$$

$$=E_0\frac{\sin(vX+vc+90^0)}{\sin(vc+90^0)} \quad \ldots (15a).$$

Diese Gleichungen aber versagen für Leerlauf ($I_0=0$) und Kurzschluß ($E=0$).

Dann können wir aber Gleichungen (10) und (11) benützen.

Nach (8) ist für Leerlauf, wegen $I_0=0$:

$F=E_0$ und $\operatorname{tg}(vc)=0$, das heißt $vc=0$,

somit nach (9):

$$H=\frac{E_0}{Z}.$$

Es lauten also (10) und (11) für Leerlauf:

$$I=-j\frac{E_0}{Z}\sin(vX);\quad E=E_0\cos(vX) \quad (17).$$

Für Kurzschluß folgt aus (8) wegen $E_0=0$

$$F=jZI_0;\quad \operatorname{tg}(vc)=\infty;\quad \text{also } vc=\frac{\pi}{2}$$

und somit aus (9)

$$H=jI_0.$$

Es lauten also (10) und (11) für Kurzschluß:

$$\left.\begin{aligned} I&=I_0\sin\left(vX+\frac{\pi}{2}\right)=I_0\cos(vX)\\ E&=jZI_0\cos\left(vX+\frac{\pi}{2}\right)=-jZI_0\sin(vX)\end{aligned}\right\} \quad (18).$$

In (17) und (18) bedeuten I und E Generatorstrom und Spannung bei Leerlauf bezw. Kurzschluß des X km langen Kabels.

Aus diesen Gleichungen ergibt sich in einfachster Weise der Leerlauf- und Kurzschlußwiderstand. Aus (17) folgt der Leerlaufwiderstand mit

$$\overset{0}{W}=\frac{E}{I}=\frac{E_0\cos(vX)}{-j\frac{E_0}{Z}\sin(vX)}=jZ\operatorname{cotg}(vX)$$

oder

$$\overset{0}{W}=-jZ\operatorname{tg}(vX+90^0) \quad \ldots (19).$$

Digitized by Google

Aus (18) folgt der Kurzschlußwiderstand mit

$$\overset{K}{W}=\frac{E}{I}=\frac{-jZI_0\sin(vX)}{I_0\cos(vX)}=-jZ\operatorname{tg}(vX) \quad (20).$$

Bezeichnet man noch mit C jene Größe, die ich in der Rösslerschen Theorie der Fernleitungsberechnung den Kabelfaktor genannt habe und die den Quotienten der Leerlaufspannungen bezw. der Kurzschlußströme am Anfang und Ende bedeutet, so ergeben (17) oder (18)

$$C=\cos(vX) \quad \ldots\ldots \quad (21),$$

und es übergehen die bekannten Rösslerschen Gleichungen

$$E=C[E_0+I_0\overset{K}{W}], \quad I=C\left[I_0+\frac{E_0}{\overset{0}{W}}\right]$$

in die neuen Formen

$$E=\cos(vX)[E_0-jZI_0\operatorname{tg}(vX)] \quad . \quad (22),$$

$$I=\cos(vX)\left[I_0-j\frac{E_0}{Z}\operatorname{tg}(vX)\right] \quad . \quad (23),$$

die immer benützbar sind und, für den Fall E_0 und I_0 ungleich Null, leicht in die Gleichungen (14) und (15) überzuführen sind.

Aus diesen Betrachtungen erkennen wir, daß, wenn es uns gelingt, eine sinnlich leicht faßbare Darstellung der Kreisfunktionen komplexer Argumente zu geben, das Fernleitungsproblem seine rechnerischen Schrecken verliert.

Diese Darstellung gibt das Sinus- und Tangens-Relief. Wir haben gesehen, daß die Argumente der Kreisfunktionen in allen unseren Gleichungen „komplexe" Größen sind, und zwar wegen der komplexen Wesenheit der konstanten Größe v.

Es ist also die konstante Größe vc darzustellen durch

$$vc=m+jn \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

und die mit X variable Größe $v(X+c)$ durch

$$vX+vc=x+jy \quad \ldots\ldots \quad (25).$$

Das Sinus-Relief.

Es ist nun:

$$\sin(x+jy)=\sin x\cos jy+\cos x\sin jy=$$
$$=\sin x\,\mathfrak{Cof}\,y+j\cos x\,\mathfrak{Sin}\,y.$$

Das heißt, der Sinus des komplexen Argumentes ist auch komplex.

Oder umgeformt:

$$\sin(x+jy)=$$
$$=\sqrt{\sin^2x\,\mathfrak{Cof}^2y+\cos^2x\,\mathfrak{Sin}^2y}\,.\,\varepsilon^{j\operatorname{arctg}(\operatorname{cotg}x\,.\,\mathfrak{Tg}\,y)}$$

und wegen

$$\sin^2x\,\mathfrak{Cof}^2y+\cos^2x\,\mathfrak{Sin}^2y=$$
$$=\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\cos 2x\right)\mathfrak{Cof}^2y+$$
$$+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cos 2x\right)\mathfrak{Sin}^2y=\frac{\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x}{2}$$

folgt

$$\sin(x+jy)=$$
$$=\sqrt{\frac{\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x}{2}}\,.\,\varepsilon^{j\operatorname{arctg}(\operatorname{cotg}x\,.\,\mathfrak{Tg}\,y)} \quad (26)$$

oder wenn wir setzen

$$s=\sqrt{\frac{\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x}{2}};$$

$$\sigma=\operatorname{arctg}(\operatorname{cotg}x\,.\,\mathfrak{Tg}\,y) \quad \ldots\ldots \quad (27),$$

wird

$$\sin(x+jy)=s\,.\,\varepsilon^{j\sigma} \quad \ldots\ldots \quad (28).$$

Wenn wir nun in der horizontalen, komplexen Zahlenebene über jedem Punkte (x, jy) als dritte Koordinate den zugehörigen Wert von s, senkrecht zu der Ebene, auftragen, hier den zugehörigen Wert von σ vermerken, und durch alle so erhaltenen Punkte eine Fläche legen, so ist diese Fläche das Sinusrelief.

Horizontale Ebenen schneiden somit diese Reliefläche nach Linien gleichen Betrages s, nach den Höhenlinien; die Linien auf der Fläche, die Punkte des gleichen Bogenwertes σ verbinden, sind die Wasserläufe in dieser Landschaft.

In der Abb. 1 sind die Horizontalprojektionen der Höhenlinien (konstante Werte von s) und der Wasserläufe (konstante Werte von σ) gezeichnet. Sie zeigen, welche Werte von x und y jeweils den konstanten Werten von s und σ entsprechen.

Konstruktion der Abb. 1.

Aus (27) folgt:

$$2s^2=\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x; \quad \operatorname{tg}\sigma=\frac{\mathfrak{Tg}\,y}{\operatorname{tg}x} \quad (29).$$

Es ist somit für $s=0$

$$\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x=0;$$

das heißt $y=0$; $x=n'\pi$; mit $n=0$ bis ∞.

Aus

$$\mathfrak{Cof}\,2y=2s^2+\cos 2x$$

ergibt sich, für ein konstantes s, der zugehörige Maximalwert von $\mathfrak{Cof}\,2y$ für $x=n.\pi$; mit $n=0$ bis ∞; oder

$$\mathfrak{Cof}\,2y_{max}=2s^2+1; \quad y_{max}=\frac{1}{2}\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,(2s^2+1).$$

Lassen wir x von Null an wachsen, so folgt das zugehörige y, für konstant gehaltenes s, jeweils aus:

$$y=\frac{1}{2}\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,(2s^2+\cos 2x) \quad . \quad (30).$$

Da die Maßstäbe für x und y gleich sein müssen, so folgt, wenn wir für x wählen:

1 Bogengrad = 1 mm; also: $\pi=180$ mm;

$$1\text{ mm}=\frac{\pi}{180}=\text{Länge } 0{\cdot}0174$$

oder die

$$\text{Länge } 1=\frac{180}{\pi}=57{\cdot}295\text{ mm}.$$

Wenn wir also für $x\ldots 1^0=1$ mm setzen,

so folgt für $y\ldots$ Länge $1=57{\cdot}295$ mm.

Diese Maßstäbe sind in der Abbildung gewählt.

Aus (30) können wir nun, für beliebige Werte eines konstanten s, die Werte von y für variable x berechnen und so die s-Kurven zeichnen.

Aus (30) folgt weiter, daß nur solche s-Kurven die x-Axe schneiden, also den Wert $y=0$ führen

Digitized by Google

können, für welche $s \gtrless 1$, denn für $y = 0$ muß sein

$$\frac{1}{2} \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,(2s^2 + \cos 2x) = 0,$$

also

$$2s^2 + \cos 2x = 1,$$

somit

$$s = \sqrt{\frac{1 - \cos 2x}{2}}.$$

Da nun $\cos 2x$ nur zwischen ± 1 schwanken kann, so folgt $s \gtrless 1$.

Wird der Betrag $s > 1$, so schneidet die Kurve konstanten Wertes von s die x-Axe nicht mehr.

Aus der Beziehung

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{\mathfrak{Tg}\, y}{\operatorname{tg} x}$$

ergeben sich die Kurven für konstantes σ.

Das heißt die Kurve für $\sigma = 30^0$ nähert sich asymptotisch der Ordinate durch $x = 60^0$ usw.

In derselben Weise können die anderen Punkte einer Kurve bestimmt werden. Zum Beispiel für $\sigma = 30^0$, $\operatorname{tg} \sigma = 0{\cdot}577$ folgt:

Für $x = 5^0 \ldots \mathfrak{Tg}\, y = 0{\cdot}577 \,.\, \operatorname{tg} 5^0 = 0{\cdot}052$; $y = 0{\cdot}052$
„ $x = 20^0 \ldots \mathfrak{Tg}\, y = 0{\cdot}577 \,.\, \operatorname{tg} 20^0 = 0{\cdot}21$; $y = 0{\cdot}213$
„ $x = 40^0 \ldots \mathfrak{Tg}\, y = 0{\cdot}577 \,.\, \operatorname{tg} 40^0 = 0{\cdot}484$; $y = 0{\cdot}53$
„ $x = 55^0 \ldots \mathfrak{Tg}\, y = 0{\cdot}577 \,.\, \operatorname{tg} 55^0 = 0{\cdot}825$; $y = 1{\cdot}16$
„ $x = 60^0 \ldots \mathfrak{Tg}\, y = 0{\cdot}577 \,.\, \operatorname{tg} 60^0 = 1{\cdot}000$; $y = \infty$

Unserer Figur können wir also für jedes Wertepaar x, y die zugehörigen Werte von s und σ entnehmen.

Eine Ansicht der Relieflandschaft gibt die, Emdes Schrift entnommene, Abb. 2.

Sie zeigt ein langes, schmales Tal mit trichterartigen Einsenkungen und dazwischen befindlichen Paßhöhen[3]).

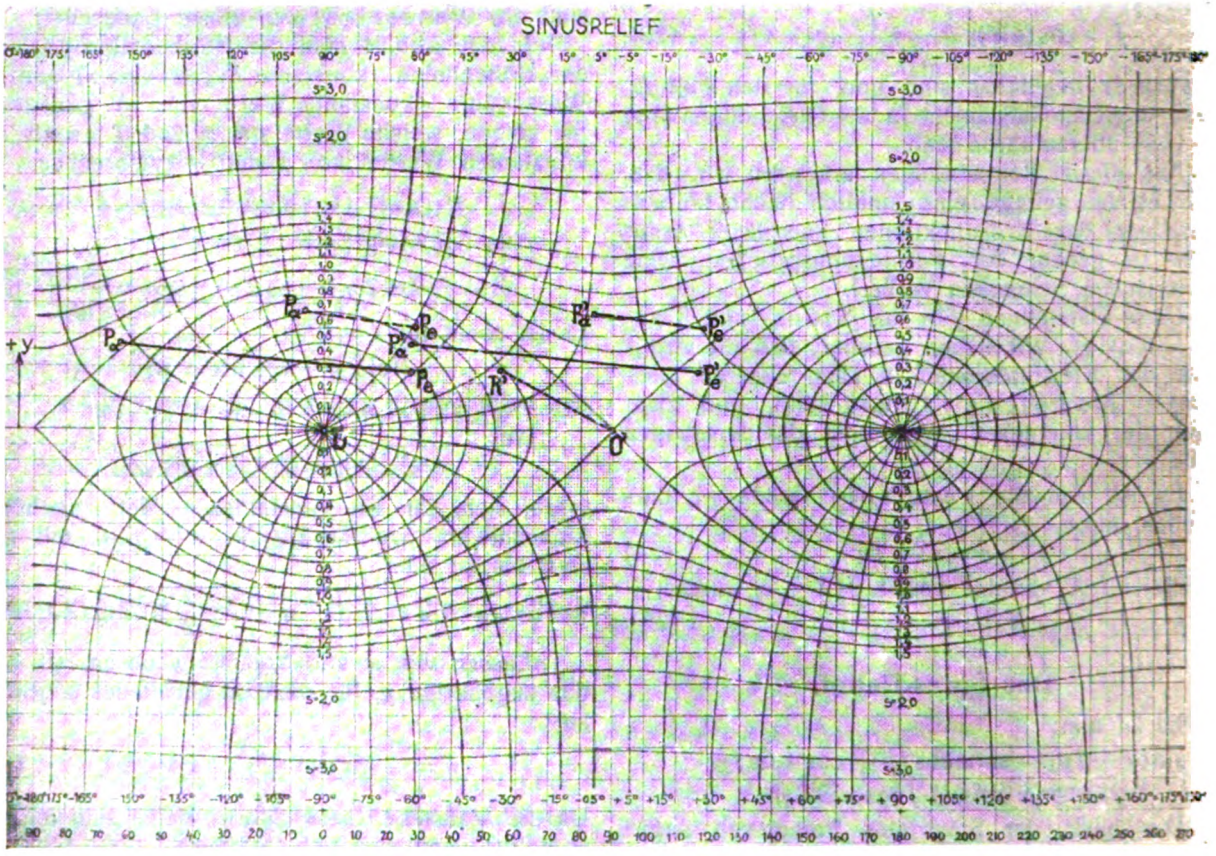


Abb. 1. Original-Maßstäbe für x: 1 mm = 1°
„ y: 1 mm = 0·01745.

Da $\mathfrak{Tg}\, y$ für $y = \infty$ gleich 1 wird, so folgt das Maximum von x bei konstantem σ aus

$$\operatorname{tg} x = \frac{1}{\operatorname{tg} \sigma}.$$

Dies ergibt für $\operatorname{tg} \sigma = 0$

$$\operatorname{tg} x = \infty; \quad x = 90^0.$$

Das heißt: die Kurve für $\operatorname{tg} \sigma = 0$ nähert sich asymptotisch der Ordinate durch $x = 90^0$.

Zum Beispiel für $\operatorname{tg} \sigma = \operatorname{tg} 30^0 = 0{\cdot}577$ folgt

$$\operatorname{tg} x_{max} = \frac{1}{0{\cdot}577} = 1{\cdot}732; \quad x_{max} = 60^0.$$

Das Argument

$$v\,c = m + j\,n$$

entspricht in unserem Sinus-Relief dem Punkte mit den Koordinaten

$$x = m; \quad y = n;$$

also, wenn wir die Länge X vom Ende an zählen, dem Leitungsende.

Wir entnehmen demgemäß der Abb. 1 direkt

[3]) Auch reproduziert in einem Aufsatz von Wengler, „Sinus- u. Tangensrelief i. d. Elektrotechn.", ETZ 1927, H. 22 u. 23.

Digitized by Google

die zu m und jn gehörigen Werte von s und σ nach:

$$\sin(v\,c) = \sin(m + jn) = s_0\,\varepsilon^{j\sigma_0}.$$

Für einen beliebigen anderen Punkt der Leitung im Abstande X vom Ende gilt das Argument

$$v(X + c) = x + jy.$$

v ist eine komplexe Größe von der allgemeinen Form

$$v = \nu\,.\,\varepsilon^{j\psi},$$

also ist

$$v(X + c) = \nu\,.\,\varepsilon^{j\psi}(X + c).$$

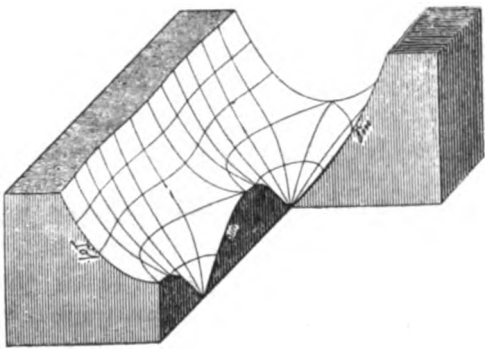


Abb. 2.

Das aber ist eine Gerade, die unter dem Neigungswinkel ψ gegen die x-Axe verläuft, ausgehend vom Punkte $X = 0$ oder vom Punkte vc mit den Koordinaten m und jn.

Ziehen wir also diese Gerade — Emde nennt sie die Stromstrecke —, so geben uns ihre Punkte die Koordinatenwerte x und jy, die bestimmten Werten der Länge X entsprechen.

Es handelt sich nun um die Bestimmung des Argumentes vc, dessen Tangente wir aus Gl. (16) berechnen gelernt haben. Dazu benützen wir das

Tangens-Relief.

Ist

$$z = x + jy,$$

so ist

$$\operatorname{tg} z = \frac{\sin z}{\cos z} = \frac{\sin x\,\mathfrak{Cof}\,y + j\cos x\,\mathfrak{Sin}\,y}{\cos x\,\mathfrak{Cof}\,y - j\sin x\,\mathfrak{Sin}\,y}.$$

Multipliziert und dividiert man diesen Ausdruck mit dem konjugierten Nenner, so folgt

$$\operatorname{tg} z = \frac{\frac{1}{2}\sin 2x + j\frac{1}{2}\,\mathfrak{Sin}\,2y}{\cos^2 x\,\mathfrak{Cof}^2 y + \sin^2 x\,\mathfrak{Sin}^2 y} = \frac{\frac{1}{2}\sin 2x + j\frac{1}{2}\,\mathfrak{Sin}\,2y}{\frac{1}{2}(\cos 2x + \mathfrak{Cof}\,2y)}$$

oder:

$$\operatorname{tg} z = \frac{\sin 2x}{\cos 2x + \mathfrak{Cof}\,2y} + j\frac{\mathfrak{Sin}\,2y}{\cos 2x + \mathfrak{Cof}\,2y} = u + jw = t\,\varepsilon^{j\tau} \quad \ldots\ldots (31)$$

mit:

$$u = \frac{\sin 2x}{\cos 2x + \mathfrak{Cof}\,2y}; \qquad w = \frac{\mathfrak{Sin}\,2y}{\cos 2x + \mathfrak{Cof}\,2y};$$

$$t = \sqrt{u^2 + w^2} = \sqrt{\frac{\mathfrak{Cof}\,2y - \cos 2x}{\mathfrak{Cof}\,2y + \cos 2x}}$$

$$\operatorname{tg}\tau = \frac{w}{u} = \frac{\mathfrak{Sin}\,2y}{\sin 2x} \qquad (32).$$

Genau so wie früher können wir nun auch $\operatorname{tg} z$ als Relief darstellen, indem wir über jedem Punkte (x, jy) der horizontalen komplexen Zahlenebene den Betrag t auftragen und dort den Wert τ vermerken.

Die Höhenlinien dieses Reliefs sind dann wieder Kurven konstanten Betrages t, die

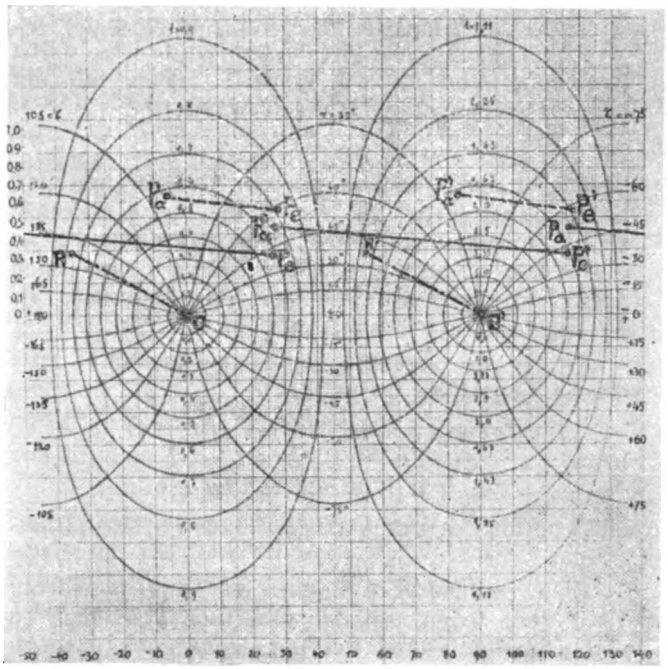


Abb. 3. Original-Maßstäbe für x: 1 mm = 1°
„ y: 1 mm = 0·01745.

Wasserläufe Kurven konstanten Betrages τ.

Abb. 3 gibt die Horizontalprojektion dieser Kurven[4]).

Eine Ansicht dieser Relieflandschaft zeigt die Emdes Schrift entnommene Abb. 4.

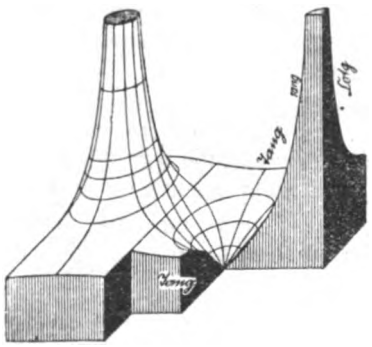


Abb. 4.

Wir finden im Relief auf der x-Axe abwechselnd trichterartige Einsenkungen und unendlich hohe

[4]) Exemplare der Abb. 1 und 3 in Originalgröße sind an der Lehrkanzel des Verfassers (Prag, I, Deutsche Technische Hochschule, Husova 5) zu haben.

Digitized by Google

Berge. Je 2 Einsenkungen sowie 2 Berge sind durch die Distanz π getrennt.

Mit Hilfe der Gleichungen (32) ist es nun nicht schwer, aus gegebenen Werten von t und τ die zugehörigen Werte von x und y zu berechnen.

Die einfache Rechnung ergibt

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2\cos\tau}{\frac{1}{t}-t} \\ \operatorname{Tg} 2y &= \frac{2\sin\tau}{\frac{1}{t}+t} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (33).$$

Aber auch diese Rechnung wird uns durch Benützung von Abb. 3 erspart. Haben wir mit Hilfe von Gleichung (16) den Wert

$$\operatorname{tg} v\,c = t_0\,\varepsilon^{j\tau_0}$$

berechnet, so brauchen wir in Abb. 3 nur den Schnittpunkt der Kurven $t_0 =$ konst. und $\tau_0 =$ konst. zu bestimmen; seine Koordinaten geben unmittelbar die Werte m bezw. n, mit denen wir nun nach Abb. 1 zurückgehen und dort den Endpunkt P_e der Stromstrecke markieren.

v ist die bekannte komplexe Konstante; ist l die Leitungslänge, so ergibt

$$v\,l + v\,c = (x+m) + j(y+n)$$

in

$$x_l = x+m \text{ und } y_l = y+n$$

die Koordinaten des Anfangspunktes P_a der Stromstrecke.

Die Stromstrecke können wir nun in beliebig viele Teile teilen, um den elektrischen Zustand an den aliquoten Teilen der Leitungslänge kennen zu lernen, denn es ist für jeden Punkt (x, jy) der Stromstrecke der Wert

$$\sin(x+jy) = s\,\varepsilon^{j\sigma}$$

direkt der Abbildung zu entnehmen.

Handelt es sich um die Bestimmung von

$$\cos(x+jy) = \sin(x+jy+90^0),$$

so verschieben wir die Stromstrecke parallel zu sich selbst um 90° nach rechts. In dieser verschobenen Lage heißt sie sinngemäß nach Emde Spannungsstrecke.

Handelt es sich um die Bestimmung des Kabelfaktors ($\cos v\,X$), so verschieben wir die Spannungsstrecke parallel zu sich selbst, bis P_e in die x-Axe, und zwar nach $x = +90^0$ fällt.

Handelt es sich um die Bestimmung des Kurzschlußwiderstandes, so verschiebt man im Tangensrelief die Stromstrecke parallel zu sich selbst, bis P_e in die x-Axe, und zwar nach $x = 0$ fällt.

Will man endlich den Leerlaufwiderstand haben, so verschiebt man im Tangensrelief die Spannungsstrecke, parallel zu sich selbst, bis P_e in die x-Axe, und zwar nach $x = +90^0$ fällt.

Am besten werden nun Beispiele den Gebrauch der Reliefs deutlich machen.

Ich wähle als erstes Beispiel das von Wengler (ETZ 1927, Hefte 22 u. 23) angeführte, weil es höchst interessante Aufschlüsse über Spannungs- und Stromverteilung gibt. Wengler ist leider ein Schreibfehler unterlaufen, der sich in der Rechnung störend geltend macht, da er an Stelle der Phasenspannung die verkettete Spannung einführte. Meine Resultate sind demgemäß andere.

Erstes Beispiel: Eine 1500 km lange Drehstromleitung soll bei $f = 50$, $\varphi_0 = 45^0$ (Phasenwinkel der induktiven Last) und 220 kV verketteter Endspannung 100000 kW abgeben. Es ist der elektrische Zustand der Leitung zu studieren.

Es ist somit

$$E_{0v} = 220\,\text{kV}, \quad E_{0ph} = 127\,\text{kV},$$

wenn die Indices „v" und „ph" verkettet und Phase bedeuten.

Die Daten der Leitung sind gegeben mit

$$r = 0{\cdot}036\,\Omega/\text{km}; \quad \omega L = 0{\cdot}208\,\Omega/\text{km};$$
$$\omega C = 5{\cdot}25 \,.\, 10^{-6}\,\text{S/km}; \quad g = 0{\cdot}124 \,.\, 10^{-6}\,\text{S/km}.$$

Somit ist zunächst der Konsumstrom aus

$$100\,000 = 3\,E_{0ph}\,I_0 \cos\varphi_0$$

$$I_0 = \frac{100\,000}{3 \,.\, 127 \,.\, 0{\cdot}707} = 371\,\text{A}.$$

Gehen wir in der Phasenzählung von der Endspannung aus, so ist daher

$$I_0 = 371 \,.\, \varepsilon^{-j45^0}.$$

Ferner ist nach (5)

$$Z = \sqrt{\frac{jr-\omega L}{jg-\omega C}} = \sqrt{\frac{j0{\cdot}036 - 0{\cdot}208}{j0{\cdot}124 - 5{\cdot}25} \,.\, 10^6} =$$
$$= 200{\cdot}5\,\varepsilon^{-j4^0 14'}.$$

Wir erhalten also nach (16)

$$\operatorname{tg}(v\,c) = \frac{jZ\,I_0}{E_{0ph}} = \frac{\varepsilon^{j90^0} \,.\, 200\,\varepsilon^{-j4^0 14'} \,.\, 371\,\varepsilon^{-j45^0}}{127\,000} =$$
$$= 0{\cdot}5857\,\varepsilon^{j40^0 46'},$$

also

$$t_0 = 0{\cdot}5857; \quad \tau_0 = 40^0\,46'.$$

Mit diesen Werten gehen wir in unser Tangensrelief und finden, ihnen entsprechend, leicht durch Interpolation den Punkt P_e mit den Koordinaten

$$m = 26^0\,44', \quad n = 18{\cdot}5\,\text{mm}$$

oder n in Längeneinheiten des Bogens $= \frac{18{\cdot}5}{57{\cdot}3} =$
$= 0{\cdot}3234$, so daß sich ergibt

$$v\,c = 26^0\,44' + j\,0{\cdot}3234.$$

Weiter ist nach (3)

$$v = \sqrt{(jr-\omega L)(jg-\omega C)} = \sqrt{\sqrt{0{\cdot}036^2 + 0{\cdot}208^2} \,.\, \varepsilon^{j\operatorname{arctg}\frac{0{\cdot}036}{-0{\cdot}208}} \,.\, \sqrt{0{\cdot}124^2 + 5{\cdot}25^2} \,.\, 10^{-6} \,.\, \varepsilon^{j\operatorname{arctg}\frac{0{\cdot}124}{-5{\cdot}25}}}$$

oder

$$v = 10^{-3} \,.\, 1{\cdot}053 \,.\, \varepsilon^{j174^0 25'},$$

also

$$v\,l = v \,.\, 1500 = 1{\cdot}579\,\varepsilon^{j174^0 25'},$$

$$v\,l = 1{\cdot}579\cos 174^0\,25' + j\,1{\cdot}579\sin 174^0\,25'$$
$$= -1{\cdot}5719 + j\,0{\cdot}1537 = -90^0\,4' + j\,0{\cdot}1537.$$

Digitized by Google

Somit

$$v\,l + v\,c = -63^\circ 20' + j\,0{\cdot}4771 = x_l + j\,y_l$$

und

$$y_l \text{ in mm} = 0{\cdot}4771 \,.\, 57{\cdot}3 = 27 \text{ mm}$$

ergibt die Koordinaten des Anfangspunktes P_a der Stromstrecke mit

$$x_l = -63^\circ 20'; \quad y_l = 27 \text{ mm}.$$

Damit haben wir die Stromstrecke im Tangensrelief und übertragen sie nun mit genau gleicher Lage der Endpunkte in das Sinusrelief. In Abb. 1 und 3 sind Strom- und Spannungsstrecken für das erste Beispiel vollausgezogene Gerade.

Wir wollen nun den Verlauf der Stromstärke längs der Leitung studieren. Dann gehen wir auf die Gleichung (14) zurück.

Es war

$$I = \frac{I_0}{\sin(v\,c)} \sin(v\,X + v\,c).$$

I_0 ist uns durch die Belastungsart gegeben, $\sin(v\,c)$ entnehmen wir direkt der Abb. 1 mit dem Werte

$$\sin v\,c = s_0\,\varepsilon^{j\sigma_0} = 0{\cdot}557\,\varepsilon^{j\,31^\circ 49'},$$

so daß wir erhalten

$$I = \frac{371\,.\,\varepsilon^{-j\,45^\circ}}{0{\cdot}557\,\varepsilon^{j\,31^\circ 49'}} \,.\, \sin(v\,X + v\,c) =$$

$$= 666\,\varepsilon^{-j\,76^\circ 49'} \,.\, \sin(v\,X + v\,c).$$

Wir können nun pro 100 km Leitungslänge den Verlauf der Stromstärke angeben. Wir teilen zu

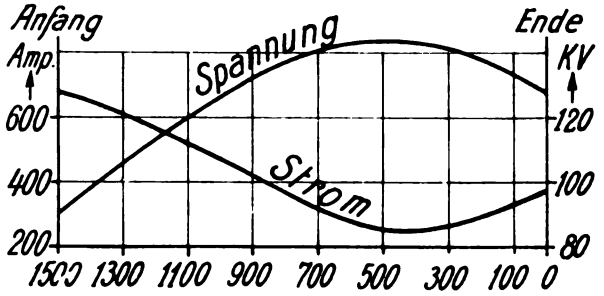


Abb. 5.

diesem Zwecke die Stromstrecke in 15 Teile, entnehmen der Abbildung für jeden Teilpunkt den Wert $\sin(v\,X + v\,c)$ und setzen diesen in die letzte Formel für I ein. Für den Leitungsanfang, also $X = l$, ergibt das Relief

$$\sin(v\,l + v\,c) = 1{\cdot}022\,\varepsilon^{j\,167^\circ 26'}$$

somit wird der Strom am Anfang

$$I = 666\,.\,\varepsilon^{-j\,76^\circ 49'} \,.\, 1{\cdot}022\,\varepsilon^{j\,167^\circ 26'} = 681\,\varepsilon^{j\,90^\circ 37'} \quad (34).$$

Für die übrigen Punkte der Leitung ist die Rechnung natürlich genau dieselbe. Abb. 5 zeigt den Verlauf der Stromstärke.

Um den Verlauf der Spannung festzustellen, gehen wir auf Gleichung (15) zurück. Es war

$$E = \frac{E_0}{\cos(v\,c)} \cos(v\,X + v\,c) =$$

$$= \frac{E_0}{\sin(v\,c + 90^\circ)} \sin(v\,X + v\,c + 90^\circ).$$

Wir entnehmen im Sinusrelief für den Punkt P_e' der Spannungsstrecke — das ist die um 90° nach rechts verschobene Stromstrecke — den Wert

$$\sin(v\,c + 90^\circ) = 0{\cdot}952\,\varepsilon^{-j\,8^\circ 57'}$$

und erhalten somit für E

$$E = \frac{127}{0{\cdot}952\,\varepsilon^{-j\,8^\circ 57'}} \sin(v\,X + v\,c + 90) =$$

$$= 133{\cdot}3\,\varepsilon^{+j\,8^\circ 57'} \,.\, \sin(v\,X + v\,c + 90).$$

Nun teilen wir auch die Spannungsstrecke in 15 Teile, entnehmen dem Relief für jeden Teilpunkt den Wert $\sin(v\,X + v\,c + 90)$ und erhalten so den Spannungsverlauf. Für den Leitungsanfang, also $X = l$, ergibt das Relief

$$\sin(v\,l + v\,c + 90^\circ) = 0{\cdot}668\,\varepsilon^{j\,41^\circ 29'},$$

also folgt die Spannung am Anfang mit

$$E_{kV} = 133{\cdot}3\,\varepsilon^{j\,8^\circ 57'} \,.\, 0{\cdot}668\,\varepsilon^{j\,41^\circ 29'} = 89{\cdot}0\,\varepsilon^{j\,50^\circ 26'} \quad (35).$$

In Abb. 5 ist auch der Spannungsverlauf wiedergegeben. Wir finden die kleinste Spannung am Leitungsanfang ($E_{ph} = 89$ kV) und in etwa 450 km Entfernung vom Ende ein Maximum von 143 kV.

Aus (34) und (35) ergibt sich der Phasenwinkel in der Zentrale mit

$$\varphi_l = 90^\circ 37' - 50^\circ 26' = 40^\circ 11'$$

mit Stromvoreilung. Es folgt die Leistung in der Zentrale mit

$$A_l = 3 \,.\, 89 \,.\, 681 \,.\, \cos(40^\circ 11') = 139\,000 \text{ kW}$$

und daher der Wirkungsgrad der Leitung

$$\eta = \frac{A_0}{A_l} = \frac{100\,000}{139\,000} = 0{\cdot}72.$$

Der Phasenwinkel φ_X an der Stelle X der Leitung sowie der Scheinwiderstand W_X der X km langen Leitung ergeben sich noch einfacher aus dem Tangensrelief.

Es ist nach (10) und (11) der Scheinwiderstand W

$$W = \frac{E}{I} = \frac{Z}{-j} \frac{\cos(v\,X + v\,c)}{\sin(v\,X + v\,c)} = j\,Z \frac{1}{\operatorname{tg}(v\,X + v\,c)}$$

mit

$$Z = \mathfrak{Z}\,\varepsilon^{j\zeta};$$

wird

$$W = j\,\mathfrak{Z}\,\varepsilon^{j\zeta} \frac{1}{t\,\varepsilon^{j\tau}} = \frac{\mathfrak{Z}}{t}\,\varepsilon^{-j(\tau - \zeta - 90)},$$

also der Scheinwiderstand der Länge X

$$W_X = \frac{\mathfrak{Z}}{t_X}\,\varepsilon^{-j(\tau_X - \zeta - 90)} = \mathfrak{W}_X\,\varepsilon^{j\varphi_X} \quad (36).$$

$\mathfrak{W}_X$ ist das Verhältnis der Effektivwerte von Spannung und Strom an der Stelle X, φ_X der Phasenwinkel an dieser Stelle, wobei — wie in dieser Darstellungsform immer — ein positives φ eine Stromnacheilung, ein negatives φ eine Stromvoreilung bedeutet.

In unserem Beispiel ist

$$Z = \mathfrak{Z}\,\varepsilon^{j\zeta} = 200{\cdot}5\,.\,\varepsilon^{-j\,(4^\circ 14')}, \quad \text{also} \quad \zeta = -4^\circ 14';$$

somit

$$\tau_X - \zeta - 90^\circ = \tau_X + 4^\circ 14' - 90^\circ = \tau_X - 85^\circ 46'.$$

Das ergibt für das Leitungsende (mit $\tau_0 = 40^\circ 46'$)

$$\varphi_0 = -(40^\circ 46' - 85^\circ 46') = 45^\circ.$$

Für den Leitungsanfang (mit $\tau_l = 125^\circ 57'$)

$$\varphi_l = -(125^\circ 57' - 85^\circ 46') = -40^\circ 11'.$$

Digitized by Google

Die Scheinwiderstände ergeben sich für das Leitungsende ($t_0 = 0{\cdot}5857$) mit

$$\mathfrak{W}_0 = \frac{200{\cdot}5}{0{\cdot}5857} = 342\,\Omega; \quad \text{auch gleich} \quad \frac{127\,000}{371}.$$

Für den Leitungsanfang ($t_l = 1{\cdot}53$) mit

$$\mathfrak{W}_l = \frac{200{\cdot}5}{1{\cdot}53} = 131\,\Omega; \quad \text{auch gleich} \quad \frac{89\,000}{681}.$$

Phasenwinkel und Scheinwiderstand sind in Abb. 6 wiedergegeben.

Ebenso leicht sind nun andere Belastungszustände zu untersuchen. Es ist hiebei interessant festzustellen, wie sich die Stromstrecke für andere Belastungsfälle ändert.

Aus (16)

$$\operatorname{tg} v\,c = \frac{j Z I_0}{E_0} = \frac{\mathfrak{Z} I_0\, \varepsilon^{j(90+\zeta+\varphi_0)}}{E_0} = t_0\, \varepsilon^{j\tau_0}$$

folgt

$$t_0 = \frac{\mathfrak{Z} I_0}{E_0}; \quad \tau_0 = 90 + \zeta + \varphi_0.$$

Der Schnittpunkt der Kurven t_0 und τ_0 ergibt den Endpunkt P_e der Stromstrecke. Ändert sich also

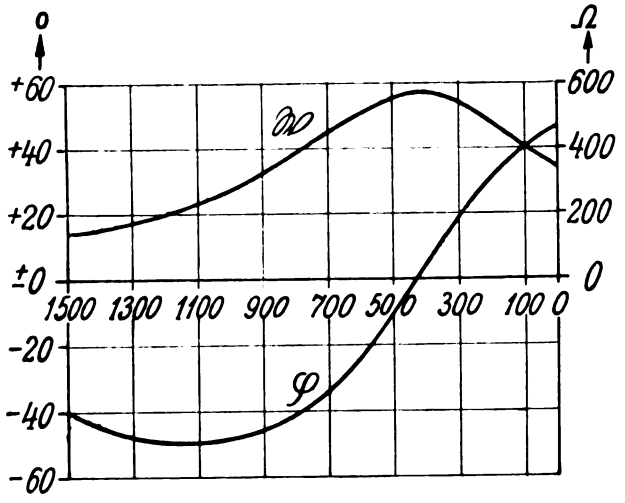


Abb. 6.

der Konsumstrom I_0 bei konstantem Phasenwinkel φ_0, so wandert P_e auf der Kurve $\tau_0 =$ konstant proportional der Änderung von I_0. Für eine Verkleinerung der Last auf $\frac{I_0}{2}$ würde sich $t_0 = 0{\cdot}2928$ auf der alten τ_0-Kurve ergeben.

Ändert sich der Phasenwinkel φ_0 der Last bei gleichem Effektivwert I_0 des Stromes, so wandert P_e auf der Kurve $t_0 =$ konstant um den Betrag der Änderung von φ_0.

Dabei bleibt die Stromstrecke natürlich stets gleich lang und sich selbst parallel.

Als zweites Beispiel gebe ich die Fernleitung, die ich in meinem Buche „Berechnung von Wechselstromfernleitungen“[5]) auf Seite 76 durchgerechnet habe.

Es soll mit einer 1126·5 km langen Drehstromleitung von 3 × 321 mm² Querschnitt, 3·658 m Entfernung der Drähte eine Energie von 40 000 kW (Last induktiv) bei einer Endspannung $E_{0c} = 150$ kV, $\cos\varphi_0 = 0{\cdot}918$, $f = 25$ übertragen werden.

Dann ist:

$$r = 0{\cdot}0528; \quad \omega L = 0{\cdot}1929; \quad \omega C = 1{\cdot}479 \cdot 10^{-6};$$

und angenommen: $g = 0$.

Also

$$v = \sqrt{(j r - \omega L).(-\omega C)} = j\sqrt{\sqrt{0{\cdot}0528^2 + 0{\cdot}1919^2}\,\varepsilon^{j \operatorname{arctg} \frac{0{\cdot}0528}{-0{\cdot}1929}} \cdot 1{\cdot}479 \cdot 10^{-6}}$$

oder

$$v = 10^{-3} \cdot 0{\cdot}5439 \cdot \varepsilon^{j\,172°21'}$$

und somit

$$v\,l = v \cdot 1126{\cdot}5 = 0{\cdot}6127 \cdot \varepsilon^{j\,172°21'}$$

oder

$$v\,l = 0{\cdot}6127 \cdot \cos(172°21') + j\,0{\cdot}6127 \cdot \sin(172°21') = -0{\cdot}6072 + j\,0{\cdot}0816,$$

$$v\,l = -34°47' + j\,0{\cdot}0816 \quad \ldots \quad (37).$$

$$Z = \sqrt{\frac{j r - \omega L}{-\omega C}} = \sqrt{\frac{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2} \cdot \varepsilon^{j \operatorname{arctg} \frac{r}{-\omega L}}}{\omega C \cdot \varepsilon^{j\pi}}} = 368{\cdot}6\,\varepsilon^{-j\,7°39'} = \mathfrak{Z}\varepsilon^{j\zeta}.$$

$$I_0 = \frac{A_0}{\sqrt{3}\,E_{0c}\cos\varphi_0} = \frac{40\,000}{1{\cdot}732 \cdot 150 \cdot 0{\cdot}918} = 167{\cdot}7\,\text{Amp.} \quad \ldots \quad (38).$$

Beziehen wir sämtliche Phasen auf die Phase der Endspannung (E_{0ph}), so ist

$$E_{0ph} = \mathfrak{E}_{0ph}; \quad I_0 = 167{\cdot}7 \cdot \varepsilon^{-j\,23°22'};$$

denn $\sphericalangle \varphi_0 = 23°22'$.

Dann folgt

$$\operatorname{tg}(v\,c) = \frac{j Z I_0}{E_{0ph}} = \frac{368{\cdot}6 \cdot 167{\cdot}7}{86\,600}\,\varepsilon^{j(90° - 7°39' - 23°22')},$$

$$\operatorname{tg}(v\,c) = 0{\cdot}714 \cdot \varepsilon^{j\,(58°59')} = t_0\,\varepsilon^{j\tau_0}.$$

Die Werte t_0 und τ_0 ergeben im Tangensrelief den Punkt P_e mit den Koordinaten

$$m = 28°10{\cdot}5', \quad n = 32{\cdot}3\,\text{mm} = \frac{32{\cdot}3}{57{\cdot}3} = 0{\cdot}5637$$

oder

$$v\,c = 28°10{\cdot}5' + j\,0{\cdot}5637,$$

somit

$$v\,l + v\,c = -34°47' + j\,0{\cdot}0816 + 28°10{\cdot}5' + j\,0{\cdot}5637 = -6°36{\cdot}5' + j\,0{\cdot}6453 = -6°36{\cdot}5' + j\,0{\cdot}6453 \cdot 57{\cdot}3\,\text{mm},$$

$$v\,l + v\,c = -6°36{\cdot}5' + j\,37\,\text{mm}.$$

$-6°36{\cdot}5'$ und 37 mm sind also die Koordinaten des Anfangspunktes P_a unserer Stromstrecke. In Abb. 1 und 3 sind die Strom- und Spannungsstrecken für das zweite Beispiel als gestrichelte Linien gezeichnet.

Nun entnehmen wir dem Sinusrelief zunächst

$$\sin v\,c = s_0\,\varepsilon^{j\sigma_0} = 0{\cdot}758 \cdot \varepsilon^{j\,43°39'}$$

und können nun den Strom an der Stelle X bestimmen aus

$$I_X = \frac{I_0}{\sin(v\,c)} \sin(v\,X + v\,c) = \frac{167{\cdot}7 \cdot \varepsilon^{-j\,23°22'}}{0{\cdot}758 \cdot \varepsilon^{j\,43°39'}} \cdot s_X \cdot \varepsilon^{j\sigma_X},$$

$$I_X = 221 \cdot \varepsilon^{-j\,67°1'} \cdot s_X \cdot \varepsilon^{j\sigma_X}.$$

[5]) Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Bd. XVII, II. Aufl., Verlag Vieweg.

Digitized by Google

Die Stromstrecke wurde jetzt in 5 Teile geteilt (ein Teil entsprechend der Leitungslänge $\frac{1126{\cdot}5}{5} = 225{\cdot}3\,\text{km}$) und wir lesen aus Abb. 1 ab:

für	$X = 0$	$s_0 = 0{\cdot}758$,	$\sigma_0 = 43{\cdot}65°$,	somit	$I_0 = 167{\cdot}7 \cdot \varepsilon - j\,23\,37°$
„	$X = 225{\cdot}3$	$s_{1/5} = 0{\cdot}7196$,	$\sigma_{1/5} = 53{\cdot}9°$,	„	$I_{1/5} = 159{\cdot}0 \cdot \varepsilon - j\,13\,12°$
„	$X = 450{\cdot}6$	$s_{2/5} = 0{\cdot}6792$,	$\sigma_{2/5} = 65{\cdot}5°$,	„	$I_{2/5} = 150{\cdot}0 \cdot \varepsilon - j\,1{\cdot}52°$
„	$X = 675{\cdot}9$	$s_{3/5} = 0{\cdot}6667$,	$\sigma_{3/5} = 78{\cdot}27°$,	„	$I_{3/5} = 147{\cdot}3 \cdot \varepsilon + j\,11{\cdot}25°$
„	$X = 901{\cdot}2$	$s_{4/5} = 0{\cdot}6761$,	$\sigma_{4/5} = 89{\cdot}52°$,	„	$I_{4/5} = 149{\cdot}5 \cdot \varepsilon + j\,22{\cdot}50°$
„	$X = 1126{\cdot}5$	$s_l = 0{\cdot}7005$,	$\sigma_l = 101{\cdot}53°$,	„	$I_l = 155{\cdot}0 \cdot \varepsilon + j\,34{\cdot}51°$

Der Stromverlauf ist in Abb. 7 gezeichnet.

Ebenso ergibt sich aus dem Sinusrelief (Spannungsstrecke)

$$\cos(\nu c) = \sin(\nu c + 90) = s_0' \varepsilon^{j\sigma_0'} = 1{\cdot}063 \cdot \varepsilon^{-j\,15\,3^0},$$

also

$$E_X = \frac{E_0}{\sin(\nu c + 90)} \sin(\nu X + \nu c + 90) = \frac{86\,600}{1{\cdot}063\,\varepsilon^{-j\,15{\cdot}3^0}} \cdot s'_X \cdot \varepsilon^{j\sigma' x},$$

$$E_X = 81\,400 \cdot \varepsilon^{j\,15{\cdot}3^0} \cdot s'_X \cdot \varepsilon^{j\sigma' x}$$

und wir entnehmen weiter der Spannungsstrecke

für	$X = 0$	$s'_0 = 1{\cdot}063$,	$\sigma'_0 = -15{\cdot}3°$,	somit	$E_0^{kV} = 86{\cdot}6 \cdot \varepsilon j\,0$
„	$X = 1/5\,l$	$s'_{1/5} = 1{\cdot}114$,	$\sigma'_{1/5} = -12{\cdot}06°$,	„	$E_{1/5} = 90{\cdot}7 \cdot \varepsilon j\,3{\cdot}24°$
„	$X = 2/5\,l$	$s'_{2/5} = 1{\cdot}159$,	$\sigma'_{2/5} = -8{\cdot}40°$,	„	$E_{2/5} = 94{\cdot}3 \cdot \varepsilon j\,6{\cdot}9°$
„	$X = 3/5\,l$	$s'_{3/5} = 1{\cdot}186$,	$\sigma'_{3/5} = -4{\cdot}61°$,	„	$E_{3/5} = 96{\cdot}6 \cdot \varepsilon j\,10{\cdot}69°$
„	$X = 4/5\,l$	$s'_{4/5} = 1{\cdot}205$,	$\sigma'_{4/5} = -0{\cdot}32°$,	„	$E_{4/5} = 98{\cdot}2 \cdot \varepsilon j\,14{\cdot}98°$
„	$X = l$	$s'_l = 1{\cdot}210$,	$\sigma'_l = +3{\cdot}7°$,	„	$E_l = 98{\cdot}6 \cdot \varepsilon j\,19{\cdot}0°$

Abb. 7 zeigt auch den örtlichen Spannungsverlauf.

Wir sehen, wie in den beiden Beispielen der Verlauf von Spannung und Strom ein gänzlich verschiedener ist.

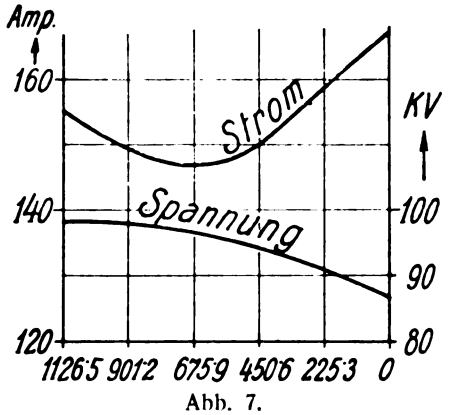


Abb. 7.

Endlich entnehmen wir dem Tangensrelief die Werte t_X und τ_X und finden damit die Werte von $\mathfrak{W}_X$ und φ_X aus

$$W_X = \mathfrak{W}_X \varepsilon^{j\varphi_X} = \mathfrak{Z} \cdot \varepsilon^{j(\zeta+90)} \cdot \frac{1}{t_X} \cdot \varepsilon^{-j\tau_X} = 368{\cdot}6 \cdot \varepsilon^{j\,82{\cdot}35^0} \cdot \frac{1}{t_X} \varepsilon^{-j\tau_X}.$$

Es ist

für	$X = 0$	$t_0 = 0{\cdot}714$,	$\tau_0 = 58{\cdot}98°$,	somit	$W_0 = 516 \cdot \varepsilon j\,23{\cdot}37°$
„	$X = 1/5\,l$	$t_{1/5} = 0{\cdot}640$,	$\tau_{1/5} = 63{\cdot}70°$,	„	$W_{1/5} = 577 \cdot \varepsilon j\,18{\cdot}64°$
„	$X = 2/5\,l$	$t_{2/5} = 0{\cdot}592$,	$\tau_{2/5} = 72{\cdot}10°$,	„	$W_{2/5} = 623 \cdot \varepsilon j\,10{\cdot}24°$
„	$X = 3/5\,l$	$t_{3/5} = 0{\cdot}560$,	$\tau_{3/5} = 80{\cdot}55°$,	„	$W_{3/5} = 660 \cdot \varepsilon j\,1{\cdot}8°$
„	$X = 4/5\,l$	$t_{4/5} = 0{\cdot}556$,	$\tau_{4/5} = 89{\cdot}97°$,	„	$W_{4/5} = 663 \cdot \varepsilon - j\,7{\cdot}62°$
„	$X = l$	$t_l = 0{\cdot}579$,	$\tau_l = 97{\cdot}76°$,	„	$W_l = 637 \cdot \varepsilon - 15{\cdot}41°$

Der Phasenwinkel φ_X übergeht also von 23·37° Stromnacheilung (am Ende) in 15·41° Stromvoreilung (am Anfang); siehe Abb. 8.

Die Nutzleistung ist:

$$A_0 = 3 \cdot 86{\cdot}6 \cdot 167{\cdot}7 \cdot 0{\cdot}918 = 40\,000\,\text{kW}.$$

Die Leistung am Anfang ist:

$$A_l = 3 \cdot 98{\cdot}6 \cdot 155{\cdot}0 \cdot \cos(15{\cdot}41°) = 44\,150\,\text{kW},$$

somit

$$\eta = \frac{A_0}{A_l} = 0{\cdot}905.$$

Sehr bemerkenswert ist die vortreffliche Übereinstimmung der hier aus der Reliefbenützung gewonnenen Resultate mit jenen, die die exakte Rechnung in meinem Buche ergeben hat. Ich habe mich überzeugt, daß man, bei nur einiger Übung im Reliefgebrauche, leicht eine Genauigkeit auf 1 Prozent erreicht.

Endlich wollen wir als drittes Beispiel unseres Reliefs die Größen: Kurzschlußwiderstand, Leerlaufwiderstand und Kabelfaktor für ein bestimmtes Kabel entnehmen.

Das Kabel ist ein Drehstromkabel für 10 000 Volt (aus Rösslers Buch: Fernleitung von Wechselströmen, Kabel Nr. 8) mit den Daten:

$r = 0{\cdot}1498$; $\omega L = 0{\cdot}09734$; $\omega C = 67{\cdot}51 \cdot 10^{-6}$; $g = 0{\cdot}0667 \cdot 10^{-6}$; $(f = 50)$.

Dann ist

$$jr - \omega L = \sqrt{r^2 + \omega^2 L^2} \cdot \varepsilon^{j\,\text{arctg}\frac{r}{-\omega L}} = 0{\cdot}1786 \cdot \varepsilon^{j\,123^0\,0'\,58''},$$

$$jg - \omega C = \sqrt{g^2 + \omega^2 C^2} \cdot \varepsilon^{j\,\text{arctg}\frac{g}{-\omega C}} = 67{\cdot}52 \cdot \varepsilon^{j\,179^0\,56'\,36''} \cdot 10^{-6}.$$

also

$$\nu = \sqrt{(jr - \omega L)(jg - \omega C)} = 3{\cdot}472 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon^{j\,151^0\,28'\,47''},$$

$$Z = \sqrt{\frac{jr - \omega L}{jg - \omega C}} = 51{\cdot}43 \cdot \varepsilon^{-j\,28^0\,27'\,49''}.$$

Wir wollen nun die Größen $\overset{K}{W}$, $\overset{0}{W}$ und C (Kabelfaktor) für eine Länge $l = 200\,\text{km}$ haben.

So ist

$$\nu l = \nu \cdot 200 = 0{\cdot}6944\,\varepsilon^{j\,151^0\,28'\,47''},$$

$$\nu l = 0{\cdot}6944 \cdot \cos(151^0\,28'\,47'') + j\,0{\cdot}6944 \cdot \sin(151^0\,28'\,47''),$$

$$\nu l = -0{\cdot}6101 + j\,0{\cdot}3316$$

oder in Reliefkoordinaten

$$\nu l = -0{\cdot}6101 \frac{180^0}{\pi} + j\,0{\cdot}3316 \frac{180\,\text{mm}}{\pi},$$

$$\nu l = -34{\cdot}95^0 + j\,19{\cdot}0\,\text{mm}.$$

Mit diesen beiden Werten als Koordinaten gehen wir in das Tangensrelief und bestimmen damit den Punkt R als den einen Endpunkt einer Strecke, die man die Strecke des Kurz-

Digitized by Google

schlußwiderstandes nennen könnte. Das andere Ende dieser Strecke liegt im Nullpunkt. Die Strecke ist in Abb. 3 verzeichnet.

Nun war

$$\overset{K}{W}_X = -jZ\,\mathrm{tg}\,(v\,X),$$

also

$$\overset{K}{W}_{200} = -jZ\,\mathrm{tg}\,(v\,.\,200) =$$

$$= \varepsilon^{-j\frac{\pi}{2}}\,.\,51{\cdot}43\,.\,\varepsilon^{-j\,28^0\,27'\,49''}\,.\,\mathrm{tg}\,(v\,.\,200),$$

$$\overset{K}{W}_{200} = [51{\cdot}43\,.\,\varepsilon^{-j\,118^0\,27'\,49''}]\,.\,\mathrm{tg}\,(v\,.\,200).$$

$\mathrm{tg}\,(v\,.\,200)$ entnehmen wir aus Punkt R des Reliefs mit

$$\mathrm{tg}\,(v\,.\,200) = t\,\varepsilon^{j\tau} = 0{\cdot}755\,.\,\varepsilon^{j\,143{\cdot}5^0};$$

somit folgt

$$\overset{K}{W}_{200} = 51{\cdot}43\,.\,\varepsilon^{-j\,118^0\,27'\,49''}\,.\,0{\cdot}755\,.\,\varepsilon^{j\,143{\cdot}5^0} = 38{\cdot}8\,\varepsilon^{j\,25^0\,2'}$$

[Nach Rössler gerechnet ist der Wert: $38{\cdot}6\,\varepsilon^{j\,24^0\,20'}$]

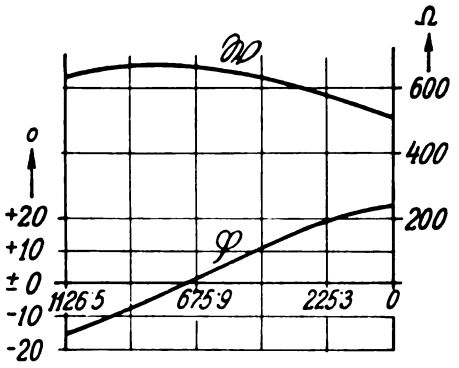


Abb. 8.

Der Leerlaufwiderstand $\overset{0}{W}_X$ war:

$$\overset{0}{W}_X = -jZ\,.\,\mathrm{tg}\,(v\,X + 90^0).$$

Zu seiner Bestimmung verschieben wir die Strecke OR im Tangensrelief um 90° nach rechts, nach $O'R'$. Dem Punkte R' entnehmen wir den Wert von

$$\mathrm{tg}\,(v\,.\,200 + 90^0) = 1{\cdot}34\,\varepsilon^{j\,76\,76^0}$$

und finden

$$\overset{0}{W}_{200} = 51{\cdot}43\,.\,\varepsilon^{-j\,118^0\,27'\,49''}\,.\,1{\cdot}34\,.\,\varepsilon^{j\,36^0\,45'\,36''} =$$

$$= 68{\cdot}8\,\varepsilon^{-j\,81^0\,42'\,13''}$$

[Nach Rössler gerechnet: $68{\cdot}5\,\varepsilon^{-j\,81^0\,15'}$].

Für Bruchteile der Länge von 200 km ergeben sich $\overset{K}{W}$ und $\overset{0}{W}$ natürlich durch aliquote Teilung der Strecken OR und $O'R'$.

Der Kabelfaktor C_X war

$$C_X = \cos\,(v\,X) = \sin\,(v\,X + 90).$$

Um ihn zu bestimmen, haben wir also nur den Punkt R' mit gleichen Koordinaten in das Sinusrelief zu übertragen und finden dort

$$C_{200} = \cos\,(v\,.\,200) = \sin\,(v\,.\,200 + 90^0) = s'\,.\,\varepsilon^{j\sigma'} =$$

$$[= 0{\cdot}875\,.\,\varepsilon^{j\,12^0\,5'}.$$

Nach Rössler gerechnet: $0{\cdot}886\,.\,\varepsilon^{j\,12^0\,37'}$].

Die hier gegebenen Beispiele werden wohl jeden, der sich einmal mit dem Fernleitungsproblem beschäftigt hat, überzeugen, welche ganz außerordentlichen Vorteile die Benützung der Reliefs mit sich bringt.

Ohne Reliefs gerechnet bedeutet jedes der 3 Beispiele eine mehrtägige Rechenarbeit, die auch noch der Gefahr der Rechenfehler unterliegt; mit Relief ist jedes Beispiel in 2 bis 3 Stunden zu erledigen.

Rössler sagte in seinem wiederholt zitierten Buche, daß von Kabel zu Kabel, aber auch bei demselben Kabel für verschiedene Belastungsfälle die elektrischen Zustände kaleidoskopartig variieren und daß daher jedes Kabel individuell durchgerechnet werden müsse.

Ein Blick auf die Reliefs mit eingezeichneten Strom- und Spannungsstrecken erklärt uns diese Tatsache sofort. Die Lage der Stromstrecke hängt vom Kabeltypus und der Belastungsart ab. Sie variiert somit durchaus willkürlich und mit ihr variieren in überraschender Weise die elektrischen Zustände.

Wenn auch die vorliegende Arbeit „wesentlich" nichts Neues bringt, so glaubte ich doch, daß einer neuen Darstellungsform von der Bedeutung der Reliefs eine Beleuchtung von anderer Seite gut tue und daß es für die Praxis nützlich sei, die Brown-Emdeschen Ideen zu verbreiten.

33. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin (17. bis 19. Juni 1928).

Der Vorsitzende des VDE, Generaldirektor Krone, wies in seiner Eröffnungsrede auf die Entwicklung der deutschen Elektrotechnik seit der letzten Jahresversammlung in Kiel 1927[1]) hin; er konnte mit berechtigter Befriedigung auf die erfolgreiche Arbeit des Verbandes und den in der Elektrotechnik weiter fortgeschrittenen Wiederaufstieg hinweisen.

Die Ehrenmitgliedschaft des Verbandes wurde verliehen dem Geheimen Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Kohlrausch-Hannover und dem Präsidenten Geheimen Oberpostrat Prof. Dr.-Ing. E. h. K. Strecker.

Generalsekretär Dr. Schirp berichtete über die Tätigkeit des Verbandes seit der Jahresversammlung 1927 in Kiel. Er gab die der Jahresversammlung zur Beschlußfassung vorgelegten Verträge, Satzungsänderungen und VDE-Arbeiten bekannt. Anschließend erfolgten Ersatzwahlen für Vorstand und Ausschuß. Als Ort für die nächstjährige Jahresversammlung wurde Aachen gewählt.

Die elektrische Zugförderung der deutschen Reichsbahn[1]) bildete das Hauptthema der diesjährigen Jahresversammlung. In drei Hauptvorträgen wurde von hervorragenden Fachleuten auf die Elektrisierung der deutschen Reichsbahn im speziellen, sowie auf die eng damit verknüpften Fragen der Stromlieferung eingegangen. Im nachfolgenden soll der

[1]) Vgl. den Bericht darüber E. u. M. 1928, Heft 2, S. 45.

Digitized by Google

Inhalt der Hauptvorträge und das Ergebnis der Aussprache darüber kurz zusammengefaßt werden[2]).

Reichsbahndirektor W. Wechmann, Berlin, sprach über: „Die Elektrisierung der deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Stadt- und Vorortbahn".

Besonders in den letzten Jahren läßt sich eine starke Steigerung der elektrisierten Streckenlänge und eine noch stärkere Zunahme des Stromverbrauches bei den Fernbahnen erkennen, dies führt auf die Frage, welche Strecken für die weitere Elektrisierung in Betracht kommen. In erster Linie hat hier die wirtschaftliche Seite das Wort, das heißt es muß sich durch Einführen des elektrischen Betriebes eine möglichst große Verbilligung gegenüber dem Dampfbetrieb erreichen lassen. Aus dieser Bedingung resultiert auf jeden Fall ein Vorteil zugunsten der Elektrisierung solcher Strecken, die sich an bereits vorhandene Anlagen anschließen, da der Strombezug leichter und billiger wird und die Mitausnutzung vorhandener Lokomotiven möglich ist. Maßgebend ist aber ferner in hervorragender Weise der Arbeitsverbrauch in kWh je km Streckenlänge und der Strompreis. Wie bei jeder elektrischen Übertragungsanlage führt auch hier eine hohe Benutzungsstundenzahl zu wirtschaftlichen Vorteilen. Der zu tragende Kapitaldienst verteilt sich auf eine größere Zahl von Tonnen- und Platzkilometern und die günstige Strombelastung wirkt auf den Strompreis verbilligend ein. Genaue Grenzen des Arbeitsverbrauches, bis zu welchen sich eine Elektrisierung rechtfertigt, lassen sich allgemein nicht angeben, da zu viele Faktoren wie Steigungsverhältnisse der Strecke, die schon erwähnte Mitausnutzung vorhandener Lokomotiven, die Kosten für Verkabelung von Fernmeldeleitungen usw. doch eine für jede Strecke verschiedene individuelle Untersuchung erforderlich machen. Als ungefähre Angabe möge dienen, daß bei Streckenbereichen, für die eine Elektrisierung von der Reichsbahn geplant ist, der mittlere Energiebedarf zwischen 300000 und 400000 kWh pro km und Jahr schwankt. Für die Tatsache, daß die Stromkosten einen erheblichen Einfluß auf die Elektrisierungswürdigkeit einer Strecke ausüben, dürfte die Untersuchung dieser Verhältnisse auf der Strecke Nürnberg—Berlin sprechen, bei der sich zum Beispiel die Stromkosten bei 3·3 Pf. pro kWh zu 30 vH der für die Elektrisierung zu tragenden Gesamtkosten ergaben.

Ein weiterer Punkt, der für die Elektrisierung spricht, ist die Verkürzung der Fahrzeiten. An Hand von graphischen Fahrplänen wird auf diese Tatsache näher eingegangen. Die erreichbaren Fahrzeitverkürzungen betragen zirka 20 bis 30 vH gegenüber dem Dampfbetrieb; sie werden bei ausgesprochenen Gebirgsstrecken sogar noch höher, da beim elektrischen Betriebe die zum schnellen Befahren der Steigungen erforderlichen großen Energien unbeschränkt zur Verfügung stehen, während die Dampflokomotive nur verhältnismäßig wenig und nur kurze Zeit überlastbar ist. Die Fahrzeitersparnis führt zur besonderen Bevorzugung von Hauptverkehrsadern zur Elektrisierung, da hier natürlich die größten Vorteile damit erreichbar sind. Individuelle Verhältnisse, wie Stadt- und Vorortbahnen mit ihrer großen Zugdichte, bilden natürlich, auch wenn sie von bereits bestehenden Anlagen isoliert sind, ein besonders günstiges Anwendungsgebiet. Der rauch- und rußlose Betrieb wirkt hier, wie übrigens auch bei den Fernbahnen, besonders verkehrswerbend ein.

Die Erfahrung, die die Reichsbahngesellschaft mit dem Einphasenwechselstromsystem niederer Frequenz auf ihren Fernbahnen gemacht hat, sind sehr gute[3]). Die Einfachheit im Aufbau der Streckenausrüstung und der Fahrzeuge veranlassen die Reichsbahn auch weiterhin an der Anwendung dieses Systems festzuhalten.

Im Fahrleitungsbau ist als besonderer Vorzug die Vereinheitlichung des Gesamtaufbaues für die gesamte deutsche Reichsbahn zu nennen. Die Vervollkommnung der Isolatoren, bei denen neuerdings auch eine Beanspruchung auf Zug möglich ist, führte zu einer wesentlichen Vereinfachung der Leitungsisolation, indem anstatt der bisher doppelten nur noch die Ausführung einfacher Isolation möglich wurde. Interessant dürfte die Angabe sein, daß bei den neuzeitlichen Ausführungen die Gesamtfahrleitungskosten einer betriebsfertigen zweigleisigen freien Strecke zirka 7500 bis 10500 RM/km je nach den besonderen Verhältnissen betragen.

Aus dem Gebiete der Triebfahrzeuge[4]) wurden nur kurz die neuesten Lokomotivausführungen 1 Do 1 und 2 Do 1 im Lichtbild beschrieben. Diese im Zusammenwirken der AEG und SSW gebauten Lokomotiven erhalten Federnantrieb nach Westinghouse-Kleinow. In der Wagrechten vermögen sie 750 t bei 110 Km/h dauernd und auf Steigungen von 10 vT 690 t bei 75 Km/h eine Stunde lang zu fördern.

Die Frage des Strombezuges der Reichsbahn wurde seinerzeit, als die Landeselektrizitätsversorgung mit ihren Übertragungsleistungen noch in den Anfängen ihrer Entwicklung stand, dahin entschieden, besondere Bahnmaschinen aufzustellen, sei es in bahneigenen Werken oder aber durch Beteiligungen im Anschluß an Kraftwerke der öffentlichen Elektrizitätsversorgung. Heute wo die Verhältnisse sich durch die rasche Ausbreitung der Landesversorgungsnetze wesentlich geändert haben und durch den Zusammenschluß der Netze in nicht allzu ferner Zeit überall die Möglichkeit besteht, von wenigstens zwei Seiten Energie zu erhalten und damit genügende Sicherheit der Stromversorgung vorliegt, bestehen keine Bedenken mehr zum Fremdbezug des Stromes überzugehen, wie es jetzt zum Beispiel bei der Berliner Stadt- und Ringbahn geschehen ist[5]), vorausgesetzt natürlich, daß eine Wirtschaftlichkeit dieser Versorgung vorhanden ist. Bisher haben genau aufgestellte Kostenberechnungen, bei denen auch die Aufwendungen für Bereitschaftsanlagen berücksichtigt wurden, allerdings diese Vorteile für die Drehstromversorgung mit Umformung nicht ergeben. Die Wechselstromspeisung mit eigenen Einphasenversorgungsleitungen ergab immer noch den niedrigsten Strompreis ab Fahrdraht.

Neuere Untersuchungen zur Herabminderung der Energiekosten beziehen sich einmal auf die Absenkung der Übertragungskosten von Einphasenstrom durch die sogenannte Simultanübertragung. Der $16^2/_3$ periodige Bahnstrom wird der 50 periodigen Landesversorgung auf derselben Leitung überlagert, so daß eventuell die anteiligen Kosten der Fernleitungen am Strompreis herabgesetzt werden können[6]). Das andere Mal beziehen sich die Untersuchungen auf eine Verbilligung der Umformung von Drehstrom 50 Per/s in Bahnstrom $16^2/_3$ Per/s, wofür Ansätze, allerdings erst in kleineren Umformerausführungen, bereits vorhanden sind.

Bei der Berliner Stadt- und Ringbahn[7]) führte die hohe Anfahrgeschwindigkeit, die der dichten Zugfolge wegen als oberste Forderung vorangestellt werden mußte, zur Ausführung von Triebwagenzügen, da hier die Verlegung eines großen Gewichtes, mehr als die Hälfte des gesamten Zuggewichtes, auf die Triebachsen möglich ist. Der Lokomotivbetrieb mußte aus diesem Grunde ausscheiden. Zur Bewältigung des Verkehrs einschließlich der notwendigen Reserven werden 473 Triebwagen benötigt. Da die hierfür aufzuwendenden Kosten etwa die Hälfte der gesamten für die Elektrisierung bereitzustellenden Mittel betragen, mußte derjenigen Stromart der Vorzug gegeben werden, bei der gerade die Triebfahrzeuge möglichst billig ausfallen und das war Gleichstrom bis 800 V. Die Versorgung wurde auf Grund der guten Erfahrungen einer seit einiger Zeit mit Gleichrichtern ausgerüsteten Vorortstrecke lediglich auf diese Umformerart gestellt.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 560; 1928, H. 2, S. 45.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 357, 912.

[4]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 578, 953.

[5]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 560.

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1042; 1928, H. 8, S. 177.

[7]) Vgl. a. E. u. M. 1926, TWN, S. 164; 1928, H. 2, S. 45; H. 28, S. 763.

Digitized by Google

Während aber bisher einzelne größere Umformerstationen die elektrisierten Vorortstrecken speisten, besteht für die Stadt- und Ringbahn eine Neuerung in der sogenannten verteilten Speisung. Auf jeder Station sind Gleichrichter aufgestellt, und zwar einzeln für jede Fahrtrichtung, so daß beide elektrisch getrennt sind. Gegenüber der ursprünglichen Anordnung wurde eine starke Herabsetzung der Reichweite jeder Station erzielt, wodurch die Verluste in der Stromschiene so klein wie irgend möglich gehalten werden. Die hohe Zahl der Gleichrichterwerke, die zum größten Teil zur Ersparung von Personalkosten unbedient vorgesehen sind, machten eine besondere Fernsteuerung mit möglichst wenig Leitungen notwendig, da andernfalls die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage in Frage gestellt worden wäre. Die Lösung besteht in synchronbetriebenen Gebe- und Empfängerapparaten, zwischen denen nur zwei Verbindungsleiter erforderlich werden und mit denen sich eine große Anzahl von Kommandos bzw. Rückmeldungen ausführen lassen. Als Neuerung ist ferner die selbsttätige Schaltwalzensteuerung hervorzuheben. Sie gestattet lediglich durch Bedienung eines Druckknopfes das Anfahren des elektrischen Zuges auszuführen.

Die drehstromseitige Versorgung erfolgt durch 30 kV-Kabel, die von zwei als Stromübergabestellen ausgebauten, diametral angeordneten Stationen ausgehen. Die von diesen versorgten Strecken sind im normalen Betrieb — eine Kupplung ist aber möglich — getrennt, damit die stromliefernden Großkraftwerke der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. einerseits und der Elektrowerke A.-G. andererseits nicht parallel arbeiten und durch enorme Kurzschlußleistungen die Ölschalter gefährden. Aus den gleichen Überlegungen heraus, wurde vorläufig auch vorgesehen, daß beide Lieferer mit getrennten, das heißt nicht mit ihrem übrigen Netz gekuppelten Generatoren auf das Bahnnetz arbeiten.

Zum Schluß wurde noch die Beeinflussung des Fernmeldebetriebes durch den Bahnstrom[8]) gestreift, da ohne besondere Maßnahmen ein Betrieb der Fernmeldeleitungen nicht möglich ist. Als Maßnahmen werden vor allem Verkabelung der längs der Bahn laufenden Fernmeldeleitungen, die Ersetzung der Erdleitungen der Telegraphen durch metallische Leiter und die Abschließung der Fernmeldeleitungen am Ende elektrisierter Strecken durch besondere Übertragungsschaltungen erwähnt.

Prof. Dr.-Ing. W. Reichel, Berlin, behandelte in seinem Vortrag die „Gleichstromversorgung der Reichsbahn insbesondere durch Gleichrichteranlagen"[9]).

Vollbahnen können bei Gleichstrom mit Spannungen bis zu 3000 V betrieben werden; üblich sind 800 bis 1200 V. Die elektrische Energie wird in Drehstromgeneratoren erzeugt und mittels besonderer Zwischenglieder in Gleichstrom umgeformt. Dies kann geschehen durch Motorgeneratoren, Einankerumformer, Kaskadenmaschinen und Quecksilberdampfgleichrichter. Die angegebene Reihenfolge entspricht der historischen Entwicklung; alle genannten Systeme sind heute als betriebssicher anzusprechen. Die Pendelerscheinungen des Einankers, das Rundfeuer an den Kollektoren und die Rückzündung des Gleichrichters sind infolge der technischen Durchbildung in ihrer Entstehungsmöglichkeit sehr eingeschränkt und in ihrer Auswirkung erheblich herabgesetzt worden[10]); sämtliche Systeme haben gleichstromseitig als Bindeglied mit den Verbraucherleitungen den vorzüglichen Schnellschalter[11]). Auch die Leistungsfähigkeit spielt keine Rolle; denn die vom Vollbahnbetrieb verlangte Leistungseinheit schwankt zwischen 1000 und 3000 kW und die mögliche Leistung eines Umformeraggregates beträgt ein Vielfaches dieser Zahlen, nämlich 6000 kW für die Einanker- und Kaskadenumformer, 9000 kW für den Motorgenerator und 5000 kW für den ruhenden Gleichrichter. Dagegen zieht die Betriebsspannung bereits Grenzen für die Verwendbarkeit. Bei Einankern erfolgt die Umformung auf elektrischem Wege; die innere Frequenz ist der zugeführten gleich und normalerweise 50 Per/s. Bei der zulässigen Segmentspannung von maximal 17 V lassen sich diese Maschinen bis zu 1200 V bauen. Die Kaskadenschaltungen formen elektrisch und mechanisch um; die innere Frequenz ist annähernd 25 Per/s, man kommt also bis auf die doppelte Spannung von 2400 V. Weil beim Motorgenerator die wechselstromseitig zugeführte und die gleichstromseitig erzeugte Spannung — im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Maschinen — absolut unabhängig voneinander sind, läßt er sich mit einer Gleichspannung bis zu 4000 V ausführen. Daneben tritt oft ein weiterer Vorteil. Der drehstromerregte Asynchronmotor kann für 10 bis 15 kV Betriebsspannung ausgelegt werden, wodurch gegebenenfalls die Zwischenschaltung eines Transformators sich erübrigt. Abgesehen von der letzten Bemerkung gilt, bezogen auf die Spannung, dasselbe für den Quecksilberdampfgleichrichter. Allgemein kommen in Deutschland Gleichspannungen über 1200 V für Vollbahnbetrieb nicht vor; würden sie aber verlangt, so könnte man durch Reihenschaltung zweier Einanker oder Kaskaden diese Aggregate weiterhin vorteilhaft benutzen. Aber wie so oft entscheidet heute über die Anwendung nicht mehr die sachlich-technische Eignung allein, sondern die Wirtschaftlichkeit bestimmt hauptsächlich mit. Die Anlagekosten sind zwar für die vier Möglichkeiten annähernd gleich. In bezug auf die Unterhaltungskosten aber ist der Gleichrichter, aller Voraussicht nach am billigsten; Erfahrungen, die sich auf eine Reihe von Jahren erstrecken, hat man für den Großgleichrichter im Vollbahnbetrieb noch nicht. Vor allem bedarf er nur geringer Wartung, während die Umformermaschinen der üblichen Pflege nicht entraten können. Deshalb eignet er sich sehr für automatische Anlagen mit Fernsteuerung. Unbedingt überlegen ist er den anderen Systemen durch seinen guten Betriebswirkungsgrad, das heißt er arbeitet nicht nur bei Vollast, sondern auch bei Teillasten mit einem sehr hohen Nutzeffekt. Zwischen 1/4- und 3/4-Last ändert er sich im Bereiche 0·92 bis 0·94. Einanker, Kaskaden und Motorgeneratoren weisen bei Teillasten einen Rückgang in ihrem Wirkungsgrade auf; und zwar verschlechtert sich dieser um so erheblicher, je mehr die Umformung von der elektrischen in die mechanische übergeht, wie es ja durch die Natur der Sache begründet ist. Dazu kommt die rasche und große Entwicklung des Gleichrichters in den letzten Jahren[12]), welcher die der Maschinen nicht gleichen Schritt gehalten hat. Die früheren Übelstände sind beseitigt oder wenigstens unschädlich gemacht worden. Das gleichmäßige Brennen aller Anoden wird durch Stromteilung und Saugdrossel erreicht. Die höheren Oberwellen der Gleichspannung, die Schwachstromstörungen verursachen, sind durch Glättungsdrossel und Resonanzkreise, in denen sie sich auslassen können, ihrer unangenehmen Einwirkung beraubt worden. Die Vakuumhaltung und die Kühlung sind vorzüglich, kurzum der Gleichrichter hat im Vergleich zu den anderen Umformern eigentlich nur noch gute Eigenschaften. Deshalb wird er mehr und mehr zur Geltung kommen, ohne die Maschinen ganz zu verdrängen. Dort, wo die Blindleistungen des Drehstromnetzes nennenswert beeinflußt werden können, dort werden sie sich ihr Anwendungsgebiet nach wie vor behaupten. Im übrigen aber gehört das Feld der Gleichstromgroßversorgung dem Quecksilberdampfgleichrichter. Seine Entwicklung wird ihr vorläufiges Ende mit der Type von etwa 20000 A finden, die gerade noch bahntransportfähig ist.

Im Anschluß daran führte Dr. M. Schenkel einen Film vor, welcher in den zeitlichen Vorgang des Gleichrichters einen Blick tun läßt. Für die Aufnahme

[8]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 19, S. 435.
[9]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 326.
[10]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 1, S. 8, 10.
[11]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 622, 719; 1928, H. 25, S. 619.
[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 717, 797; 1928, S. 34, 56, 73, 98, 136, 185, 206.

Digitized by Google

wurde ein besonders konstruierter Gasgleichrichter verwendet. Als Wichtigstes ergibt sich die Tatsache, daß nach Übergang des Stromes von der einen Anode zur nächsten vor dieser eine Restdampfwolke zurückbleibt. Da ihre Größe von der jeweiligen Belastung abhängt, haben wir es mit einer Stromerscheinung zu tun. Die Leitfähigkeit des Anodenraumes sinkt daher nicht wie erwünscht auf Null. Infolgedessen kann unter Umständen eine Rückzündung erfolgen. Um dieser Ursache aus dem Wege zu gehen, braucht man, da die Wolke elektrisch geladen ist, sie nur zu neutralisieren. Dies kann auf zwei Arten geschehen: entweder mechanisch oder elektrisch. Im ersten Falle verwendet man eine zusätzliche Kühlung, und im zweiten baut man ein Metallblech in der Nähe der Anode ein. Die Richtigkeit der beiden Mittel erweist sich ebenfalls im Film. Der Vortragende hofft durch Film und Glasgleichrichter noch mehr in die Geheimnisse des Gleichrichtens einzudringen und die gewonnenen Erkenntnisse für die Durchbildung und Vervollkommnung der Großgleichrichter verwenden zu können.

Prof. Dr.-Ing. W. Petersen sprach über „Die Wechselstromversorgung der Reichsbahn".

Für den Fernverkehr hat sich die Reichsbahn auf das Einphasensystem mit $16^2/_3$ Per/s und 15 kV Fahrdrahtspannung festgelegt. In den ersten Anfängen erzeugte die Bahn ihren Strom in eigenen Kraftwerken, weil die Landesversorgung noch nicht den Anforderungen des Bahnbetriebes gewachsen war. Denn neben der großen Leistungsfähigkeit kommt es dem Bahnbetriebe auf die Sicherheit der Energiezufuhr an. Die Bahn hätte sich jeweils immer nur an ein Werk anschließen können und wäre ihm auf Gedeih und Verderb ausgeliefert gewesen. Heutzutage ist alles anders. Großkraftwerke können einen Bruchteil ihrer Leistung — denn mehr macht es nicht aus — bequem für Bahnzwecke hergeben. Die mit dem Bahnbetrieb unvermeidlich verknüpften Stromstöße und Spannungsschwankungen werden von ihnen leicht aufgenommen und ohne besondere Rückwirkung auf die anderen Verbraucher. Höchstspannungsnetze mit 110, 220 und in Zukunft 380 kV Betriebsspannung, die miteinander vermascht sind, bieten ausreichende Sicherheit. Selbst wenn ein ganzes Kraftwerk ausfallen sollte, was sehr selten vorkommt, so sind die anderen Zentralen hinreichend stark, um den Bahnbedarf zu decken. Aber nicht nur die Leistungsfähigkeit der Erzeugungsstätten gewährleistet einen normalen Betrieb. Auch Speicherwerke, die in Minuten, teilweise sogar in Bruchteilen einer Minute eingreifen können, befinden sich in vielen Landesteilen und bieten eine vollkommene Reserve. Dazu kommt noch die Sicherheit der Selektivschutzmittel. Trotz der Vermaschung bleiben Fehler und Störungen der Übertragungsmittel nur von lokaler Bedeutung. In den Zentren größerer Energien wird man in absehbarer Zeit 100 kV-Kabel zur Stromversorgung benutzen. Damit macht man sich praktisch von den äußeren Einwirkungen, denen die Freileitung ausgesetzt ist, frei und erhöht die Betriebssicherheit. Klingenberg hat 1915 einen Zukunftsplan der deutschen elektrischen Energielieferung entworfen[13]). Heute nach 13 Jahren hat die Entwicklung bereits diese Gedanken verwirklicht und vielfach überholt.

Zusammenhängende Hochspannungsnetze gibt es in Süd-, Mittel-, West- und Norddeutschland. Im Osten wird ein solches noch entstehen. Und über alle hinweg wird sich, sobald der Reichsbahnbedarf hinzukommt, ein Netz von 220 und 380 kV-Hochspannungsleitungen darüber lagern und sie zu einer Einheit zusammenfassen. Einer Elektrisierung der ganzen Vollbahnen steht dann nichts mehr in energetischer Hinsicht im Wege. Die Entwicklung der Kraftwerke und Übertragungsmittel wird viel früher vollzogen sein als die der Fernbahnen. Man schätzt bei totaler Elektrisierung den jährlichen Bahnbedarf zu 10 bis 12 Milliarden kWh und den gesamten Absatz der Elektrizitätswerke auf 40 Milliarden kWh. Die Reichsbahn verbraucht demnach ungefähr ein Viertel der gesamten erzeugten Energie; diese kann ohne weiteres zur Verfügung gestellt werden. Die wichtigste Rolle neben der Stromversorgung spielt die Kupplung der Landes- und Bahnnetze. Der 50 periodische Strom der Landesnetze ist in $16^2/_3$ periodischen Bahnstrom überzuführen. Theoretisch ist diese Frage des Zusammenarbeitens gelöst, aber die praktischen Ausführungen befriedigen noch nicht so recht. Vor allem macht die Bedienung Schwierigkeiten, wenn es an die richtige Verteilung der Leistungen geht. Bekanntlich werden bei Wechselstrommaschinen die Blindleistungen durch die Änderung der Erregung und die Wirkleistungen durch die des Antriebsreglers bestimmt. Parallel arbeitende Werke haben bei fester Reglerstellung zueinander ein bestimmtes Verhältnis der abgegebenen Wirkleistungen. Sie verhalten sich wie die Leistungszahlen der Zentralen, wobei man unter Leistungszahl die für die Einheit der dauernden Tourenänderung abgegebene Wirkleistung versteht. Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Werke spricht nicht mit. Alle Laständerungen verteilen sich im Verhältnis der Regler. Die dauernde Tourenänderung zwischen Leerlauf und Vollast hängt von der Art des Kraftwerkes ab. Beispielsweise beträgt sie für eine Niederdruckwasserkraftanlage etwa 10 vH und für eine Dampfzentrale ungefähr 1·25 vH, bei gleicher Leistungsfähigkeit werden bei zwei solchen Werken die Lastschwankungen achtmal so stark auf das Dampfkraftwerk wie auf die Wasseranlage übertragen. Die Netzkupplung erfolgt durch Periodenumformer und zeigt je nach der Maschinengattung ein verschiedenartiges Verhalten[14]). Man unterscheidet: starre, harte und weiche Kupplungscharakteristiken. (Drehzahl in Abhängigkeit der Leistung.) Ein starres System bilden der Synchronmotor und der Einphasengenerator. Die Frequenz des Motors ist immer gleich der seines speisenden Netzes. Schematisch kann man sich beide Netze über eine Drossel verbunden denken. Die Leistungen verteilen sich wie früher entsprechend den Leistungszahlen, wobei aber an und für sich schon auf die 50 periodischen Werke eine größere Leistungszahl als auf die $16^2/_3$ periodischen entfällt. Die zusätzlichen Belastungen werden vom Drehstromnetz in erster Linie übernommen, und der Motor fällt gegebenenfalls leicht außer Tritt, woran keine Regelung der Synchronmaschine etwas ändern kann. Diese Kupplung ist daher undurchführbar. Man hat den synchronen Motor durch den asynchronen ersetzt. Die Leistungszahl der 50 Periodenseite wird dadurch verkleinert, denn die dauernde Tourenänderung setzt sich aus der Summe des Motorschlupfes und der Änderung der Netzfrequenz zusammen, die Charakteristik wird weicher. Der Grad der Weichheit läßt sich durch Einschalten von Widerstand in den Rotorkreis beliebig regeln, weil dadurch der Schlupf wächst. Diese Lösung ist mit Verlusten erkauft. Wirtschaftlicher sind die Kaskadenschaltungen, deren Prinzip die Ausnutzung der Schlupfenergie ist und von denen heutzutage eine ganze Menge Variationen entwickelt sind[15]). Weiterhin ergibt die Zwischenschaltung eines Drehtransformators eine gleitende Kupplung. Bei ihr sind Phasenlage und Frequenz änderbar. Bei entsprechenden Frequenzen steht der Rotor still, andernfalls dreht er sich mit wenigen Touren links oder rechts herum. Wirkleistung wird nicht übertragen, wohl aber Blindleistung. Zwingt man ihm von außen her ein Drehmoment auf, so kann auch Wirkleistung von einem in das andere Netz verschoben werden. Die Schwierigkeit dieser Anordnung liegt darin, daß die Drehmomentmaschine eine der Frequenzdifferenz angepaßte, also veränderliche Tourenzahl haben muß. Außerdem wirkt der hohe Blindlastverbrauch, der bei Normalbetrieb ungefähr 40 vH der Nennleistung beträgt, seiner Verbreitung entgegen. Die Verwendung von Höchstspannungskabeln wird allerdings in Zukunft diesen Umstand nicht mehr so ins

[13]) Vgl. a. E. u. M. 1916, S. 335.

[14]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 18, S. 409.

[15]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 840; 1928, H. 37, S. 910.

Digitized by Google

Gewicht fallen lassen. Des hohen Anlagepreises wegen hat diese Kupplung aber kaum Aussicht auf Verwendung. Die Zukunft wird neue Wege suchen und sich nach einer stationären regelbaren Frequenzwandlung umtun. Eine Lösung wäre der Vielfachtransformator, eine pollose Gleichstrommaschine mit sich drehendem Bürstensatz, welche eine gleitende Kupplung darstellt. Seiner Verwirklichung steht nur der Umstand entgegen, daß die Lamellenspannung einige hundert Volt betragen müßte, was aber nach dem heutigen Stande der Technik noch nicht zulässig ist. Eine andere Möglichkeit wäre der statische Transformator, bei dem man durch irgendeine Kunstschaltung die Frequenz auf den dritten Teil herabsetzen könnte und der vor allem unsymmetrisch belastbar wäre.

Dipl.-Ing. W. v. Mangoldt, Dipl.-Ing. P. Wittich.
Berlin.

(Schluß folgt.)

Patentbericht.

Quecksilberdampfstrahlpumpen.

Nach einer Erfindung von Dr. Marie Schirmann (Wien) soll Extremvakuum (unter 10^{-6} mm Hg) mit einer Quecksilberdampfstrahlpumpe erzeugt werden, bei der die Grenzfläche gegen das anzusaugende Gas, welche von dem die Saugwirkung ausübenden Quecksilberdampfstrom überstrichen wird, mindestens 50 mal (praktisch 10 000 bis 100 000 mal) so groß ist als das Quadrat der mittleren freien Weglänge der Gasmoleküle in jenem Vorvakuum, in dem die Pumpe zu wirken beginnt. Dabei wird die Grenzfläche mit Hindernissen (zum Beispiel mit Draht umwickelte Glasstützen) derart versehen, daß der Quecksilberdampfstrom seine Richtung zur Grenzfläche beibehält und so am Eindringen in den Hochvakuumteil und am Wegdrängen der abzusaugenden Gasmenge gehindert wird. Die Pumpe arbeitet mit Sauggeschwindigkeiten von 20—30 l/sec und zeigt bei gemessenen Drücken von 10^{-8} mm Hg und geschätzten Drücken von 10^{-12} mm Hg noch keine Abnahme der Sauggeschwindigkeit. Die Pumpe ist innerhalb weiter Grenzen von Vorvakuum- und Heizschwankungen unabhängig. (Ö. P. Nr. 102912.)

Eine Hochvakuumentlüftungsanlage nach einem Vorschlage der A.-G. Brown, Boveri & Cie., verwendet neben der üblichen Hochvakuum-Quecksilberdampfstrahlpumpe als Vorvakuumpumpe ebenfalls eine Quecksilberdampfstrahlpumpe, welche die Luft von einer Spannung von etwa 10—20 mm Hg auf Atmosphärenspannung verdichtet und die mit 1·2—1·5 at Quecksilberdampfspannung arbeitet. Die Pumpe kann ein- oder mehrstufig sein und der Quecksilberdampf strömt aus einer Expansionsdüse in eine gekühlte Kompressionsdüse. Die Kühlvorrichtungen der Vor- und Hochvakuumpumpe sind hintereinandergeschaltet, wobei das Kühlmittel zuerst die Hochvakuumpumpe durchfließt. (Brit. P. Nr. 270947.)

Eine Quecksilberdampfstrahlpumpe, die infolge ihrer geringen Bauhöhe leicht im Sockel eines Gleichrichters untergebracht werden kann, weist nach einer Erfindung der Siemens-Schuckertwerke (Erfinder Dr. M. Scheukel, Charlottenburg) ein ringförmiges Kondensationsgefäß mit einer wagrechten oder schwach geneigten Kondensationsfläche auf, in dessen Achse das Verdampfungsgefäß mit den Düsen sitzt, wobei zwischen dem inneren Mantel des gleichfalls ringförmigen Kühlers des Kondensationsgefäßes und dem Verdampfungsgefäß noch ein Luftraum gelassen ist. Die Pumpe weist nur kurze Wege für den Quecksilberdampf und daher wenig Wärme- und Strömungsverluste auf. Die großen, allseitig von Kühlwasser bespülten Flächen des Kondensationsgefäßes ermöglichen es, dem Quecksilber viel Wärme zu entziehen, daher ist der Wirkungsgrad der Pumpe ein guter. (D. R. P. Nr. 420151.)

Zur selbsttätigen Steuerung des Absperrorganes zwischen der Entlüftungsvorrichtung und dem zu entlüftenden Apparate (Gleichrichter) wird nach einer Erfindung der Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G. der Unterdruck auf der Seite der Pumpe (zum Öffnen) und jener auf der Seite des Apparates (zum Schließen) in der Weise herangezogen, daß die bezügliche Bewegung erst eingeleitet wird, wenn der Unterdruck einen bestimmten Wert unterschreitet. Dabei wird beim Schließen des Absperrorganes auch die Pumpe außer Betrieb gesetzt. Sie kann aber auch bei Verschlechterung des Unterdruckes im Apparat selbsttätig wieder eingeschaltet werden. Zur Betätigung der Pumpe und des Absperrorganes, das zweckmäßig zwischen die Vor- und die Hochvakuumpumpe geschaltet wird, werden Hilfsstromkreise verwendet, die von Vakuummeßgeräten gesteuert werden. (D. R. P. Nr. 418920.)

Quecksilberhochvakuumpumpen zum Zusammenbau mit Großgleichrichtern sollen zum raschen Entlüften eine möglichst große Leistung aufweisen, dabei aber nicht zu große Abmessungen erhalten. Man verwendet dabei an das Siedegefäß angebaute elektrische Plattenheizkörper. Um bei solchen Pumpen eine Leistungssteigerung ohne Überlastung des Heizkörpers bei dessen einfacher Auswechselbarkeit zu erreichen, wird nach einer Erfindung der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, das Siedegefäß als flacher Körper mit zur Längsachse parallelen oder nur wenig geneigten Heizflächen ausgebildet, die der äußeren Form der Heizplatten angepaßt sind. Diese Anordnung erfordert viel weniger Raum als ein flaches horizontales Siedegefäß, das unten an die Pumpe angesetzt ist. (D. R. P. Nr. 444436.)

Beim Entlüften von Röntgenröhren, Entladungsröhren usw., wenn ein bestimmter Härtegrad der Röhre eingestellt werden soll, aber auch zum Vorführen elektrischer Entladungen in entlüfteten Röhren bei verschiedenen Drücken wird nach einer Erfindung von E. Leybolds Nfg. A.-G., Köln, zwischen der Saugstelle der Hochvakuumpumpe und dem Anschluß an den zu entlüftenden Raum ein einstellbares Ventil angeordnet, durch welches Luft oder ein anderes Gas in beliebig regelbaren Mengen zugeführt werden kann. Der Betrieb der Pumpe kann daher unverändert aufrechterhalten werden. (D. R. P. 417275.)

Literaturberichte.

3197 **Deutschlands Großkraftversorgung.** Von Dr. G. Dehne. Zweite, neubearbeitete Auflage. 142 Seiten mit 70 Abb. Berlin. Verlag J. Springer, 1928. Preis geh. M. 11·50.

Die rasch fortschreitende Entwicklung der Großkraftversorgung Deutschlands machte die Herausgabe der zweiten Auflage dieses ausgezeichneten Buches notwendig[1]). Die Einteilung nach den drei Gruppen der Rohenergien: Steinkohle, Braunkohle und Wasserkraft wurde beibehalten. In jeder der drei Gruppen werden zuerst die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Energieerzeugung behandelt, und zwar Art und Umfang des Vorkommens der Rohenergie, die durch die Wirtschaft bedingte Entwicklung der Elektrizitätserzeugung und ihre Bedeutung in der gesamten Elektrizitätswirtschaft. Anschließend werden jeweils die Versorgungsgebiete näher beschrieben, und die Art der Stromversorgung näher geschildert, in der sich auch das Ringen zwischen den Meinungen: hie Privat-, hie Staatswirtschaft widerspiegelt, ohne daß jedoch hiezu irgendwie Stellung genommen wird. Text und Bilder wurden bis auf einige Ausnahmen nach dem neuesten Stand berichtigt. Die beigefügten Karten sind übersichtlicher und inhaltsreicher geworden. Besonders unterrichtend sind die Bilder, die den Energiefluß in großen zu-

[1]) Besprechung der ersten Auflage: Vgl. E. u. M. 1925, „Das El.-Werk", S. 394.

Digitized by Google

sammengeschlossenen Gebieten zeigen, wie zum Beispiel beim Badenwerke, wo die gegenseitige Unterstützung von Wasserkraft und Kohle im Sommer und Winter dargestellt wird. Solche Darstellungen zeigen mehr als viele Worte den Wert des Zusammenarbeitens der beiden Energien.

Was über den Wert des Buches bei Besprechung der ersten Auflage gesagt wurde, gilt, und zwar in verstärktem Maße, auch für die zweite Auflage. Das Buch vermittelt einen Überblick über die deutsche Elektrizitätswirtschaft in ihrer technischen und wirtschaftlichen Entwicklung in einer Art, wie sie von keiner der in der letzten Zeit erschienenen Abhandlungen erreicht wird; es kann daher als Musterwerk in dieser Hinsicht gelten. Ing. V. Horwatitsch.

3586 **Siemens-Jahrbuch 1928.** Herausgegeben von der Siemens & Halske A.-G. und der Siemens-Schuckert-Werke A.-G., V. D. I.-Verlag G. m. b. H. Berlin, 504 S., Format A 5.

Als im Vorjahr dieses Buch zum erstenmal erschien, gab ihm eine Reihe von Briefen Werners von Siemens die Einleitung. In diesem Jahre ist es ein Jubiläum, das C. Köttgen Anlaß gibt, eine anregende Schilderung der Entwicklung zu geben, die der Konzern in den letzten 25 Jahren durchgemacht hat. Vor zweieinhalb Jahrzehnten war es nämlich, als die Starkstrombetriebe der Siemens und Halske A.-G., Berlin, mit den Betrieben der Elektrizitäts-A.-G. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, zusammengeschlossen wurden. Neben der Entwicklungsgeschichte erfährt man darin auch das Wichigtste über den organisatorischen Aufbau des großen Konzerns. An diesen Aufsatz, der das Buch eröffnet, reihen sich nun in bunter Folge, den vielfältigen Fabrikationszweigen des Unternehmens entsprechend, eine Anzahl kurzer Aufsätze verschiedensten Inhalts. Neben Darstellungen der letzten Entwicklungen in Konstruktion und Erzeugung finden sich Beschreibungen ausgeführter Anlagen und Projekte, Erzählungen über technische Arbeit in kulturlosen Ländern und schließlich einiges aus der nichttechnischen Tätigkeit der Werke, aus Wohlfahrtspflege und Sozialfürsorge. Das leicht geschriebene Buch kann, ebenso wie sein Vorgänger, die Mußestunden eines jeden Ingenieurs angenehm ausfüllen. A. Fritz.

3735 **Übersicht über Kinematik, Mechanismen und Vorschaltgetriebe** von H. J. Knab. 126 S. mit 935 Abb. 1928. Im Selbstverlag des Verfassers, Nürnberg, Sperberstraße 54. Preis für Österreich und Ungarn beim Bezuge vom Verfasser Mk. 6·50.

Von einer kurzen Einleitung und einem Nachworte abgesehen, enthält das Buch nur schematische Abbildungen einer überaus großen Zahl von Mechanismen, Maschinenelementen und Getrieben mit ganz kurzen Erläuterungen nach praktischen Grundsätzen geordnet. Eine solche Zusammenstellung hat, abgesehen von einem fast ganz unbekannten Werke „Mechanical Movements" von Hiscox, bisher gefehlt (das von Knab angeführte Buch von Brown über Bewegungsmechanismen ist unzulänglich), so daß das vorliegende Buch den Konstrukteuren und Erfindern auf den verschiedensten Gebieten der Technik sehr willkommen und ihnen auch wirklich von Nutzen sein wird. Einige Unrichtigkeiten über die Herkunft einzelner Mechanismen, sowie das Fehlen näherer Angaben bei als patentiert bezeichneten Vorrichtungen sind für die Verwendung nicht sehr wesentlich. Aber jedenfalls ist mit der vorliegenden Zusammenstellung nur ein Anfang gemacht. Ein weiterer Ausbau ist besonders in der Richtung hin erforderlich, daß überall auf die Anwendungsmöglichkeiten und auf die besonderen Eigenschaften ausführlicher hingewiesen wird. Auch Literaturangaben sind bei den einzelnen Abbildungen erwünscht. Wenn dadurch auch der Umfang und damit der Preis des außerordentlich billigen Buches größer bzw. höher werden, so wird dies im Hinblick auf die Wichtigkeit dieses Behelfes gewiß keine Rolle spielen.

Jellinek.

Eingelaufene Bücher.

2970 Österreichisches Montan-Handbuch 1928. Herausgegeben vom Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Verlag für Fachliteratur G. m. b. H., Wien, 1928. 214 Seiten. Preis geb. S 20·—.

Inhalt und Aufbau sind gegenüber dem Jahrgang 1927[1]) des Handbuches unverändert geblieben, nur eine übersichtliche Karte der Kohlenlager und Kohlenbergbaue Österreichs ist hinzugekommen.

3740 Elektrizität im Haushalt. Von Dr. H. Schütze, Heft 20/22 der Sammlung „Augen auf". 61 S. mit 52 Abb. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. Preis geh. Mk. 1·—, kart. Mk. 1·25.

Das Schriftchen macht auf populäre Weise die Hausfrau mit allem „Elektrischem" in ihrem Haushalt bekannt und wirkt auch propagandistisch. Sehr einprägsam sind „10 Gebote und Verbote" für den Benützer elektrischen Stromes. F—r.

3747 Schaltzeichen und Schaltbilder (DIN-Taschenbuch 2). Herausgegeb. vom Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Berlin und dem Deutschen Normenausschuß E. V. Berlin. 2. Aufl. 66 S. Beuth-Verlag, Berlin 1928. Preis brosch. Mk. 2·—.

Das vorliegende Büchlein wurde an Hand der vom VDE in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Normenausschuß herausgegebenen DIN-VDE-Normblätter 700, 705, 710 bis 717, 719 zusammengestellt und ist als eine Ergänzung zum Anhang „Schematische Darstellungen" des Vorschriftenbuches des VDE zu betrachten. Es enthält außer diesem Anhang die Schaltzeichen und Schaltbilder für Starkstromanlagen, die Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen und die Bildzeichen für Schaltungseinrichtungen zu Fernmeldeanlagen sowie ein Stichwortverzeichnis. Auch die letzten Arbeiten der IEC auf diesem Gebiete sind nunmehr berücksichtigt und den VDE-Nummern die IEC-Nummern an die Seite gestellt. Auf die Nützlichkeit dieser Schrift braucht wohl nicht erst hingewiesen werden. F—r.

Schweizerische Wasserwirtschaft. Sondernummer „Die elektrische Küche". Zu beziehen von der Administration, Zürich, St. Peterstraße 10. Preis: Frc. 1·50.

In Nummer 8 des Jahrganges 1928 wird in zahlreichen Aufsätzen und Referaten das elektrische Kochen vom technischen und vom wirtschaftlichen Standpunkte besprochen. Wenn heute in der Schweiz etwa 100 000 Familien bereits elektrisch kochen, ist die Möglichkeit eines ausgedehnten Wettbewerbs des elektrischen Stromes mit Gas für Kochzwecke auch in anderen Ländern nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen und das Heft verdient daher auch die Aufmerksamkeit der Elektrizitätswerke außerhalb der Schweiz.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Badische Landeselektrizitätsversorgung A. G., (Badenwerk) Karlsruhe. (Aus dem Bericht über das Geschäftsjahr vom 1. IV. 1927 bis 31. III. 1928.) Der Anschlußwert stieg um 6945 kW auf insgesamt 126 236 kW, die Anzahl der angeschlossenen Gemeinden von 540 auf 547 mit 370 925 Einwohnern und 83 875 Haushaltungen, wovon 73 750 Haushaltungen, das sind 87·9 vH angeschlossen waren. Nutzbar abgegeben wurden im ganzen Versorgungsgebiet: 234·4 Mill. kWh (168·2 Mill. kWh i. V.), davon 225 Mill. kWh Kraft- und 9·30 Mill. kWh Lichtstrom. Die Anlagen des Schwarzenbachwerkes[2]), welches das erste volle Betriebsjahr nach vollständiger Fertigstellung aufzuweisen hat, haben in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht den Erwartungen entsprochen. Ende 1927 konnte der Neubau des Schalthauses Rheinau den Betrieb aufnehmen. Im August 1927 setzte die Stromlieferung an die Kraftübertragungswerke A.-G. Rheinfelden über die Transformatorenstation der Schweizerischen Kraftübertragungswerke in

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 2, S. 59.
[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 642.

Digitized by Google

Laufenburg ein. Mit den Neckarwerken Eßlingen und der Stadt Stuttgart wurde ein Stromlieferungsvertrag abgeschlossen, demzufolge mit der Errichtung einer 100 000 V-Leitung bis zur badisch-württembergischen Landesgrenze begonnen wurde[1]). Ein weiterer Stromlieferungsvertrag konnte Ende Dezember v. J. mit der Stadt Freiburg i. Br. getätigt werden. Die Vorteile des Kleinabnehmertarifes haben sich für die Abnehmer infolge ausgiebiger Verwendung der Elektrizität im Haushalt und der Landwirtschaft und der dadurch bedingten besseren Ausnutzung ihrer Anlagen günstig ausgewirkt, so daß sich der Durchschnittspreis beim Kleinverbraucher weiter auf 31·5 Pfg. je kWh ermäßigte. Zur Unterstützung dieser Entwicklung, von der allein die erwünschte weitere Herabsetzung der durchschnittlichen Gestehungskosten erwartet werden kann, sind weitere geeignete Maßnahmen ergriffen. Auf das Aktienkapital von 30 Mill. Schweizer Fr. der im Oktober 1926 gegründeten Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt A. G. in Rheinfelden[2]), an dem das Unternehmen mit 25 vH beteiligt ist, sind vom Badenwerk bis zum Ende des Betriebsjahres 3 Mill. Fr. eingezahlt worden. Der im vorjährigen Bericht[3]) erwähnte, mit dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk A.-G. in Essen abgeschlossene Stromaustauschvertrag hatte zu Anfang des abgelaufenen Geschäftsjahres die Beteiligung des Badenwerkes an diesem Unternehmen zur Folge. Auf das Aktien-Kapital von 21 Mill. Mk. werden 9 vH Gewinnanteil ausgeschüttet, die Stromeinnahmen waren 11·7 Mill. Mk.

Vereins-Nachrichten.

Internationale Elektrotechnische Kommission (I. E. C.).

Internationale Regeln der I. E. C. für die Untersuchung von Dampfturbinen.

Im Mai d. J. fand unter dem Vorsitz von Professor Feldmann und in Gegenwart des Generalsekretärs Le Maistre der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.) im Haag eine Tagung des Komitees für Dampfturbinen (Nr. 5) der I. E. C. statt. Unter den 25 anwesenden Delegierten waren Vertreter von Deutschland (Prof. Josse, Prof. Dr. Kraft, Dir. Reuter), Schweiz (u. a. Dr. v. Freudenreich), Tschechoslowakei (Prof. Dr. Dörfel), Frankreich, Großbritannien, Italien, Schweden und den V. St. A.

Die Arbeiten der I. E. C. auf dem Gebiete der Dampfturbinen umfassen 3 Teile: 1. Ausführungsbestimmungen (specification). 2. Regeln für Abnahmeversuche. 3. Zusätzliche Bestimmungen für Untersuchungen. Während Teil 1 auf der Tagung in Bellagio[4]) behandelt wurde, war im Haag Teil 2 Gegenstand der Beratungen.

Die Vorarbeiten wurden von dem amerikanischen Nationalkomitee als Sekretariat des Arbeitsausschusses geleistet. Der Beratungsgegenstand wurde vorläufig in 7 Teile gegliedert, und zwar: Gegenstand und Zweck der Versuche; Definitionen; leitende Grundsätze; hauptsächlichste Messungen; Meßgeräte und Meßverfahren; Auswertung der Ergebnisse; Zusammenstellung der Resultate. Während bei einigen dieser Fragen bereits in die Beratung der Einzelheiten eingegangen wurde, wurden die übrigen Fragen nur ganz allgemein behandelt und die Ausarbeitung der Detailfragen dem amerikanischen Sekretariat in Zusammenarbeit mit einem besonderen Komitee von fünf Delegierten (Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Schweiz, V. St. A.) aufgetragen. Man hofft bei der im nächsten Jahr geplanten Tagung in London zu endgültigen Beschlüssen und Regeln zu gelangen, welche den Interessen aller beteiligten Länder und Fachkreise entsprechen werden.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 8, S. 185.
[2]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 29, S. 780.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 84.
[4]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 978.

Österr. Verein deutscher Ingenieure (ÖVDI).

Vortrag des Herrn Professor Dr. Conrad Matschoß (Berlin) über: **„Weltkraft (Die Indienststellung der Naturkräfte und ihre Einwirkung auf die menschliche Entwicklung)"** am Montag, den 5. November 1928, um 6 Uhr abends im Großen Saale des Industriehauses, Wien I, Schwarzenbergplatz 4.

Die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins in Wien sind zu diesem Vortrag eingeladen.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 7. November d. J., um 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Ing. Ernst Bessauer, Ing. (Baden-Baden) über: **„Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Berührungsspannungen in Niederspannungsnetzen, insbesondere Erden, Nullen, Schutzschalten"**. (Mit Lichtbildern und experimentellen Vorführungen.)

Mittwoch, den 21. November d. J., um 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Hans Lund (Berlin) über: **„Der Doppelnutmotor als Ersatz für den Schleifringmotor"**. (Mit Lichtbildern.)

Mittwoch, den 5. Dezember d. J., um 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Gottfried Spiegler (Wien) über: **„Moderne Röntgenapparatentypen und Röntgenphotographie"**. (Mit Lichtbildern und Vorführungen.)

Mittwoch, den 19. Dezember d. J., um 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Hans Latzke (Wien) über: **„Automatische Fernsteuerung beim Achenseekraftwerk"**. (Mit Lichtbildern.)

Die Vereinsleitung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	15. X. 1928	17. X. 1928	19. X. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	144³/₄	144³/₄	144³/₄

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	85—90	85—90	85—90

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 19. Oktober 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	71	5	0	71	15	0
Wire bars	71	15	0	—	—	—
Standard Kassa	65	8	9	65	10	0
Standard 3 Monate	65	18	9	66	0	0
Zinn:						
Engl. Ingots	224	0	0	224	10	0
Standard Kassa	224	15	0	225	0	0
Standard 3 Monate	222	10	0	222	15	0
Blei:						
Engl. pig common	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	24	1	3	24	6	3
Remelted	24	7	6	—	—	—
English Swansea	24	10	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 sh 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12 — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 4. November 1928 | Heft 45

Zur Dimensionierung von Drehstrom-Kollektor-Wicklungen.

Von Dr. T. Schmitz, Dresden.

Übersicht: Die bekannte Leistungsformel von Rüdenberg für Drehstromkollektorwicklungen wird durch Berücksichtigung der Reaktanzspannung in den kurzgeschlossenen Windungen erweitert, und es wird nachgewiesen, daß die mit Rücksicht auf eine ohne besondere Hilfsmittel erreichbare gute Kommutierung begrenzte Leistung solcher Wicklungen unabhängig von der Polzahl, aber abhängig von der Drehzahl ist.

In seinem klassischen Aufsatz über die Bemessung von Drehstrom-Kollektor-Motoren[1]) kommt Rüdenberg zu folgender Formel für die Polleistung:

$$\frac{W}{2.p} = \frac{3\,e_t.A.v}{40.\pi f}\cdot\frac{a}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Hierin bedeuten: W die Leistung in kVA, p die Polpaarzahl, e_t die Lamellenspannung (Effektivwert in V), A den geometrischen Strombelag bei 3 Bürsten-Schaltung in A/cm, v die Umfangsgeschwindigkeit des Ankers in m/sec, $2a$ die Zahl der parallelen Ankerzweige, f die Läuferfrequenz in Per/s.

Die durch obige Formel gegebene Begrenzung der Polleistung ist durch die Kommutierung bedingt[2]). Daß die Formel trotzdem den Wert der Reaktanzspannung vermissen läßt, liegt daran, daß Rüdenberg diese gegenüber der Transformatorenspannung e_t vernachlässigt. Er stützt sich hierbei auf Formel (45) seines Aufsatzes. Diese lautet in etwas abgeänderter Form:

$$\frac{e_r}{e_t} = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{a}{p}\frac{\zeta A}{B} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Hierin bedeuten: e_r die Reaktanzspannung (Effektivwert in V), B die maximale Induktion im Luftspalt in Gauß, ζ die Pichelmayersche Zahl (≈ 10).

Mit $A = 300$, $B = 6000$ und $\frac{a}{p} = 1$ erhält man

$$e_r = 0{\cdot}354\,.\,e_t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Nimmt man e_t zu 1·5 V an, so ergibt sich $e_r = 0{\cdot}53$ V. Dieser Wert von e_r kommt dem äußerst zulässigen Grenzwert schon sehr nahe. Die Vernachlässigung von e_r ist also nicht ganz berechtigt und es erscheint notwendig, eine Formel für die Polleistung aufzustellen, die e_r enthält.

[1]) ETZ 1920, Hefte 14, 15; vgl. a. E. u. M. 1920, S. 411.

[2]) Vgl. zu dieser Formel auch die Ausführungen von F. Niethammer in E. u. M. 1928, H. 1, S. 3.

Eine solche Formel ist leicht zu finden, indem man A aus Formel (1) mit Hilfe der Pichelmayerschen Formel für e_r eliminiert.

Letztere lautet:

$$e_r = \zeta\,.\,v\,.\,l\,.\,A\,.\,10^{-6} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

l Ankerlänge in cm.

Aus (1) und (4) erhält man

$$\frac{W}{2p} = \frac{3\,.\,10^5}{4\,.\,\pi}\cdot\frac{e_t\,.\,e_r}{\left(\frac{p}{a}\right).f\,.\,l\,.\,\zeta} \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Setzt man $\zeta = 10$, so erhält man

$$\frac{W}{2p} = \frac{e_t\,.\,e_r}{\left(\frac{p}{a}\right).l\,.\,f}\,.2390 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Für $f = 50$, $e_t = 1{\cdot}5$, $e_r = 0{\cdot}6$, $\frac{p}{a} = 1$ wird

$$\frac{W}{2p} = \frac{43}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Für die Eisenlänge l gilt die Formel (17) des Rüdenbergschen Aufsatzes. Diese lautet:

$$l = \frac{10^6}{\sqrt{2}}\cdot\frac{e_t}{v\,.\,B}\cdot\frac{a}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Setzt man diese in (6) ein, so erhält man:

$$\frac{W}{2p} = \frac{3380\,.\,v\,.\,B\,.\,e_r}{10^6 f} \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Bringt man $2p$ auf die rechte Seite und setzt man $\frac{2p}{f} = \frac{120}{n}$, so erhält man

$$W = \frac{0{\cdot}405\,.\,v\,.\,B\,.\,e_r}{n}\,\text{kVA} \quad . \quad . \quad (10).$$

n ist hierbei die relative Umdrehungszahl pro Minute der Ankerleiter gegen das Drehfeld.

Als maximale Umfangsgeschwindigkeit für Kollektoren kann man 30 m/sek annehmen. Nimmt man den Ankerdurchmesser um 10 vH größer als den Kollektordurchmesser an, so ergibt sich für v ein Maximalwert von 33 m/sek. Nimmt man $B = 6000$ und e_r wie früher $= 0{\cdot}6$ an, so ergibt sich

$$W = \frac{48\,000}{n}\,\text{kVA} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Die Leistung, für die eine 3phasige Kollektorwicklung mit Rücksicht auf gute Kommutierung

Digitized by Google

ausführbar ist, hängt also nur von der Umdrehungszahl, nicht aber von der Polzahl ab.

Die Polzahl spielt aber eine Rolle bei Errechnung der maximalen Spannung, für die die Wicklung bemessen werden kann, denn die Aufteilung der Leistung in Strom und Spannung ist vorläufig noch offen.

Die Spannung E_k zwischen 2 Bürstenbolzen ergibt sich aus e_t wie folgt:

$$E_k = \frac{e_t . D_k . \pi . 3\sqrt{3}}{\tau_k . 3p . 2\pi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

D_k Kollektordurchmesser und τ_k Lamellenteilung in cm.

Ersetzt man D_k durch v_k, so findet man:

$$E_k = \frac{1650 . v_k . e_t}{\tau_k . p . n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13);$$

mit $v_k = 30$, $e_t = 1{\cdot}5$, $\tau_k = 0{\cdot}6$ ergibt sich

$$E_k = \frac{123\,500}{p . n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14),$$

also

$$p = \frac{123\,500}{E_k . n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15).$$

Die Stromstärke ergibt sich aus:

$$J = \frac{W . 1000}{\sqrt{3} . E_k} = \frac{48\,000\,000 . p}{\sqrt{3} . 123\,500} = 225p \quad (16);$$

sie ist also nur von der Pohlzahl abhängig.

Unter n war, wie gesagt, die relative Umdrehungszahl des Läufers gegen das Drehfeld zu verstehen. Ist die Umdrehungsgeschwindigkeit des Drehfeldes sehr klein im Verhältnis zur Umdrehungszahl des Läufers, wie dies zum Beispiel bei Kollektorphasenschiebern der Fall ist, so kann man n als Antriebsdrehzahl auffassen.

Mit Ausnahme der über Schleifringe erregten Phasenschieber ist die Antriebsdrehzahl aller Phasenschiebersysteme willkürlich. Bei Antrieb durch Drehstrom-Asynchronmotoren kommen bei 50 Per/s Netzfrequenz folgende Drehzahlen und entsprechende Maximalleistungen in Frage:

$n =$	3000	1500	1000	750	600	500 U/min
$W =$	16	32	48	64	80	96 kVA

Bei schleifringerregten Phasenschiebern stehen p und n in einer festen Beziehung zu einander, und zwar ist $p . n = 60 . f_s$, wobei f_s die Frequenz der an die Schleifringe gelegten Spannung ist. Für diese Maschinen folgt aus (14), daß die höchste Spannung, für die sie bei 50 Per/s ohne besondere Kommutierungsvorrichtung unter den gemachten Voraussetzungen ausführbar sind, 41·3 V beträgt. Aus Gl. (2) folgt:

$$A = \frac{e_r \sqrt{2} B . p}{e_t . \zeta . a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17);$$

dies ergibt mit den früheren Zahlenwerten

$$A = 340 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18).$$

Die entwickelte Formeln gelten für Wicklungen mit einer Windung per Lamelle, da nur diese praktische Bedeutung haben. Für Wicklungen mit mehreren Windungen pro Lamelle lassen sie sich leicht ergänzen. Wählt man $\frac{a}{p} > 1$, das heißt, verwendet man mehrfache Parallelwicklungen, so wird die maximal ausführbare Leistung hierdurch nicht beeinflußt. Aus Gl. (8) und (17) ersieht man aber, daß die Werte der Ankerlänge und des Strombelages hiervon abhängen. Sollte also der Wert von A aus Formel (18) aus Gründen der Erwärmung oder der Unterbringung der Wicklung zu groß erscheinen, so kann man sich dadurch helfen, daß man $\frac{a}{p} > 1$ macht. Mit $\frac{a}{p} = 2$ wird $A = 170$. Dies ist ein recht niedriger Wert, der in jedem Fall ausführbar sein wird, so daß noch größere Werte von $\frac{a}{p}$ praktisch nicht in Frage kommen. Die maximale Eisenlänge, die sich nach Formel (8) bei $\frac{a}{p} = 1$ mit den früheren Zahlenwerten zu 5·35 cm ergibt, nimmt bei $\frac{a}{p} = 2$ den doppelten Wert, also 10·7 cm an.

---

33. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin (17. bis 19. Juni 1928).

(Schluß aus Heft 44, Seite 1030.)

Aus den zahlreichen Fachberichten, die auf der Jahresversammlung erstattet wurden, sei im folgenden kurz berichtet.

A. Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragung.

Einführende: Direktor A. Rachel, Dresden, bzw. Direktor Rehmer, Berlin.

O. Burger, Berlin: Stromverteilung in Großstädten durch Hochspannungs- und Niederspannungs-Verteilungsnetze.

Für den Entwurf eines Versorgungsgebietes ist in erster Linie die zu erwartende Belastung maßgebend. Während in Deutschland erst seit 1924 ein stetiges Anwachsen der Belastungen stattfindet, können die amerikanischen Verhältnisse mit ihrer größeren Stetigkeit genauere Vorbilder geben, was an Belastungen zukünftig zu erwarten ist. Der Lastzuwachs kann mit zirka 12 bis 14 vH für das Jahr eingesetzt werden. Es seien als Anhalt hier einige Belastungszahlen von Großstädten genannt:

	Mill. Einwohner	MW Spitzenlast
New York 1926	5·6	732
Chicago 1926	3·7	1040
Berlin 1926	4·0	293
Berlin 1927	4·0	356

Als maßgebende Rechnungsfaktoren kommen die Flächenstromdichte, das heißt die Spitzenlast für 1 km² und ferner die Angaben über die Streckenstromdichte, das heißt die Spitzenlast für 1 km Verteilungsstrecke in Frage. Für die obengenannten amerikanischen Städte ergibt sich:

New York: 13000 bis 92000 kVA/km² und 3600 kVA km
Chicago: 6000 bis 60000 kVA/km² und 400 bis 4000 kVA km

Digitized by Google

Untersucht man auf Grund dieser Zahlenwerte die Übertragungsfähigkeit von Erdkabeln bei verschiedenen Niederspannungen, so kommt man zu dem Ergebnis, daß 110 und 220 V als Verteilungsspannungen nur bei verhältnismäßig geringen Stromdichten in Frage kommen können, da der zulässige Spannungsabfall von ± 2·5 vH schnell erreicht ist. Eine Reihe von wirtschaftlichen Untersuchungen zeigt, daß man unbedingt auf 380 V gehen muß. Infolge der starken Flächenbelastung der Großstädte ist es notwendig, die Speisung der Niederspannungsnetze durch Hochspannungsleitungen vorzunehmen. Es ist vielfach eine doppelte Transformierung erforderlich, da die Aufstellung vieler Transformatorenstationen hoher Spannung zu umfangreich und kostspielig würde. Bei doppelter Transformierung geht man mit wenig Hochspannungsleitungen in die Stadt und speist von einigen Punkten aus das Mittelspannungsnetz, an das sich dann erst die Niederspannungsanlagen anschließen. Als Mittelspannungen kommen 6 bis 10 kV, für die Hochspannungsverbindungen 30 bis 60 kV in Frage, während 100 kV nur zur direkten Verbindung mehrerer ein Netz speisender Großkraftwerke angewandt werden[16]).

Für den Aufbau eines Großstadtnetzes gibt es die nachstehenden Möglichkeiten: a) Vermaschtes Niederspannungsnetz mit einfachen Speisekabeln; b) dasselbe mit unterteiltem Niederspannungsnetz; c) vermaschtes Niederspannungsnetz mit mehreren Hochspannungsschleifen; d) Großstadtnetze mit mehreren Kraftwerken.

Ein Großstadtnetz mit mehreren 100 MW-Belastung muß den Strom von mehreren Kraftwerken erhalten, die am zweckmäßigsten an diametralen Punkten des Stadtgebietes liegen. Die innerhalb der Stadt gelegenen alten Werke können zur Spitzenstromlieferung herangezogen werden. Um für jedes Kraftwerk jederzeit Reserve durch ein anderes zu haben, ist die Schaffung einer Art Höchstspannungssammelschiene, zum Beispiel einer 100-kV-Ringleitung an der Peripherie der Stadt, vorzusehen.

Elisabeth Bormann, Berlin: Dielektrische Verlustmessungen an Drehstromkabeln bei betriebsmäßiger Beanspruchung.

Bei der Beurteilung der Brauchbarkeit eines Höchstspannungskabels legt man neuerdings großen Wert auf die Kenntnis seiner dielektrischen Verluste[17]). Durch die Art der Abhängigkeit der Verluste von der Höhe der aufgedrückten Spannung läßt sich mit großer Sicherheit auf Gaseinschlüsse schließen, die die Lebensdauer eines Kabels ungünstig beeinflussen. Die Verlustmessungen wurden bisher allgemein mit Einphasenspannungen ausgeführt. An Hand praktischer Erfahrungen bei den Messungen eines verlegten H-Dreifachkabels hat es sich aber gezeigt, daß es aus rein meßtechnischen Gründen vorteilhaft ist, die Messungen in direkter Dreiphasenschaltung auszuführen. Bei der einphasigen Messung der Verluste in verlegtem Zustand des Kabels ist durch die betriebsmäßige Erdung des Kabelmantels die Erdung eines Brückenendpunktes in einer abgeänderten Scheringschen Brückenanordnung gegeben, so daß die direkte Erdung der Transformatorklemme und des mit ihm verbundenen Brückenendpunktes aufgehoben werden muß; die Transformatorklemme wird über einen Brückenwiderstand auf Erdpotential gehalten. Gegen ein Versagen dieser Erdung ist ein besonderer Schutz vorgesehen. Die Messung mit Einphasenspannung bei Drehstromkabeln erfaßt aber nur das adermetallisierte Dreifachkabel unter der betriebsmäßigen Feldform, aber nicht das normale Dreifachkabel ohne Adermetallisierung mit Gürtelisolierung. Hier ist die Verwendung einer direkten Dreiphasenmethode notwendig. Die drei Kabeladern liegen betriebsmäßig unter Drehspannung, im übrigen ist die Brückenanordnung identisch mit der soeben beschriebenen. Die Widerstandsanordnung der Brücke samt Beobachter liegt jetzt aber direkt an einer Hochspannungstransformatorklemme. Zur Sicherung gegen Erde ist deshalb ein isoliert aufgestellter Faradayscher Käfig vorgesehen, der mit der Transformatorklemme verbunden ist. Die Messungen mit einer derartigen Anordnung lieferten sehr gute Resultate, da die bei Einphasenmessungen auftretenden Schwierigkeiten hier ausgeschaltet sind. Bei Einphasenmessungen haben sich nämlich verschiedene Übelstände gezeigt, die einmal darauf beruhen, daß der speisende Transformator einphasig angeschlossen werden muß, da andernfalls eine Abgleichung der Brücke bei der Leermessung nicht möglich ist. Diese erfaßt alle Kapazitäten der Hochspannung führenden Teile gegen Erde und die Brücke kann eine um 120° gegen die Betriebsspannung verschobene Phase, die bei dem Dreiphasenanschluß durch die dritte in der Luft hängende hochspannungsführende Transformatorklemme hereinkommt, nicht abgleichen. Des weiteren ist die speisende Drehstrommaschine durch die einphasige Belastung gefährdet, da diese an die Durchschlagssicherheit der Rotorwicklung besondere Anforderungen stellt. Endlich treten Fehler in der Messung auf, wenn die Speisung der Brücke mit Hilfe von Freileitungen geschehen muß, falls nämlich der Transformator nicht mehr in unmittelbarer Nähe steht, da unter Umständen das Eingehen der Erdkapazität Störungen hervorruft. Alle diese Schwierigkeiten treten aus leicht einzusehenden Gründen bei der Dreiphasenmethode nicht auf.

G. Lesch, Mannheim: „Neuerung auf dem Gebiete des Distanzschutzes". Vier prinzipielle Forderungen, denen ein Distanzrelais zu genügen hat, sind aus den Betriebserfahrungen der letzten Jahre heraus aufgestellt worden. 1. Die Auslösezeiten der einzelnen Relais müssen sich selbsttätig so einstellen, daß diejenigen Relais, welche der Kurzschlußstelle am nächsten liegen, zuerst abschalten. 2. Die Höhe des Kurzschlußstromes bleibt ohne Einfluß auf das Ansprechen der Relais. 3. Die Ablaufzeit berücksichtigt die Phasenverschiebung des Kurzschlußstromes, damit das Relais wirklich nur impedanzabhängig ist. 4. Oberwellen dürfen keinen maßgebenden Einfluß ausüben. Der Vortragende beschreibt ein Relais, das nach den obigen Gesichtspunkten konstruiert ist. Man geht von der Tatsache aus, daß bei jeder Netzstörung die Betriebsimpedanz erheblich sinkt, nämlich auf den Wert der Kurzschlußimpedanz, und daß die letztgenannte nur von den Leitungskonstanten abhängt, nicht aber von der Höhe des Kurzschlußstromes, und benutzt diesen Umstand zur Steuerung eines Relais. Das Distanzrelais, das auf die Änderung der Netzimpedanz reagiert, gestattet Kurzschlüsse von ein Drittel bis zum Vielfachen des Nennstromes sicher zu erfassen und abzuschalten. Die oft vertretene Ansicht, das Relais müsse cos φ-unabhängig sein, ist irrig, weil der Schutz sonst durch den Ohmschen Widerstand bedingten Zufällen unterworfen ist. Bei gleicher Entfernung bis zur Kurzschlußstelle würden je nach der Art des Lichtbogens oder Erdübergangs, die sich als Ohmsche Widerstände auswirken, ganz verschiedene Impedanzen gemessen werden. Ebenso würden durch Querschnitt- und Materialänderungen Ungenauigkeiten eingebracht. Um den aufgezählten Fehlern aus dem Wege zu gehen, zieht man die Blindstromkomponente zur Steuerung des Relais heran, weil der hauptsächlich induktive Leitungswiderstand bei den verschiedenen Spannungen, Querschnitten und Mastbildern fast überall gleich ist und somit ein direktes Maß der Entfernung darstellt. Die Reaktanz ist abhängig von der Frequenz, also auch von den vorhandenen Oberwellen, die ein Vielfaches der Grundschwingung betragen; diese dürfen das Distanzrelais nicht beeinflussen, weil dadurch falsche, zu hohe Impedanzwerte vorgetäuscht werden. Die Konstruktion des neuen Distanzrelais berücksichtigt alle vorgenannten Umstände. Der Aufbau läßt deutlich drei getrennte Organe erkennen, die vollständig unabhängig voneinander arbeiten. Es sind dies: das Ansprechorgan, das Triebwerk und die Zeiteinstellung. Das Ansprechorgan, das im Störungsaugenblick das Triebwerk freigibt, beruht auf dem Weicheisenprinzip und ist ein

[16]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 1, S. 30.

[17]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 869; 1927, S. 661, 836; 1928, H. 16, S. 363; H. 37, S. 917; H. 38, S. 926.

Digitized by Google

Impedanzmeter, in dem ein Strom- und Spannungsmesser auf eine gemeinsame Achse entgegengesetzt drehend einwirken. Die normale Lage wird durch die Spannungsspule bestimmt; unterschreitet aber die Impedanz den Ansprechwert, so überwiegt das Drehmoment des Stromes und der Anker kippt in die entgegengesetzte Lage um. Als Triebwerk fungiert ein Uhrwerk. Dem Zeiteinstellorgan, welches hierdurch in Tätigkeit gesetzt wird, liegt das Kreuzspulenprinzip zugrunde, jedoch ohne bewegliche Spulen und wirkt als Quotientenmesser. Bei Wechselstromspeisung wird durch die beiden um 90° verschobenen Spulenfelder ein Weicheisenanker bewegt, der durch eine feststehende Richtspule mit derselben Frequenz erregt wird; der Einstellwinkel des Ankers wird durch eine Kunstschaltung nur von dem Phasenwinkel der kurzgeschlossenen Impedanz allein abhängig gemacht. An Stelle eines Zeigers ist auf der Achse eine Kurvenscheibe angebracht; sie bestimmt die Auslösezeit derart, daß Kurzschlußentfernung, deren Maß die Reaktanz ist, und Auslösezeit einander direkt proportional sind. Oberwellen, die entweder nur in dem Strome oder in der Spannung vorkommen, üben auf den Anker keine Wirkung aus; Oberwellen, die in beiden Größen enthalten sind, verstärken dagegen das Richtmoment nur wenig. Als Quotientenmesser ist das Instrument nur abhängig von der Frequenz. Der Kontaktgeber wie der Treibmechanismus erhalten ihre mechanische Energie, wie erwähnt, von einem Uhrwerke. Der Ablaufweg wird stetig und mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufen, so daß die Auslösezeit einzig von der Distanz der Kurzschlußstelle abhängt. Interessant ist die willkürliche Änderung der Charakteristik des Relais. Dadurch, daß man den Spannungskreis des Instrumentes nicht direkt an den Spannungswandler anschließt, sondern an die Wicklung eines kleinen Ausgleichswandlers, hat man ein Mittel in der Hand, die Spannung und damit die Auslösezeit zu ändern. Der Ausgleichswandler gestattet nämlich einen mehr oder weniger großen Teil an Spannungen abzugreifen. Dadurch kann man ein und dasselbe Relais an jeder Stelle im Netz verwenden.

W. v. Mangoldt, Berlin: Über die wirtschaftlichste Spannungsregulierung in Höchstspannungsanlagen.

Die Spannungsregulierung einer Fernleitung kann sowohl direkt durch regelbare Zusatztransformatoren sowie indirekt durch Änderung der Blindleistung mit Hilfe von Phasenschiebern erfolgen[18]). Bisherige Untersuchungen an Mittelspannungsfreileitungsnetzen haben in den weitaus meisten Fällen ergeben, daß der Stufentransformator hier wirtschaftlich bei weitem überlegen ist[19]). Um diese Untersuchungen auch auf die heute mehr und mehr in den Vordergrund tretenden Höchstspannungsanlagen auszudehnen, bei denen durch die hohen induktiven Widerstände der Übertragungsmittel sowie durch den Einfluß der kapazitiven Ladeleistungen andere Vorbedingungen geschaffen werden, wurde ein Übertragungsbeispiel für 200 kV auf die wirtschaftlichsten Regulierungen hin durchgeprüft. Die Spannungsabfälle bei Werten des $\cos\varphi$ unter 1·0 werden bei einer Großkraftübertragung so hoch, daß ein Betrieb nur mit einem $\cos\varphi$ annähernd 1·0 zu bewältigen ist, das heißt die Abnehmerleistung muß durch Phasenschieber entsprechend kompensiert werden. Aber auch bei einer mit $\cos\varphi = 1{\cdot}0$ abgenommenen Leistung treten noch Spannungsschwankungen während des normalen Betriebes auf, die eine Regulierung erforderlich machen. Für den wirtschaftlichen Vergleich der Regulierarten sind die festen Anlagekosten sowie die variablen Verlustkosten derselben zu ermitteln. Die Ergebnisse zeigen, daß sich bei 200 kV Übertragungen die Anlagekosten von Zusatztransformatoren und Phasenschiebern annähernd wie 1 : 2 verhalten und daß die Verlustkosten, die von der Benutzungsstundenzahl der Anlage abhängen, beispielsweise bei 3000 Vollaststunden sich entsprechend den obigen Angaben wie 1:4 verhalten. Rechnet man die auf die gesamten Erzeugungskosten bezogenen Kosten der Regulierungen aus, so ergibt sich, daß zum Beispiel für die genannten 3000 Vollaststunden die Regulierung durch Phasenschieber zirka das 2·5fache der Regulierung mit Zusatztransformatoren kostet. Bei hohen Benutzungsstunden wird dieses Verhältnis erheblich niedriger. Wird auf der Strecke eine Energielieferung in beiden Richtungen gefordert, so wird die Anwendung von Phasenschiebern bedeutend teurer, da an beiden Enden der Übertragung entsprechende Maschinensätze aufgestellt werden müssen, während die Zusatztransformatoren für beide Richtungen gleich angewandt werden können. — Während bei Mittelspannungsübertragungen eine wesentliche Überlegenheit der Regulierung mit Stufentransformatoren gegenüber der Blindstromregulierung vorliegt, die in den aufzuwendenden Kosten ausgedrückt das zirka 6- bis 8fache beträgt, werden die Verhältnisse bei Höchstspannungsanlagen auf das 2fache und noch weniger herabgedrückt. Diese Tatsache hat ihre Begründung darin, daß durch die höheren induktiven Widerstände bei Höchstspannungen der Einfluß des Phasenschiebers auf den Spannungsabfall größer und die erforderliche Phasenschiebergröße daher relativ kleiner wird, während die Eigengröße der Stufentransformatoren relativ schneller steigt infolge der mit höheren Spannungen fast quadratisch wachsenden wirtschaftlichen Übertragungsleistungen. Berücksichtigt man ferner, daß aus Gründen einer stabilen Übertragung in vielen Fällen sowieso Phasenschieber unbedingt gebraucht werden, so ergibt sich, daß bei Höchstspannungsanlagen Phasenschieber trotz der etwas höheren Kosten gegenüber den Zusatztransformatoren erfolgreich konkurrieren.

Geise, Berlin: Erfahrungen mit Resonanzkreisen zur Oberwellenbeseitigung in Gleichrichteranlagen.

Die fortschreitende Verwendung von Quecksilberdampfgleichrichtern im Bahnbetrieb hat es zur dringenden Notwendigkeit gemacht, Vorkehrungen und Schutzmaßnahmen zu entwickeln, die eine magnetische Beeinflussung von Fernsprechleitungen, deren Nachbarschaft im Bahnbetrieb fast stets zu erwarten ist, verhindern oder wenigstens auf ein zulässiges Maß verringern. Als Schutzmaßnahmen auf der Starkstromseite kommen neuerdings Spannungs- und Stromresonanzkreise mit gutem Erfolg zur Anwendung. Bei einer ausgeführten Glasgleichrichteranlage von 550 V und 5 km Fahrdrahtlänge, konnte eine Oberwellenspannung von zirka 35 V festgestellt werden, und zwar war die 300 Per.-Oberwelle überragend mit 95 vH vertreten. Die Welligkeit läßt sich durch Einbau von Eisendrosseln vermindern, jedoch ist zu bedenken, daß bei einer dadurch eintretenden Erhöhung der induktiven Streckenwiderstände von z. B. 50 vH auch nur eine 50 prozentige Verminderung eintritt. Eine praktisch brauchbare Verbesserung läßt sich erst mit Spannungsresonanzkreisen von 300, 600 und 900 Per/s erreichen. Eine Ausführung von Resonanzkreisen über 900 Per/s hat sich bisher in der Praxis noch nicht als notwendig erwiesen. Für die Drossel in der geerdeten Schiene sind zirka 2 bis 3 mH ausreichend. Für größere Gleichrichter müßte die Drossel ohne Eisen[20]) ausgeführt werden, wobei aber die Herstellung sehr erschwert und teuer wird. Der Vortragende gab hierauf eine besondere Schaltung an, bei der durch einen Kunstgriff auch eine kleine Drossel mit derselben Wirkung angewendet werden kann. Zu der in die Stromschiene eingebauten Luftdrossel werden entsprechende Kapazitäten und Induktivitäten in Hintereinanderschaltung parallel gelegt. Die gesamte Anordnung bildet dann bei geeigneter Bemessung der einzelnen Glieder Sperrkreise für mehrere Frequenzen, so daß sich damit eine sehr gute Glättung erreichen läßt. Eine weitere Maßnahme zur Unterdrückung der störenden Welligkeit wird neuerdings dahin untersucht, daß man vom 6 phasigen Betrieb zum 12 phasigen über-

[18]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 537; 1928, H. 14, S. 308.

[19]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 303.

[20]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 6, S. 138.

Digitized by Google

geht. Bei einer symmetrischen 12 phasigen Anordnuug läßt sich die 300 Per.-Oberwelle theoretisch vollständig unterdrücken. Praktisch tritt insofern eine Schwierigkeit auf, als im Betrieb der 12 phasige Gleichrichter in 6 phasige zerfällt und damit der gewünschte Erfolg wieder zunichte gemacht wird. Um diesen unerwünschten Verhältnissen zu begegnen und einen 12 phasigen Betrieb mit Sicherheit zu erzwingen, werden besondere Schaltungen gegenwärtig ausprobiert. Eine Lösung kann eventuell damit erreicht werden, daß man Doppeltransformatoren verwendet, deren Oberspannungsseiten einmal in Stern und das andere Mal in Dreieck geschaltet in Reihe gelegt werden. Endgültige Angaben über den Erfolg dieser Maßnahmen lassen sich aber zurzeit noch nicht geben.

O. Scheller, Berlin: Herstellung von Höchstspannungsleitungen mit glatter Oberfläche.

Zur Herabsetzung der bei Hochspannungsleitern entstehenden Glimm- und Abstrahlungsverluste sind die an den Leiteroberflächen auftretenden elektrischen Feldstärken klein zu halten. Für Höchstspannungen kommen nur Leiter großen Durchmessers in Betracht. Glatte Stangen oder auch einfaches Rohr erschweren den Transport zur Baustelle. Daher sind nur Seile oder Hohlseile geeignet. Die günstigsten Feldstärken an der Seiloberfläche würden bei einem Seil auftreten, dessen äußerer Mantel aus Teilleitern von ringstückähnlichem Querschnitt bestünde. Dies ist aber praktisch von geringem Wert, da ein äußerer Mantel von Runddrähten kaum höhere Glimmverluste aufweist[21]). Seile halten die Oberfläche nicht geschlossen, weil sich das Seil bei jedem Biegen öffnet. Da der Kern die Festigkeit des Seiles bestimmen soll, ist es unmöglich, ein Seil an seiner Oberfläche geschlossen zu halten. Bei wechselnder mechanischer Belastung tritt Käfigbildung auf, die Hülle löst sich vom Kern. Bei Seilen mit Kreisringstücken werden an den scharfen Kanten die Sprühverluste größer, als bei Seilen mit Runddrähten, vor allem, wenn der Durchmesser dieser nicht zu klein ist. Man kann dies vermeiden, wenn man die Seiloberfläche dadurch glatt macht und ein Öffnen verhindert, daß man ein einfaches Rohr überzieht. Den leitenden Querschnitt macht man um den Rohrquerschnitt kleiner und nutzt auch diesen zur Leitung aus. Schon dünne Hüllen genügen. Man kann sehr schmiegsames Material nehmen, zum Beispiel weiches Kupfer oder Aluminium. Wenn der Leiter zu groß ist, muß das Aufziehen des Rohres auf der Strecke erfolgen, am besten nach dem Verlegen. Wenn man das Rohr auf dem Boden aufzieht, besteht die Gefahr, daß es beim Hochziehen knickt oder bricht, da man die Leitung nicht unter voller Längsspannung auf die Maste heben kann. Anstatt dessen ist es möglich, die feste Leitung mit Hilfe einer beweglichen Haltevorrichtung mit Rohr zu überziehen. Man hat ferner den Vorteil, die Lage der Rohrnaht bei torsionsfreier Leitung an die Unterseite zu legen, damit keine Feuchtigkeit eindringen kann. Die Vorrichtung besteht aus einer Laufkatze, die auf der Leitung oder einer benachbarten Leitung läuft und die Ziehwerkzeuge, bzw. den Werkstoff für das Rohr als aufgewickeltes Metallband trägt. Das Umhüllen geschieht durch einen Trichter, nötigenfalls durch Anpressen durch besondere Preßrollen. Da an den Stützpunkten die Leitung beim Durchfahren der Laufkatze gehoben werden muß, ist es zweckmäßig, aufzuziehen, solange das Seil noch auf den Montagerollen liegt. Besondere Vorrichtungen bestehen für alte Seile, um das Rohr um die Stütz- und Abspannstellen herumzuführen. Gute Erfolge sollen bei dem Hochspannungs-Hochfrequenzleiter für die Großfunkstelle Herzogstand[22]) erzielt worden sein[23]).

Friedländer, Berlin: Die Verzerrung der Netzspannungskurve durch die Transformatoren.

Das Problem stellt die Aufgabe zu untersuchen, in welcher Weise sich die Anregung des aus Maschinenstreufeldern und Netzkapazitäten gebildeten Stromresonanzkreises durch die verzerrte Kurvenform der Magnetisierungsströme der Transformatoren auf die Spannungskurve in einem Netz auswirkt. Eine Näherungslösung, die vollauf genügt, um die Bedingung für zulässige Verhältnisse zu übersehen — denn auf die quantitative Erfassung der extremen Erscheinungen kommt es bei dieser Untersuchung weniger an — führt auf eine übersichtliche Ersatzschaltung, in welcher der als Oberwellengenerator wirkende Transformator als Stromerzeuger mit festgegebenem Strome und lastabhängiger Spannung erscheint. Der Transformator verhält sich den Oberwellen gegenüber wie ein Stromerzeuger, dessen innerer Widerstand unendlich und dem eine Drossel parallel geschaltet ist. Die vom Transformator dem Netz eingeprägten Oberwellenströme sind eine Funktion der Erregung durch die dem Transformator aufgezwungene Grundwellenspannung. Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse kann ferner ein quantitativer Vergleich hinsichtlich des verzerrenden Einflusses nicht sinusförmiger Generatorspannung gegenüber den Transformatormagnetisierungsströmen angestellt werden. Als Erreger von Resonanzschwingungen sind die Magnetisierungsströme der Transformatoren und nicht sinusförmige Generatorspannungen gleichwertig, wenn die Oberwelle im Magnetisierungsstrom gleich ist dem durch die Spannungsoberwelle im Generator verursachten Strom[24]). Man kann durch eine bestimmte Verzerrung der Leerlaufkurve der Generatoren den verzerrenden Einfluß der Transformatorenmagnetisierungsströme kompensieren. Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung, die auf den gegenseitigen Einfluß verschiedener Oberwellen untereinander ausgedehnt wurde, ist, daß durch die Transformatoren die Oberwellen verschiedener Frequenz gekoppelt werden. Jede Induktions-Oberwelle vermehrt oder vermindert auch nahezu proportional jede Feldstärken-Oberwelle anderer Frequenz. Die Berücksichtigung der durch drei teilbaren Oberwellen führt auf eine gesonderte Ersatzschaltung für den Stromkreis dieser Oberschwingungen. Dem bisherigen Ersatzschema des Transformators ist ein Nebenschluß mit konstanten Induktivitäten und Widerständen hinzuzufügen, der den Einfluß von Jochstreufluß, Widerstand und Streuinduktivität der Dreieckswicklung berücksichtigt.

H. Piloty, Berlin: Fortschritte in der Kompensation der Oberwellen des Erdstromes.

Der Vortragende hatte seinerzeit auf der Wiesbadener Tagung des VDE eine Kompensationseinrichtung zur Unterdrückung der Oberwellen in Erdschlußströmen dargelegt, deren Aufbau so gestaltet war, daß die Reaktanz bei allen zu unterdrückenden Frequenzen nicht dreifacher Frequenz induktiv und umgekehrt proportional zur Frequenz und ferner für alle Frequenzen dreifacher Ordnung die Reaktanz der Einrichtung sehr groß wurde. Die Schaltung, die damals hierfür gewählt wurde, bestand aus einer Parallelschaltung einer Drossel mit einem Kondensator, hinter die in Reihe wiederum eine Drossel eingebaut war. Inzwischen sind nun mit derartig ausgeführten Einrichtungen eingehende praktische Untersuchungen angestellt worden, die gezeigt haben, daß noch verschiedene Mängel vorlagen. Der Reststrom enthält noch Oberwellen höherer Ordnung, so daß eine befriedigende Kompensation nicht erzielt wurde. Ferner war die Abstimmung der fünften Oberwelle sehr schwierig, so daß sie für den praktischen Betrieb nicht in der gewünschten Einfachheit zu bewerkstelligen war. Alle diese vorbesprochenen Mängel veranlaßten den Vortragenden, auf eine einfachere Schaltung überzugehen, die aus der Parallelschaltung zweier Kondensatoren in Hintereinanderschaltung mit Induktivitäten besteht. Allerdings muß bei dieser Anordnung auf die Einhaltung der obengenannten Kompensationsbedingung für die dreifache Oberwelle verzichtet werden. Ein großer Vorteil der neuen Anordnung besteht für die praktische Anwendung darin, daß eine räumliche

[21]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 4, S. 93.
[22]) Vgl. E. u. M. 1926, Die Radiotechnik, S. 122.
[23]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 25, S. 617.
[24]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 482.

Digitized by Google

Trennung der Erdschlußspule und des eigentlichen Oberwellenkompensations-Serienschwingungskreises möglich ist, da beide Teile parallel miteinander arbeiten. Ferner ist bemerkenswert, daß die erforderlichen Kondensatoren verhältnismäßig klein werden, da die hohe Spannung der Grundwelle durch einen dem Kompensationskreis vorgeschalteten, auf Betriebsfrequenz abgestimmten Stromresonanzkreis von den Kondensatoren ferngehalten wird. Die mit einer derartigen Anlage gemachten Versuche haben sehr gute Resultate gezeitigt. Bei einem Erdschlußstrom von 33 A wurde ohne Oberwellenkompensation ein Reststrom von zirka 15 A gemessen, der durch die Anwendung der genannten Schaltung dann noch auf 4 A herabgedrückt werden konnte. Im weiteren wurde noch die Frage gestreift, ob es möglich ist, auch höhere Oberwellen zu kompensieren. Schwierigkeiten bestehen hier darin, daß die erforderlichen Kondensatoren sehr groß werden. Der Vortragende zeigte aber eine Schaltung, bei der es möglich ist, auch ohne Aufwand größerer Kondensatorenleistungen eine Kompensation mehrerer Oberwellen zu erreichen.

K. Draeger, Selb: Lichtbogenüberschläge hoher Leistung an Freileitungsisolatoren.

Dieser Vortrag ist im Heft 40 d. J. der Zeitschrift, S. 953, veröffentlicht.

H. Schwenkhagen, Kassel: „Das Buchholz-Schutzsystem und seine Anwendung in der Praxis."

Das Buchholz-Schutzsystem beruht auf der Tatsache, daß jede elektrische Störung mit einer Wärmeentwicklung verbunden ist[25]). Die Erhöhung der Temperatur ruft die Entwicklung von Zersetzungsgasen bzw. Ölströmungen hervor, die im Schutzapparat erfaßt werden und dann zur Auslösung einer Alarmvorrichtung bzw. zum Abschalten Veranlassung geben. Die am weitesten fortgeschrittene Entwicklung zeigt der Schutz für Transformatoren mit Ausgleichsgefäß. Der Einbau des Apparates erfolgt hier in das Verbindungsrohr zwischen Transformator und Konservator. Dabei ist zu beachten, daß die Rohrleitung hinter dem Schutz keinen Knick nach unten macht, da sonst die Tätigkeit des Schutzes beeinträchtigt wird. Der Schutz in seiner jetzigen Ausführung ist nicht nur ein Fehlerschutz, sondern in vielen Fällen sogar geeignet, Fehlern vorzubeugen. Es sei hier an das Verderben des Öles durch den Luftsauerstoff erinnert, der an fehlerhaften Stellen eindringt und durch den Schutz ebenfalls erfaßt wird. Bei hohen Überlastungen führt die plötzliche Gasentwicklung zu kräftigen Ölströmungen, die sofort eine Auslösung durch den Buchholz-Schutz bewirken. Der Schutz spricht also gegenüber anderen zum Beispiel Wärmeschutzarten noch in dem Augenblicke an, in dem die Gefahr in Verzug ist, obgleich die gesamte Öltemperatur nicht wesentlich zunimmt. Seine großen Vorzüge liegen in der kurzen Ansprechzeit und in der geringen Ansprecharbeit. Eine besondere Einrichtung zur sicheren Sammlung der aufsteigenden Gasblasen zum Beispiel in Form eines unter dem Deckel angeordneten Behälters erweist sich nicht als notwendig, da die zur Auffüllung eventueller Deckenunebenheiten erforderlichen Gasmengen nur unbedeutend sind. Die Verwendung des Buchholz-Schutzes ist aber nicht nur auf Transformatoren mit Ausgleichsgefäß beschränkt, sondern kann ebenfalls in einer noch in der Entwicklung stehenden Ausführung zum Schutz von Transformatoren ohne Ausgleichsgefäß und Ölschalter Verwendung finden. Die Betätigung des Schutzes beruht hier auf der Wechselwirkung von Zersetzungsgas und Platin aufeinander. Auch für nicht Öl enthaltende Apparate, wie Generator, Trockentransformatoren sind Buchholz-Schutz-Ausführungen mit verschiedenen Mitteln, die Rauchbildung zur Bedienung von Alarm- und Auslösevorrichtungen benutzen, in der Entwicklung.

[25]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 933; „Das Elektrizitätswerk", S. 23; 1928, H. 26, S. 691; H. 27, S. 731.

Weißbach, Berlin: „Ferngesteuerte und selbsttätige Gleichrichterunterwerke."

Gleichrichterunterwerke werden in wachsendem Maße für elektrische Betriebe: Bahnen, Elektrolyse und in Gleichstromnetzen zur Verbesserung der Spannungsverhältnisse verwendet. In der Ausführung als bedienungslose Anlagen wird ihre Wirtschaftlichkeit beträchtlich gesteigert, und keine andere Umformerart ist zur Automatik besser geeignet als der Quecksilberdampfgleichrichter. Die bedienungslosen Werke können ferngesteuert[26]) oder ganz selbsttätig arbeitend sein. Da für Licht- und Kraftanlagen meistens Spannungsregelvorrichtungen benötigt werden, zeigt sich hier die erstere Ausführung angebrachter, während im Bahnbetriebe in den seltensten Fällen derartige Bedingungen gestellt werden, so daß hier das Hauptgebiet der selbsttätigen Anlagen liegt. Neben den ferngesteuerten Funktionen eines für Licht- und Kraftbetrieb verwendeten Umformerwerkes, die in der Betätigung der Schalter, der Regelvorrichtungen und in der Messung der elektrischen Daten bestehen, werden noch solche für selbsttätige Zündung, Strombegrenzung, Handhabung der Kühlung sowie für die Vakuumhaltung erforderlich. Arbeitet das Unterwerk mit rotierenden Umformern parallel, so sind für den Fall einer Störung selbsttätige Schalter vorgesehen, die den Gleichrichter nach Wiederkehr der Spannung erst dann auf das Netz schalten, wenn auf beiden Seiten die volle Spannung vorhanden ist (Cramer-Schaltung[27]).) Die Funktionen eines selbsttätigen Bahnunterwerkes sind dagegen wesentlich einfacher und bestehen nur aus dem Zu- und Abschalten in Abhängigkeit von der Zeit, den Strom- und Spannungsverhältnissen im Netz und im Wiedereinschalten des durch Überlast ausgeschalteten Gleichrichters nach Behebung der Störung. Von den diese Funktionen ausübenden Apparaten seien in Kürze die drehstromseitige Wiedereinschaltvorrichtung genannt, die den Zweck hat, nach einer Überlastung in Abständen einiger Minuten den Gleichrichterschalter mehrmals einzuschalten, ihn aber dauernd zu verriegeln, falls er wiederum sofort wegen Überlastung ausschaltet. Die Anordnung besteht aus zwei thermischen Relais (Heizstabschalter), von denen eines die mehrmalige Einschaltung vornimmt, während das andere die dauernde Ausschaltung bewirkt, wenn der Schalter mehr als dreimal kurz hintereinander ausschaltet. Die Heizstabschalter haben vor allen anderen thermischen Relais den großen Vorzug, daß sie sofort nach der Auslösung wieder betriebsbereit sind, da die Abkühlungszeit des Heizstabes in die Auslösezeit des Relais einbezogen ist; denn bei Ansprechen wird der Heizstab erhitzt, schaltet dann die Heizwicklung durch Ausdehnung aus und gibt den erforderlichen Kontakt erst wieder nach seinem Zusammenziehen, das heißt nach Abkühlung, frei. Erwähnenswert ist ferner die sogenannte Spritzzündung von Glasgleichrichtern, die darin besteht, daß durch einen relaisgesteuerten Eisenkern aus einem U-Rohr mit Düse das Quecksilber gegen eine Erregeranode gespritzt wird. Über die Ausführungsart kann gesagt werden, daß Licht- und Kraftanlagen bis zu 440 bis 500 V und zirka 1000 A durchweg Glas-Gleichrichter besitzen. Es mehren sich aber jetzt die Fälle, wo auch in städtischen Lichtnetzen derartige Gleichrichter bis zu 2000 A aufgestellt werden, bei denen nur eine jährlich sehr geringe Betriebszeit in Frage kommt. Bei Bahnbetrieb findet jedoch fast stets der Eisen-Gleichrichter Verwendung.

B. Elektrische Industrieanlagen.

Einführende: Reg.-Rat. Dr. Vieweg, Berlin, und Prof. Dr. Marx, Braunschweig.

F. Kesselring, Berlin: „Versuche mit Hochleistungsschaltern".

Den Kernpunkt des Themas bildete die Frage: Dürfen die Ergebnisse aus Versuchen bei kleinen Leistungen, wonach die Beanspruchung eines Schalters mit zunehmender Abschaltleistung ebenfalls dauernd zu-

[26]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 17, S. 388.

[27]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 2, S. 50; H. 24, S. 595.

Digitized by Google

nimmt, und zwar bis zur einschließlichen Zerstörung, auf Untersuchungen bei großer Leistung übertragen werden, das heißt besteht eine eindeutige Beziehung zwischen Abschaltarbeit und Ausschaltleistung? Bevor der Vortragende auf die Lösung dieser Frage einging, erläuterte er den Aufbau des neuen Hochleistungsprüffeldes der Siemens-Schuckertwerke, in dem die Versuche durchgeführt wurden. Bisher wurden oszillographische Kurzschlußleistungen bis zu 700 MVA gemessen, die aber noch keine Grenzleistung der Anlage darstellen. Durch verschiedene Umschaltungen an Maschine und Transformator ist die Einstellung sämtlicher Spannungen zwischen 1 und 70 kV möglich.

Von B. Bauer wurde 1915 eine Beziehung gefunden, wonach die Abschaltarbeit gleich dem Produkt aus Ausschaltleistung und Ausschaltzeit ist[28]). Messungen an einem 1912 konstruierten Schalter ergaben, daß die Ergebnisse bis zu dessen Zerstörung, die bei 70 MVA auftrat, gut mit der obigen Beziehung übereinstimmten und zu der Annahme Veranlassung gaben, daß die Beanspruchung mit weiter wachsender Ausschaltleistung entsprechend zunehmen. Versuche an einem neuen Reihenölschalter ergaben aber, daß die Gültigkeit der Bauerschen Beziehung nur bis zirka 50 MVA reicht, daß aber darüber hinaus keine Steigerung der Beanspruchung, sondern sogar eine Abnahme stattfindet. Besonders stark ist die Abnahme der Lichtbogenzeit. Das Maximum der Abschaltzeit lag bei 30 MVA, das der Abschaltarbeit, des Druckes und der erzeugten Gasmenge bei 50 MVA. Die kleinste Beanspruchung trat bei zirka 80 MVA auf. Von hier ab stieg die Beanspruchung wieder, erreicht aber erst bei 120 MVA den schon bei 50 MVA innegehabten Wert. Weitere Vergleichsversuche an verschiedenen Schaltern haben gezeigt, daß alle das vorher besprochene Verhalten mehr oder weniger ausgeprägt aufweisen. Nur läßt es sich bei den meisten Schaltern nicht sicher nachweisen, da sie das erste Druckmaximum nicht überstehen. Das Ergebnis ist also, daß entgegen der Bauerschen Formel Abschaltarbeit, Druck und Ausschaltzeit nicht mehr eindeutig von der Ausschaltleistung abhängen, sondern daß unter Umständen zu einer der genannten Größen 2 oder 3 verschiedene Werte der Ausschaltleistung gehören, die sehr weit auseinanderliegen können. Zum Schluß sprach der Vortragende noch über Versuche mit Löschkammerschaltern, die im Prinzip das gleiche Verhalten wie die offenen Schalter zeigen. Auch hier besteht eine kritische Beanspruchung des Schalters. Die minimale Abschaltzeit tritt ebenfalls erst bei verhältnismäßig großen Leistungen auf.

W. Estorff, Berlin: „Schaltgeräte für 220-kV-Anlagen."

Die Entwicklung der elektrischen Energieversorgung führte zu Kraftübertragungen mit großen Leistungen bei weiten Entfernungen. Um dies wirtschaftlich zu ermöglichen, mußte man die bisherige Übertragungsspannung von 100 kV verlassen und auf 200 kV übergehen. Die Konstrukteure wurden daher vor die Aufgabe gestellt, hiefür technisch einwandfreie Hochspannungsgeräte zu entwickeln[29]), welche im folgenden besprochen werden. Die wichtigsten Konstruktionselemente für Trenn- und Ölschalter sind Stützisolator und Durchführungen. Um den geeigneten Krümmungsradius des Strahlungskörpers, welcher die Kopfarmatur des Stützers bildet, zu ermitteln, wurden Versuche an einer Reihe ringförmiger Körper vorgenommen. Es ergab sich, daß der Ringaußendurchmesser D auf die Überschlagspannung viel weniger Einfluß ausübt als der Wulstdurchmesser d. Die Kurvenschar für die verschiedenen D weist ein Minimum auf, das bei etwa $d = 20$ mm liegt. Man entschied sich aber für einen Wulstdurchmesser von 40 mm; hierfür verhält sich nämlich die Kopfarmatur des Stützers bei trockenem und regnerischem Wetter gleich günstig und ist unempfindlich gegen Verschmutzung. Der Außendurchmesser ist mit 700 mm so groß bemessen, daß bei einem Überschlag der Lichtbogen nicht an den keramischen Teil des Stützers herankommt. Der Stützkörper für Innenräume wird als Hartpapier ausgebildet, dessen Durchmesser durch die verlangte Spitzenbruchlast bedingt wird. Dagegen werden die Freiluftstützer einteilig und mit Schirmen versehen aus keramischem Material gefertigt. Durch sorgfältige Dichtung am Fußflansch wird das Eindringen von Feuchtigkeit in den inneren Hohlkörper wirksam verhindert. In dem Aufbau des Trennschalters wurde die bisherige Art — zwei feststehende Außenstützer und ein mittlerer Drehisolator — verlassen. Bei großen Messerlängen wird der Drehisolator mechanisch beansprucht, wozu noch bei größeren Schaltgeschwindigkeiten Stöße durch Massenwirkungen hinzukommen. Außerdem braucht man wegen der Überschlagsicherheit erheblich Abstände zwischen den Phasen, und durch Stielbüschelentladungen nimmt das geöffnete Trennmesser unkontrollierbare Spannungen gegenüber den Außenstützern an. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wurde ein Doppelhebeltrennschalter konstruiert, bei dem die Phasenabstände genau so groß wie die Stützerschlagweite sind. Geöffnet stehen beide Messer, die aus elastischem Rohr bestehen, senkrecht; beim Schließen gleiten die an ihren Enden befindlichen Kugeln aneinander und ergeben vier zuverlässige Kontaktstellen, über die Ströme bis 1000 A fließen können. Indem der eine Stützer unbeweglich angeordnet ist, vermittelt der andere drehbare Außenstützer die Schaltbewegungen. Bei den Durchführungen ist das Kondensatorprinzip angewandt. Auf der Freiluftseite schützt sie ein geschirmter Überwurf aus keramischem Material gegen Witterungseinflüsse. Ein Meßbelag kann zum Anschluß eines kapazitiven Spannungsmessers benutzt werden[30]). Dadurch, daß man den Durchführungsbolzen mit einer Schicht umkleidet, deren Wärmedurchlässigkeit gering ist, zwingt man den Hauptwärmestrom in eine bestimmte Bahn und entlastet das Dielektrikum; zur Wärmeabführung trägt die Kopfarmatur der Durchführungen in freier Luft Kühlrippen, während sie unter Öl mit großflächigen Metallteilen verbunden ist. Der Ölschalter weist in jeder Phase sechs Unterbrechungsstellen auf. Anfänglich machte die erreichbare Durchschlagsspannung unter Öl Schwierigkeiten, weil sie durch die an den Strahlungskappen vorgenommenen Änderungen sich nicht bedeutend über 500 kV steigern ließ. Die Ursachen hierfür sind die in Richtung der Feldlinien sich bildenden Ketten, die sich aus Unreinlichkeiten des Öles aufbauen, und durch örtliche Feldkonzentrationen den Durchschlag herbeiführen. Zur Abhilfe hätte man durch konzentrische Zylinder mitten im Öle Fasersperren schaffen können. Da aber beim Schalten mechanische Stöße sie beansprucht hätten, was man vermeiden will, überzog man alle spannungsführenden Teile direkt mit einer Isolierschicht und erreicht ebenfalls sein Ziel; dabei verursachten absichtlich herbeigeführte Verletzungen der Haut keine nennenswerte Einbuße an Durchschlagssicherheit.

H. Müller, Hermsdorf: „Die Wirkung von Schutzfunkenstrecken bei Durchführungen."

Da die Verwendung von lichtbogensicherem Isoliermaterial bisher noch nicht möglich ist, muß man andere Mittel ersinnen, um sich vor den schädlichen Einwirkungen des Lichtbogens zu schützen. Die parallel geschalteten Funkenstrecken sollen vor allem den Zweck haben, dem Lichtbogen Fußpunkte zu geben, die so angeordnet sind, daß der Lichtbogen in genügender Entfernung vom Isoliermaterial bleibt. Die Blaswirkung des magnetischen Feldes sorgt dann dafür, daß der Lichtbogen nach außen abwandert und die Durchführung nicht mehr gefährdet. Die Schutzfunkenstrecken arbeiten wegen der meist in Frage kommenden großen Schlagweite in dem Gebiete der Glimm- und Büschelgrenze. Die Folge hiervon ist, daß der Überschlag bei ein und derselben Schlagweite bei verschieden hohen Spannungen eintreten kann, da der Überschlag den Charakter eines Spitzenfunkenüberschlages besitzt und Verzöge-

[28]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 705; 1928, H. 1, S. 14; H. 2, S. 46.

[29]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 921.

[30]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 34, S. 859.

Digitized by Google

rung aufweist. Die Höhe der Spannung ist lediglich von der Veränderlichkeit der Vorgänge abhängig. Zur Kennzeichnung dieser Verhältnisse hat man nach Peek das Stoßverhältnis eingeführt, das heißt das Verhältnis des Überschlages bei rascher Änderung der Vorgänge gegenüber dem Überschlag bei normal periodischem Strom. Aus Versuchen hat sich ergeben, daß zu bestimmten Abständen der Schutzfunkenstrecken von der Durchführung festbestimmte Grenzschlagweiten gehören, bei denen der Lichtbogen die Durchführung noch nicht berührt. Bei größerem Abstand erfolgt dann der Überschlag längs des Isoliermaterials und, was hervorzuheben ist, bei einer Spannung, die unter Umständen unter der Durchführungs-Überschlagsspannung liegt. Das Resultat ist, daß für die einzelnen Durchführungen Grenzwerte der Schlagweiten von Schutzfunkenstrecken gelten, bei deren Überschreitung kein Schutz für die Durchführung mehr vorliegt. Weiter wurde angegeben, daß bei allen Durchführungen für die Schlagweite die Hochfrequenzversuche bei loser Kopplung maßgebend sind. Wichtig ist, daß die Schutzfunkenstrecke so eingestellt wird, daß die Hochfrequenzüberschlagsspannung der Durchführung über der Hochfrequenzüberschlagspannung der Schutzfunkenstrecke liegt.

Büchner, Berlin: „Gekapselte Hochspannungs-Schaltanlagen."

In Deutschland werden die Hochspannungsschaltanlagen durchweg in offener Bauart ausgeführt, wobei meistens Öl- und Trennschalter in verschiedenen Stockwerken, also unübersichtlich, untergebracht sind. Gewöhnlich sind diese Schaltteile voneinander unabhängig, weshalb ein erheblicher Prozentsatz der Störungen dem Ziehen der Trennschalter unter Strom zuzuschreiben ist. Daneben ist die leichte Zugänglichkeit der spannungsführenden Teile ein Gefahrpunkt für das Bedienungspersonal. Um diese Übelstände zu vermeiden, ging man in England nach dem Patente von Clothier und Reyrolle (1908) zu einer geschlossenen Bauweise über, indem man alles, was Spannung gegen Erde hat, in gußeiserne Gehäuse einschloß und mit Isoliermasse von hoher Durchschlagsfestigkeit vergoß. Heutzutage gibt es dort derartig ausgeführte Hochspannungs-Schaltanlagen mit über 100 000 kVA Maschinenleistung. In Deutschland fanden indessen die gußgekapselten Schaltanlagen abgesehen bei der Chemischen Industrie lange Zeit keine allgemeine Verwendung. Neuerdings ist man aber durch einen anderen Umstand wieder darauf zurückgeführt worden. Die Leistungen der Unterstationen wuchsen, das umliegende Gelände war bebaut; es trat Platzmangel ein. Und da die geschlossene Bauweise etwa halb soviel Raum einnimmt wie die offene, so griff man auf sie zurück, und entwickelte Neukonstruktionen, bei welchen die in der Zwischenzeit gewonnenen Erkenntnisse natürlich verwertet wurden. Hierzu gab der Vortragende die folgenden Einzelheiten an: Jede solche Verteilungsanlage besteht wie auch sonst aus Feldern. Dieses setzt sich zusammen aus feststehenden Teilen, das sind Sammelschienen- und Kabelanschlußkasten, und aus dem ausfahrbaren Ölschalter. Zwischen beiden Teilen befinden sich Trennkontakte. Im ausgefahrenen Zustande ist der Ölschalter spannungslos, und da die Kontakte durch selbsttätige Schutzkappen verdeckt sind, können an ihm jegliche Arbeiten vorgenommen werden. Ausfahrmechanismus und Ölschalter sind miteinander so verblockt, daß er nicht unter Strom herausgezogen werden kann. Die Durchschlagsfestigkeit der Ausgußmasse, die auch bei niederen Temperaturen keine Risse bildet, ist 60 bis 80 kV für eine 2 mm starke Schicht. Bei 10 kV beträgt der Abstand zwischen 2 spannungsführenden Teilen 25 bis 30 mm; die Durchschlagssicherheit ist also sehr groß. Bei der Verwendung einer recht zähen Vergußmasse schlagen die Schienen bei Kurzschlußströmen nicht zusammen, obwohl die wirksamen Kräfte wegen der geringeren Abstände erheblich größer sind als bei offener Anordnung in Luft. Besonderes Augenmerk wird auf eine gute Ausbildung der Trennstellen gerichtet, weil sie bei Betrieb nicht beobachtet werden können. Hierfür nimmt man Trennstecker, die mit den Kontakten des beweglichen Teiles verschraubt sind; das andere zylindrische Ende greift in den feststehenden Gegenkontakt ein. Während des Transportes und der Montage ist der Trennstecker herausgenommen, erst bei Inbetriebnahme wird er eingesetzt. Auch Schaltanlagen mit Doppelsammelschienen lassen sich gußgekapselt bauen. In der Ausführung liegen beide Systeme übereinander. Die Verbindung mit dem Ölschalter geschieht wieder durch Trennstecker. Nur wenn alle 3 oberen oder unteren Sammelschienen-Stecker eingesetzt sind, läßt sich der Ölschalter einfahren. Dieser ist ein Hochleistungsschalter mit rundem Kessel und Stahlgußdeckel, Freilaufkupplung, Meßinstrumente usw. Die Auslösestromwandler, welche ebenfalls von Isoliermasse umgeben sind, befinden sich über dem Schalter zwischen Ölschalter - Durchführungen und Trennstücken; auf diese Weise sind sie nur bei herausgefahrenem Ölschalter, das heißt nach Stromunterbrechung zugänglich. Dasselbe gilt auch für die Zählerstromwandler; denn sie sind vor dem Kabelendverschluß hinten am feststehenden Teile angebracht. Spannungswandler sind in ausfahrbaren Gehäusen unter der Isoliermasse untergebracht und können jederzeit entfernt werden. In ähnlicher Lage befinden sich die Hochspannungssicherungen; jedoch lassen sie sich, wenn sie durchgeschmolzen sind, erst bei herausgezogenem Ölschalter auswechseln. Da eine bestimmte Montagerichtung in der Konstruktion eingehalten ist, zum Beispiel werden alle Schrauben von vorn angezogen, erübrigt sich ein rückseitiger Montagegang, womit wiederum Platz gespart ist. In Fällen, wo man von dem einen Sammelschienensystem zum anderen ohne Unterbrechung übergehen will, baut man eine entsprechende Hilfsvorrichtung ein, ohne die Anlage besonders zu verteuern. Es ist zu hoffen, daß das gußgekapselte Schaltmaterial mehr und mehr Verbreitung finden wird.

M. Schleicher, Berlin: „Die Fernmessung über hochspannungseitig beeinflußte Schwachstromleitungen."

Die meisten der bisher angewandten Fernmeßsysteme benutzen Gleichstrom, das heißt die Meßgröße wird durch geeignete Sendeapparate in eine Gleichspannung umgewandelt und am Empfängerort durch Drehspulinstrumente angezeigt[31]). Um den Einfluß von Isolationsfehlern der Fernleitung auf die Meßgenauigkeit zu vermindern, muß entweder die Stromquelle groß gegenüber dem Eigenverbauch der Instrumente gemacht werden, oder es muß eine besondere Kompensationseinrichtung für den Meßstrom angewandt werden. Dieser Meßmethode haften jedoch verschiedene Mängel an, die durch die Nähe von parallellaufenden Hochspannungsleitungen bedingt sind. Trotz eines guten symmetrischen Aufbaues der letzteren sind Induktionserscheinungen auf die Schwachstromleitung nicht zu verhindern. Besonders unangenehm werden diese im Falle eines Erdschlusses der Hochspannungsleitung. Es ist ja bekannt, daß sogenannte Hochspannungs-Telephonanlagen gegen solche Einflüsse mit besonderen Sicherheitseinrichtungen, zum Beispiel Abriegelung der Sprechapparate durch Hochspannungstransformatoren, kräftige Blitzableiter usw. ausgerüstet werden müssen. Das Arbeiten mit Gleichstrom wird aber dann zur Unmöglichkeit, da man nicht über die Übertrager hinweg kommt. Aber nicht nur auf parallel mit Hochspannungsleitungen verlegten Fernmeßleitungen treten diese Schwierigkeiten auf, sondern auch selbst dann, wenn die Leitung als Kabel verlegt ist. Bei einem Erdschluß der parallellaufenden Hochspannungsleitung ist der Kabelmantel den Strömen ein willkommener Leiter. Die Folge ist ein längs des Kabels auftretendes Spannungsgefälle, das zum Überschlag zwischen Mantel und Ader führen kann. Deswegen ist auch hier die Längsunterteilung der Kabelader erforderlich, die wiederum die Verwendung von Gleichstrom als Übertragungsmittel ausschaltet. Man muß sich also nach einer anderen Fernmeßmethode umsehen, die über die geschilderten Hindernisse hinwegkommt. Die Lösung liefert die Impulsmethode, die mit Stromstößen arbeitet und daher über die Übertrager hinwegkommt. Der Sender ist ein Zähler, der als Kontaktapparat einen

[31]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 34, S. 863.

Digitized by Google

Kollektor trägt und seinerseits ein mit sehr geringem Stromverbrauch behaftetes Telegraphenrelais steuert. Von hier aus werden die Stromstöße auf die Leitungen gegeben und am anderen Ende durch ein Umschaltrelais abgenommen, das von vier Stromquellen aus einen Kondensator lädt. Ein träges Drehspulinstrument zeigt die Ladeströme an. Je schneller nun die Stromstöße erfolgen, um so größer wird der Ausschlag. Durch Zwischenlegung von Siebkreisen ist es ohne weiteres möglich, auf derselben Leitung während der Messung auch zu rufen und zu sprechen, was naturgemäß bei den Kosten längerer Übertragungsleitungen von besonderem Werte ist. Zum Schluß wurde noch die Frage gestreift, ob man nicht mit dieser Methode auch auf leitungsgerichtetem Wege längs der Hochspannungsleitung messen kann. Derartige Anordnungen, bei denen Hochfrequenzimpulse angewandt werden müssen, sind unter Verwendung eines kleinen Spezialsenders ebenfalls schon durchgeführt worden. Durch Benutzung verschiedener Wellenlängen kann man eine größere Anzahl von Messungen und Gespräche auf eine Drehstromleitung übertragen.

M. Schleicher, Berlin: Fernsteueranlagen.

Während die Fernsteuerung von unbedienten Unterwerken in Amerika[32]) schon vielfach angewandt worden ist, hat man in Deutschland zum ersten Male jetzt weitgehend bei der Elektrisierung der Berliner Stadt- und Ringbahnen davon Gebrauch gemacht. Der Grund zur Einführung war hier durch die Ersparnis an Baukosten und Personal, schnelles Umschalten der Stationen und vor allem durch die größere Übersicht über die gesamten Anlagen gegeben. Das System der Fernsteuerung über wenige Verbindungsleitungen beruht auf synchronlaufenden Motorgeber- und Empfängerapparaten. Die Anordnung sowohl auf der Geber- wie auf der Empfängerseite besteht aus kollektorähnlich festangeordneten Kontakten, auf denen eine Abnehmerbürste am Umfang kreist und die Kontakte, von denen jeder der Übermittlung eines speziellen Kommandos dient, während eines Umlaufes einmal berührt. Im folgenden soll noch auf einige besondere Einrichtungen hingewiesen werden, die für die Übersichtlichkeit eines Riesenbetriebes, wie ihn die Stadtbahn darstellt, unumgänglich notwendig sind. Für jede Gleichrichterstation ist ein Leuchtschaltbild mit Steuer- und Quittungsschaltern in der Zentralstelle aufgestellt[33]). Auf diesen Bildern sind außerdem Leuchtpfeile angebracht, die durch Richtungsrelais in Verbindung mit Überstromrelais von den einzelnen Stationen gesteuert werden. Bei Eintritt eines Überstromes, zum Beispiel Kurzschluß, werden die Richtungsrelais durch die Überstromrelais festgehalten und geben ihre Kommandos über die vorgenannten Kollektoren zur Zentralstelle, wo dann sofort die gestörte Kabelstrecke durch zwei aufeinander zuweisende Pfeile gekennzeichnet wird. Bemerkenswert ist ferner ein automatischer Generalumschalter, der für die einzelnen Stationen ein ganz bestimmtes Schaltungsgesetz vorschreibt. Jede Station liegt an zwei Speisekabeln, um bei Schadhaftwerden des einen sofort durch das andere Reserve zu haben. Der lediglich durch einen Druckknopf zu betätigende Generalumschalter bewirkt nun automatisch alle die Schaltmanöver, die nötig sind, um die an dem schadhaften Kabel liegenden Stationen auf das gesunde umzuschalten: also alle Ölschalter an dem defekten Kabel aus, alle Trennschalter desselben Kabels aus, alle Trennschalter des gesunden Kabels ein und endlich Einlegen der zugehörigen Ölschalter. Der Bedienungsmann hat lediglich die Quittungsschalter nachzustellen und sieht in zirka 1 bis 2 Minuten die neue Schaltung der Anlage vor sich. Zwischen den Trenn- und Ölschaltern ist eine Verriegelung derart vorgenommen, daß erstere nicht gezogen werden können, solange die Ölschalter eingeschaltet sind. Ebenso kann kein Ölschalter schließen, so lange noch der zugehörige Trennschalter in Bewegung ist. Da überall von Leuchtschaltbildern Gebrauch gemacht worden ist, sind auch die Instrumente in den Lastverteilern als Lichtbandinstrumente ausgeführt.

[32]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 322.

[33]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 29, S. 783.

C. Fernmeldetechnik und Elektrophysik.

Einführende: Prof. Dr. Franke, Berlin, u. Prof. Dr. Rogowski, Aachen.

Hudec, Berlin: „Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen."

Die elektrischen Kippvorrichtungen sind je nach ihren Charakteristiken als sogenannte Stromkippvorrichtungen und Spannungskippvorrichtungen bekannt. Die bekannteste und wohl einfachste Stromkippvorrichtung ist die Glimmlampe. Als Spannungskippvorrichtung kann man jede Elektronenröhre benutzen, wenn an ihrem Gitter eine hohe positive Spannung gelegt wird. Ordnet man der Stromkippvorrichtung einen parallelen Kondensator zu, so ist die Anordnung befähigt, Schwingungen, sogenannte freie Kippschwingungen, auszuführen. Bei Spannungskippvorrichtungen erreicht man die Schwingungserregung ebenfalls, und zwar durch die Reihenschaltung einer Induktivität und Speisung mit Gleichspannung, die den fallenden Teil der Kippvorrichtungskennlinie schneidet. Steuert man so eine Anordnung, die freie Kippschwingungen auszuführen vermag, durch eine Wechselspannung, so entstehen die sogenannten erzwungenen Kippschwingungen. Diese Schwingungen zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Frequenz ein ganzzahliger Bruchteil der Frequenz der steuernden Wechselspannung sein kann. Die Steuerspannung und die erzwungenen Kippschwingungen können synchron laufen, das heißt sie behalten dauernd dieselbe gegenseitige Lage zueinander. Damit dieser Fall eintritt, ist es nur erforderlich, daß die Steuerspannung eine Phasenlage besitzt, bei der die Schwingungsdauer der Steuerspannung einen ganzzahligen Bruchteil der Schwingungsdauer der erzwungenen Kippschwingung ist. Das Anwendungsgebiet der erzwungenen Schwingungen liegt besonders bei der Aufnahme periodischer Vorgänge für die Zeitablenkung einer Braunschen Röhre, denn dieselben lassen sich, wie errechnet, leicht in Synchronismus mit der steuernden Wechselspannung bringen und steigen proportional mit der Zeit an. Eine weitere Anwendung finden die erzwungenen Kippschwingungen bei Schlupfmessungen nach der stroboskopischen Methode.

Kumlik, Niedersedlitz: „Beiträge zur Beurteilung von Hartpapier."

Hartpapier hat gegenüber den keramischen Stoffen, die für die Isolation in Frage kommen, den Vorteil leichter Bearbeitungsfähigkeit. Der Vortragende bespricht die Vorgänge, die zur Zerstörung des Hartpapiers führen. Beim Aufschneiden einer nicht zu sehr zerstörten Kondensatordurchführung finden sich an den Rändern der Metalleinlagen örtliche Höhlräume in Hartpapier mit mehr oder minder starker Verkohlung, von denen verästelte Kriechwege ausgehen. Auch die Ränder der Metalleinlagen sind angegriffen, verkohlt und verschlackt. Nach Ansicht der Chemiker trägt das Bakelit die Schuld. Es sollen nachträgliche Veränderungen eintreten, wobei Feuchtigkeit ausgeschieden wird. An solchen Stellen steigen die Verluste[34]). Erwärmung und Glimmerscheinung treten ein, salpetrige Säure entwickelt sich. Es ist vorgeschlagen worden, das Material auf prozentualen Gehalt nicht ausgebackenen Bakelits zu prüfen. Das gilt nur unter Bezugnahme des Gesamtgewichtes, nicht aber des Gesamtgehaltes an Bakelit, ist also nicht eindeutig. Ferner soll die Menge des Luftgehaltes maßgebend sein. Es ist aber nicht gelungen, den Luftgehalt festzustellen. — Ein zweiter Weg ist die mikroskopische Untersuchung. Es ist möglich, ein Stadium zu erfassen, wo die ersten Spuren noch nicht verwischt sind. Nach den Versuchen liegt der Ursprungsort am Rande der Metalleinlagen. Bläschenartige Gebilde stehen mit dem Beginn der Zerstörungserscheinungen in enger Beziehung. Die Bläschen, die im Innern verkohlt und verschlackt sind,

[34]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 2, S. 50.

Digitized by Google

berühren oft den Metallrand. In keinem Falle wurde ein Kriechweg beobachtet, der nicht von einem Bläschen ausgegangen wäre. Dagegen sind zahlreiche verkohlte Bläschen ohne abgehende Kriechwege vorhanden. In anderen Fällen sind die Bläschen durch dünne Lackschichten vom Metallrand getrennt. Dann ist aber die Lackschicht durchgeschlagen, das Bläschen ist am Durchschlagskanal angekohlt und bildet wieder den Ausgangspunkt der Kriechwege. Hiernach ist die Hauptsache für elektrisch gutes Material blasenarmer Lack. Die ersten Spuren finden sich immer im Lack, die Papierfasern sind zunächst noch nicht angegriffen. Die Kriechspuren sind im allgemeinen nicht verkohlt, sind also wohl auf Materialzerstörungen zurückzuführen. — Zur Frage, in welchem Stadium des Zerstörungsvorganges eine betriebsmäßige Feststellung erfolgen kann, gibt Kumlik außer der Scheringschen Brückenmethode die Möglichkeit an, die bei den Entladungserscheinungen innerhalb des Materials auftretenden hochfrequenten Schwingungen mit einfachen Radioempfangsgeräten festzustellen. Außerdem sind jetzt auch durch Abhören mit dem Höhrrohr Erfolge erzielt worden. Dabei ist festgestellt worden, daß die hochfrequenten Schwingungen erst dann die Empfindlichkeitsschwelle des Radio-Apparates erreichen, wenn sie durch akustische Wahrnehmung bereits feststellbar sind. Die Zerstörungserscheinungen können schon in einem Zeitpunkte erfaßt werden, in dem eine Betriebsgefährdung nicht bestehen, eine Auswechslung also nach der Reihe vorgenommen werden kann. Um die Erscheinung des Aufreißens in der Papierschicht zu vermeiden, sind Untersuchungen, vor allem in mechanischer Hinsicht, zum Beispiel auf Härte, Spaltbarkeit usw., anzustellen.

W. Rogowski, Aachen: „Die weitere Entwicklung des Kathodenoszillographen."

Das Urbild aller Kathodenoszillographen ist die Braunsche Röhre. Durch Außenaufnahmen ließen sich Vorgänge bis zu rund 1/1900 Sekunden Dauer erfassen[35]). Da die Helligkeit zur Außenaufnahme kaum genügt, geht die weitere Entwicklung zur Erzielung größerer Intensität dahin, die Aufnahme innerhalb des Vakuums vorzunehmen. Mit einer Innenaufnahme lassen sich noch einmalige Vorgänge von ungefähr 1/100 000 bis sogar 1/1 000 000 Sekunden Dauer festhalten. Derartige Aufnahmen waren aber nur selten zu erhalten. Besondere Aufmerksamkeit wurde deshalb weiterhin der Betriebssicherheit beigemessen. Auf diese wirkte sich recht nachteilig das schlagartige Einsetzen der Erregerspannung aus, das bis dahin unbedingt notwendig war, um die Platte vor übermäßiger Schwärzung durch den Elektronenstrahl im Ruhepunkt zu schützen. Um doch die Spannung dauernd eingeschaltet lassen zu können, würde während der Ruhe eine Ablenkung des Strahles durch elektromagnetische-mechanische oder rein mechanische Mittel vorgenommen[36]). Eine Verstärkung der Intensität wird durch eine Konzentrierungsspule innerhalb des Entladungsrohres erreicht. Ein weiterer Fortschritt in Hinsicht der Intensität war die Anwendung von Glühkathoden, da damit die Elektronenmenge gegenüber kalter Kathode wesentlich gesteigert wurde[37]). Mit derartigen Glühkathoden-Oszillographen konnten sogar Außenaufnahmen von 1/100000 Sekunden Dauer gemacht werden. Die bisherigen Oszillographen sind jedoch unempfindliche Apparate, die für Ablenkungsspannungen von 5000 bis 10 000 V bemessen sind. Es hat sich aber herausgestellt, daß für verschiedene Schwachstromzwecke empfindlichere Apparate, wie bisher, erforderlich sind. Eine niedrigere Spannung zwischen Kathode und Anode würde hier zum Ziele führen. Dem steht jedoch der große Nachteil gegenüber, daß die Einwirkung der Elektronen auf die photographische Platte mit sinkender Voltgeschwindigkeit äußerst stark abnimmt und daher nicht mehr zur Herstellung von Aufnahmen ausreicht. Hier wurde eine Abhilfe dadurch geschaffen, daß die langsamen Elektronen durch ein Beschleunigungsnetz wieder größere Geschwindigkeiten erhalten. Nach bisherigen Versuchen sollen Verzerrungen hierbei nicht auftreten. Man erhält also durch diese Maßnahme wieder genügende Schwärzungsfähigkeit ohne irgendwelche Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Ein zweiter Kunstgriff besteht weiter darin, daß man die Elektronen nicht mehr direkt auf die Platten einwirken läßt, sondern daß man einen Fluoreszenzschirm dazwischen schaltet und diesen dann photographiert. Der Fluoreszenzschirm reagiert bei kleinen Voltgeschwindigkeiten besser als die photographische Platte. Für diese Aufnahme ist ein sehr hohes Vakuum erforderlich. Um dieses durch Plattenauswechslung nicht zerstören zu müssen, wird der dauernd feststehende Schirm allein in das Hochvakuum gebracht, während die Platte in ein besser und leichter zu haltendes Vorvakuum untergebracht wird. Ganz außerhalb eines Vakuums kann man mit der Platte aus mechanischen Festigkeitsgründen nicht gehen, da der Fluoreszenzschirm aus sehr dünner Folie besteht und den Drücken nicht gewachsen wäre.

E. Flegler, Aachen: „Spule und Wanderwelle."

Der Oszillograph hat den Anstoß dazu gegeben, das Problem Spule und Wanderwelle, einer bisher nur der Theorie zugänglichen Materie, auch experimentell zu untersuchen. Die für die analytische Behandlung gemachten Vereinfachungen bestehen bekanntlich darin, die Spule entweder in ein Gebilde von Doppelleitungen oder als Hintereinander- und Parallelschaltung von konzentrierten Teilinduktivitäten und Kapazitäten aufzufassen[38]). Das Ziel der experimentellen Untersuchungen war nun festzustellen, inwieweit die Annahme, die Spulen als Doppelleitungen zu betrachten, Gültigkeit hat. Die Versuchsreihen wurden auf verschiedene Spulenarten ausgedehnt. Bei bifilaren Spulen, bei denen der Abstand der bifilaren Drähte klein gegenüber dem Windungsabstand ist, besteht keine Abweichung von der Doppelleitung. Selbst wenn das Verhältnis der genannten Abstände 1:1 beträgt, zeigen sich nur ganz geringe Unterschiede. Erst bei noch größeren Abständen der bifilaren Drähte läßt sich eine Verflachung eindringender Rechteckwellen nachweisen. Wird eine der Drahtlagen durch einen Blechzylinder ersetzt, so ändert sich das Bild nicht wesentlich. Gegenüber der wahren bifilaren Spule ist der Wellenwiderstand für eindringende Wellen geringer. Die reine einlagige Spule zeigt dagegen bei Beanspruchungen mit Sprungwellen einen Spannungsverlauf, wie er nach der Theorie bei konzentrierten Induktivitäten auftritt. Aus den Oszillogrammen der untersuchten kurzen Spulen großer Windungslänge erkennt man ein in Sprüngen vor sich gehendes Absinken der Spannung, das dem Eindringen von Teilwellen in die Spule entspricht.

Doebke, Berlin: „Das Nebensprechen in Fernsprechkabeln."

Durch die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Leitungen entsteht bekanntlich eine sehr störende Erscheinung, das Nebensprechen. Im Zusammenhang hiermit stehen wichtige Fragen, die sich auf den wirtschaftlichen Ausbau eines Fernkabelnetzes auswirken, wie zum Beispiel die günstigste Wahl der Verstärkerabstände und die zulässige Verstärkung. Als Ergebnis einer strengen Lösung der Differenzialgleichung für willkürliche Kopplungsverteilung zeigt sich, daß sich kapazitive und magnetische Kopplung auf die am Anfang und Ende der Leitungen auftretenden Ströme und Spannungen verschieden auswirken, und daß eine kapazitive Kopplung nicht durch eine magnetische und umgekehrt aufgehoben werden kann. Eine vollständige Beseitigung des Nebensprechens für beide Fortpflanzungsrichtungen ist nur möglich, wenn die kapazitiven Kopplungen durch kapazitive, die induktiven Kopplungen durch induktive Gegenkopplungen aufgehoben werden. Zwar kann für eine der beiden Richtungen eine gegenseitige Kompensation von kapazitiver und induktiver Kopplung erreicht werden, doch bewirkt dies stets eine Verschlechterung am anderen Ende der Leitung.

[35]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 896.
[36]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 330.
[37]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 400; 1928, H. 33, S. 853.
[38]) E. u. M. 1915, S. 89.

Digitized by Google

Hartmann, Berlin: „Neuere Untersuchungen an Kohlenmikrophonen."

Der Einfluß der nichtlinearen Eigenschaften des Mikrophones auf den Klang kann sich, abgesehen von dem Auftreten von Obertönen, auch in einer Verschiebung der Amplitudenverhältnisse der Teiltöne äußern. Als Maß hierfür sind bisher die sogenannten Amplitudenkurven gegeben worden. Da das menschliche Ohr gegen das Fehlen und Hinzutreten von Teiltönen innerhalb eines Klanges sehr empfindlich ist, erscheint es notwendig, die nichtlinearen Eigenschaften der Kohlenmikrophone eingehend zu untersuchen. Die exakte Ermittlung dieser kann aus der Charakteristik der Mikrophone erfolgen. Das Verhältnis des Effektivwertes der Oberschwingungen zum Effektivwert der Grundschwingungen ist ein Maß für die Nichtlinearität. Da aber die genannte Charakteristik nur schwer genau aufgenommen werden kann, wird die direkte Bestimmung des Effektivwertverhältnisses von Ober- zu Grundschwingung versucht. Die Ermittlung dieses Verhältnisses, des sogenannten „Klirrfaktor"[39]), geschieht mit Hilfe einer auf Grundfrequenz abgestimmten Brückenanordnung, in dem man die nur noch Oberschwingungen enthaltende effektive Brückenspannung mit der effektiven Gesamtspannung vergleicht. Um aus diesen Messungen auf die Nichtlinearität der Widerstands-Druck-Charakteristik schließen zu können, müssen alle diejenigen Quellen von Oberschwingungen berücksichtigt werden, die eventuell in die Messung eingehen. Hierunter wären zu nennen die Dimensionierung des Mikrophon-Stromkreises, der Einfluß eventuell hinter dem Mikrophon eingeschalteter frequenzabhängiger Verstärker und zuletzt die Schallquelle nebst Stromerzeuger. Der Einfluß des letzteren ist der bedeutendste und, da alle anderen nichtlinear arbeitenden Elemente klein gehalten werden können, stellen also die mit der beschriebenen Anordnung gemessenen Faktoren, solange diese genügend groß gegenüber dem Klirrfaktor der Stromquelle sind, mit genügender Genauigkeit die Klirrfaktoren des Mikrophones dar. Die Untersuchungen an einem für hochwertige Übertragungen besonders geeigneten Kohlenmikrophon zeigen, daß im allgemeinen ein Abnehmen des Klirrfaktors mit steigender Frequenz festzustellen ist. Bei tieferen Frequenzen, wo für einen bestimmten Schalldruck die größten Amplituden auftreten, hat man demnach die größten Klirrfaktoren zu erwarten. Im weiteren wird die theoretisch ermittelte Proportionalität zwischen Klirrfaktor und Schalldruck auch durch Versuche bestätigt. Der Zusammenhang zwischen Klirrfaktor und Speisestrom scheint nach den Versuchen linear zu sein. Die Meßgenauigkeit hängt vor allem von der Konstanz der Frequenz ab und kann im allgemeinen unter 10 vH gehalten werden. Bei kleinsten Schalldrücken wurde die Messung derart vorgenommen, daß an symmetrischen Stellen des Schallfeldes eines Blatthailers ein linear arbeitendes Bandmikrophon und das Kohlenmikrophon gebracht wurde. Durch Einstellung von Belastungswiderständen der zugehörigen Verstärker wurde bei mittlerem Schalldrucke Lautstärkengleichheit eingestellt und dann die Schallintensität herabgesetzt. Aus der Feststellung des Verhältnisses der Abgriffe bei gleichen Lautstärken kann dann ermittelt werden, ob das Kohlenmikrophon linear arbeitet. Tatsächlich war dies unterhalb eines bestimmten Schalldruckes, Reizschwelle, nicht mehr der Fall. Als Ergebnis kann zusammengefaßt werden: Die nichtlinearen Eigenschaften des Kohlenmikrophones machen sich im „Klirren" und der „Reizschwelle" störend bemerkbar. Im Gebiete mittlerer Schalldrücke bleiben diese Einflüsse in zulässigen Grenzen, führen dagegen bei hohen Drücken schon zu Ergebnissen, die eine Verwendung von Kohlenmikrophonen bedenklich machen.

H. Schiller, Mannheim: „Über den Einfluß der Armierung auf die Schutzwirkung des Kabelmantels gegen Starkstromstörungen."

[39]) Vgl. E. u. M. 1928, „Die Radiotechnik", H. 6, S. 63.

Der Kabelmantel bietet Schutz gegen die Einwirkung von Starkstromstörungen. Die Höhe der Schutzwirkung hängt besonders von der Art der Armierung ab, zum Beispiel ist eine Bewehrung mit Bandeisen besser als eine mit Flachdrähten. Die Restspannung E in einer Kabelader errechnet sich aus

$$E = E_0 \frac{R}{\sqrt{(r+R)^2 + S^2}},$$

worin sind: E_0 Induktionsspannung in einer ungeschützten Leitung, R kilometrischer Ohmscher Widerstand des Kabelmantels, r Verlustwiderstand herrührend von Wirbelströmen und Hysterese, S wirksame Selbstinduktion. Um also über die Güte einer Armierung etwas aussagen zu können, muß man die Größen R, r und S kennen. Die wirksame Selbstinduktion S wird gemessen; den Widerstand R des Kabelmantels weiß man aus den Konstruktionsdaten, und den Verlustwiderstand r berechnet man näherungsweise. Da der Verkleinerung von R sehr bald Grenzen gezogen sind, bemüht man sich eine Vergrößerung von S zu erreichen. Die wirksame Selbstinduktion hängt in erster Linie von der Anfangspermeabilität ab. Zum Vergleiche wurden daher mehrere Sorten von gewöhnlichem und siliziumhaltigem Bandeisen untersucht. Alle waren kalt gewalzt und dann im Topfe 8 Stunden lang bei 800° C nachgeglüht worden. Die Bandeisen wurden darauf bei Kabelmodellen verwendet, deren wirksame Selbstinduktionen nach der ballistischen Methode gemessen wurden. Tatsächlich wird durch Zusetzen von Silizium die Anfangspermeabilität des Bandeisens wie gewollt erhöht, wenn das Eisen geeignet vorbehandelt ist. Die Vorbehandlung spielt eine große Rolle, weil unter Umständen Silizium-Eisen eine kleinere Anfangspermeabilität als das gewöhnliche Eisen haben kann. Zweckmäßigerweise wird man an einem fertigen Kabel die Ermitlung von S vornehmen und danach über die Brauchbarkeit des Bandeisens entscheiden: denn bei den ausgeführten Versuchen zeigten Eisen von gleicher Zusammensetzung oft ganz verschiedenes Verhalten.

D. Maschinen und Transformatoren.

Einführende: Direktor Dr. Fleischmann, Berlin, und Professor Dr. Kloß, Berlin.

K. Töfflinger, Berlin: „Neuerungen an elektrischen Fahrzeugmotoren."

Bei den neueren Antriebsarten der Straßenbahnmotoren ist es nicht nötig, die axiale Motorlänge einzuschränken. Aber möglichst kleine Motorhöhe ist anzustreben, bei Tatzenlagern außerdem möglichst kleine Zentrale. Denn je kleiner diese sind, desto geringer kann der Treibrad-Durchmesser werden, desto tiefer kann man den Wagenfußboden anordnen, was ein leichteres Ein- und Aussteigen zur Folge hat. Wagen mit kleinerem Raddurchmesser können leichter gebaut werden. In dieser Richtung hat sich die Entwicklung fast aller Einzelheiten bewegt. Hauptpole werden heute unter 45° gegen die Horizontale geneigt angeordnet[40]). Da die Wendepole ganz senkrecht bzw. wagrecht stehen, kann man die Motorhöhe verringern, wenn man die Wicklung der Wendepole oben und unten schwächer, die der horizontalen Wendepole stärker macht. Man soll aber nicht unter die Amperewindungszahl des Ankers gehen, sonst kann man den Pol lieber ganz fortlassen. Unter Umständen kann aber das Wendefeld für starke Ströme nicht mehr genügen, was für Bahnmotoren mit Widerstandsbremsung gefährlich ist. Viel Raum kann auch durch zweckmäßige Spulenisolation gespart werden. Es wird nicht nur doppelt mit Baumwolle umsponnener Draht verwendet, sondern auch blankes Flachkupfer; zwischen die Windungen legt man Mikanit, bei geringeren Beanspruchungen auch besonders präpariertes Papier. Den größten Einfluß auf Gewicht und Abmessungen hat der Ankerdurchmesser. Man bemüht sich, ihn möglichst klein zu machen. Runddraht wird nur noch für ganz kleine Motoren verwendet. Die Ankerspule wird heute grundsätzlich mit Glimmer umpreßt, dem große elektrische und mecha-

[40]) Vgl. Oelschläger, E. u. M. 1925, S. 315, 751 ff.

Digitized by Google

nische Festigkeit und gute Wärmebeständigkeit eigen ist. Bei kleinem Ankerdurchmesser ist der Raum zwischen Nut und Welle elektrisch voll ausgenutzt. Daher bedeutet bei dieser Ankerleistung dieses keine Ersparnis, sondern Vermehrung an Gewicht und Raumbedarf. Wegen des Zahnradvorgeleges wird eine möglichst dünne Welle angestrebt, um den Durchmesser des Ritzels zu verringern, und das Übersetzungsverhältnis und die Drehzahl steigern zu können. Dies hat zur Verwendung von hochwertigen Chromnickelstählen geführt. Der Durchmesser des Kommutators läßt sich nicht im gleichen Maße verringern. Man kann den Kommutatordurchmesser durch Verringern der Segmentteilung verkleinern, kommt dann aber bald zu einer Grenze. Auf schmalen Segmenten laufen die Kohlen unruhig. Es besteht Neigung zum Rundfeuer. Kleinere Segmentteilungen als 4·5 mm sind deshalb nicht üblich. Die mittlere Segmentspannung beträgt meist 17 V. Die kurzzeitig beim Bremsen auftretenden höheren Segmentspannungen werden dann noch gut ausgehalten. Straßenbahnen sollen noch mit Spannungen bis zu 650 V betrieben werden können. Bei 17 V mittlerer Segmentspannung und 5 mm Segmentteilung erhält man einen Kommutatordurchmesser von 244 mm. Aus wickeltechnischen Gründen muß der Anker 30 mm größer sein, also 274 mm. Im allgemeinen kann also der Ankerdurchmesser nicht mehr kleiner als dieser Wert gewählt werden.

W. Peters, Berlin: „Vorgänge beim Einschwingen von Synchronmaschinen im Parallelbetrieb."

Heute sind fast alle Großkraftwerke miteinander durch Hochspannungsleitungen gekuppelt, deren Länge manchmal recht beträchtlich ist, und zahlreiche kleinere Zentralen stehen durch Mittelspannungsleitungen mit diesen in elektrischer Verbindung. Dadurch wird naturgemäß die Zahl der Gefahrpunkte erhöht, und gleichzeitig wirken sich alle Störungen infolge der riesenhaften Maschinenleistungen viel schwerer und umgreifender aus, als bei einem einzigen isoliert arbeitenden Kraftwerke. Unter diesen Umständen ist das Problem der Generatoren-Stoßstabilität, das heißt der Unempfindlichkeit gegen Belastungsstöße durch Schaltvorgänge, aufgetaucht. Während früher beim Parallelbetrieb die Schwierigkeiten hauptsächlich von Schwingungen herrührten, die mechanisch erregt durch das ungleichmäßige Drehmoment der Antriebsmaschinen ausgelöst wurden, werden nunmehr — im Zeitalter der Turbinen — die Schwingungen elektrisch angeregt, wie Erd- oder Kurzschluß unter anderem, und besitzen vor allem große Amplituden[41]). Bei Störungen ändert sich der Betrag, Phasenwinkel und die Geschwindigkeit des Netzspannungsvektors. Und somit muß sich der Rotor jeder Synchronmaschine, die auf das Netz arbeitet, in eine neue Gleichgewichtslage einstellen. Der Übergang vollzieht sich unter Auftreten von elektromagnetischen Ausgleichsvorgängen, verbunden mit Schwingungen. Spielt der Läufer mit wachsender Zeit sich mehr und mehr in die neue synchrone Lage ein, so spricht man von einem stabilen Betriebe. Man untersucht nun eine Maschine mit Zylinderläufer und geschlossener Dämpferwicklung. Im Ständer und Läufer bilden sich Ausgleichsstromsysteme aus: durch eine Differentialgleichung bringt man sie in Beziehungen zu der Rotorbewegung und der magnetomechanischen Energie. Hierfür ermittelt man die Teillösungen für den Stoßvorgang und die sich daran anschließende Pendelbewegung, die den neuen elektromechanischen Gleichgewichtszustand heraufführt. Im synchronen Laufe stehen das am Läufer angreifende Lastmoment und das magnetische Moment der Maschine im Gleichgewicht. Das synchronisierende Moment hängt von dem Widerstandswinkel des Generators ab[42]), während das elektrische Nutzdrehmoment von der Differenz zwischen Polrad- und Widerstandswinkel bedingt wird. Bei asynchronen Rotorbewegungen werden Wirbelströme und damit Dämpfungsmomente erzeugt. Das Moment, welches von Läuferstrom und Ständerfeld herrührt, kann durch Vergrößerung des Rotorkupfergewichtes verstärkt werden, wobei allerdings die Kippschlüpfung dem Betriebsschlupf genähert wird. Das von Ständerströmen und Läuferfeld erzeugte Moment verursacht eine Verlustleistung im Ständer und wirkt sich für Widerstandswinkel kleiner als 45° wie eine Anfachung und für solche größer als 45° wie eine Dämpfung aus. Schließlich ergeben noch die Stator- und Rotorwirbelströme und ihre Gegenamperewindungen ein Moment, welches bei Motorbetrieb anfacht. Alles das Obgesagte wird nunmehr auf die Einschwingungsvorgänge der Synchronmaschine angewandt. Beim Grobsynchronisieren schaltet man den Generator auf das Netz, wenn er annähernd die synchrone Geschwindigkeit erreicht hat. Um die Maschine nicht durch die auftretenden Überströme zu gefährden, muß der Statorstrom rasch zum Abklingen gebracht werden. Die Stromspitze an sich verringert man durch Vorschalten einer Reaktanz, sogenannter Synchronisierdrossel[43]); ferner erregt man die Maschine nur schwach. Das von der Antriebsmaschine ausgeübte Triebmoment, das die Massen noch zu beschleunigen sucht, muß vernichtet werden. Das Einschwingen vollzieht sich beim Zuschalten in etwas untersynchronem Laufe leichter als bei übersynchronem. Bei der günstigsten Schaltstellung, das heißt Polradwinkel $d = 0°$ wird das Überschußmoment von der synchronisierenden Kraft und der Dämpfung aufgefangen. Da aber auch der Schalter in Phasenopposition eingelegt werden kann, darf die Überschußenergie einen bestimmten Wert nicht überschreiten, wenn der Läufer möglichst rasch synchron mitlaufen soll. Indem man gleichzeitig mit dem Schalten die Erregung vergrößert, wird die Zeit bis zum Einschwingen erheblich verkürzt; außerdem wird das Netz von den großen Blindströmen entlastet, die der stark untererregte Generator aufnimmt. Die Zeitkonstante der Auferregung macht man am besten gleich dem doppelten Werte der Nenneigenschwingungsdauer der Maschine. Der Vorgang des Synchronisierens vollzieht sich innerhalb weniger Sekunden. Hängt die Zentrale an einem Hochspannungsnetz von sehr großer Ausdehnung, so wird durch die belastete Leitung die stationäre magnetische Ladeleistung vergrößert und die statische Stabilitätsgrenze herabgesetzt. Man könnte durch Verminderung der Streuinduktivität und der synchronen Reaktanz die Stabilität erhöhen[44]); aber dieses Mittel läßt sich nicht anwenden, weil dadurch die Kurzschlußverhältnisse erheblich verschlechtert werden. Beim Arbeiten in der Nähe der Stabilitätsgrenze wirken in erster Linie — wieder Ausgleichsvorgänge bei plötzlichen Laständerungen vorausgesetzt — die Trägheitsreaktionen der bewegten Massen und die synchronisierenden Kräfte und nicht die Dämpfungen, welche von den Wirbelströmen herrühren.

Koch, Berlin: „Fortschritte in Generatorschutzsystemen."

Die in den Generatoren investierten Kapitalien sind heutzutage bei den großen Leistungseinheiten so erheblich, daß man alle erdenklichen Vorkehrungen gegen ihre Beschädigungen treffen muß. Jeder Schaden hat außer den mehr oder minder hohen Reparaturkosten sehr oft noch Gewinnverluste zur Folge, verursacht durch die unterbliebene Energielieferung. Wenn man auch kein einziges Allheilmittel gegen alle Fehler hat, so ist doch für jede Art eine Schutzeinrichtung entwickelt worden, die als betriebssicher anzusprechen ist. Freilich summieren sich bei einer lückenlosen Erfassung aller Störungen die anzuwendenden Mittel; aber man muß sie in Kauf nehmen. Das fällt dadurch um so leichter, da die Anschaffungskosten der Schutzapparate bei einigermaßen leistungsfähigen Anlagen keine Rolle spielen. Die elektrischen Fehler an Generatoren sind: Gestellschlüsse, Windungsschlüsse innerhalb einer Phase, dasselbe zwischen verschiedenen Phasen, Eisenbrand und schließlich die Zerstörung des Dämpferkäfigs durch

[41]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 26, S. 679; H. 34, S. 867.

[42]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 18, S. 407.

[43]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 672.

[44]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 308.

Digitized by Google

längere schiefe Belastung. Der Autor beschäftigt sich vorerst mit der Aufdeckung von Erd- und Windungsschlüssen, die den Ausgangspunkt der meisten Generatorschäden bilden. Bei Gestellschluß nehmen die gesunden Phasen erhöhte Spannung gegen Erde an, weshalb sehr leicht durch einen zweiten kleinen Isolationsfehler in der Anlage ein Kurzschluß mit seinen Zerstörungen folgen kann. Man hat daher alles Interesse, diesen Fehler rechtzeitig aufzudecken. Bei Anlagen, in denen mehrere Generatoren parallel arbeiten, kann der Gestellschluß nicht einfach durch Spannungsmessung der Generatorsternpunkte selektiv erfaßt werden, weil alle in demselben die gleiche Spannung gegen Erde annehmen. Man hilft sich durch Schaffung eines ausreichenden Erdschlußstromes, indem man den Nullpunkt über einen Widerstand erdet[45]). Da bei einem gewöhnlichen Widerstand der Erdschlußstrom mit der Zahl der Generatoren wächst, man für alle Betriebsfälle aber einen festen Erdschlußstrom braucht, verwendet man eine sogenannte Gestelldrossel. Sie erzeugt unabhängig von der Maschinenzahl bei Gestellschluß eines Generators einen Strom von stets gleicher Mindestgröße. Sie stellt einen Manteltransformator mit primärseitig geerdetem Sternpunkt dar, bei welchem die Sekundärseite in offenem Dreieck geschaltet, über einen Widerstand geschlossen ist. Im Erdschluß fließt unter dem Einfluß der Spannung der gesunden Phasen gegen Erde ein Strom in der Drossel, der infolge der ineinandergeschalteten Sekundärwicklungen in allen Schenkeln der Primärseite gleiche Ströme hervorruft. Vermittels Wandler wird der Erdschlußstrom in ein wattmetrisches Relais übergeführt. Die noch erforderliche Spannung greift man an dem Belastungswiderstand ab. Der Windungsschluß in einer Phase ist wegen der folgenden Verbrennungen besonders gefährlich. Versuchen doch die wenigen kurzgeschlossenen Windungen ein dem Rotorfeld gleiches Feld zu erzeugen, was einen außerordentlich großen Strom bedingt. Man kann die Verhältnisse direkt mit denen eines Induktionsofens vergleichen; dem Schmelzgut entsprechen hier ein oder mehrere kurzgeschlossene Windungen. Das Merkmal eines Windungsschlusses ist die Verlagerung des Generatorsternpunktes gegenüber dem seiner Klemmenspannungen. Man läßt daher die Spannung zwischen Generator und einem künstlichen Sternpunkt auf ein Relais einwirken. Eine sogenannte Stützdrossel dient zur Schaffung des normalen Nullpunktes, der mit dem des Generators verbunden wird[46]). Im normalen Betrieb sind die Verbindungsleitungen stromlos. Überlagert sich aber bei Windungsschluß dem Dreiphasensystem ein einphasiges, so werden dadurch Ströme erzeugt, durch die ein Relais betätigt wird. Da aus andern Ursachen auch Oberwellenströme in der Leitung fließen können, schaltet man zwischen Wandler und Relais eine Drosselkette, welche nur die Grundwelle durchläßt; somit spricht die Einrichtung wie gewünscht einzig auf Windungsschluß an. Schließlich wird noch eine Darstellung des Gesamtschutzes gegeben; neuartig ist hierbei eine Vorrichtung, mit Prüftasten, die gestattet, während des Betriebes die Relais auf ihr Funktionieren hin zu kontrollieren.

R. Bauch, Berlin: „Überlastrelais zum Schutz von Transformatoren."

Transformatoren können eine zeitweilige Überlastung vertragen, zum Beispiel den 1·5fachen Nennstrom etwa 5 Minuten lang. Die Dauer hängt von den zusätzlichen Wärmemengen ab, welche durch den Überlastungsstrom erzeugt werden; diese werden teils nach außen abgeführt, teils aber erwärmen sie auch die Wicklung und das Öl. Offensichtlich ist die zusätzliche Zeit um so kleiner, je größer der Überstrom ist. Um nun die Transformatoren nicht unnötig bei kurzzeitigen Überlastungen aus dem Betriebe zu nehmen, haben die SSW ein Relais entwickelt, dessen Schlußzeit von der Größe des Überstromes abhängt. Daneben wird der Transformator gegen Kurzschluß- und sonstige sehr große Überströme durch den Überstromschalter geschützt. Das neue Überlastungsrelais der Transformatoren baut sich elektromechanisch wie folgt auf. Man läßt in bekannter Weise einmal durch den Strom und zum andern durch die Spannung je eine besondere Aluminiumscheibe Umdrehungen ausführen. Während die durch die Spannung angetriebene Scheibe innerhalb eines großen Bereiches der Spannungswerte fast konstante Drehzahl besitzt, hängt die der Stromscheibe von der jeweiligen Stromstärke ab. Beide Scheiben arbeiten auf ein Differentialgetriebe; auf dessen Welle sitzt eine Kupplung, durch die bei genügender Reibung ein Kontaktarm bewegt wird. Bei Normalstrom im Transformator und normaler Spannung erfolgt keine Kontaktbewegung. Je größer aber der Strom wird, um so schneller läuft seine Scheibe, und um so größer wird die Drehzahldifferenz zwischen Strom- und Spannungsscheibe. Die erzeugten Reibungskräfte genügen, um den Kontaktarm in Bewegung zu setzen, die natürlich mit wachsenden Stromwerten schneller vor sich geht. Durch passende Einstellung läßt sich erreichen, daß der Transformator eine bestimmte Überlastung eine gewisse Zeit übernimmt und bei Erreichung seiner Grenztemperatur ausschaltet oder ein Warnungssignal ertönen läßt.

M. Kloß, Berlin: Lehrfilme.

Der Vortragende führte Trickfilme vor, welche den Vorgang der Gleichstromkommutierung zeigten. Die momentane Größe des Stromes ist durch Amperemeter oder durch die Höhe eines Pfeiles oder durch die Fläche eines Kreises dargestellt. Das Wicklungsschema mitsamt den zugehörigen Kollektorlamellen wird an feststehenden Bürsten vorbeibewegt. Dabei befinden sich Strommesser einmal vor den Bürsten zur Hauptleitung hin und zum andern zwischen jedem Segment und zugehöriger Spule. Bei einer Durchmesserschleifenwicklung und einer Bürstenbreite etwa gleich der des Segments zeigen die Amperemeter links und rechts von der kommutierenden Spule keinen Ausschlag, während der Stromzeiger der anlaufenden Lamelle in der ersten Hälfte der Kommutierungszeit um ebensoviel zunimmt, wie der der ablaufenden gleichzeitig abnimmt; in der zweiten Hälfte der Kommutierung spielt sich der Vorgang umgekehrt ab. Die Summe beider Ausschläge ist gleich dem konstant bleibenden Stromwerte in der Hauptleitung. Gleichzeitig gibt ein auftauchender und verschwindender Maßpfeil über der kommutierten Spule die mittlere Segmentspannung an. Neben diesem einfachsten Falle der Kommutierung wurden auch solche bei Sehnenwicklungen und bei Bürstenbreiten größer als eine Segmentteilung vorgeführt. Um aber diese komplizierteren Verhältnisse übersichtlich darzustellen, wird nunmehr statt Wicklung und Kollektor mit Amperemeter ein Querschnitt durch den Anker gedreht. Die in den Nuten befindlichen Leiter werden durch Kreise wiedergegeben, in denen der Inhalt eines Kreuzes bzw. einer Kreisfläche Stromrichtung und -dichte kennzeichnet. Durch diese Trickfilme wird den Studierenden das Kommutierungsproblem als physikalischer Vorgang gezeigt und dem Verständnis nähergebracht. Zum Schluß gab der Redner noch eine interessante Darstellung des Drehfeldes. Bekanntlich werden die Momentanwerte eines Vektors durch seine Projektionen auf den umlaufenden Zeitstrahl wiedergegeben. Will man sich also über sie ein Bild machen, so braucht man diesen Vorgang nur zu verwirklichen, das heißt ein geeignetes Modell zu projizieren und zu drehen. Man ordnet auf einer Achse in Form von Stäbchen die Vektoren der drei Phasen entsprechend ihrer räumlichen Lage nebeneinander an, wobei die einzelnen Vektoren um ihre Phasenwinkel gegeneinander verdreht sind. Die Vektorendpunkte sind durch einen Draht miteinander verbunden. Dieses Modell wurde vor eine Projektionslampe gestellt und seine Achse gedreht. Auf der Leinwand sieht man dann die Zeitwerte des Feldes an den verschiedenen Stellen und hat, weil die Randlinie scheinbar wandert, gleichzeitig den Eindruck, als ob das Feld sich räumlich fortbewege.

Dipl.-Ing. W. v. Mangoldt, Dipl.-Ing. P. Wittich, Berlin.

[45]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 94.
[46]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 844; 1927, S. 94.

Digitized by Google

Literaturberichte.

3714 **Aufbau und Entwicklungsmöglichkeiten der europäischen Elektrizitätswirtschaft.** Herausgegeben von der wirtschaftlichen Abteilung des Bankhauses Schwarz, Goldschmidt & Co. Berlin. Wissenschaftliche Mitarbeiter Prof. Dr. W. Windel, Techn.-Hochschule Berlin und Dipl.-Ing. C. Th. Kromer, Kraftübertragungswerke Rheinfelden. 511 S. 105 + 11 Abb. XLVIII Zahlentafel. Berlin. 1928.

Das vorliegende, weniger für den Fachmann, als für die weitesten, an der Entwicklung der Wirtschaft interessierten Kreise bestimmte Buch liefert schon durch die Tatsache seines Entstehens den Beweis dafür, daß die Elektrizität in raschem Siegeslauf die Führung unter allen, der Menschheit zur Verfügung stehenden Energiequellen erlangt hat und eine ausreichende und wohlfeile Versorgung weitester Gebiete durch elektrische Energie mit zu den Voraussetzungen der gedeihlichen Entwicklung der Volkswirtschaft eines jeden Landes gehört. Demgemäß sind auch die mit der Elektrizitätsgroßversorgung verknüpften Fragen nicht mehr nur auf das Interesse der mit dieser in erster Reihe befaßten Fachkreise beschränkt, vielmehr hat auch die Allgemeinheit Anspruch darauf mit diesen befaßt und über sie eingehend aufgeklärt zu werden, welche Aufgabe zu erfüllen sich die Herausgeber und Verfasser des Buches zum Ziele gesetzt haben. Hiebei mußte der Kreis der Betrachtungen in Hinblick auf die bereits vielfach bestehenden und sich rasch vermehrenden mannigfachen zwischenstaatlichen Verbindungen auf technischem und finanziellem Gebiet in vorhinein möglichst weit gezogen werden, weshalb neben der besonders eingehenden Schilderung der deutschen Verhältnisse auch die übrigen europäischen Länder, wenn auch weniger ausführlich behandelt werden.

Der erste, von Prof. Dr. Windel verfaßte Teil des Buches ist der deutschen Elektrizitätswirtschaft gewidmet. Nach einer kurzgefaßten Schilderung der Entwicklungsgeschichte der Elektrizitätswirtschaft werden die grundlegenden Begriffe für die Selbstkostenberechnung dargelegt und auf den ausschlaggebenden Einfluß der Benutzungsdauer auf die Erzeugungskosten hingewiesen. Hierauf folgt eine Übersicht der Energiequellen unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Verhältnisse, welche durch einen Nachweis der derzeit sichtbaren Energievorräte von Deutschland ergänzt wird. Der nächste, der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch gewidmete Abschnitt bringt sehr ausführliche Angaben, teils auch in Form von übersichtlich zusammengestellten Zahlentafeln und Figuren über den derzeitigen Stand der deutschen Elektrizitätsversorgung. Dieselben erstrecken sich auch auf die Art der Antriebsmaschinen, Kraftquellen usw., wobei auch die gewerblichen Eigenanlagen mit einbezogen wurden, so daß die gesamte Elektrizitätserzeugung erfaßt erscheint. Von Interesse erscheint die Feststellung, daß von der gesamten, rund 20 Milliarden kWh betragenden Erzeugung des Jahres 1925, welche hier berücksichtigt wurde, noch 51·5 vH auf die gewerblichen Eigenanlagen entfallen; 75 vH der Gesamterzeugung entfällt auf die festen Brennstoffe, 14 vH auf Wasserkraft und der Rest auf flüssige Brennstoffe, Gas und andere Kraftquellen. Allerdings ist aus den Schaubildern eine fortlaufende, wenn auch langsame Abnahme des Anteiles der festen Brennstoffe erkennbar, der i. J. 1919 noch über 90 vH betrug, wogegen der Anteil der Wasserkräfte entsprechend im Wachsen begriffen ist. Hiebei darf nicht außer acht gelassen werden, daß der absolute Wert der gesamten Erzeugung in derselben Zeit sich verdoppelt hat. Dieselbe Verschiebung zeigt sich zugunsten der Braunkohle innerhalb der Gruppe der festen Brennstoffe, beides ein Beweis für die fortschreitende Rationalisierung in der Auswertung der Kraftquellen.

Der folgende Abschnitt enthält sämtliche, auf die öffentliche Elektrizitätsversorgung von Deutschland bezughabenden, wichtigen Angaben. Hier erscheinen die einzelnen Länder bzw. großen Wirtschaftsgebiete ausführlich behandelt und alle wesentlichen Daten über die in denselben bestehenden Unternehmungen aufgenommen. Von größtem Interesse ist die sehr ausführliche Darstellung der Entstehungsgeschichte der großen Kraftwerkskonzerne, welche Schlüsse auf die voraussichtliche weitere Entwicklung zu ziehen gestattet. Der nächste Abschnitt enthält einen Vergleich der Elektrizitätswirtschaftsgebiete, wie sie sich im Laufe der Zeit herausgebildet haben und zeigt deutlich die in der Erschließung des Absatzes noch bestehenden großen Verschiedenheiten, die allerdings zum Teile auch durch die ungleiche industrielle Entwicklung bedingt sind. Bei einem für ganz Deutschland für 1925 geltenden Gesamtdurchschnitt von 92·5 W installierter Maschinenleistung je Einwohner schwankt die betreffende Zahl zwischen 148 W, die für Rheinland-Westfalen gilt, und 29·7 W in Ostpreußen. Von großem Interesse sind auch die auf die Verteilung auf die einzelnen Energiequellen bezughabenden, die einzelnen Wirtschaftsgebiete betreffenden Angaben. In zwei kurzen Abschnitten wird das bereits bestehende 110-kV-Hochspannungsnetz und das 220/380-kV-Netz behandelt, dessen Anfänge bereits im Rheingebiet vorhanden sind und deren rasche Weiterentwicklung die nächste Zukunft bringen dürfte. Ein den wirtschaftlichen Aufbau der Elektrizitätswirtschaft behandelnder Abschnitt beschließt diese Darlegungen, welcher über die bestehenden Unternehmungsformen Aufschluß gibt und zeigt, daß die reine Privatwirtschaft auf diesem Gebiete immer mehr in den Hintergrund tritt, aber auch der Anteil der rein kommunalen Werke im Abnehmen begriffen ist, wogegen die Form der gemischt-wirtschaftlichen Unternehmung sich nach wie vor behauptet und neben ihr nur der Anteil der staatlichen Unternehmungen eine stetige Zunahme zeigt. Allerdings lassen die in letzter Zeit eingetretenen Ereignisse erwarten, daß letzten Endes die gemischt-wirtschaftlichen, in Form von Aktiengesellschaften geführten Unternehmungen den Sieg erringen werden, die auch bei überwiegender, oder selbst alleiniger Beteiligung der öffentlichen Hand die für eine zielbewußte und erfolgreiche Geschäftsführung notwendige Beweglichkeit gestatten, ohne daß dabei die Interessen der Allgemeinheit leiden. In dem, die in Entstehung begriffene Ferngasversorgung behandelnden Abschnitt wird darauf hingewiesen, daß beide Energieformen nicht nur nebeneinander bestehen können, sondern sich sogar in günstigster Weise ergänzen, daher eine gegenseitige Bekämpfung als schwerer Fehler zu bezeichnen wäre. Die zusammenfassenden Schlußbetrachtungen weisen darauf hin, daß die Elektrizitätsversorgung Deutschlands zwar der örtlichen Ausdehnung nach ziemlich an der Grenze angelangt ist, indem unversorgte Gebiete so gut wie nicht mehr vorhanden sind, dagegen aber die Erschließung des Absatzes in vielen Gebieten noch zu wünschen übrig läßt und die nächste Aufgabe eben in der Intensivierung des Stromverbrauches zu erblicken ist, steht doch Deutschland mit der für 1925 nur 326 kWh je Einwohner betragenden Erzeugung erst an siebenter Stelle unter sämtlichen Kulturstaaten der Welt und zeigt das Beispiel der auf diesem Gebiet weiter vorgeschrittenen Ländern, daß noch weite Entwicklungsmöglichkeiten offen sind.

Der zweite, von C. Th. Kromer bearbeitete Teil des Buches behandelt die Elektrizitätswirtschaft der außerdeutschen europäischen Länder. Einleitend werden die bereits heute bestehenden mannigfaltigen zwischenstaatlichen Beziehungen, die hauptsächlich auf dem Gebiete der Stromaus- bzw. Einfuhr liegen, dargelegt und unter Anführung des einschlägigen Ziffermaterials auf die großen Unterschiede im Elektrizitätsverbrauch der einzelnen Länder hingewiesen. Das Beispiel der in dieser Hinsicht am meisten entwickelten Länder, das sind die Schweiz und Norwegen, die ohne den Bedarf der elektrochemischen Industrie 500 kWh je Einwohner und Jahr bereits erreicht haben, zeigt, daß noch eine sehr bedeutende Absatzerhöhung in den anderen Staaten möglich und auch zu erwarten ist. In der Folge werden die Schweiz, Italien, Frankreich, Belgien, die Niederlande, Dänemark, Norwegen, Schweden, Rußland, Finnland, die Tschechoslowakei, Österreich und Spanien im einzelnen behandelt und unter

Digitized by Google

Beifügung des einschlägigen Kartenmaterials die bisherige Entwicklung dargestellt. Die Angaben erstrecken sich in der Hauptsache auf den Gesamtverbrauch, zum Teil auch gegliedert nach der Konsumart, die bestehenden großen Unternehmungen, finanzielle Verhältnisse derselben, Kraftwerke nebst Energiedarbietung und weitere jeweils vorhandene Entwicklungsmöglichkeiten.

Der dritte „Internationale Elektrowerte" betitelte Teil des Buches ist rein finanztechnischer Natur und scheint zur Information des Kundenkreises des herausgebenden Bankhauses bestimmt zu sein. Er enthält ausführliche Angaben über die auf elektrotechnischem Gebiet tätigen Aktienunternehmungen, wobei in erster Reihe die deutschen, aber auch die sonstigen führenden europäischen Gesellschaften berücksichtigt erscheinen. Wenn auch dieses Material nicht in den unmittelbaren Interessenkreis des Ingenieurs fällt, so kann er doch auch manche nützliche Auskünfte über Zusammensetzung, Umfang und Tätigkeitsgebiet der großen Elektrizitätskonzerne hieraus schöpfen.

Die im vorliegenden Werke gegebene Darstellung kann im allgemeinen als gelungen bezeichnet werden. Insbesondere gilt dies für den ersten Teil, dessen gründliches Studium dem auf dem Gebiet der Elektrizitätsgroßwirtschaft arbeitenden Fachmann guten Einblick in die einschlägigen Verhältnisse vermittelt. Der zweite Teil scheint unter einer etwas flüchtigen Bearbeitung gelitten zu haben und enthält auch teils unvollständige, teils unrichtige Angaben. So fehlt zum Beispiel bei der Aufzählung der für Ausfuhr arbeitenden Schweizer Werke auf S. 264 eine große Zahl von nach Italien arbeitenden Anlagen, die meisten der auf S. 296 angeführten Wasserkraftanlagen in der Tschechoslowakei befindet sich erst im Zustand des Projektes, auch die auf die österreichischen Anlagen bezughabenden Angaben sind vielfach lückenhaft, bzw. unrichtig usw. Diese an und für sich nur geringfügigen Mängel schmälern nichtsdestoweniger den Wert des Buches nicht, dessen Erscheinen nur begrüßt werden kann. Druck und Ausstattung sind erstklassig; insbesondere gilt dies für das im Anhang zusammengefaßte Kartenmaterial, dessen Auswahl sehr geschickt und zielbewußt getroffen wurde.

Dr. Beck.

Eingelaufene Bücher.

3732 Getriebe und Getriebemodelle. Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF), 192 S. mit 174 Abb. Beuth-Verlag G. m. b. H. und Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin 1928. Preis Mk. 6·—.

Das Buch enthält Abbildungen (fast ausschließlich Photographien) nebst kurzen Erläuterungen von Getrieben und Getriebemodellen, die auf der Getriebe- und Modellschau der Leipziger Frühjahrsmesse 1928 ausgestellt waren, und zwar aus den Gebieten Kurbel-, Kurven-, Räder-, Zugorgan-, Sperr- und Schraubentriebe, sowie Flüssigkeitsgetriebe. Als Ergänzung zu den Getriebeblättern des AWF und auch sonst als Nachschlagewerk wird das Buch — trotzdem es nur eine ganz kleine Auswahl von Getrieben enthält — willkommen sein. —K.

3739 Werkzeugmaschinen und wirtschaftliche Betriebsführung. Von Ing. F. Theimer. 64 S. mit 43 Abb., Wien 1928. Ausschuß für wirtschaftliche Betriebsführung. Preis S 3·50.

Das Heft — ein Sonderabdruck aus der „Sparwirtschaft" — enthält eine Besprechung der Antriebe der verschiedenen Werkzeugmaschinen, der Entwicklung der Maschinendiagramme, der Benutzung der Maschinenkarten und der Diagramme sowie des Leistungsbedarfes der Maschinen. Sie verfolgt den Zweck (der jedoch die Breite der Darstellung in diesem Ausmaße nicht rechtfertigt), den Wirtschaftsgedanken in möglichst weite, für diesen Fall in Frage kommende Kreise hineinzutragen. Der Fachmann wird daraus kaum etwas Neues entnehmen können. J.

3247 Werkzeuge. (DIN-Taschenbuch 6.) 186 Seiten. — Lehren (DIN-Taschenbuch 11.) 162 Seiten. Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß. Beuthverlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis Mk. 4·— bez. Mk. 3·50.

Die große Zahl der in den letzten Jahren von Werkzeuge und Lehren erschienenen Normblätter hat zu einer Zweiteilung des früheren Taschenbuches 6, Werkzeuge und Lehren[1]) geführt. Das Taschenbuch 6 umfaßt nunmehr auf 141 Normblättern mit dem Stande von Jänner 1928 die Grundnormen für Werkzeuge, sowie die Normen für Bohrer, Senker, Reibahlen, Gewindeschneidzeuge, Fräser, Schleifscheiben, Schneidstähle, Aufnahmeelemente, Werkzeug- und Vorrichtungsteile, Schraubenschlüssel, allgemeine Werkzeuge und schließlich die Autogennormen, das Taschenbuch 11 nach dem Stande vom Mai 1928 auf 108 Normblättern die Grundnormen, sowie die Normen für Bohrungs- und Wellenlehren, Gewindelehren, Kegellehren, Lehren für Längenmessung, Meßscheiben und Einstellehren. J.

Neue Druckschriften und Preislisten.

Voigt & Haeffner Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M.

Preislisten: Liste 1. Drehschalter, Steckvorrichtungen, geschlossene Sicherungen. — Liste 2, Installations-Selbstschalter, Motorschutzschalter. — Liste 3, 1. Teil. Motorschaltkästen, Hebelschalter vor der Schaltwand, offene Sicherungen. — Liste 4. Paketschalter, Voltmeter-Umschalter, Steck-Umschalter.

Die Listen treten an Stelle jener des Jahres 1925.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Das erste Fernkabel in Sternverseilung, verlegt längs der elektrischen Bahnstrecke Drammen—Kongsberg.

H. Jordan und W. Wolff beschreiben diese Anlage, die als erste Fernsprechkabelleitung statt der gebräuchlichen Dieselhorst-Martin-Verseilung das neue System der AEG aufweist; ein Vergleich der beiden Systeme nach Raumausnutzung, Wirtschaftlichkeit, Übersprechen usw. wird durchgeführt.

Mitteilungen für Bahnbetriebe, Heft 2, 1928.

Die Entwicklung der Fahrleitungsanlagen für elektrische Straßenbahnen. — Kardanantrieb für Straßenbahnmotoren. — Neuerungen in der Schaltung von Fahrschaltern. — Die neue Deutsche Zugspitzbahn. — Fahrbare Druckluftpumpe für Bahnbetriebe. — Anker-Aus- und Einbauvorrichtung für Bahnmotoren.

AEG-Münzzähler.

Die schön ausgestattete und illustrierte Broschüre enthält die Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung der Elektrizitätszähler für Münzeneinwurf, die Ausführungsformen bei der AEG für verschiedene Tarife, ferner Meßbereiche und Gewichte, Schaltungen und Maßskizzen der Münzzähler.

Kleiner Höchstbelastungsanzeiger (Höchstlastmesser) Form KM.

Es ist dies ein Zusatzapparat für Wechsel- und Drehstromzähler aller Fabrikate und jeder Leistung zur Messung der mittleren Höchstlast, welcher durch einen Kontakt im Zähler betätigt wird.

Schaltgeräte, Überstromausschalter Form C und Schaltkasten Form AC.

Diese Behandlungsvorschrift BhV/18/Sa/V enthält Ausführung, Wirkungsweise, Montage, Bedienung und Schaltbilder.

Preisliste: Kf 2/V/1039. Schmiedefeuergebläse für ein und mehrere Feuer.

Siemens-Schuckert-Werke.

Geschlossene Drehstrommotoren, Type MR mit Umlaufrückkühlung.

Der Aufbau dieser neuen Type wird beschrieben, welche durch die Kühlung mit zwei voneinander ganz getrennten Luftströmen, die durch zwei auf der Motorachse angebrachte und gegeneinander durch eine Wand getrennte Lüfter in Bewegung gehalten werden, charakterisiert ist.

---

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN. S. 220.

Digitized by Google

Chronik.

Jubiläum. Dipl.-Ing. Werner Hofmann, Mitglied des Vorstandes der Porzellanfabrik Kahla und Direktor der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., begeht in diesen Tagen sein 25 jähriges Dienstjubiläum. Er begann seine berufliche Laufbahn am 2. November 1903 in der Zweigfabrik Hermsdorf/Thür. der Porzellanfabrik Kahla und übernahm 1906 die Leitung der Zweigfabrik für elektrotechnisches Porzellan in Freiberg (Sachsen). Dem nach Kriegsende schnell wachsenden Bedarf an Hochspannungs-Isolatoren entsprach Hofmann durch umfangreiche Neubauten, wobei er der Fabrik ein großzügig angelegtes Versuchsfeld, das erste in Europa 1 Mill. V, angliederte. Nach dem Zusammenschluß von Kahla und der H. Schomburg & Söhne A.-G. übernahm Hofmann die betriebliche Oberleitung der in der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. („Hescho") vereinigten Elektroporzellan-Fabriken und sämtlicher Geschirrfabriken des Kahla-Konzerns. In dieser Stellung schuf er ein keramisches Zentral-Laboratorium, eine wärme- und brenntechnische sowie eine arbeits- und maschinentechnische Abteilung. Die Vereinigten Hochspannungs-Isolatoren-Werke und der Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken haben Hofmann den Vorsitz im Aufsichtsrat bzw. das Amt eines stellvertretenden Vorsitzenden übertragen; er ist auch Mitglied des Vorstandes des Verbandes Sächsischer Industrieller, des Verbandes Keramischer Gewerke, des Arbeitgeberverbandes der feinkeramischen Industrie und der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Die Sächsische Bergakademie zu Freiberg hat Hofmann 1928 zu ihrem Ehrenbürger ernannt.

Karl Küpfmüller, Oberingenieur bei der Siemens & Halske A.-G., hat die durch den Tod des Geheimrats Roessler frei gewordene ordentliche Professur für Elektrotechnik (theoretische Elektrotechnik und Meßtechnik) an der Technischen Hochschule in Danzig angenommen und wird seine Lehrtätigkeit Ende dieses Jahres beginnen. Prof. Küpfmüller war bis 1921 am Telegraphentechnischen Reichsamt in Berlin (jetzt Reichspostzentralamt) tätig und gehörte hierauf dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske A.-G. als wissenschaftlicher Mitarbeiter an. Seine Arbeiten über Meßtechnik, Leitungstheorie, Pupinisierung, Einschwingvorgänge, Echoeffekt, Kondensatorenausgleich, Phasenausgleich, Störungserscheinungen in Leitungen und beim drahtlosen Empfang usw. waren von der allergrößten Bedeutung für die Entwicklung der Telegraphen- und Fernsprechtechnik.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Außenhandel Österreichs an elektrotechnischen Erzeugnissen im Jahre 1927. Über den Stand und die Entwicklung der gesamten elektrotechnischen Industrie hat — wie alljährlich — Kommerzialrat E. Honigmann einen eingehenden, mit außerordentlich umfangreichem und bis aufs Einzelne eingehenden Zahlenmaterial ausgestatteten Bericht an die Kammer für Handel, Gewerbe

Tabelle I. Einfuhrstatistik.

Zolltarif-Nummer	Bezeichnung	Gesamte Einfuhr		Mengen in Meterzentnern – hievon entfallen auf					
		Wert in 1000 S	Mengen in q	Deutsches Reich	Schweiz	S. H. S.-Staaten	Tschechoslowakei	Ungarn	Andere Länder
442–443	Elektrische Maschinen u. Transformatoren	9 619	11 490	7 254	1 065	—	1 805	940	420
	Telegraphen-, Läute-, Signal- u. Eisenbahnsicherungsapparate	663	311	261	—	—	2	—	48
	Telephone u. Mikrophone	2 824	673	627	2	—	2	3	35
444–445	Apparate f. drahtlose Fernvermittlung	2 101	326	151	3	9	14	11	136
	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte	958	481	479	1	—	—	—	1
	Zwischensumme	**6 546**	**1 791**	**1 518**	**6**	**9**	**18**	**14**	**220**
446	Elektrizitätsmeß- u. Zählapparate	2 132	909	701	159	6	7	23	13
	Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen	99	43	40	—	—	—	—	3
447	Glühlampen Stück	3 016	1 270 2 497 373	1 675 523	477 013	—	26 336	250 295	64 135
	Röntgenröhren	89	11	8	—	—	3	—	—
	Zwischensumme	**3 204**	**1 324**	**48**	**—**	**—**	**3**	**—**	**3**
	Stück	--	2 497 373	1 675 523	477 013	—	26 336	250 295	64 135
448	Elektrische Öfen, Heiz- u. Kochappar., Bügeleisen, elektr. Apparate u. Vorrichtungen n. b. b.	10 833	9 291	7 568	868	—	275	339	232
450	Kabel und isolierte Drähte	621	694	241	137	—	233	7	75
451	Akkumulatoren	195	368	272	9	—	—	—	85
	Elektrische Beleuchtungskohlen	60	106	82	—	—	4	—	20
452	Elektroden	1 086	9 298	6 018	—	2 415	—	—	849
	Elektrische Kohlen, andere	461	552	273	8	—	—	—	271
	Zwischensumme	**1 607**	**9 956**	**6 373**	**8**	**2 415**	**4**	**—**	**1 140**
449	Isolierrohre	249	1 578	1 491	28	—	58	—	—
453	Isolations- u. Montierungsbestandteile	2 910	14 389	9 434	102	4	4 755	50	29
	Gesamtsumme[1])	37 916	51 790	34 903	2 382	2 434	7 158	1 373	2 217

[1]) exl. Glühlampen-Gewicht bei den für die einzelnen Länder angegebenen Ziffern.

Digitized by Google

Tabelle II. Ausfuhrstatistik.

Zolltarif-Nummer	Bezeichnung	Gesamte Ausfuhr		Mengen in Meterzentnern - hievon entfallen auf							
		Wert in 1000 S	Mengen in q	Deutsches Reich	Italien	S. H. S.-Staaten	Tschechoslowakei	Ungarn	Polen	Rumänien	Andere Länder
442—443	Elektrische Maschinen u. Transformatoren	10 839	25 158	2 909	1 421	3 500	3 243	2 081	1 553	3 478	6 930
444	Telegraphen-, Läute-, Signal- u. Eisenbahnsicherungsapparate	430	328	4	26	27	46	8	119	35	62
444—445	Telephone u. Mikrophone	6 202	1 429	56	306	49	659	21	68	57	207
	Apparate f. drahtlose Fernvermittlung	6 179	1 161	171	63	84	120	41	141	71	470
	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte	1 452	887	249	11	96	80	124	31	158	134
	Zwischensumme	14 263	3 805	480	406	256	905	194	359	321	873
446	Elektrizitätsmeß- u. Zählapparate	1 570	880	23	10	30	37	59	8	51	662
447	Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen	268	26	3	2	4	5	7	1	4	—
	Glühlampen Stück	21 039	7 496 (18660934)	2 471 383	1 555 925	142 103	924 880	351 344	217 277	47 327	12 944 772
	Röntgenröhren	164	7	—	—	1	2	1	—	1	1
	Zwischensumme	21 471	7 529	3	2	5	44	8	1	5	1
	Stück	—	18 660 934	2 471 383	1 555 925	142 103	924 880	351 344	217 277	47 327	12 944 772
448	Elektrische Öfen, Heiz- u. Kochappar., Bügeleisen, elektr. Apparate u. Vorrichtungen n. b. b.	7 406	10 988	909	226	1 571	1 132	988	696	1 065	4 375
450	Kabel und isolierte Drähte	5 468	19 899	4 626	75	4 436	406	422	4 324	2 136	3 408
451	Akkumulatoren	650	1 707	322	7	831	95	87	130	80	149
452	Elektrische Beleuchtungskohlen	88	208	—	—	1	14	1	2	—	189
	Elektroden	46	211	12	100	10	5	29	12	13	27
	Elektrische Kohlen, andere	67	38	—	—	7	9	19	1	2	—
	Zwischensumme	201	457	12	100	18	28	49	15	15	216
449	Isolierrohre	314	2 126	—	8	818	—	171	50	523	550
453	Isolations- u. Montierungsbestandteile	381	890	61	15	333	185	150	52	44	150
	Gesamtsumme[1])	62 563	73 439	9 345	2 270	11 698	6 038	4 209	7 188	7 718	17 314

[1]) exl. Glühlampen-Gewicht bei den für die einzelnen Länder angegebenen Ziffern.

und Industrie erstattet, der sich in acht Gruppen sondert: Allgemeines, Industrie, Installation, Handel, Elektrizitätswerke, Elektrische Bahnen und Gesetzgebung und Verwaltung.

Der Bericht stellt fest, daß im Jahre 1927 zeitweise eine gewisse Besserung Platz gegriffen hat und in der industriellen Tätigkeit im allgemeinen ein Fortschritt festgestellt werden konnte. Der Kohlenverbrauch stieg auf die bisher nicht erreichte Höhe von 8·8 t, die Produktion der Eisen- und Metallindustrie stieg um 50 vH auf 1500 Mill. t. Der Großhandelsindex erhöhte sich von 118 auf 142, und sank allerdings wieder auf 127 herab; der Index für Industriestoffe blieb zwischen 144 und 149. Auch die Ziffern der Handelsbilanz lassen gebesserte Absatzverhältnisse erkennen.

Die Lage der Elektroindustrie hat sich nicht wesentlich geändert, sie zeigt sich, nach den Darstellungen im Bericht, im großen und ganzen als nicht befriedigend, wenn auch die Rentabilität zufolge der Rationalisierung der Betriebe eine bessere geworden ist. Die Schwachstromindustrie befand sich dabei — zufolge ausgiebiger Staatsaufträge — in günstigerer Lage. Hier weist der Bericht auf die im Berichtsjahr erfolgte Verlegung der Fernkabelverbindungen für den telephonischen Weltverkehr hin, der eine Verbesserung in den Verbindungen mit Deutschland, Frankreich, Danzig, Dänemark, Schweden und eine Neuherstellung der Verbindungen mit Belgien, Niederlande, Norwegen und England ermöglichte. Es stehen nunmehr in Betrieb: Von Wien sechs Leitungen nach Berlin, fünf nach Frankfurt/M. zwei nach München, je eine nach Nürnberg, Leipzig, Hamburg, Paris, Brüssel und Amsterdam, 18 nach Budapest und zwei nach Györ; von Linz führt eine Verbindung nach Passau, zwei nach Nürnberg, eine nach Budapest; dann ist eine Verbindung von Budapest nach Nürnberg und Frankfurt/M. sowie zwei von Budapest nach Berlin für den unmittelbaren Durchgangsverkehr geschaffen; endlich ist die Verbindung mit der Schweiz durch ein 468 km langes, 100 paariges Fernkabel Linz—Oberriet mit sieben Verstärkerämtern anzuführen,

Tabelle III.

Durchfuhrmengen in Meterzentnern.

Aus bezw. nach	Eingang	Ausgang
Deutsches Reich	37 807	2 169
Italien	659	23 050
Polen	321	964
Rumänien	20	6 170
Schweiz	5 091	3 626
S. H. S.-Staaten	4 565	12 929
Tschechoslowakei	5 293	1 561
Ungarn	1 180	4 953
Diverse	2 772	2 286
	57 708	57 708

das 1928 in Betrieb genommen wurde. Eine weitere Belebung der Schwachstromindustrie boten die Errichtung dreier neuer Fernsprechzentralen in Wien, die Vorarbeiten für die Voll-Automatisierung in Wien und Erweiterungen in den Bundeshauptstädten.

Sehr eingehend, mit reichhaltigen statistischen Tabellen versehen, beschäftigt sich der Bericht mit dem Handel an elektrotechnischen Erzeugnissen; ein Auszug ist hier in den Tab. 1 bis 3 niedergelegt. Einem Import von 51 790 q bzw. 37 916 Mill. S, steht der Export von 73 439 q bzw. 62 563 Mill. S gegenüber. Der Ausfuhrüberschuß von 21 649 q = 24 647 Mill. S, ist gegen 1925 der Menge nach um fast 20 vH, dem Werte nach um 17 vH

Digitized by Google

gefallen; gegenüber 1923 ist der Saldo der Handelsbilanz auf die Hälfte herabgegangen. Über die näheren Einzelheiten muß hier auf den Originalbericht verwiesen werden[1]).

Die Wiener städtischen Straßenbahnen in den Jahren 1925 und 1926. Den kürzlich veröffentlichten Verwaltungsberichten und Bilanzen für den angegebenen Zeitraum, in welchen auch die Aufnahme des elektrischen Betriebes auf der Wiener Stadtbahn fällt, ist folgendes zu entnehmen: Zu Ende 1926 waren im Straßenbahnbetrieb 288 km Streckenlänge, 284·2 km Betriebslänge und 600 km Gleislänge vorhanden, im Stadtbahnbetrieb 26·26, 25·6 und 58·64 km. (Die entsprechenden Zahlen für 1925 sind bei den Straßenbahnen unwesentlich kleiner, bei der Stadtbahn die gleichen.) Beim Oberleitungsnetz ist, abgesehen von der Auswechslung abgenutzten Drahtes, der Ersatz von Eisendraht durch Kupferkadmiumdraht, die sechsmalige jährliche Durchprüfung des Netzes, die zwölfmalige Prüfung der wichtigsten Punkte, die Isolationsmessung des Kabelnetzes und der Oberleitung (sieben- bzw. sechsmal jährlich), sowie die Prüfung der Schienenstoßverbindungen von 450 bzw. 493 km Schienenlänge (1926 bzw. 1925) auf ihre Leitungsfähigkeit mit dem Schienenmeßwagen zu erwähnen. Die Zahl der im Betrieb befindlichen elektrischen Weichenstellvorrichtungen stieg in beiden Jahren zusammen auf 53. Zur Entlastung einzelner Unterstationen vom Straßenbahnverkehr wurden Neuanschlüsse auf Gleichrichterstationen vorgenommen. Zu Ende 1926 waren im Oberleitungsnetz insgesamt 111 Speisepunkte vorhanden. Die Fahrbetriebsmittel wurden durch Bestellung und Lieferung neuer Wagen, sowie durch Umgestaltung vorhandener (Austausch der Untergestelle von Triebwagen durch solche mit größerem Achsabstand, Verglasung der Plattformen usw.) wieder vermehrt und verbessert. Versuche mit gemeinsamer Licht- und Bremsleitung, mit verschiedenen selbsttätigen Kupplungen und Zahnrädern u. a., sowie mit den Fischerschen Plattenstromabnehmern aus Stahlblech wurden fortgesetzt. Die letzterwähnten Versuche führten dazu, daß sämtliche Stadtbahntriebwagen und auch die Triebwagen auf einer Reihe von Straßenbahnlinien mit den Fischerbügeln ausgerüstet wurden und dadurch eine Schonung der Oberleitung und eine Ersparnis an Stromabnehmerschleifstücken erzielt wurde. An Personenwagen für den elektrischen Betrieb (Straßen- und Stadtbahn) waren Ende 1926 1605 Trieb- und 2063 Anhängewagen vorhanden, von welchen 150 Trieb- und 230 Anhängewagen mit Hand- und Druckluftbremse (Stadtbahnwagen), die übrigen mit Hand- und elektrischer Bremse ausgerüstet sind. Außerdem standen 60 Lasttriebwagen, zwei Krantriebwagen, ein Schienenstoßmeßwagen usw. zur Verfügung. Die Hauptwerkstätte der Straßenbahn befaßte sich u. a. mit dem Austausch schadhafter Anker und Spulen, mit dem Austausch der Motoren und Fahrschalter bei bestimmten Wagenserien, dem Einbau von Heiz- und Spiraldrahtwiderständen, dem Umbau der Wagenbeleuchtung, der Ausrüstung der Lichtleitungen mit Kurzschlußsteckern, der Verlegung der Fahrwiderstände auf das Dach und der Kabelneuverlegung, sowie dem Einbau der elektrischen Ausrüstung bei den neu gelieferten Stadtbahnbetrieb- und Anhängewagen und den umgebauten Straßenbahntriebwagen.

Über die Arbeiten, die sich auf den Umbau der Stadtbahn auf elektrischen Betrieb beziehen und die weiteren Arbeiten im Stadtbahnnetz wird noch besonders berichtet: In Hütteldorf-Hacking und in Heiligenstadt wurden die Gleisanlagen für die Umkehrschleifen und die Wagenhallen gebaut, ferner die Umkehrstelle bei der Station Hietzing, die Einbindung in die Straßenbahn am Mariahilfergürtel, auch waren zahlreiche Umlegungen der Gleise, der Einbau von Weichen und Gleisstücken usw. erforderlich. Für die Oberleitung wurden 120·400 m Fahrdraht, 2000 m Verstärkungsleitung, 57·400 m Tragseil, 900 Maste, 530 Joche, 300 Ausleger und 100 Gewichtsnachspannvorrichtungen benötigt. Zur Stromversorgung wurden vier Gleichrichteranlagen errichtet und ein fahrbarer Einankerumformer gebaut. Ferner wurde die neue selbsttätige Signalanlage eingebaut, und insgesamt 150 Trieb- und 230 Anhängewagen für den Stadtbahnbetrieb beschafft. Im Jahre 1926 wurde auf dem Gebiete des ehemaligen Bahnhofes Michelbeuern der Bau eines neuen Betriebsbahnhofes begonnen, die Leistung der Gleichrichterstationen erhöht und die Signalanlage so ausgestaltet, daß auf der oberen Wientallinie und der Gürtellinie ein Zugabstand von 1·5 min (3 min auf den übrigen Linien) möglich ist[2]).

Die Verkehrsleistung war im Jahre 1926 einschließlich der Nutzkilometer der A. G. der elektrischen Wiener Lokalbahnen im Gemeinschaftsverkehr und der Regiekilometer der eigenen Wagen 154·15 Mill. Wagenkm (142·3 Mill.)[3]), der Stromverbrauch 79·3 Mill. kWh (72·77 Mill), die Zahl der beförderten Fahrgäste 615·9 Mill. (602·4 Mill.), die Höhe der Betriebseinnahmen im elektrischen Verkehr, in der Hauptsache aus der eigenen Personenbeförderung 112·5 Mill. S (101·6 Mill.). Der Gesamtstand aller beim Unternehmen beschäftigten Personen (elektrischer und Benzin-Kraftstellwagenbetrieb inbegriffen) war Ende 1926 16 372 (16 306).

In der Golderöffnungsbilanz mit 1. Jänner 1925 stehen einem Unternehmerkapital (Unterschied zwischen Aktiven und Verbindlichkeiten = Eigenvermögen) von 108·469 Mill. S Materialien mit 11·2 Mill. S, Anlagewerte (Gründe, Gebäude, Maschinen und Werkzeuge, Gleis- und Stromzuführungsanlagen, Wagenpark usw.) mit 111·23 Mill. S und Stadtbahnelektrifizierungskosten mit 8 Mill. S gegenüber. In der Bilanz mit 31. Dezember 1926 betragen die Anlagewerte 142·77 Mill. S (131·9 Mill.), die Stadtbahnelektrifizierungskosten 13·27 Mill. S (11·48 Mill.) und der Gebarungsabgang 8·28 Mill. S (3·375 Mill.). Abgeschrieben wurden von den Anlagewerten der Straßenbahnen und der Stadtbahnwagen, sowie den Stadtbahnelektrisierungskosten zusammen 10·86 Mill. S (9·66 Mill.).

Vereins-Nachrichten.

AEF Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Der AEF — dem auch der Elektrotechnische Verein in Wien angehört — stellt den nachfolgenden abgeänderten Entwurf 19 „Magnetischer Schwund" nochmals zur Beratung und ladet zur Stellungnahme ein; Anträge und Äußerungen wollen bis spätestens 31. Dezember 1928 an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereines Berlin, W. 35, Potsdamerstr. 118 a, gerichtet werden.

Weiters werden im nachfolgenden die vom AEF angenommenen und endgültig festgelegten Sätze 11 „Drehung, Schraubung, Winkel, rechts- und linkswendiges Koordinatensystem" und 12 „Valenzladung" veröffentlicht.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär:
Ing. A. Marx e. h.

Entwurf 19. Magnetischer Schwund.

Die Geschwindigkeit, mit der ein Spulenfluß abnimmt, heißt magnetischer Schwund. Als Einheit für den magnetischen Schwund kann zum Beispiel die absolute elektromagnetische CGS-Einheit oder das Volt dienen.

Erläuterungen

von F. Emde und W. Jaeger.

In der Physik und in der Elektrotechnik kommt es meist nicht auf den magnetischen Induktionsfluß selbst an, sondern auf seine Änderung mit der Zeit. Zunahme des Spulenflusses und induzierter Strom sind einander zugeordnet wie Fortschreitung und Drehung einer Linksschraube. Da man aber für die Festsetzung

[1]) Die Tabellen des Berichtes enthalten zum Vergleich auch die Zahlen für 1925 und 1926. Diesbezüglich vgl. den vorjährigen Bericht darüber im Heft 3 d. J., Seite 75 ff.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 769.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 337.

[3]) Alle eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1925, bzw. den 31. Dezember 1925.

Digitized by Google

der Vorzeichen meist die Rechtsschraube zugrunde legt, so muß man sagen, daß ein positiver Strom entsteht, wenn der Spulenfluß abnimmt. Wenn man daher, um eine kurze Ausdrucksweise zu ermöglichen, einen Namen einführt, so ist es vorteilhaft, ihn sogleich für die Abnahme des Flusses zu wählen, nicht für die Zunahme. Die Einführung eines besonderen Namens rechtfertigt sich durch das häufige Vorkommen des Begriffes.

Der Spulenfluß ändert sich oft durch mehrere Ursachen. Dann will man gewöhnlich die Einzelwirkungen für sich betrachten. So zum Beispiel ändert sich der Fluß, den eine Ankerwindung eines Wechselstrommotors umfaßt, teils weil das Magnetfeld pulsiert, teils weil die Windung an der Ankerdrehung teilnimmt. Entsprechend kann man unterscheiden zwischen Ruheschwund und Bewegungsschwund oder zwischen Transformationsschwund und Rotationsschwund. In anderen Fällen wird man den resultierenden oder Gesamtschwund zerlegen in den Schwund der Selbstinduktion und den Schwund der gegenseitigen Induktion. Bei Wechselstromgeneratoren kann man dem Leerlaufschwund den Belastungsschwund gegenüberstellen, bei Transformatoren dem Hauptschwund den Streuschwund.

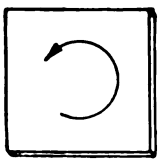


Abb. 1. Positiver Drehsinn in der Ebene.

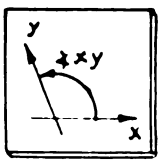


Abb. 2. Winkel zweier gerichteter Geraden in der Ebene.

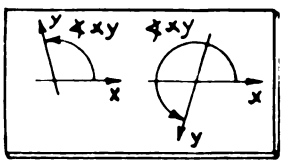


Abb. 3. Positives und negatives Koordinatensystem i. der Ebene.

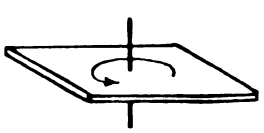


Abb. 4. Positive Seite einer gerichteten Ebene.

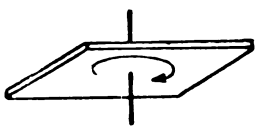


Abb. 5. Negative Seite einer gerichteten Ebene.

Satz 11. Drehung, Schraubung, Winkel, rechts- und linkswendiges Koordinatensystem.

I. Drehungsinn, Winkel, rechts- und linkswendiges Koordinatensystem in der Ebene.

Unter „Ebene" soll in diesem Abschnitt I die eine Seite einer Ebene, zum Beispiel die Vorderseite einer Tafelebene oder Bildseite einer Zeichenebene oder das Zifferblatt einer Uhr verstanden werden.

1. Drehungsinn in der Ebene.

Der dem Lauf des Uhrzeigers entgegengesetzte Drehungsinn in einer Ebene soll als der positive Drehungsinn in dieser Ebene bezeichnet werden.

2. Winkel zweier gerichteter Geraden in der Ebene.

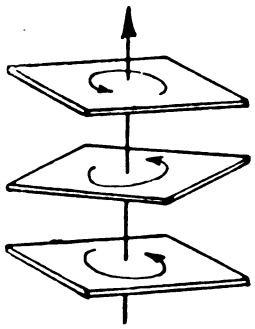


Abb. 6. Rechtsschraubung.

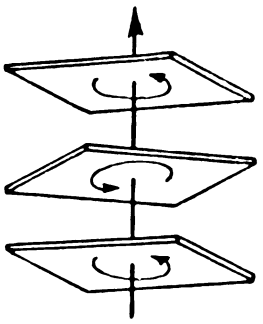


Abb. 7. Linksschraubung.

Unter dem Winkel $\sphericalangle xy$ zweier nicht paralleler, nicht zusammenfallender gerichteter Geraden (Achsen, Speere) derselben Ebene, von denen die eine als erste (x-)Achse, die andere als zweite (y-)Achse bezeichnet werde, soll der Winkel verstanden werden, durch den die positive Richtung der x-Achse im positiven Drehungsinn um den Schnittpunkt beider Achsen in die positive Richtung der y-Achse übergeführt wird. Dieser Winkel ist nur bis auf das Vielfache eines vollen Umlaufes bestimmt.

3. Rechtswendiges und linkswendiges Koordinatensystem in der Ebene.

Eine x-Achse und eine y-Achse mit den in 1, 2 bezeichneten Eigenschaften bilden ein rechtswendiges (positives) bzw. linkswendiges (negatives) Koordinatensystem (Rechtssystem bzw. Linkssystem) in der Ebene, wenn der innerhalb eines Umlaufes gemessene Winkel $\sphericalangle xy$ kleiner bzw. größer als ein gestreckter Winkel ist.

Durch bloße Bewegung in der Ebene ist es nicht möglich, ein Rechtssystem mit einem Linkssystem gleichsinnig zur Deckung zu bringen.

II. Schraubungsinn, Winkel, rechts- und linkswendiges Koordinatensystem im Raume.

Unter einer Ebene soll in diesem Abschnitt eine zweiseitige Ebene des Raumes (Blatt, Scheibe) verstanden werden. Von einer mit irgendeinem Drehungsinn behafteten Ebene (gerichteten Ebene) soll die eine Seite als die positive, die andere als die negative bezeichnet werden, je nachdem auf dieser Seite der Drehungsinn der Ebene als der positive oder als der negative Drehungsinn im Sinne I, 1 erscheint.

4. Schraubung.

Durch gleichzeitige Drehung einer Ebene und Verschiebung längs einer die Ebene schneidenden, ihr nicht parallelen und ihr nicht angehörenden Geraden entsteht eine Schraubung.

Hierbei ist der Schraubungsinn und die Fortschreitungsrichtung der Schraubung zu unterscheiden.

a) Schraubungsinn.

Der Drehungsinn einer gerichteten Ebene und der Richtungsinn einer sie schneidenden gerichteten Geraden bestimmen einen positiven (rechtswendigen) Schraubungsinn, wenn die positive Richtung der Geraden auf der positiven Seite der Ebene (und daher die negative Richtung der Geraden auf der negativen Seite der Ebene) gelegen ist. Sie bestimmen einen negativen (linkswendigen) Schraubungsinn, wenn die positive Richtung der Geraden auf der negativen Seite der Ebene (und daher die negative Richtung der Geraden auf der positiven Seite der Ebene) gelegen ist.

Der Schraubungsinn ändert sich nicht, wenn sowohl der Drehungsinn der Ebene als auch der Richtungsinn der Geraden umgekehrt werden. Dagegen wechselt der Schraubungsinn, wenn entweder der Drehungsinn der Ebene oder der Richtungsinn der Geraden umgekehrt wird.

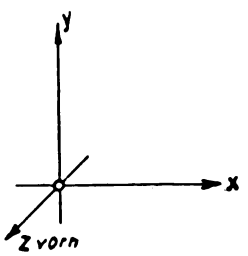


Abb. 8. Rechtssystem im Raume.

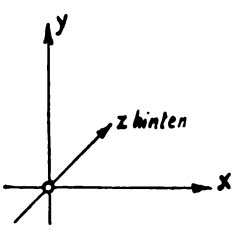


Abb. 9. Linkssystem im Raume.

b) Fortschreitungsrichtung der Schraubung.

Durch gleichzeitige Drehung einer gerichteten Ebene in ihrem Drehungsinn und Verschiebung längs einer sie schneidenden gerichteten Geraden in deren Richtungsinn entsteht eine Vorwärtsschraubung; wenn sowohl die Drehung der Ebene als auch die Verschiebung längs der Geraden im entgegengesetzten Sinne erfolgen, entsteht eine Rückwärtsschraubung. Diese Festsetzungen beziehen sich sowohl auf eine rechtswendige als auch auf eine linkswendige Schraubung: Rechtsschraubung vorwärts und rückwärts, Linksschraubung vorwärts und rückwärts.

Digitized by Google

Der Korkzieher und die gewöhnlichen käuflichen Schrauben haben einen positiven Schraubungsinn sowohl beim Vorwärtsschrauben, worunter etwa das Hineinschrauben in den Kork oder das Material oder in die festgehaltene Mutter zu verstehen ist, als auch beim Rückwärtsschrauben.

5. Winkel zweier gerichteter Geraden.

Unter dem Winkel $\sphericalangle xy$ zweier nicht paralleler, nicht zusammenfallender sich schneidender gerichteter Geraden im Raume, von denen die eine als die x-Achse, die andere als die y-Achse in dieser Reihenfolge festgelegt ist, soll der kleinste Winkel verstanden werden, durch den die positive Richtung der x-Achse in die positive Richtung der y-Achse übergeführt wird.

6. Rechtswendiges und linkswendiges Koordinatensystem im Raume.

Drei gerichtete Geraden, die durch denselben Punkt gehen, aber nicht in derselben Ebene gelegen sind, und deren Reihenfolge durch die Bezeichnung als x-Achse, y-Achse, z-Achse bestimmt ist, bilden ein rechtswendiges (positives) Koordinatensystem (Rechtssystem), oder ein linkswendiges (negatives) Koordinatensystem (Linkssystem), je nachdem die durch den Drehungsinn des Winkels $\sphericalangle xy$ gerichtete xy-Ebene zusammen mit der gerichteten z-Achse einen positiven oder einen negativen Schraubungsinn ergibt.

In einem Rechtssystem entsteht durch Drehung der xy-Ebene in dem Sinne, daß dabei die positive x-Achse durch den kleinsten Winkel in die positive y-Achse übergeführt wird, und gleichzeitige Verschiebung im Richtungsinn der positiven z-Achse eine Rechtsschraubung vorwärts.

Bei Vertauschung der Reihenfolge zweier Achsen ändert sich der Schraubungsinn eines Koordinatensystems.

Durch bloße Bewegung ist es nicht möglich, ein Rechtssystem mit einem Linkssystem gleichsinnig zur Deckung zu bringen.

Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger der rechten Hand bilden, in die Richtung der x-, y- und z-Achse eingestellt, ein rechtswendiges Koordinatensystem.

Wenn bei Gebrauch eines zwei- oder dreiachsigen Koordinatensystems nicht das Gegenteil ausdrücklich hervorgehoben wird, soll stets ein rechtswendiges System gemeint sein.

Erläuterungen

von

F. Emde, G. Hamel, R. Rothe u. K. W. Wagner.

Begrifflich sind Rechtssysteme und Linkssysteme gleichberechtigt. Für die Frage, welche Art als grundlegend gewählt werden soll, kommt nur in Betracht, welche Wahl die genehmste und gebräuchlichste ist. Die Astronomen kennen nur Rechtssysteme, die Mathematiker, Physiker, und Ingenieure legen teilweise Rechtssysteme, teilweise Linkssysteme ihren Untersuchungen zugrunde; doch ist die Mehrheit zweifellos für die Zugrundelegung von Rechtssystemen, im besonderen in den deutschsprechenden Ländern und in England.

Die Bedeutung einer bestimmten Festsetzung ergibt sich daraus, daß sich in vielen Formeln, welche eine Drehung mit einer Verschiebung oder (dem Stokesschen Satze entsprechend) ein Flächenintegral mit einem Randintegral verknüpfen, gewisse Vorzeichen umkehren, wenn man von einem Rechtssystem zu einem Linkssystem übergeht oder umgekehrt.

Das Wort „Rechtssystem", das im gleichen Sinne schon sehr gebräuchlich ist, ist mit einer Anlehnung an das Wort „Rechtsschraubung" gewählt worden.

Satz 12. Valenzladung.

Die elektrochemische Einheit der Elektrizitätsmenge, das heißt die Ladung, welche ein Grammäquivalent eines Ions an positiver oder negativer Elektrizität trägt und die mit dem Buchstaben F bezeichnet wird, beträgt 96 500 C.

Erläuterung

von H. v. Steinwehr.

Der Berechnung sind die internationalen elektrischen Einheiten und das Atomgewicht des Silbers zugrunde zu legen. International ist das Coulomb definiert als die Elektrizitätsmenge, welche 1·11800 mg Silber zur Abscheidung bringt. Das Atomgewicht des Silbers beträgt nach der letzten Atomgewichtstabelle 107·88. Aus diesen beiden Zahlen ergibt sich[1]) für die Größe F der Wert 96 500 C. Auch die Bunsengesellschaft hat die Zahl 96 500 angenommen.

[1]) **Nach der neuesten Atomgewichtstabelle ist das Atomgewicht des Silbers gleich 107·880; daraus würde der Wert $F = 96\,494$ folgen. Der AEF wird deshalb der Satz 12 im Einvernehmen mit der Deutschen Bunsengesellschaft von neuem prüfen.**

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 7. November d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Ing. Ernst Besag, beratender Ingenieur (Baden-Baden), über: **„Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Berührungsspannungen in Niederspannungsnetzen, insbesondere Erden, Nullen, Schutzschalten".** (Mit Lichtbildern u. experimentellen Vorführungen.)

Inhaltsangabe: Steigende Gefahr infolge Erhöhung der Betriebsspannung von 65 V Gleichstrom auf 110/220/380 V Drehstrom. Wachsende Gefahr infolge Vermehrung der Anschlüsse und der Verbrauchskörper aller Art. Wert der Schutzmaßnahmen: Isolierung, Kleinspannung, Erdung, Nullung und Schutzschaltung. Praktische Vorführung verschiedener Gefahrenquellen und Versuche zu ihrer Bekämpfung.

Die Vereinsleitung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	22. X. 1928	24. X. 1928	26. X. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdam	144¾	147	149¼

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH)	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	85–90	85–88	85–88

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 26. Oktober 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	73	15	0	74	0	0
Wire bars	74	0	0	—	—	—
Standard Kassa	66	18	9	67	1	3
Standard 3 Monate	67	10	0	67	11	3
Zinn:						
Engl. Ingots	220	5	0	220	15	0
Standard Kassa	221	0	0	221	5	0
Standard 3 Monate	220	0	0	220	5	0
Blei:						
Engl. pig common	23	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	23	18	9	24	3	9
Remelted	24	0	0	—	—	—
English Swansea	24	8	9	—	—	—

Aluminium: 98–99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98–99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 sh 15 p. Unze nom.

Preise für Freileitungsmaterial.

(Mitgeteilt von der Österr. Leitungsgesellschaft m. b. H. in Wien, gültig ab 29. Oktober 1928.)

(Grundpreise in S per 100 kg.)

Halbharte und harte Kupferdrähte	350
Weiche Kupferdrähte	352
Kupferstangen	352

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 11. November 1928 | Heft 46

Die Bedeutung der elektrischen Meßtechnik.

Bekanntlich läßt sich das gesamte Messen auf drei Grundmaße, nämlich auf Masse, Länge und Zeit zurückführen, deren Einheitswerte durch Übereinkommen festgelegt sind. Die notwendigen Einheiten für andere physikalische Größen, z. B. Geschwindigkeit, Kraft, Arbeit usw., setzen sich aus den Grundmaßen zusammen und heißen abgeleitete Einheiten.

Der nächste Schritt nach Festlegung der erforderlichen Einheiten ist durch die Notwendigkeit gegeben, für die zu messenden Größen in den verschiedenen Gebieten geeignete Meßinstrumente und Meßmethoden zu ersinnen. Dies war insbesonders dort von grundlegender Bedeutung, wo mangels eines geeigneten Sinnesorganes Erscheinungen überhaupt nicht unmittelbar erkannt werden konnten. Das Gebiet, in dem der eben geschilderte Zustand die Regel bildet, ist die Elektrizität. Hier ist man unbedingt auf Meßinstrumente angewiesen, mit deren Hilfe dann mittelbar auf ein Sinnesorgan, etwa auf das Auge, zwecks Ablesung eines Zeigerausschlages eingewirkt wird. Dieser Zwang, für alle elektrischen Meßgrößen Meßinstrumente zu bauen, hat bewirkt, daß die elektrische Meßtechnik heute eine Höhe der Entwicklung erzielt hat, wie sie kaum in einem anderen Gebiete erreicht wird.

Der reinliche Charakter der Elektrizität, ihre, wenn man so sagen darf, im Vergleich zu anderen Wirkungen große Willfährigkeit für Meßbetätigung, ihre leichte Übertragbarkeit nach beliebigen Orten sowie die leichte Sicherbarkeit der Instrumente gegen Überlastung und nicht zuletzt der meist große Meßumfang bezw. seine leichte Erweiterbarkeit haben überdies dazu geführt, daß man sich in allen anderen Disziplinen ebenfalls gerne und in vielen Fällen sogar ausschließlich elektrischer Meßinstrumente bedient. So mißt man, um nur ganz wenige Beispiele anzuführen, in der Mechanik Geschwindigkeiten elektrisch, überwacht in der Wärme etwa eine ganze Hochdruckkesselanlage elektrisch; so wird unter anderm in der Optik heute mit Hilfe der Kerr-Zelle die Messung der so wichtigen Lichtgeschwindigkeit im Laboratorium durchgeführt. Beispiele hiefür, wie die elektrische Meßtechnik das Meßwesen und die Meßgenauigkeit in anderen Disziplinen gefördert hat und noch immer fördert, ließen sich viele hunderte anführen ohne Sicherheit einer erschöpfenden Aufzählung.

Ein besonderer Wert der elektrischen Meßmethoden liegt, wie schon angedeutet, in ihrem großen Meßumfang. Kann man doch mit Hilfe der Galvanometer heute mit voller Sicherheit und ohne besondere Kunststücke von einer Gleichstromstärke eines billionstel Ampere bis zu praktisch beliebig hohen Strömen von vielen tausend Ampere genau messen. Dabei kann die Meßgenauigkeit normaler Instrumente noch durch sogenannte Null- und Kompensations-Methoden wesentlich gesteigert werden.

War die Herstellung von Meßinstrumenten für Gleichstrom insoferne nicht gerade allzu schwierig, da daselbst alles Gewünschte mit Hilfe der Galvanometer meßbar ist, so lagen die Verhältnisse beim Wechselstrom und Mehrphasenstrom ganz wesentlich komplizierter. Hier interessieren außer Spannung und Strom auch noch neue hinzutretende Größen, wie etwa die Selbstinduktion, die Phase, die Frequenz, die Kurvenform u. a. m. Endlich bedarf es hier wegen der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom auch eines eigenen Leistungsmessers. Eine besonders schwierige Aufgabe stellte schließlich die Hochfrequenz, die ganz neue Meßmethoden und Meßinstrumente zeitigte.

Natürlich konnten auf diesen Gebieten so vielfach geartete und subtile Instrumente nur Hand in Hand mit einer tiefgehenden Theorie der elektrischen Schwingungen von technischen Wechselzahlen bis zu den höchsten Hochfrequenzen gebaut werden. Hier trieb ein Keil den andern. Ein neues Meßinstrument gestattete die Messung einer bisher unzugänglichen Größe und lieferte aus den Meßresultaten praktische Erfahrungen, die ihrerseits wiederum zu einer weiteren Vertiefung der Theorie führten. So förderte hier die elektrische Meßtechnik die Theorie und umgekehrt die Theorie die Meßtechnik. Die Sache geht sogar noch einen interessanten Schritt weiter, wie an einem Beispiel der Akustik gezeigt werden kann. Hier beherrscht, wie in der Wechselstrom- und Hoch-

Digitized by Google

frequenz-Technik, die Schwingungstheorie das Gebiet. Trotzdem aber die Akustik die weit ältere Wissenschaft ist, ging hier die Sache nicht recht vorwärts, da Meßinstrumente zur weitgehenden praktischen Erforschung der Schallphänomene nur sehr spärlich vorhanden waren. Und so war bis noch vor ganz wenigen Jahren die Akustik ein durchaus von den Physikern vernachlässigtes Wissensgebiet, das auf wenigen Seiten in den Lehrbüchern als mehr beschreibende Wissenschaft abgetan wurde. Die wenigen Standardwerke über die Theorie der Akustik galten als abgeschlossen, waren in der Technik so gut wie unbekannt und wo man sie kannte, für den Techniker fast unverständlich. Daher zeitigte auch die praktische Anwendung der Akustik so gut wie keine Fortschritte. Dies wurde mit einem Schlage anders, als man in die Akustik die Wechselstromterminologie übertrug. Von da ab war die Akustik dem Elektrotechniker und seinem hoch ausgebildeten Meßinstrumentarium zugänglich; ein nicht vorhergesehener Aufschwung setzte ein und es entstand in der Elektro-Akustik eine neue Wissenschaft mit einem Tempo des Fortschrittes, wie er sonst nur selten verzeichnet werden kann.

Den modernsten Zweig der elektrischen Meßtechnik, der sich praktisch immer mehr durchsetzt, bildet die Fernmeßtechnik, bei der es nach dem bisher Gesagten nicht verwundern kann, daß hier durchwegs elektrische Meßanzeiger Verwendung finden.

Es ist somit ersichtlich, daß die eingangs erwähnte Schwierigkeit der unmittelbar nicht beobachtbaren Elektrizität, die zur sorgfältigen Ausbildung einer elektrischen Meßtechnik zwang, als Resultat nicht bloß die Schaffung einer stattlichen Zahl hochentwickelter Meßinstrumente mit vielseitigen Verwendungszwecken auch auf zahlreichen anderen Gebieten bewirkte, sondern auch Hand in Hand mit der Theorie auch andere Disziplinen tatkräftig förderte.

Es soll daher die Aufgabe einer vom Technischen Versuchsamt in Wien veranstalteten Ausstellung „Elektrisches Messen“ sein, das Verständnis und die Kenntnis der Meßapparate und Meßmethoden vorstehend skizzierter Art in technischen Kreisen zu verbreiten. Mit den vorbereitenden Arbeiten hat sich ein unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Franz Aigner der Technischen Hochschule Wien gebildeter Fachausschuß beschäftigt und einen Rahmen aufgestellt, innerhalb dessen die ausgestellten Gegenstände einzureihen sind:

a) Physikalische Meßapparate aus dem Gebiete der Elektrizität;

b) elektrotechnische Meßinstrumente;

c) Meßapparate der Radio-, Röntgen- und Lichttechnik;

d) elektrische Meßmethoden und Schaltungen.

Der Fachausschuß der Ausstellung.

Einiges über elektrische Fernmessung.

Von Prof. Dr.-Ing. Georg **Keinath**, Berlin.

Mit der Ausdehnung der Mittel- und Höchstspannungsnetze, mit dem zunehmenden Zusammenschluß der Werke und dem Wunsche nach einheitlicher Betriebsleitung ist in den letzten drei Jahren überraschend schnell das Bedürfnis nach Lösung des Problems der elektrischen Fernübertragung von Meßgrößen herausgewachsen. Noch ist alles im Werden, etwa ein Dutzend verschiedener Fernmeßsysteme sind aufgetaucht, jedes sucht allen vorkommenden Anforderungen gerecht zu werden.

Im folgenden sollen die wesentlichsten dabei auftauchenden Probleme und die zur Verfügung stehenden Mittel besprochen werden.

Die erste Frage ist wohl die: „Mit welcher Entfernung beginnt die „Fernmessung“? Die beste Antwort darauf ist: „Dort, wo man zu besonderen Maßnahmen zu greifen hat“ das will heißen, daß bei Gleichstrom die Fernmessung erst mit größerer Entfernung beginnt als bei Wechselstrom. Zur Strommessung kann man beispielsweise mit 1000 mV Spannungsabfall am Meßwiderstand noch mit 20 000 Ohm Gesamtwiderstand arbeiten. Die Hälfte auf die Zuleitung gerechnet, erlaubt noch Messungen mit 100 km Doppel-Telephonader. Für Wechselstrom haben wir keine derart empfindlichen Instrumente und müssen schon bei 5 km zu anderen Maßnahmen greifen als einfach lange Zuleitungen zu legen und vielleicht die Stromwandler für 1 A oder nur 0·5 A zu wickeln.

Die zweite Frage dürfte sich nach den Kosten richten, die für eine Fernmessung aufzuwenden ist. Dabei spielt das Leitungsmaterial fast immer die entscheidende Rolle, vor allem dann, wenn ein besonderes Kabel oder eine besondere Freileitung verlegt werden müßte. Am billigsten kommt man weg, wenn schon ein vieladriges Telephonkabel liegt und zwei oder mehr Adern daraus zur Verfügung stehen. Jedenfalls kann aber die Verlegung eines Kabels mit stärkerem Querschnitt als 0·5 oder 1 mm² für eine moderne Fernmessung nicht mehr in Betracht kommen. In der Regel wird man sogar bestehende benutzte Fernsprechleitungen gleichzeitig zur Fernmessung verwenden wollen. In Höchstspannungsanlagen zielt man darauf hin, die Fernmessungen mit leitungsgerichteter Hochfrequenzübertragung auszuführen.

Digitized by Google

Sind mehrere Angaben zu übertragen, so will man mit einer einzigen Leitung auskommen, weil diese fast immer an der Anlage das teuerste ist.

Weitere Gesichtspunkte für die Auswahl einer Fernmessung sind die Betriebssicherheit, das schnelle Reagieren auf Belastungsschwankungen und schließlich noch die erreichbare Genauigkeit. Sie wird selten sehr hoch verlangt, ± 3 vH ist für die meisten Fälle ausreichend, nur bei der Spannungs- und Frequenzfernmessung muß man auf ± 0·5 bis höchstens ± 1 vH des Sollwertes kommen.

Die zur Anwendung kommenden Verfahren lassen sich wie folgt einteilen:

1. Übertragung mit einem Hilfsstrom.
2. Übertragung mit einer Hilfsfrequenz,
3. Umformung der Meßgröße in Gleichstrom,
4. Umformung der Meßgröße in Impulse (Stromstöße).

Die an erster und dritter Stelle genannten Gleichstromverfahren sind zur drahtlosen Übertragung naturgemäß nicht geeignet, wohl aber die beiden andern. Zu unterscheiden ist noch, ob die Übertragung dauernd erfolgt oder nur zeitweilig.

Die einfachste Fernübertragung einer Zeigerstellung ergibt sich, wenn das Meßgerät selbst so kräftig ist, einen an eine Batterie konstanter Spannung angeschlossenen Widerstand geeigneter Konstruktion zu verstellen. Ausführungen dieser Art werden besonders bei der Fernübertragung mechanischer Meßgeräte (Druck, Strömung usw.) verwendet. Hartmann & Braun verwenden eine Kollektortrommel mit Widerstandsdraht[1]), Siemens & Halske den sogenannten Ringrohrwiderstand[2]). Verwendet man als Empfänger einen Quotientenmesser, so sind die Angaben unabhängig von Schwankungen der Hilfsspannung, auch die Änderung des Leitungswiderstandes ist nahezu ohne Einfluß auf die richtige Anzeige des Empfängers. Die meisten elektrischen Meßgeräte sind zu schwach für diese Anordnung, nur unter Verwendung eines Zählers mit überlasteten Strom- und Spannungsspulen kommt man zu ausreichend hohen Drehmomenten. Die Verwendung von Fallbügelmechanismen[3]) erlaubt am Geberinstrument viel kleinere Drehmomente, bringt aber zunächst den Nachteil der intermittierenden Anzeige. Mit dem Siemens-Doppelfallbügel[4]) ist dieser Nachteil vermieden worden, dagegen hat diese Konstruktion wieder den Vorteil der Billigkeit verloren.

Grundsätzlich vermieden ist der Einfluß des Leitungswiderstandes bei den Potentiometer-Meßverfahren, wie sie in Amerika und England bei der Westinghouse Co. bzw. bei Evershed & Vignoles (Muirhead Distance Recorder)[5]) durchgebildet wurden. Diese Apparate haben, wenn sie gut konstruiert sind (was der Fall ist), im besonderen den Nachteil hohen Herstellungspreises für den Geber (1000 Mark und mehr).

Die zweite Gruppe von Fernmeßgeräten mit Übertragung durch eine Hilfsfrequenz ist vorerst technisch noch nahezu bedeutungslos. Dem Verfasser ist nur eine amerikanische Anlage dieser Art bekannt[6]). Die Einrichtung arbeitet in der Weise, daß eine Stromwage, auf die die Meßgröße (kW) und die Frequenz gegeneinander wirken, die Drehzahl eines kleinen Wechselstromgenerators steuert. Als Empfänger wird ein in kW geeichter Frequenzmesser benutzt. Auch dieses Verfahren ist reichlich kompliziert und teuer, auch in der Wartung und der Leitungsanlage.

Viel bedeutsamer sind die Verfahren, bei denen ohne irgendeine Hilfsbatterie gearbeitet wird und die Meßgröße selbst in Gleichstrom umgeformt wird. Für Strom- und vor allem Spannungsmessungen (bei letzteren eher, weil keine Überlastungen vorkommen), lassen sich mechanische oder elektrolytische Gleichrichter (auch Trockengleichrichter) verwenden, mit denen man allerdings immer den arithmetischen Mittelwert erhält, statt des effektiven. Immerhin kann man hohe Spannungen — 1 bis 10 Volt, auch mehr — erzeugen. Ungünstiger in dieser Hinsicht ist das Verfahren nach Fawsett, das von der Cambridge Instrument Co. ausgeübt wird. Es verwendet Thermo-Umformer, Hitzdrahtanordnungen, bei denen die erzeugten Gleichstrom-E. M. K. proportional dem Quadrate des Stromes bzw. der Spannung und proportional mit der Leistung zunimmt. Leider ist diese E. M. K. sehr klein, in der Größenanordnung von maximal 50 mV, so daß sehr subtile Empfangsinstrumente benutzt werden müssen und die zu überbrückende Entfernung kaum über 10 bis höchstens 20 km gehen kann. Wesentlich günstiger sind die Zähler-Dynamo-Verfahren, bei denen die Meßgröße einen Zähler antreibt und dieser eine kleine Gleichstromdynamo (wieder eigentlich einen Gleichstromzähler), die eine Spannung von etwa 1000 mV maximal gibt. Das Verfahren wurde wohl zuerst von der Compagnie pour la Fabrication de Gaz angewandt (franz. Patent 585.292 vom 18. Juli 1924), in Deutschland hat es die Firma Aron in Charlottenburg entwickelt und an vielen Stellen eingeführt[7]). Ein Zwischenglied zwischen diesem „Telewattsystem" und den Potentiometerverfahren läßt sich in der Weise ausbilden, daß man das Wattmeter ein Potentiometer selbsttätig verstellen läßt. Man benötigt dabei zwar eine Batterie, hat aber den Vorteil, wesentlich höherer Spannung und damit robuster Empfangsinstrumente.

Die letzte Gruppe von Fernmeßeinrichtungen, bei denen die Meßgröße in Stromimpulse umgeformt wird, dürfte für die künftige Entwicklung die größte Bedeutung gewinnen. Alle Verfahren dieser

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 34, S. 863.

[2]) Siehe Keinath, „Technik elektrischer Meßgeräte", 3. Aufl., 2. Band, Seite 170; vgl. a. E. u. M. 1928, H. 34, S. 863.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 1, S. 32.

[4]) Siehe Schleicher, „Siemens-Zeitschrift", 1927, S. 422; vgl. a. E. u. M. 1928, H. 34, S. 863.

[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 30, S. 801.

[6]) Siehe Smith u. Pierce, Trans. A. I. E. E., 1924, S. 303.

[7]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 27, S. 743; H. 34, S. 863.

Digitized by Google

Art geben eine Fernübertragung unabhängig vom Leitungswiderstand und unabhängig von Schwankungen der Spannung einer Hilfsbatterie. Sie eignen sich auch ohne besondere Mittel zur Hochfrequenzübertragung mit und ohne Leitungen. Wir haben dabei wieder drei Gruppen:

1. Impuls-Zahl-Verfahren,
2. Impuls-Frequenz-Verfahren,
3. Impuls-Zeit-Verfahren[8]).

Die beiden ersten verwenden als Geber einen Zähler mit einer Kontakteinrichtung, die proportional der Umdrehungszahl Stromstöße abgibt. Bei dem Impuls-Zahl-Verfahren werden die in einer Zeiteinheit (eine Minute bis 30 Minuten) abgegebenen Impulse gezählt. Man hat damit einen Fern-Maximumzähler. Ebensogut kann man natürlich auch die Impulse auf ein fernes Zählwerk schalten und hat dann einen gewöhnlichen Fernzähler.

Das Impuls-Frequenz-Verfahren gibt im Gegensatz zum vorhergehenden Momentanwerte der zu messenden Größe. Es beruht darauf, daß die Zählerkontakte die Umpolung eines von einer Hilfsbatterie geladenen Kondensators auf ein Gleichstrom-Milliamperemeter bewirken, das den Mittelwert der Stromstöße anzeigt. Das Verfahren wurde zuerst von der Westinghouse Co. angewandt[9]). Man kann entweder den Kondensator an die Geberstelle bringen und den pulsierenden Gleichstrom fernleiten, besser ist es, die Impulse fernzuleiten und den Kondensator an der Empfangsstelle an eine Batterie konstanter Spannung anzuschließen. Es erlaubt sehr viele Variationen, insbesondere auch in bequemer Weise die Summierung verschiedener Leistungen, wobei man entweder die Impulszahl proportional der Meßgröße macht (also einen Geber für kleine Leistung langsamer laufen läßt als einen für große Leistung), oder aber, wenn besondere Leistungen verlegt werden können, die Kondensatoren verschieden groß macht. Die von Siemens & Halske ausgearbeiteten neuen Fernmeßeinrichtungen mit unmittelbarer Impulsübertragung auf Fernsprechleitungen oder mit leitungsgerichteter Hochfrequenz-Übertragung verwenden dieses Meßprinzip. Es läßt sich unter Verwendung eines Hilfspotentiometers, an das ein Geberzähler angeschlossen wird, zur Übertragung beliebiger Meßgrößen verwenden.

Diese kurze Übersicht[10]) konnte selbstverständlich nicht über alle Einzelheiten dieses jüngsten Zweiges der elektrischen Meßtechnik berichten, aber sie vermag wohl zu zeigen, daß hier ein großes Anwendungsgebiet von erheblicher Bedeutung für die Betriebsführung großer Werke neu aufgeschlossen worden ist.

[8]) Ein System nach diesem Verfahren ist im nachstehenden Aufsatz beschrieben.

[9]) Smith, The Electric Journal 21, 1924, S. 355.

[10]) Ausführl. Darstellung: Keinath, Technik elektrischer Meßgeräte, III. Auflage, 2. Band, S. 166 bis 185.

Eine neue Fernmeß-Methode für Überlagerung auf bestehenden Kraft- und Nachrichtenleitungen.

Von Obering. Kurt **Wilde**, Berlin.

Übersicht. Es wird ein neues Fernmeßverfahren beschrieben, welches hauptsächlich für Elektrizitätswerksbetriebe entwickelt ist und in universeller Art bei den verschiedenartigsten Netzverhältnissen die Übertragung beliebiger Meßinstrumente auf jede praktisch vorkommende Entfernung über bereits vorhandene Kraft- oder Nachrichtenleitungen gestattet.

Fast sämtliche bisher gebräuchlichen Systeme der Fernmessung begnügten sich damit, als Zwischensysteme Anwendung zu finden, welche dann zwischen Meßstelle und Beobachtungsort eingeschaltet werden, wenn eine normale Verlängerung der Verbindungsleitungen zwischen Meßstelle und Meßinstrument mit Rücksicht auf die Stromverluste nicht mehr möglich war. An eine Ersparnis der Verbindungsleitungen wurde in den meisten Fällen nicht gedacht, da in Anbetracht der relativ kurzen Entfernungen dieses Problem zunächst nicht in den Vordergrund trat. Unter demselben Gesichtspunkt war auch in den meisten Fällen nicht beabsichtigt, womöglich auf einer einzigen Übertragungsleitung, unabhängig voneinander mehrere Meßwerte gleichzeitig übertragen zu können.

Mit der gewaltigen, immer mehr wachsenden Ausdehnung der Elektrizitäts-Versorgungsnetze in den letzten Jahren war schon aus rein wirtschaftlichen Gründen der Anwendung all dieser Systeme, welche besondere Leitungen für jeden Meßweg brauchten, eine nicht allzuweite Grenze gesetzt, ganz abgesehen davon, daß auch bei langen Meßleitungen die Vermeidnug der durch Temperaturänderungen der Leitungen hervorgerufenen Meßfehler Schwierigkeiten bereitete.

Das von der Deutschen Telephonwerke und Kabelindustrie Aktiengesellschaft, Berlin, entwickelte Fernmeß-System nach dem Stromzeitimpulsverfahren stellt insofern eine wichtige Ergänzung der bisher bekannten Fernmeßmethoden dar, als es in all den Fällen besonders zweckmäßig angewandt werden kann, bei denen in Anbetracht großer Entfernungen bzw. mit Rücksicht auf die Kosten für Anschaffung und Unterhaltung besonderer Leitungen auf solche verzichtet werden muß.

Um das Prinzip dieses neuen Verfahrens zu erläutern, sei angenommen, daß die verschiedenen Stellungen der Zeiger von mehreren Amperemetern zum Zwecke der Fernübertragung ermittelt werden sollen.

Digitized by Google

Dazu ist es notwendig, die Länge der Bogenstrecken zu messen, die jeweils der bewegliche Zeiger mit einer festliegenden Bezugslinie bildet, welche vor dem Nullpunkt links außerhalb der Skala gedacht wird. Die jeweilige Länge der Bogenstrecke ist mithin ein Charakteristikum für die jeweilige Zeigerstellung. Die Meßgröße, welche fernübertragen werden soll, ist eine Streckenlänge, also in einen räumlichen Begriff umgesetzt worden; zum Beispiel ist die Bogenstrecke eines Instrumentes, welches 10 A anzeigt, etwa doppelt so lang wie die Bogenstrecke eines Instrumentes, welches nur 5 A anzeigt. Die einmal festgelegte Bezugslinie liegt, wie erwähnt, vor dem Nullpunkt links außerhalb der Skala, so daß auch bei Zeigerstellung Null eines Instrumentes immer noch eine kleine Bogenstrecke gemessen werden kann.

Die selbsttätige Abtastung der jeweiligen Streckenlänge und die Umsetzung dieser Streckenlänge in einen fernübertragbaren Stromzeitimpuls zeigt im Prinzip Abb. 1. Vor einem Amperemeter, dessen Zeiger im Augenblick der Fernübertragung auf 5 A steht, rotiert im Uhrzeigersinn ein Abtastorgan, welches durch den dargestellten Elektromotor mit einer konstanten Umdrehungsgeschwin-

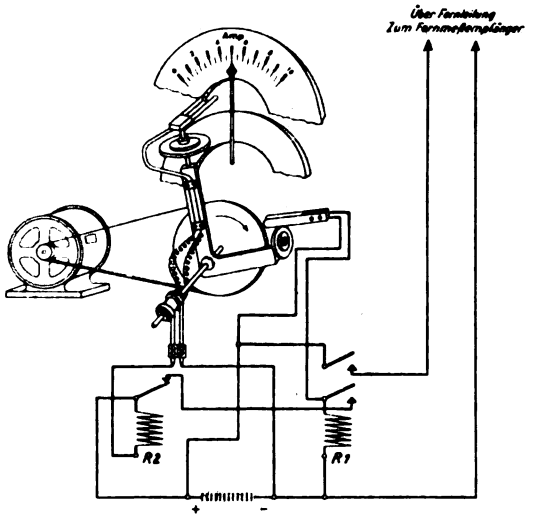


Abb. 1.

digkeit in dauernde Umdrehung versetzt wird. Dieses Abtastorgan hat die Form einer kleinen Rolle, welche ständig über eine zwischen Skala und Zeiger befindliche metallische Kreisbahn läuft. An der Stelle, an der sich gerade der Zeiger über dieser Laufbahn befindet, drückt die Rolle den Zeiger kurzzeitig nieder, wobei derselbe für einen Augenblick mechanisch festgebremst wird. In diesem festgehaltenen Zustand streift ein kleiner Kontaktfedersatz, welcher auf der Abbildung oberhalb der Rolle am Abtastorgan erkenntlich ist, am Zeiger vorbei und schließt einen kurzen Kontakt. Am selben Abtastorgan ist eine zweite kleine Rolle angeordnet, welche gegen die erste um etwa 90° verdreht ist. Diese zweite Rolle überstreicht bei jeder Umdrehung einen zweiten Federsatz, welcher auf der Abbildung rechts liegt, und zwar in dem Augenblick, wo der Federsatz oberhalb der ersten Rolle sich gerade in Richtung der obenerwähnten festliegenden Bezugslinie vor dem linken Skalenanfang befindet. Der Kontakt des rechten Federsatzes wird also zeitlich vor dem Zeigerkontakt betätigt. Da der rechte Kontakt immer festliegt und der Zeitpunkt des Kontaktes am Zeiger innerhalb einer Umdrehungsperiode von der jeweiligen Stellung des Zeigers abhängig ist, so ergibt sich für den zeitlichen Abstand beider Kontaktgaben ein Maß für den jeweiligen Zeigerausschlag.

Bei jeder Umdrehung des Abtastorgans wird also einmal am Bezugspunkt für einen kurzen Augenblick ein Stromkreis über die Batterie und das Relais R_1 geschlossen, wodurch dieses Relais zum Anzug kommt. Das Relais R_1 hält sich selbst, auch wenn der Kontakt am Bezugspunkt bereits wieder unterbrochen ist, über den unteren Arbeitskontakt und über den Ruhekontakt des Relais R_2. Sobald der Kontaktfedersatz des Abtastorgans den Zeiger des Amperemeters erreicht hat, schließt er mit diesem einen zweiten Stromkreis über die Batterie und das Relais R_2. Hiedurch wird der Haltestromkreis des Relais R_1 geöffnet, so daß dasselbe wieder abfällt. Das Relais R_1 ist also für die Zeit, die zwischen den beiden Kontaktgaben am festliegenden Bezugspunkt und am beweglichen Zeiger vergeht, angezogen. Die Ansprechzeit dieses Relais hängt mithin von der jeweiligen Zeigerstellung ab, da die Umlaufgeschwindigkeit des Abtastorganes konstant gehalten wird.

Würde das Abtastorgan in vier Sekunden eine volle Umdrehung von 360° ausführen und die Skala, wie dies bei den meisten Meßinstrumenten der Fall ist, mit dem Drehpunkt des Zeigers einen Winkelbogen von 90° bilden, so würde, falls der Zeiger am Ende der Skala steht, das Relais R_1 etwa eine Sekunde lang ansprechen; würde der Zeiger dagegen auf die Mitte der Skala zurückgehen, so würde das Relais R_1 nur etwa eine halbe Sekunde angezogen sein.

Der räumliche Begriff, welcher für die Meßgrößen eingeführt wurde, wird also jetzt in einen zeitlichen Begriff umgesetzt, der zu einer beliebigen Stromwirkung auf irgendeiner Fernleitung verwendet werden kann. Im Abbildungsbeispiel ist ein zweiter Arbeitskontakt auf dem Relais R_1, oben angeordnet, welcher die Batterie während der Ansprechzeit des Relais mit der dargestellten Fernleitung verbindet, so daß ein Gleichstromimpuls über die Fernleitung nach dem Fernmeß-Empfänger verläuft.

Die Abtastgeschwindigkeit ist so gewählt, daß praktisch alle zwei Sekunden ein Meßimpuls von dem vorbeschriebenen Fernmeßgeber auf die Fernleitung gegeben wird.

Die Festbremsung des Zeigers durch eine Tastrolle aus Gummi hat sich in jetzt einjährigem Betrieb als außerordentlich betriebssicher und zuverlässig bewährt. Diese Einrichtung hat gegen-

Digitized by Google

über den bei anderen Fernmeßmethoden benutzten Fallbügeln den Vorteil, daß der Zeiger nur einen kurzen Augenblick zum Zwecke der Kontaktgabe festgebremst wird, während er sonst frei spielen kann. Es ist ohne weiteres möglich, jedes beliebige Meßinstrument ohne irgendwelche besonderen Eingriffe zum Zwecke der Fernübertragung mit dieser Abtasteinrichtung auszurüsten, sofern es die Form eines üblichen Schalttafelaufbauinstrumentes mit bogenförmiger Skala hat.

Zur Übertragung kommen also in Frage: Wattmeter, und zwar Blind- und Wirkleistungs-Wattmeter, Wattmeter mit Nullpunkt in der Mitte der Skala, welche die Richtung der Stromlieferung anzeigen. Voltmeter, Amperemeter, Leistungsfaktoranzeiger, Temperaturinstrumente, Manometer, Wasserstandsanzeiger usw. Auch die Übertragung der Angaben eines Arbeitsmessers, zum Beispiel eines Kilowattstundenzählers, ist nach diesem Verfahren möglich, indem der etwas anders ausgebildete Abtastfühler periodisch mit einem Summierungsorgan zusammenwirkt, welches dauernd von einem Arbeitsmesser angetrieben wird. Als Empfänger wird ein einfaches Zählwerk benutzt, welches für die Zeit der Meßimpulse über eine elektromagnetische Kupplung oder dergleichen von einem kleinen Motor bzw. Uhrwerk angetrieben wird.

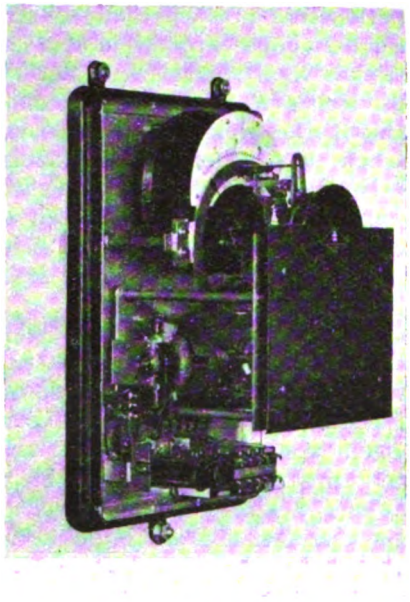


Abb. 2.

Abb. 2 läßt einen Fernmeßgeber mit eingebautem Meßinstrument in geöffnetem Zustand erkennen. Die äußere Form entspricht der eines normalen Registrierinstrumentes, welches vorn mit einer Glasscheibe verschlossen ist, so daß das eingebaute Instrument außerdem jederzeit am Geberort abgelesen werden kann. Der Geber ist konstruktiv so durchgebildet, daß die äußeren Abmessungen der zu benutzenden Meßinstrumente in ziemlich weiten Grenzen schwanken können. Es bleibt also den Elektrizitätswerken überlassen, von Fall zu Fall die erforderlichen Meßinstrumente von jeder beliebigen Instrumentenfirma zu beschaffen, so daß für die bereits meist vorhandenen Meßwandler, die am besten angepaßten Meßinstrumente besorgt werden können, wodurch eine Gewähr für möglichst große Meßgenauigkeit gegeben ist. Das Gehäuse des Gebers ist staubdicht abgeschlossen, so daß die beim Einbau notwendige Entfernung der Glasscheibe und des Gehäuseringes des Meßinstrumentes selbst, keine Gefährdung für dasselbe nach sich zieht.

Der Fernmeßempfänger besteht im wesentlichen wiederum aus einem kleinen Motor, welcher mit konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit läuft. Durch diesen Motor werden zwei in entgegengesetzter Richtung laufende elektromagnetische Kupplungen zeitweise von den ankommenden Meßimpulsen eingeschaltet, wodurch kleine Mitnehmerarme eine Zeigerachse so einstellen, daß eine Übereinstimmung dieser Achse mit dem jeweiligen Ausschlagwinkel des Meßinstrumentenzeigers im Fernmeßgeber erreicht wird. Auf der verstellbaren Achse des Fernmeßempfängers sitzt ein großes Aluminiumrad, welches über zwei feste Rollen ein endloses Stahlband einstellt, an dessen geradlinigem Teil zwischen den beiden festen Rollen der eigentliche Zeigerschlitten mit der Schreibvorrichtung befestigt ist. Der Empfängerzeiger macht also vor einer geradlinigen Skala eine geradlinige Bewegung und zeichnet außerdem die Registrierkurve auf geradlinigen Koordinaten. Der Empfänger ist auf Abb. 3 in geöffnetem Zustand erkenntlich. Das vorgesehene Registrieruhrwerk hat acht Tage Gangdauer und kann mittels auswechselbarer Wechselräder auf verschiedene Papiervorschubgeschwindigkeiten eingestellt werden. Die Schreibbreite beträgt 100 mm. Die maximale Papiergeschwindigkeit beträgt 120 mm pro

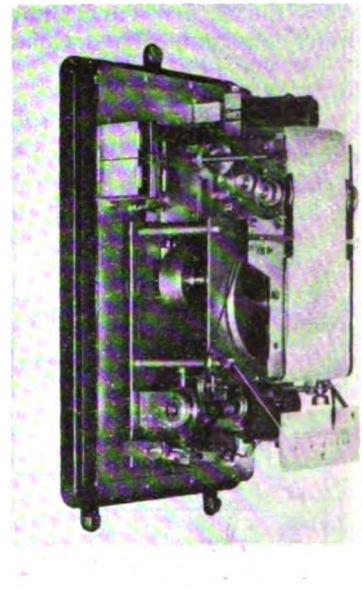


Abb. 3.

Digitized by Google

Stunde; die Aufeinanderfolge der einzelnen Meßimpulse zwei Sekunden. Eine Stundenkurve von 120 mm Länge setzt sich also aus 1800 Einzelwerten zusammen oder 1 mm Kurvenlänge aus 15 Einzelwerten. Die Kurve zeigt infolgedessen einen absolut zusammenhängenden Verlauf und läßt sich von einer am Geberort, von einem üblichen Registrierinstrument gezeichneten Kurve gar nicht unterscheiden. Die Reibung der Schreibvorrichtung auf dem Registrierpapier, welche infolge der geringen Drehmomente bei den üblichen elektrischen Meßinstrumenten häufig nachträglich für die Meßgenauigkeit ist, spielt bei diesem Apparat naturgemäß gar keine Rolle, da praktisch die Schreibkapillare über elektromagnetische Kupplungen durch einen relativ starken Elektromotor über das Papier bewegt wird. Die großen Kräfte, mit welchen der Zeigerschlitten angetrieben wird, gestatten naturgemäß auch ohne weiteres die Anbringung von einstellbaren Kontaktfedersätzen an der Empfängerskala, welche bei Erreichung gewisser Grenzwerte Alarmsignale oder dergleichen auslösen können.

Zusammenfassend sei über die Wirkungsweise der vorbeschriebenen Apparate bemerkt, daß die Meßgröße in Form telegraphieähnlicher Zeichen fernübertragen wird, wobei lediglich die Dauer jedes einzelnen Zeichens für den jeweiligen Wert der Meßgröße maßgebend ist. Gleichgültig ist die Stromart, mit der die Übertragung erfolgt, ebenso, wie es ohne jeden Einfluß auf die Meßgenauigkeit ist, wenn durch Temperaturschwankungen der Leitungen oder durch Energieschwankungen in dem Übertragungssystem selbst irgendwelche Strom-Spannungs- oder Frequenzänderungen bei den übertragenen Zeichen vorkommen. Es sind also dieselben Verhältnisse wie bei normaler Telegraphie. Infolgedessen können auch die seit Jahren für Telegraphiezwecke benützten Übertragungssysteme bei diesem Fernmeßverfahren angewandt werden.

Der einfachste Fall wäre die direkte Übertragung der Meßimpulse über eine besondere, speziell diesem Zweck dienende Drahtleitung. Es wäre lediglich der Fernmeßgeber über die Drahtleitung mit dem Fernmeßempfänger zu verbinden, wobei die Übertragung mit Gleichstrom erfolgen könnte.

Um einen Fernmeß-Simultanbetrieb auf einer vorhandenen Telephonleitung, welche nach wie vor störungsfrei dem Telephonbetrieb dienen kann, durchzuführen, werden die aus der Simultantelegraphie her bekannten üblichen Ringübertrager in die Telephonleitung beiderseits eingeschaltet, und Geber bzw. Empfänger zwischen Mitte der Übertrager und Erde gelegt, so daß ein Betrieb über Erde und über beide Telephonleitungen gemeinsam möglich ist. Auf der Empfangsseite ist ein polarisiertes Telegraphenrelais erforderlich.

Genau so, wie es möglich ist, mittels Hochfrequenzströmen über Hochspannungsleitungen hinweg zu telephonieren bzw. zu telegraphieren, ist es auch möglich, entsprechend Abb. 4, in gleicher Art über bestehende Hochspannungsleitungen hinweg mit Hochfrequenz mit diesem Verfahren fernzumessen. Der Fernmeßgeber wird mit einem kleinen Hochfrequenzsender in Verbindung gesetzt, so daß die erzeugten Meßimpulse als Hochfrequenzimpulse über die von der Hochfrequenztelephonie auf Starkstromleitungen her bekannten Hochspannungskopplungskondensatoren hinweg auf die Fernleitung übertragen werden.

Auf der Empfangsstelle werden ebenfalls über Hochspannungskopplungskondensatoren die ankommenden Hochfrequenzimpulse mit einem Spezial-Hochfrequenzempfänger empfangen und in Gleichstromimpulse umgesetzt, so daß der Fernmeßregistrierempfänger hiervon gesteuert werden kann.

Ein vollkommen drahtloser Betrieb wäre, wenn er auch sehr selten in Frage kommen wird, mit diesem Verfahren technisch ohne weiteres durchführbar.

In der Praxis wird sehr häufig die Kombination von verschiedenen Übertragungswegen verlangt. Der Fernmeßgeber steuert z. B. über eine besondere Drahtfernleitung den Hochfrequenzsender, welcher an die nächstliegende Hochspannungs-

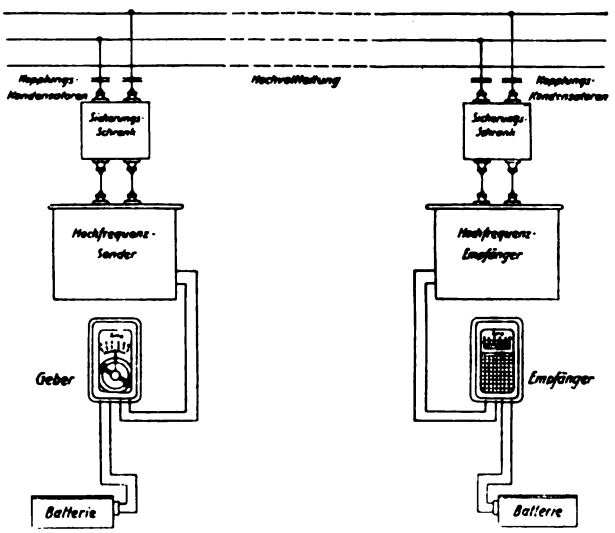


Abb. 4.

leitung angeschlossen ist. Die am anderen Ende der Hochvoltleitung ankommenden Hochfrequenzimpulse können wiederum in Gleichstromimpulse umgesetzt werden. Die Meßimpulse würden dann im Simultanbetrieb dem beispielsweise innerhalb einer Stadt im Verwaltungsgebäude oder dergleichen aufgestellten Fernmeßregistrierempfänger zugeführt.

Bei Vorhandensein von Hochfrequenztelephoniegeräten auf einer Hochspannungsleitung, welche gleichzeitig mit Fernmessung ausgerüstet werden soll, ist es ohne weiteres möglich, dieselben Hochspannungskopplungskondensatoren, welche be-

Digitized by Google

kanntlich, besonders bei sehr hohen Spannungen, recht kostspielig sein können und außerdem aus reinen Raumgründen schwierig unterzubringen sind, gleichzeitig für die Ankopplung der Hochfrequenzfernmeßgeräte mitzubenutzen, ohne daß hierdurch eine gegenseitige Beeinflussung zwischen Hochfrequenztelephonie und Hochfrequenzfernmessung verursacht wird. Eine derartige kombinierte Anlage ist bereits seit einem halben Jahr mit sehr befriedigendem Ergebnis bei einem mitteldeutschen Elektrizitätswerk auf einer 200 km langen 100-kV-Leitung in Betrieb. Diese Anlage stellt überhaupt, wenn der Verfasser richtig orientiert ist, die erste Hochfrequenzfernmeßanlage dar, welche in Europa praktisch in Betrieb genommen wurde. Die hier gesammelten Erfahrungen können als sehr befriedigend bezeichnet werden, so daß das betreffende Werk, welches seine Maschinen nach der Fernmeßanlage reguliert, sich inzwischen entschlossen hat, die bestehende Anlage noch im Laufe dieses Monats weiter auszubauen auf eine Gesamtentfernung von nahezu 300 km.

Abgesehen davon, daß es sich hier um die erste Hochfrequenzfernmeßanlage handelt, dürfte auch bisher niemals eine derartige Entfernung von irgendeinem anderen der bisher bekannten Fernmeßverfahren überbrückt worden sein. Durch die großen Zusammenschlüsse der einzelnen Groß-Kraftwerke untereinander werden für die Zukunft derartige Entfernungen für die Fernablesung von Meßinstrumenten keine Seltenheit mehr sein.

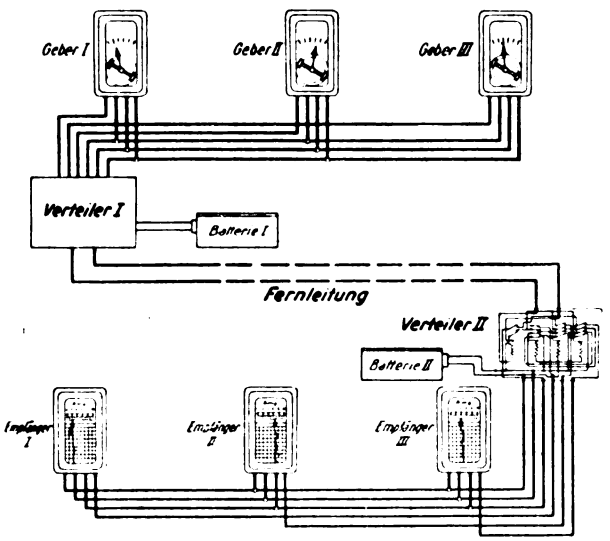


Abb. 5.

Auf Abb. 5 ist noch kurz demonstriert, in welcher Weise ein einziger Übertragungsweg zur Übertragung mehrerer Instrumente gleichzeitig ausgenützt werden kann. Unter Anwendung von synchron-laufenden Verteilern wird der gemeinsame Übertragungsweg abwechselnd in wiederkehrendem Turnus den einzelnen Fernmeßgebern und den zugehörigen Fernmeßempfängern zur Verfügung gestellt. Die Impulse der einzelnen Geber wechseln sich also in immer gleichbleibender Reihenfolge ab, wodurch allerdings die Übertragungsgeschwindigkeit jedes einzelnen Meßinstrumentes verlangsamt wird. Dies erscheint jedoch zulässig, da sich im praktischen Betrieb herausgestellt hat, daß eine, alle zwei Sekunden erfolgende Nachstellung jedes einzelnen Meßinstrumentes nicht gefordert zu werden braucht.

Eine Summierung der Meßwerte verschiedener Meßinstrumente auf einem einzigen Summierungsempfänger ist praktisch möglich. Die hierzu erforderliche Zusatzeinrichtung besteht ebenfalls im wesentlichen aus zwei synchron laufenden Verteilern auf Geber- und Empfängerseite, deren Funktion in diesem Falle in Anbetracht des beschränkten Raumes hier nicht näher erläutert werden kann.

Mit fast den gleichen Mitteln läßt sich auch die Aufzeichnung der Kurven mehrerer Meßinstrumente auf einem gemeinsamen Papierstreifen nach Art der bekannten Mehrfarbenschreiber ermöglichen.

Die Hauptvorteile dieses Verfahrens bestehen also zusammenfassend in folgenden Punkten:

1. Überlagerungsmöglichkeit der Fernmessung auf bestehenden Leitungen, ohne Rücksicht auf den sonstigen Verwendungszweck dieser Leitungen.

2. Möglichkeit verschiedenartige, ganz getrennten Verwendungszwecken dienende Leitungen zu einem gemeinsamen Übertragungsweg zusammenschalten zu können.

3. Überwindung jeder vorkommenden, auch extrem großen Entfernung.

4. Verwendbarkeit jedes beliebigen Meßinstrumentes unabhängig von Art der Meßgröße oder Fabrikat.

5. Große Genauigkeit, unbeeinflußbar durch Schwankungen der Betriebsverhältnisse auf dem Übertragungswege.

6. Möglichkeit der Mehrfachausnützung eines einzigen Übertragungsweges.

7. Möglichkeit der Summierung verschiedener Meßwerte.

8. Möglichkeit der Aufzeichnung auf einem Mehrfarbenschreiber.

9. Registriermöglichkeit.

10. Infolge großer Verstellkräfte am Empfänger Betätigung von Alarmsignalen an Grenzkontakten.

Digitized by Google

Tarifpolitik und Zählertechnik.

Von Dipl.-Ing. W. **Janiček**, Zug (Schweiz).

Übersicht. Die Mannigfaltigkeit im Tarifwesen der Stromlieferanten findet ein getreues Spiegelbild in den zahlreichen Zählerkonstruktionen, woraus sich der Einfluß der Tarifpolitik auf die Typen der Meßgeräte ergibt[1]). Umgekehrt haben beim Vertrieb der elektrischen Energie gut angepaßte Zählerkonstruktionen mancher Tarifform erst zum Durchbruch verholfen. So sehen wir, daß Tarifpolitik und Zählertechnik untrennbar miteinander verbunden sind, daß jede Neuerung, jede Vervollkommnung, jede Umgestaltung auf dem einen Gebiet unfehlbar eine Rückwirkung auf dem anderen Gebiet nach sich zieht und umgekehrt; auf diese Weise entsteht eine wechselseitige Befruchtung und Anregung, zum Wohle und zum rationellen Ausbau der ganzen Elektrizitätswirtschaft.

Abgesehen von den normalen Erzeugnissen des Zählermarktes, wie sie in allen möglichen Ausführungsformen als Gleichstrom- und Wechselstrom- bzw. Drehstromzähler, als Wirk- und Blindverbrauchzähler für die verschiedenen Stromsysteme und Leiteranordnungen in den Handel gebracht werden, gibt es eine Reihe von Spezialapparaten, die den jeweiligen Bedürfnissen der Praxis besonders angepaßt sind, und daher ein erhöhtes Interesse verdienen und mit Recht beanspruchen können.

Im folgenden sei der Versuch unternommen, einen kurzen Überblick über die gegenwärtig gebauten Spezialzähler und Meßinstrumente zu geben, an Hand der jeweilig im Zusammenhang damit stehenden Tarifprobleme, zu deren Lösung sie geschaffen wurden.

Zu den Spezialapparaten gehören in erster Linie die Elektrizitätszähler mit Maximumzeiger, die Mehrfachtarifzähler (Zwei- oder Dreifachtarif), die Doppelpreiszähler (Anzapfzähler), die Elektrizitätsselbstverkäufer, (Münzzähler), die Subtraktions- oder Überverbrauchszähler, (Differentialzähler), die schreibenden Höchstverbrauchszähler und die Scheinverbrauchszähler.

Die Anwendungsgebiete dieser verschiedenen Spezialapparate lassen sich kurz folgendermaßen kennzeichnen:

Bei der Verrechnung elektrischer Energie ist nicht nur die Höhe des Verbrauches in Kilowattstunden maßgebend, sondern auch die Größe der Belastung, bei der die Energieabnahme stattfindet. Es empfiehlt sich daher in vielen Fällen, der Verrechnung nicht nur den Gesamtverbrauch, sondern außerdem auch noch den Höchstwert der durchschnittlichen Belastung während einer bestimmten Benutzungsdauer, bzw. die durchschnittliche Benutzungsstundenziffer, zugrunde zu legen. (Maximaltarif.) Eine Verrechnung der elektrischen Energie nach dieser Praxis wird durch Verwendung von Elektrizitätszählern mit Maximumzeigern (Höchstverbrauchszähler, auch Maximalzeiger oder Belastungsmesser genannt) ermöglicht (Abb. 1).

Sämtliche Induktionszählersysteme sowie die Gleichstrom-Wattstundenzähler können im allgemeinen auch als Zähler mit Maximumzeiger ausgeführt werden. Sie haben außer dem gewöhnlichen Zählwerk zur Registrierung des Gesamtverbrauchs einen Zeiger, welcher durch das Zählwerk mittels eines Mitnehmers während der Registrierperiode (10, 20, 15, 30, 60 Minuten) über einer besonderen Watt-Skala (1 Teilstrich = . . . Watt, unter Berücksichtigung der auf dem Zifferblatt angegebenen Konstanten) vorwärts geschoben wird. Nach Ablauf der Registrierperiode wird der Mitnehmer selbsttätig in die Anfangsstellung zurückgeführt, während der Maximumzeiger auf dem höchst erreichten Wert stehen bleibt und diesen abzulesen gestattet. Ist nun in der folgenden Registrierperiode das mittlere Maximum geringer, so wird der Mitnehmer den Zeiger nicht erreichen, ist es größer, so wird er ihn um den entsprechenden Betrag vorwärts bewegen. Bei der Ablesung zeigt der Zähler dann den höchsten Mittelwert der Belastung, bezogen auf die Registrierperiode, an.

Die Induktionszähler werden normalerweise mit eingebautem Ferrarislaufwerk, die Gleichstrom-Wattstundenzähler mit getrennter Schaltuhr ausgerüstet. Auf besonderen Wunsch werden auch die Wechsel- und Drehstromzähler mit separater Uhr ausgestattet. Soll der Maximumzeiger nur während einer bestimmten Tageszeit, zum Beispiel zur Hauptbeleuchtungszeit in Tätigkeit sein, so wird eine sogenannte Schaltuhr für beschränkte Registrierung verwendet. Der Maximumzeiger bleibt dann für die übrige Tageszeit außer Betrieb.

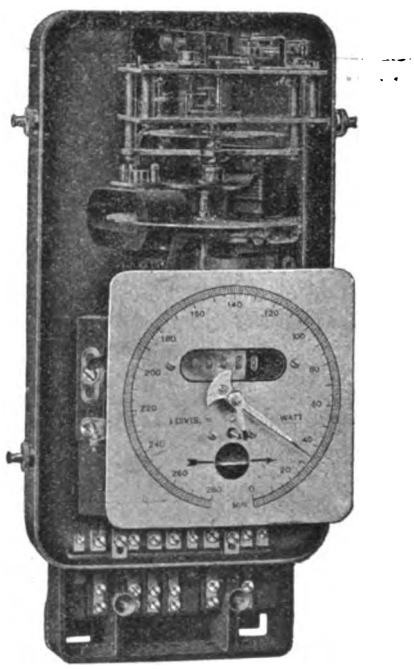


Abb. 1. Drehstromzähler mit Maximumzeiger.

Soll eine Überschreitung des zwischen Lieferanten und Konsumenten vereinbarten Maximums vermieden werden, so kann der Belastungsmesser mit einer Kontaktsignaleinrichtung versehen werden, die den Abonnenten durch Betätigung einer akustischen oder optischen

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 5.

Digitized by Google

Alarmvorrichtung rechtzeitig warnt. Der Abnehmer kann dann entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen, zum Beispiel durch Abschaltung eines Motors. Hierin liegt die Möglichkeit, durch richtiges Verständnis für die Eigenart des Tarifs Ersparnisse zu erzielen. Bei Doppeltarifzähler mit Maximumzeiger kann die Signalvorrichtung auch zur Steuerung des Doppeltarifzählwerkrelais verwendet werden. Man erhält hierbei eine neue Tarifart, da in diesem Fall der Energieverbrauch unter einem bestimmten

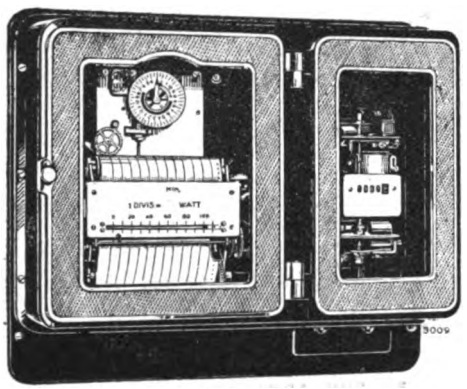


Abb. 2. Schreibender Höchstverbrauchzähler.

mittleren Belastungsmaximum getrennt von demjenigen über diesem Maximum registriert wird und entsprechend in Rechnung gestellt werden kann.

Die Angaben des Maximumzeigers können in verschiedener Weise bei der Verrechnung der gelieferten elektrischen Energie verwertet werden. Welche Art der Auswertung (Tarifaktion) gewählt wird, hängt von den jeweiligen obwaltenden Verhältnissen ab. Die nachfolgende Aufzählung gibt einen kurzen Überblick über einige Verrechnungsmöglichkeiten:

1. Verrechnung nach Grund- oder Leistungsgebühr (kWh-Preis × abgelesene kWh-Zahl [Angaben des kWh-Zählwerks] + Grundgebühr für jedes vom Maximumzeiger angegebene kW).

2. Verrechnung als Zuschlag bei Belastungsgrenzen-Überschreitung (kWh-Preis × abgelesene kWh-Zahl + Zuschlaggebühr für jede Überschreitung des festgesetzten Belastungsmaximums).

3. Verrechnung nach mittlerer Benutzungsstundendauer (mittlere Benutzungsstundendauer = Zählwerkstand/Maximumzeigerstand. kWh-Preis nach Benutzungsstundendauer gestaffelt).

4. Verrechnung rein nach Maximum. (Fiktiver Verbrauch in kWh × kWh-Einheitspreis, wobei fiktiver Verbrauch = Angaben des Maximumzeigers in kW × angenommene mittlere Benutzungsstundenziffer.)

5. Verrechnung nach Zählwerkstand und nach reinem Maximum. (Abgelesene kWh-Zahl + Bruchteil des fiktiven Verbrauchs) × Einheitspreis pro kWh, wobei fiktiver Verbrauch = Maximumzeigerangaben × angenommene Benutzungsziffer.)

6. Kombinierte Verrechnung nach Maximum. Kombination von Fall 4 mit Fall 3: zum Beispiel Verrechnung des auf Grund des Maximumzeigerstandes ermittelten fiktiven Verbrauches zu Einheitspreisen, welche nach der tatsächlichen Benutzungsstundenziffer abgestuft sind. (Preisstaffel.)

Mit diesen Beispielen sind die Verwertungsmöglichkeiten der Maximumzeigerangaben keineswegs erschöpft. Es lassen sich noch weitere Zusammenstellungen auf Grund der vier Faktoren, nämlich Zählwerkstand, Maximumzeigerstand, Benutzungsstundenziffer und fiktiver Verbrauch erzielen, auf die hier aber nicht eingegangen werden kann.

Die Elektrizitätszähler mit Maximumzeiger sind in einer Beziehung unzulänglich, die sich in der Praxis gelegentlich bemerkbar macht: sie zeigen zwar neben dem Gesamtverbrauch auch

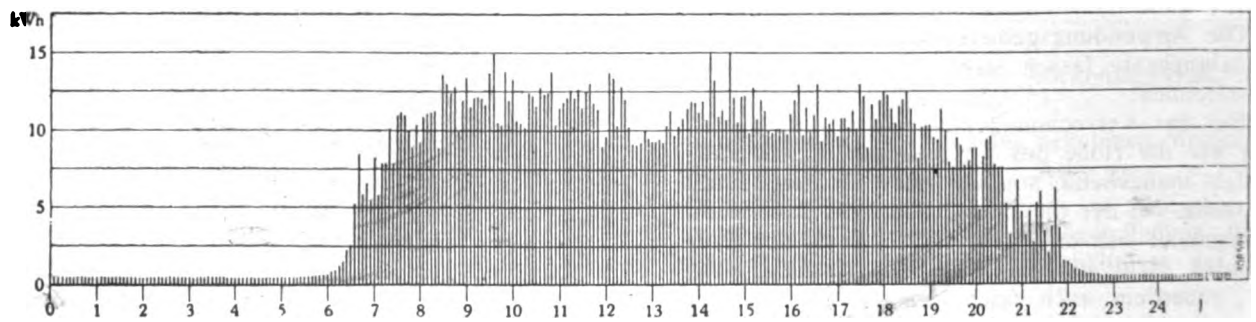


Abb. 3. Belastungsdiagramm aufgenommen mit einem schreibenden Höchstverbrauchzähler. Registrierperiode 5 min.

den höchsten Belastungsmittelwert an, der sich innerhalb einer Ableseperiode ereignet hat, wie wir soeben gesehen haben, geben aber über den Zeitpunkt seines Auftretens keinerlei Aufschluß. Gerade dieser Umstand ist aber für ein Elektrizitätswerk von großer Bedeutung, und zwar um so mehr, in je größerem Verhältnis der Einzelanschlußwert eines Abnehmers zum Gesamtanschlußwert des Stromversorgungsgebietes steht. Denn nur ein klarer Einblick in die Tagesbelastungsverhältnisse, der nur durch ein absolut zuverlässiges und leicht übersichtliches Bild des Tagesbedarfes an elektrischer Energie vermittelt

Digitized by Google

werden kann, bildet die Grundlage zu einer rationellen Tarifgestaltung.

Durch den Bau von schreibenden Höchstverbrauchzählern (Abb. 2) ist nun dieses Problem in einwandfreier Weise gelöst worden. Durch diesen Zähler wird nicht nur der höchste Belastungswert je Ableseperiode getrennt vom Gesamtverbrauch in gleicher Weise angezeigt wie bei einem Elektrizitätszähler mit Maximumzeiger, sondern die Belastungsmittelwerte einer jeden Registrierperiode werden auch zeitlich und ihrer Größe nach fortlaufend graphisch festgehalten. Aus dem Registrierbild ist somit nicht nur ersichtlich, zu welcher Zeit der höchste Belastungsmittelwert aufgetreten ist, sondern es lassen sich auch leicht diejenigen Belastungsmittelwerte erkennen, die zwar die Höchstbelastung nicht ganz erreichen, ihr aber sehr nahe kommen.

Während andere Registrierinstrumente, beispielsweise registrierende Wattmeter, eine Leistungskurve aufzeichnen, die nur aus einer Aneinanderreihung von Momentanwerten der Leistung besteht, nimmt der schreibende Höchstverbrauchzähler eine Diagrammfläche des Gesamtverbrauches auf, die sich aus Teilwerten des Verbrauches, bezogen auf gleich lange und ununterbrochen aufeinanderfolgende Zeiträume, zusammensetzt. Die obere Begrenzungslinie der Diagrammfläche (Abb. 3) gibt eine Kurve der Belastungsmittelwerte, die sich der Leistungskurve des Registrierwattmeters um so mehr nähert, je kleiner die Registrierperiode gewählt wird. Ein schreibender Höchstverbrauchzähler mit Wattstundenzähler und kurzzeitiger Registrierperiode kann daher nicht nur das bisher zur Kontrolle in der Zentrale aufgestellte Registrierwattmeter mitsamt dem Wattstundenzähler ersetzen, sondern er erübrigt auch das bisher oft erforderliche Planimetrieren von Teilstücken des Wattmeter-Registrierstreifens, das zur Ermittlung der mittleren Belastung notwendig ist. Auch ein weiterer Nachteil des Registrierwattmeters kommt in Wegfall, nämlich der Umstand, daß dieses Anlaufstromstärken von Motoren, das heißt Spitzenbelastungen im Diagramm aufzeichnet, die aber in Wirklichkeit auf die mittlere Tagesbelastungskurve ohne bedeutenden Einfluß sind.

Mit Hilfe dieses Apparates ist man in den Stand gesetzt, sozusagen in jedem Zeitpunkt den Einfluß der Tarifgestaltung auf den Belastungsausgleich festzustellen, der in jedem Werk angestrebt wird, besonders mit Rücksicht auf die Tageszeiten schwachen Verbrauchs. Die Vorteile, die der schreibende Höchstverbrauchszähler in jeder Beziehung bietet, machen ihn unentbehrlich nicht nur in jedem Kraftwerk, sondern auch für jeden Großabnehmer, der eine zuverlässige Kontrolle über den Tagesbedarf seines Betriebes an elektrischer Energie zu haben wünscht. Gewisse Werke sind mit Hinblick auf die von schreibenden Höchstverbrauchzählern gebotenen Möglichkeiten sogar dazu übergegangen, alle Lieferungsverträge nur auf sehr kurze Dauer abzuschließen, damit sie diese, auf Grund der mit dem neuen Apparat gemachten Beobachtungen, gegebenenfalls so abändern können, daß sie den bestehenden Belastungsverhältnissen im Netz am besten angepaßt werden können.

Während bei der Verrechnung der elektrischen Energie mit Hilfe eines Zählers mit Maximumzeiger oder eines schreibenden Höchstverbrauchzählers die Verwertung der Zeigerangaben derart erfolgen kann, daß man eine Zuschlaggebühr für jedes, eine bestimmte Leistungsgrenze überschreitende Watt erhebt, dienen die Angaben eines Subtraktions- oder Überverbrauchzählers (auch Differentialzähler genannt) (Abb. 4) dazu, den eine bestimmte Belastungsgrenze überschreitenden Verbrauch (in kWh) in Rechnung zu setzen. Der Subtraktionszähler gestattet also nicht die Feststellung des mittleren Maximums, sondern eine getrennte Registrierung des Überverbrauchs[2]). Er kann also einerseits überall dort Verwendung finden, wo der Abonnent durch tarifpolitische Maßnahmen dazu angehalten werden soll, seinen Bedarf an elektrischer Energie tunlichst unter einer bestimmten Belastungsgrenze zu halten, wobei ihm die Möglichkeit belassen bleibt, diese Grenze gelegentlich und gegen Entrichtung einer entsprechenden Mehrgebühr zu überschreiten. Dies kommt in allen den Fällen vor, wo das Elektrizitätswerk die möglichen, mittleren Belastungsmaxima des Abonnenten kennt und die Belastungsgrenze nur zeitweise und bei relativ langer Dauer überschritten wird. Als Beispiel hierfür kann eine Lichtanlage mit hohem Anschlußwert gelten, wo im allgemeinen nur ein Teil der Lampen gebraucht wird, die Ausnützung

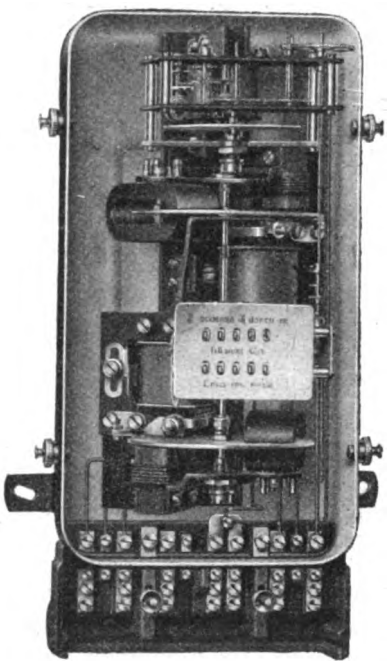


Abb. 4. Subtraktionszähler für Drehstrom.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, Das El.-Werk, S. 4.

Digitized by Google

des gesamten Anschlußwertes aber bei besonderen Gelegenheiten, wie Festlichkeiten, Versammlungen usw., in Frage kommt.

Andererseits führen sich Subtraktionszähler nach und nach auch bei solchen Werken ein, die elektrische Energie bisher pauschal abgegeben haben und die infolge Steigerung des Leistungbedarfes bestrebt sind, von der pauschalen Verrechnung auf Zählertarif überzugehen. Hier bietet die Verrechnung durch Subtraktionszähler eine Lösung, welche nicht nur dem Werke dient, sondern auch den Abnehmer befriedigt, falls man als Belastungsgrenze, über welche hinaus nach Zählertarif verrechnet wird, die bisher pauschal bezogene Leistung wählt und unter dieser Belastungsgrenze die pauschale Verrechnung beibehält. Dieser Tarif entspricht zwar dem reinen Zählertarif mit Grundgebühr nach Maßgabe des Anschlußwertes nicht vollständig, ist diesem jedoch in bezug auf rein tarifpolitische Wirkung sehr ähnlich.

Die in solchen Fällen verwendeten Subtraktionszähler zeigen den eine bestimmte Belastung überschreitenden Verbrauch an einem Kilowattstundenzählwerk an; die Pauschalgrenze kann beliebig bis ungefähr $^1/_2$ bis $^3/_4$ der Maximalbelastung des Zählers gewählt und durch Auswechslung zweier Zahnräder leicht geändert werden. In der Regel sind die Subtraktionszähler auch mit einem Kilowattstundenzählwerk versehen, das den Gesamtverbrauch anzeigt. Auf Wunsch werden die Zähler jedoch auch ohne dieses nur mit Überverbrauchszählwerk geliefert.

Die Verwertung der Angaben des Subtraktionszählers erfolgt entweder derart, daß für den Verbrauch bis zur Grenze ein bestimmter Kilowattstundenpreis festgesetzt wird und für den die Grenze überschreitenden Verbrauch ein erhöhter Kilowattstundenpreis. Sie kann aber auch derart erfolgen, daß der unter der Grenze verbleibende Verbrauch pauschal und der die Grenze überschreitende Verbrauch nach Kilowattstunden verrechnet wird.

Bei den Tarifen, für welche die bisher aufgezählten Tarifapparate in Frage kommen, ist stets die Richtlinie maßgebend, daß Preisvergünstigungen dann gewährt werden können, wenn die Bedingungen, unter denen der Konsument elektrische Energie bezieht, die Wirtschaftlichkeit des Elektrizitätswerks fördern. Dies kann beispielsweise durch Bezug von Energie zu bestimmten Tageszeiten, durch tunlichst konstante Belastung der Anlage oder durch eine möglichst große Benutzungsstundenzahl geschehen, wodurch die Selbstkosten des Elektrizitätslieferanten herabgesetzt werden. Eine solche Verminderung der Eigenkosten kann auch durch Verringerung der Ausgaben für Buchung, Fakturieren und Einkassierung erreicht werden, falls der Abnehmer seine Stromkosten zum voraus entrichtet, wie dies bei der Verwendung von Elektrizitäts - Selbstverkäufern (Münzzählern) der Fall ist (Abb. 5). Diese Auslagenverminderung kann für den Anschluß kleiner Konsumenten, deren Verbrauch an sich gering ist, eine Bedingung für das Elektrizitätswerk werden, auf Grund derer ein solcher Anschluß erst rentabel wird. Dies insbesondere dort, wo die Einkassierungskosten infolge vorauszusehender Schwierigkeiten, wie wiederholter Zahlungsmahnungen und unstabilen Wohnungsverhältnisse bei flottanter Bevölkerung (häufiger Wohnungswechsel, zum Beispiel in großen Hafenstädten) ziemlich hoch angenommen werden müssen. Noch zwei andere Gründe psychologischer Natur kommen dazu: Es gibt viele Tausende und aber Tausende von Gaskonsumenten mit sehr beschränktem Einkommen, für die die Gasautomaten eine Wohltat bedeuten, dank der Möglichkeit des Gasbezuges bei minimaler Auslage. Dieser Art Konsumenten ist die Elektrizität nicht willkommen, aus dem einzigen Grunde, weil deren Einführung in den meisten Fällen mit der Aufstellung eines Zählers verbunden ist, und wegen den daraus sich ergebenden größeren Rechnungsbeträgen, die zum Beispiel am Ende jedes Quartals zu begleichen sind. Im Falle der Verwendung von Elektrizitäts-

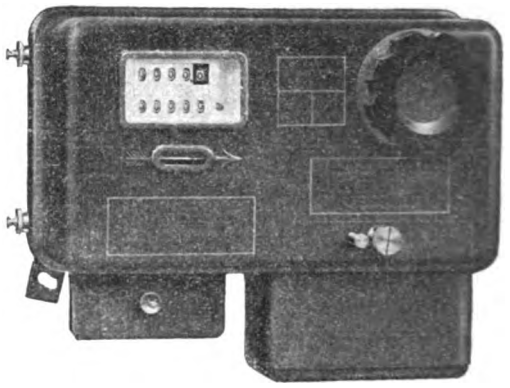


Abb. 5. Elektrizitäts-Selbstverkäufer.

Selbstverkäufern würden aber diese Leute die Möglichkeit der Benutzung elektrischer Energie in ihrem Heim mit offenen Armen begrüßen. Im ferneren ist noch zu bedenken, daß bei der Furcht vor einer größeren monatlichen oder vierteljährlichen Stromrechnung der Verbraucher sich der größten Sparsamkeit befleißigt und sich eine große Zurückhaltung auferlegt, während bei Aufstellung eines Selbstverkäufers die Münzen nach Maßgabe des Bedarfs eingeworfen werden, der Konsument keine plötzliche starke Belastung seiner Börse verspürt, sein Verbrauch daher von ihm nicht überwacht wird und daher eher zu- als abnimmt.

Wir sehen also, daß in solchen Fällen die Verwendung von Elektrizitäts-Selbstverkäufern dem Werke neue Kunden zuführt, von deren Anschluß bisher abgesehen werden mußte. Oft werden hiermit andere Vergünstigungen für den Konsumenten, wie unentgeltliche oder Leihinstallation mit oder ohne Ermäßigung des Strompreises nach Bezahlung der Installationskosten gewährt.

Digitized by Google

Werfen wir noch einen Blick auf die reinen Tarifapparate. In letzter Zeit mehren sich in allen Ländern die Stimmen, die die vielfach

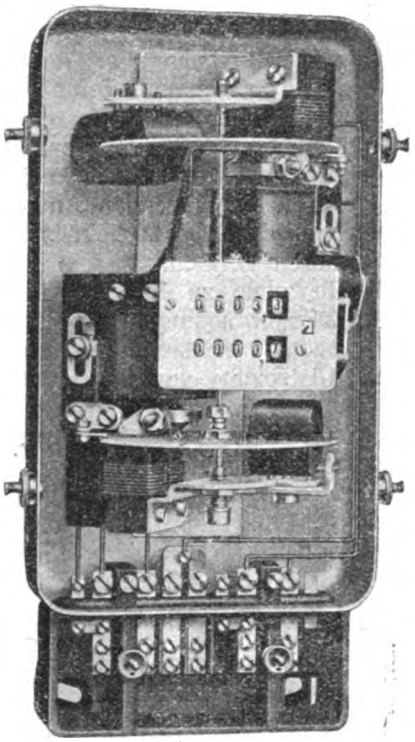


Abb. 6. Doppeltarifzähler für Drehstrom.

üblich gewordenen, auf einer Leistungs- oder Grundgebühr und auf einer Arbeitsgebühr (zur Deckung der festen oder Bereitstellungskosten und der beweglichen Kosten) beruhenden Tarife doch noch nicht für die günstigste Lösung der überall heiß umstrittenen Tarifgestaltung ansehen, da diese sogenannten Gebührentarife zwar einen Anreiz zur Erhöhung des Stromverbrauchs, nicht aber zu einer gleichmäßigeren Verteilung über die 24 Stunden des Kalendertages bieten. Die Praxis zeigt auch bei den meisten Werken, welche den Gebührentarif eingeführt haben, ein starkes Anwachsen der Belastungsspitzen. In dem Doppel-

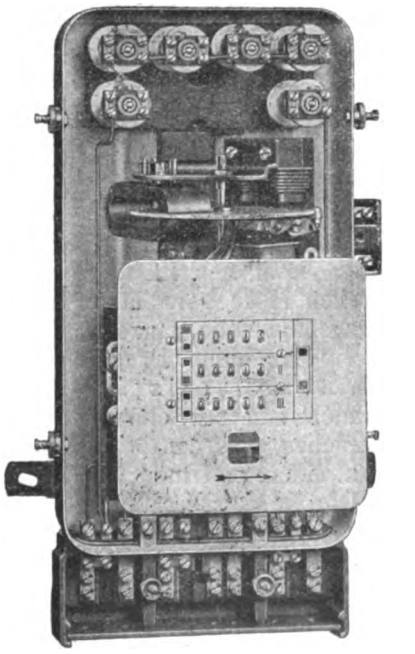


Abb. 8. Dreifachtarifzähler für Drehstrom.

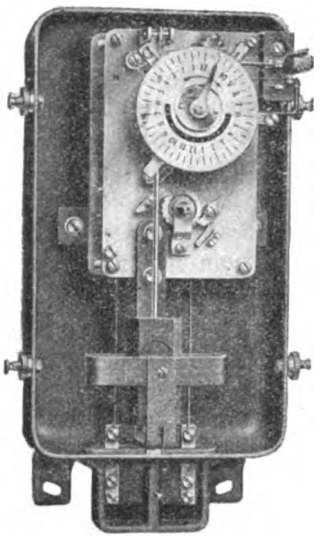


Abb. 7. Schaltuhr für Doppeltarifzähler.

oder noch besser in dem Dreifachtarif wird neuerdings immer mehr die geeignetste, den Bedürfnissen der Werke am meisten angepaßte Lösung erblickt. So hat zum Beispiel seit Beginn des Jahres 1927 eine der größten französischen, städtischen Elektrizitätsunternehmungen, die Compagnie Parisienne de Distribution de l'Electricité einen Dreifachtarif eingeführt[3]). Er sieht

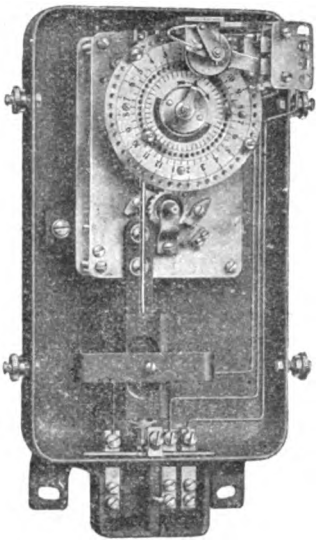


Abb. 9. Schaltuhr für Dreifachtarifzähler.

einen billigen Nachttarif, der aber auch in der Tageszeit von $11^1/_2$ bis $13^1/_2$ Uhr gilt, einen mittleren Tagestarif von 7 bis 11 Uhr und $13^1/_2$ bis

[3]) Vgl. Revue Générale de l'Electricité, Bd. 21, 1927, S. 799, Bd. 23, 1928, S. 325; vgl. a. Hak, Die Elektrizitätsversorgung des Pariser Gebietes, E. u. M. 1928, Heft 20, S. 444ff.

Digitized by Google

15 Uhr und einen hohen Tarif von 15 Uhr bis 18 Uhr vor. Während des Sommerhalbjahres wird indessen der Hochtarif nicht erhoben. Die Pariser Gesellschaft verspricht sich von dieser Tarifpolitik eine Förderung der Verwendung der Elektrizität zu anderen als bloßen Beleuchtungszwecken, besonders für Wärmegeräte und Kleinmotoren im Haushalt, aber auch für das Laden von Akkumulatoren für die Verkehrsmittel und von Sicherheitsbatterien. Die Umschaltungen der Tarife erfolgen entweder durch Uhren oder durch Relais mit Fernsteuerung.

Es besteht nun schon seit langem eine Reihe bewährter Konstruktionen für Doppel- und Dreifachtarifzähler mit den zugehörigen Schaltuhren, von denen einige in den nachstehenden Abbildungen dargestellt sind.

Bei den Doppeltarifzählern (Abb. 6) steht eine Zwischen- oder Hilfswelle, die ein Ritzel trägt, abwechselnd mit dem einen oder anderen Zählwerk eines Doppeltarifzählwerks in Eingriff, je nach der Stellung, die durch einen erregten oder nicht erregten Elektromagneten festgelegt wird, mit dessen Anker sie fest verbunden ist. Je nachdem der Elektromagnet in den Stromkreis eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, zeigt der Zähler den ersten oder zweiten Tarif an; die dem Licht- und dem Kraftverbrauch entsprechenden Zahlen werden auf zwei übereinanderliegenden Zählwerken registriert; auf jede dieser Anzahl Kilowattstunden wird der in Frage stehende Tarif angewandt. Die zugehörige Schaltuhr (Abb. 7) besorgt die selbständige Regelung der Einschaltzeiten der verschiedenen Stromkreise zu den festgesetzten Zeiten, wobei der Elektromagnet das Einrücken des einen oder des anderen Zählwerks bewerkstelligt. Auf diese Weise ist es leicht möglich, alle Zähler desselben Gebäudes oder sogar mehrerer benachbarter Gebäude von derselben Schaltuhr steuern zu lassen.

Die Dreifachtarifzähler (Abb. 8) beruhen im allgemeinen auf demselben Konstruktionsprinzip, wie das vorhin geschilderte Doppeltarifsystem. Sie weisen ein dreifaches Zählwerk mit drei Zählrollenreihen auf, von denen eine einzige auf einmal in Tätigkeit steht. Ihre Wahl ergibt sich durch das Einschalten des einen oder anderen elektromagnetischen Relais, mit denen diese Zähler im allgemeinen ausgestattet sind. Die zugehörige Schaltuhr (Abb. 9) ist so konstruiert, daß sie nach Maßgabe des vorgesehenen Stundenplanes den einen oder anderen Elektromagneten des Dreifachtarifzählers einschaltet und so die verschiedenen Tarifzählwerke steuert.

Auf diese Weise hat der Abonnent völlig freie Hand, zu allen Tages- und Nachtstunden über seine gesamte elektrische Anlage zu verfügen, sofern er bereit ist, seinen Strombedarf auf Grund derjenigen Tarife zu zahlen, die zur Zeit des Verbrauchs gelten. Es kann jedoch auch vereinbart werden, daß gewisse Apparate, insbesondere die Warmwasserspeicher, nur zu Zeiten schwacher Belastungen angeschlossen werden dürfen. [illegible] Schaltuhr wirkt in diesem Falle außerdem [illegible] auf den Schalter des Warmwasserspeichers [illegible] gestattet, ihn zu den Zeiten des Niedertarifs [illegible] schließen.

In diesem Zusammenhang sei noch ein E[illegible]fachtarifzähler genannt, der aber eine [illegible] einfachte Registrierung und Verrechnung [illegible] elektrischen Verbrauchs nach dem Doppe[illegible]tarifprinzip gestattet und der beispielsweise in landwirtschaftlichen Gegenden Anwendung f[illegible]det, in denen man den Absatz elektrischer Ener[illegible] zum Beispiel durch Vermehrung von Kleinmotore[illegible] fördern möchte, ohne zu Spezialtarifzählern m[illegible] Schaltuhren Zuflucht nehmen zu müssen, die f[illegible] zerstreut liegende, vereinzelte und unbedeutend[illegible] Anlagen zu kostspielig und umständlich wäre[illegible] Der in diesem Fall geeignete Apparat ist der s[illegible]genannte Doppelpreis- oder Anzapfzä[illegible]ler (Zähler mit unterteilter Stromspule).

Der Doppelpreiszähler, von dem hier die Rede ist, ist ein Einfachtarifzähler, dessen Stromspule, wie aus Abb. 10 hervorgeht, in zwei Teile unterteilt ist, deren Längen zuein-

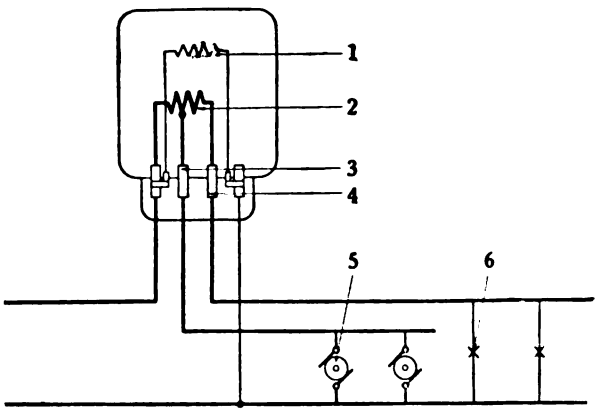


Abb. 10. Schaltungsschema eines Einphasen-Doppelpreiszählers.

ander im Verhältnis des Lichttarifes zum Krafttarif stehen. Sowohl der Licht- wie der Kraftstromkreis gehen beide vom Zähler aus, aber der Lichtstrom durchfließt die ganze Spule, der Kraftstrom dagegen nur einen Bruchteil davon. Der Zähler registriert also vollständig den Lichtenergieverbrauch und nur einen Teil des Kraftenergieverbrauches, was darauf hinauskommt, den Kraftstrom zu einem verringerten Tarifansatz zu verrechnen. Durch Multiplikation der Zählwerksangaben mit dem Einheitslichtpreis erhält man den zu zahlenden Betrag.

Die tarifpolitische Wirkung eines Doppelpreiszählers ist dieselbe wie bei zwei getrennten Anlagen mit je einem Einfachtarifzähler. Einen Einfluß auf die Belastungskurve durch eine entsprechende Tarifbildung, wie sie beim Doppeltarifzähler möglich ist, kann mit dem Doppelpreiszähler nicht erreicht werden. Er kommt daher meistens in solchen Fällen in Betracht, wo der Elektrizitätslieferant den Strom für Kraft und für Licht

Digitized by Google

ozusagen während allen 24 Stunden des Tages hne Schaden zum billigen Kaufpreis abgeben önnte, aber aus rein kaufmännischen Erwägungen lektrisches Licht nicht zu einem Preis abgeben ill, der weit unter demjenigen für andere Beeuchtungsmittel, wie beispielsweise Petrol oder as, liegt. In diesem Fall aber ist der Doppelpreisähler durchaus am Platze.

Wo man indessen damit rechnen muß, daß ährend der Lichtzeit die Belastung durch Kraftrbrauch möglichst eingeschränkt werden soll nd dies dadurch erreichen will, daß während ieser Zeit der Preis für die bezogene elektrische nergie so hoch angesetzt wird, daß die Verwenung von Kraftstromverbrauchern unrentabel wird, m den Konsumenten zu veran'assen, seinen

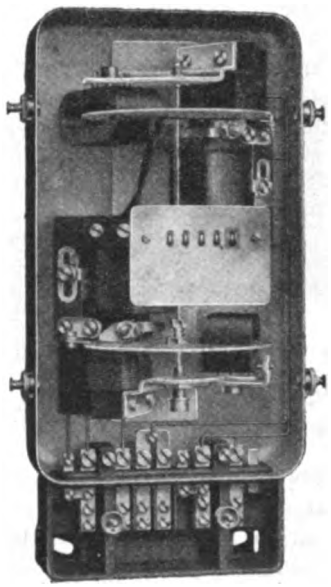


Abb. 11. Blindverbrauchzähler für Drehstrom.

Kraftstrombezug zu diesen Tagesstunden einzustellen oder doch zu verringern, ist der Doppeltarifzähler der gegebene Tarifapparat, welcher nicht durch den Doppelpreiszähler ersetzt werden kann.

Doppelpreiszähler und Doppeltarifzähler haben also im Grunde genommen eine entgegengesetzte tarifpolitische Wirkung. Durch Kombination beider Tarifapparate, das heißt durch Doppeltarifzähler mit unterteilter Stromspule, bzw. Doppelpreiszähler mit Doppeltarifzählwerk werden beide charakteristische Eigenschaften vorteilhaft miteinander vereinigt. Dadurch, daß Licht stets zu einem höheren Preis als Kraft verrechnet wird, wird die Forderung erfüllt, für die elektrische Beleuchtung so viel wie möglich herauszuholen. Durch die Wahl höherer Preisansätze für Licht und Kraft während der Zeit der hohen Belastung wird der Abonnent veranlaßt, seinen Energieverbrauch zu diesen Zeiten einzuschränken. Diese Kombination besitzt gegenüber den normalen Doppeltarif- und Dreifachtarifzählern mit Schaltuhr zweifelsohne den Vorzug, daß das Licht während der Nachtzeit nicht zum niedersten Tarif abgegeben werden muß, das heißt zu einem Preis, der im Vergleich zu demjenigen anderer Beleuchtungsarten viel zu niedrig ist.

Zum Schluß sei noch mit einigen Worten auf die in der heutigen Elektrizitätswirtschaft zu immer größerer Bedeutung gelangenden Registrierung des Blind- und Scheinverbrauches und die dazu geschaffenen Apparate eingetreten.

Wenn die von einem Elektrizitätswerk abgegebene Energie wie üblich allein durch Wattstundenzähler gemessen wird, so wird nur der Wirkverbrauch (in kWh) bezahlt, was für das Elektrizitätswerk ungünstig ist im Fall, wo die Energieentnahme mit großer Phasenverschiebung (schlechter Leistungsfaktor) erfolgt, das heißt wenn auch eine große Blindenergie geliefert werden muß, was zum Beispiel bei schwach belasteten Asynchronmotoren vielfach vorkommt.

Der Verbrauch an Blindwattstunden kann nur durch Blindverbrauchzähler gemessen und somit zur Verrechnung herangezogen werden (Abb. 11).

Besonders wichtig ist die Anwendung von Blindverbrauchzählern bei Parallelschal-

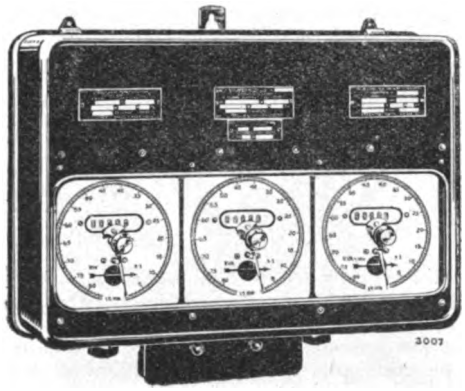


Abb. 12. Scheinverbrauchzähler.

tung mehrerer Kraftwerke[4]). Hierbei kann es nämlich vorkommen, daß das eine Werk die Erregung seiner Generatoren so reguliert, daß diese nahezu induktionsfrei, also sehr günstig belastet sind. Die anderen Werke haben dann in diesem Fall den gesamten Blindverbrauch zu decken. Finden nun zur Registrierung der von den einzelnen Kraftwerken geleisteten Lieferungen lediglich Wattstundenzähler Verwendung, so erhält man ein nur unvollkommenes Bild über die tatsächliche Leistung des einzelnen Werkes, da die gelieferte Blindenergie nicht in Betracht gezogen wird. Die Benutzung von Blindverbrauchzählern gestattet nun, die gleichmäßige Lieferung der Blindenergie zu überwachen und durch geeignete Maßnahmen die einzelnen Zentralen zu veranlassen, sich an der Abgabe der Blindenergie möglichst gleichförmig zu beteiligen.

In neuester Zeit ist man nun dazu übergegangen, an Stelle der Leistungsfaktortarife (cos φ Tarife), die infolge der Kompliziertheit der sogenannten cos φ-Klauseln in den Stromlieferungsverträgen zu mancherlei Anständen zwischen Erzeugern und Verbrauchern elektrischer Energie

[4]) E. u. M. 1923, S. 314; 1924, S. 717, 749.

Digitized by Google

geführt haben, sogenannte kVA-Tarife einzuführen, die die Erfassung des Leistungsfaktors auf Grund des Scheinverbrauchs gestatten. Außerdem bilden sie insofern eine gerechtere Grundlage für die Verrechnung elektrischer Energie, als die Bereitstellungskosten (festen Kosten) bei einer bestehenden Anlage in erster Annäherung proportional der maximal entnommenen Scheinlast in Kilovoltampere gesetzt werden können. Man hat daher in den letzten Jahren angefangen, in denjenigen Fällen, wo man den Blindstrom bei der Ermittlung der Bereitstellungskosten in Rücksicht ziehen will, der Verrechnung die Höchstlast in Kilovoltampere zugrunde zu legen. Dieses Verfahren entpricht den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen zweifellos viel besser als die Verrechnung der Maximalleistung in Kilowatt, und man könnte gegen diese Art des Vorgehens deshalb eigentlich keine Einwände erheben, wenn die Messung der maximalen Scheinlast leicht und genau vorgenommen werden könnte. Dies war jedoch bis vor kurzem leider nicht der Fall. Erst in allerneuester Zeit sind auf dem Markte Apparate und Apparataggregate erschienen, die den an eine zuverlässige Messung des Scheinverbrauchs zu stellenden Forderungen innerhalb gewisser zulässiger Grenzen genügen. Unter diesen Vorrichtungen und Instrumenten zur Kilovoltamperemessung und -Zählung nimmt der Scheinverbrauchzähler[5]), Abb. 12, insofern eine besondere Stellung ein, als er eine Messung des Scheinverbrauchs über den ganzen veränderlichen Leistungsfaktorbereich von cos φ = 1 bis 0 gestattet (bei Verwendung von vier Apparaten sogar für den Bereich von cos φ = 0 bis 360°). Bei Kombination mit einem schreibenden Höchstverbrauchszähler erlaubt er die unmittelbare Aufzeichnung der mittleren Höchstscheinbelastungen, so daß dem Registrierstreifen ohne weiteres alle das Werk oder den Großabonnenten interessierenden Angaben entnommen werden können. Da dieser Apparat eine Kombination eines Wirk- und eines Blindverbrauchzählers darstellt, können auch diese beiden anderen Energiearten an den entsprechenden Zählwerken abgemessen und der mittlere Leistungsfaktor der Anlage für eine bestimmte Registrierperiode ermittelt werden. Auch sonst können die meisten Probleme, die im Zusammenhang mit Schein- und Blindverbrauchmessungen auftauchen, mit Hilfe dieses Apparates und seiner Kombinationen mit anderen Spezialtarifapparaten gelöst werden.

[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 1, S. 32.

Universal-Stromwandler.

Von Dipl.-Ing. Alex. **Keller**, Frankfurt a. M.

Übersicht. Es werden zwei neue tragbare Stromwandler beschrieben, die bei kleinen Abmessungen und geringem Gewicht mit einer großen Anzahl von Übersetzungsverhältnissen (46 bzw. 21) sehr weite Meßbereiche umfassen. Mit dem Wandler der E-Klasse lassen sich Ströme bis 1900 A bei 15 bis 60 VA Leistung, mit dem Wandler der F-Klasse Ströme bis 800 A bei 7·5 bis 30 VA Leistung beherrschen. Die normale Bauart der Wandler läßt Betriebsspannungen bis etwa 750 Volt zu. In einer besonderen Ausführungsform gestattet der Präzisionsstromwandler Messungen bei Spannungen bis zu 6000 V.

Einem vielfachen Bedürfnis Rechnung tragend, hat die Firma Hartmann & Braun A. G., Frankfurt am Main, zwei neue tragbare Stromwandlertypen geschaffen, die sich durch ihre vielseitige Verwendbarkeit auszeichnen. Die beiden Wandlern gemeinsamen Merkmale sind: Weite Meßbereiche, große Anzahl von Übersetzungsverhältnissen und große Leistung bei verhältnismäßig geringem Gewicht. Während jedoch der größere Wandler (265 × 120 × 295 mm, 11 kg schwer, Abb. 1) Messungen von Strömen bis 1900 A zuläßt, bei einer Genauigkeit, die der E-Klasse entspricht, gestattet der kleinere Wandler (205 × 100 × 245 mm, 5 kg schwer, Abb. 2) bei einer der F-Klasse entsprechenden Genauigkeit, nur Messungen von Strömen bis 800 A.

Abb. 1.
Stromwandler der *E*-Klasse mit 46 Meßbereichen, Prüfspannung 2500 V.

Abb. 2.
Stromwandler der *F*-Klasse mit 21 Meßbereichen, Prüfspannung 2500 V.

Die von der P. T. R. und dem V. D. E. für die Klasse E (Edelklasse) und Klasse F (Feinklasse) vorgeschriebenen Fehlergrenzen sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Stromstärke	Fehler des Wandlers in Klasse *E*		Fehler des Wandlers in Klasse *F*	
	Stromfehl. in vH	Fehlwink. in Min.	Stromfehl. in vH	Fehlwink. in Min.
Von 1/1 bis 1/2 Nennstr.	± 0·5	± 40	± 1	± 80
„ 1/2 „ 1/5 „	± 0·5	± 40	± 1·5	± 100
„ 1/5 „ 1/10 „	± 1	± 60	± 2	± 120

Die beiden Wandler sind sogenannte Durchsteck- oder Lochwandler, weil für die Messung höherer Ströme (über 150 A bzw. 120 A) der den Primärstrom führende Leiter durch eine im Wandler vorgesehene Öffnung hindurch geführt werden muß (Abb. 3). Infolge der Möglichkeit solcher Durchsteckwindungen und einer durch Anzapfungen geschickt gewählten Unterteilung der fest eingebauten Primär- und Sekundärwicklung (Abb. 4a

Digitized by Google

und 4b), ergibt sich die große Anzahl von Übersetzungsverhältnissen. Die unter Verwendung der stationären Wicklungen erzielbaren Übersetzungsverhältnisse sind durch die Zahl der Anzapfungen festgelegt. Es ergeben sich dadurch für den Wandler der E-Klasse 10 und für den Wandler der F-Klasse 7 verschiedene Primärnennströme.

Bei Anwendung von Durchsteckwindungen dagegen, lassen sich eigentlich beliebig viele Übersetzungsverhältnisse herstellen, deren Anzahl lediglich durch die in dem Wandler eingebaute Windungszahl (380 bzw. 160 Windungen) begrenzt ist und davon abhängt, bis zu wieviel Durchsteckungen man aus praktischen Gründen gehen will. Man kann bei dieser Verwendungsart der

Abb. 3. Wandler mit Durchsteckwindungen.

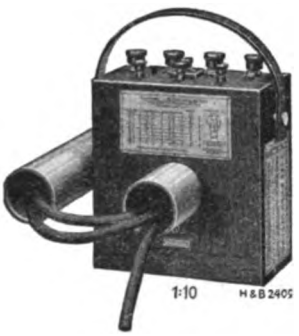


Abb. 5. *E*-Wandler mit Isolierrohren, Prüfspannung 20 000 V.

Wandler nämlich die zur Messung kleinerer Ströme in den Wandler fest eingebaute Primärwicklung als Teil der Sekundärwicklung benutzen und mit dieser ganz oder teilweise in Summe oder Differenz schalten, so daß sich die verschiedensten Amperewindungszahlen ergeben. Begnügt man sich jedoch mit maximal 6 bzw. 4 Durchsteckungen, so lassen sich für die beiden Wandler

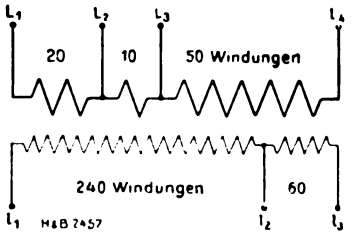


Abb. 4 *a*. Schaltbild des *E*-Wandlers.

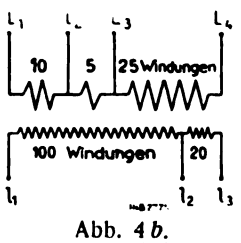


Abb. 4 *b*. Schaltbild des *F*-Wandlers.

weitere 31 bzw. 14 verschiedene Übersetzungsverhältnisse erzielen.

Werden diese Stromwandler in der bisher beschriebenen Weise benutzt, so sind für sie Betriebsspannungen bis 750 V zulässig. Der Präzisionswandler kann jedoch auch bis zu Betriebsspannungen von 6000 V gebraucht werden, aber nur, wenn man mit Durchsteckwindungen arbeitet. Um dies zu erreichen, wird der Wandler mit zwei Isolierrohren versehen, die einer Prüfspannung von 20 000 V entsprechend über den Kasten herausragen und deren eines durch die Wandleröffnung gesteckt wird, während das andere auf einer Seite des Wandlers befestigt wird (Abb. 5). Will man auf diese Art und Weise auch kleinere Ströme messen, so kann man den Vorteil der Durchsteckwindungen noch weiter ausnützen, indem man auf eine größere Anzahl von Durchsteckungen übergeht.

Die Leistung eines Stromwandlers steigt praktisch mit der 2·4ten Potenz der Amperewindungen. Stromwandler, bei denen die verschiedenen Übersetzungsverhältnisse nicht durch Parallelschalten von Wicklungsteilen, sondern durch Wicklungsanzapfungen hergestellt werden, arbeiten aber immer mit verschiedenen Amperewindungen. Infolgedessen beträgt die Leistung des E-Wandlers je nach der benutzten Amperewindungszahl 15 bis 60 VA, diejenige des F-Wandlers 7·5 bis 30 VA. Diese großen Leistungen in Verbindung mit solcher Genauigkeit werden bei den kleinen Abmessungen der Wandler nur möglich infolge einer mit der Sekundärwicklung in Reihe

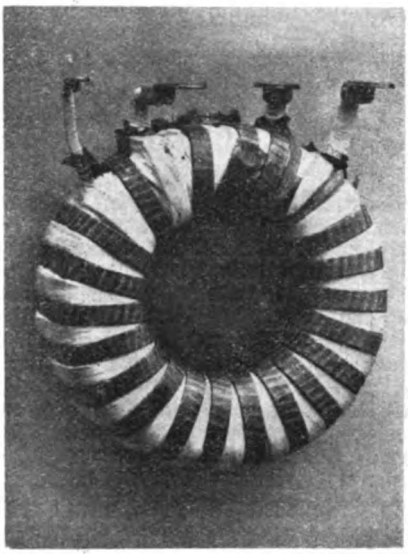


Abb. 6. Fertig gewickelter *E*-Wandler vor dem Einbau.

geschalteten Hilfswicklung, welche nur einen Teil des Eisenquerschnittes umschließt und dazu dient, den Eisenkern entsprechend hoch zu magnetisieren. Eine hohe Permeabilität ist aber gleichbedeutend mit einem kleinen magnetischen Widerstand. Durch diese Maßnahme und durch Verwendung eines stoßfugenfreien Eisenkerns, wird die Blindkomponente des Magnetisierungsstromes des Stromwandlers und damit auch sein Stromfehler und Fehlwinkel wesentlich verkleinert. Auf diese Hilfswicklung ist auch die eigenartige Charakteristik der Fehlerkurven solcher Stromwandler zurückzuführen. Während bei einem gewöhnlichen Stromwandler mit abnehmendem Primärstrom der Sekundärstrom mehr als proportional fällt und der Fehlwinkel steigt, ist es bei diesen Wandlern gerade umgekehrt. Dadurch kommt es auch, daß die Fehler solcher Wandler zwischen 30 und 80 vH ihres Nennstromes am geringsten sind und kaum die Hälfte ihrer zulässigen Grenz-

Digitized by Google

werte erreichen. In diesem Bereiche sind also bei Einhaltung der Genauigkeitsgrenzen noch weit höhere Belastungen zulässig als oben angegeben.

Der Eisenkern der Stromwandler ist aus kreisrund geschlossenen hochlegierten Dynamoblechen zu einem quadratischen Querschnitt geschichtet. Zwecks Vermeidung von Wirbelstrombildung wird der Kern nicht vernietet, sondern lediglich gepreßt und fest bandagiert. Nachdem er noch entsprechend einer Prüfspannung von 2000 V isoliert ist, wird von Hand die Hilfswicklung aufgebracht. Das Aufbringen der Sekundärwicklung erfolgt mit einer Spezialwickelmaschine, und zwar so, daß sich die Wicklung gleichmäßig über den ganzen Eisenkern verteilt. Der so bewickelte Kern wird nun mit mehreren Lagen Isolierleinen bandagiert, die normalerweise einer Prüfspannung von 10 000 V standhalten, so daß bei der tatsächlichen Prüfspannung von 2500 V ein Durchschlag so gut wie ausgeschlossen ist. Hierauf folgt nun, entsprechend ihren Wicklungsabteilungen, in drei Lagen die aus dickem Flachkupfer bestehende Primärwicklung. Um einen Windungsschluß auszuschließen, ist jede Lage der Primär- und Sekundärwicklung für sich isoliert. Zwecks Erhöhung der Wärmebeständigkeit der Wicklungsisolation wird der Wandler nach den einzelnen Arbeitsgängen jeweils in Isolierlack getaucht. Abb. 6 zeigt einen fertig gewickelten Wandler vor dem Einbau in das Gehäuse.

Die vielseitige Verwendbarkeit dieser für Laboratoriums- und Prüffeldzwecke gedachten Wandler dürfte aus dem bisher Gesagten deutlich hervorgegangen sein. Außerdem gibt aber die vielfache Umschaltbarkeit eines solchen Stromwandlers, natürlich unter Berücksichtigung der Betriebsspannung, die Möglichkeit eines Austausches gegen einen aus irgendeinem Anlaß gerade ausfallenden Schalttafel- oder Durchführungsstromwandler, ohne daß sich die Konstante der Instrumente ändert. Schon allein aus diesem Grunde müßte in jeder Niederspannungsanlage ein solcher Stromwandler ständig als Reserve bereitgehalten werden.

Ein neuer Spannungswandler für Höchstspannungen.

Von Prof. A. **Imhof**, Winterthur.

Übersicht. Ein neuartiger Spannungswandler wird beschrieben, der im wesentlichen aus einem sehr hohen, aus Draht gewickelten Widerstand in Serie mit der Primärwicklung eines einpolig geerdeten Stromwandlers besteht. Die Widerstandsspulen sind zu einer Säule übereinander gelagert und unter Öl; das rohrförmige Ölgefäß ist isolierend. Der Sekundärstrom ist proportional der Meßspannung und mit ihr in Gegenphase. Gewicht, Raumbedarf und Preis sind sehr viel kleiner als bei normalen Spannungswandlern, die Leistung genügend zur Speisung direkt zeigender, wie auch registrierender Spannungsmesser, Frequenzmesser, Wattmeter, Synchronoskope, usw.

Ein zur Messung hoher Spannungen sehr geeignetes Prinzip besteht darin, zwischen Meßleitung und Erde einen hohen Wechselstrom-Widerstand einzuschalten und den durchfließenden Strom am geerdeten Ende über einen Stromwandler zu messen. Der Stromwandler ist wesentlich, damit der zwischen Meßleitung und Erde fließende Strom klein sein kann und weiterhin, um Fernmessungen in zweckmäßiger Weise zu ermöglichen. Durch die Wahl der Erde als ein Anschlußpol spart man den größten Teil der Stromwandler-Isolationen, ja erst hiedurch wird auch eine gute Dimensionierung des Stromwandlers möglich. Durch geeignete Zusammenschaltung zweier solcher Apparate, die an zwei ungeerdeten Leitungen angeschlossen sind, kann gleichwohl auch die Spannung zwischen diesen Leitungen gemessen werden. Als Wechselstrom-Widerstand kann eine technisch reine Kapazität (sogenannte C-Messung nach Keinath[1]), eine technisch reine Induktivität (zum Beispiel Kaskadenwandler nach Pfiffner[2]) oder ein technisch reiner Wirkwiderstand verwendet werden. Endlich sind kombinierte Widerstände denkbar.

Der „Widerstands-Spannungswandler" von Trüb, Täuber & Co. (nach A. Imhof) benützt den reinen Wirkwiderstand. Nachdem sich jegliche Art von Stabwiderständen wegen zu großem Temperatur-Koeffizienten oder sonstiger Unkonstanz für genaue Messungen als ungeeignet erwiesen hatten, wurden Spulen aus Widerstandsdraht verwendet. Feinster Konstantan-Draht mit guter Isolation wird zu ringförmigen Spulen mit kleinem Querschnitt gewickelt mit periodisch änderndem Umlaufsinn. Von solchen hintereinander geschalteten Spulen werden Abteilungen gebildet, die je nach Höhe der Meßspannung in mehr oder weniger großer Zahl übereinander zu einer Säule aufgebaut werden. Zu unterst befindet sich der einpolig geerdete Stromwandler. Dieser und die Spulen befinden sich unter Öl. Als Ölkessel dient ein Isolierzylinder. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen ist dem Öl die Möglichkeit zur Zirkulation gegeben. Abb. 1 läßt den Aufbau erkennen, wenn auch die Spulen wegen den darübergezogenen Korona-Schutzzylindern nicht sichtbar sind. Die Schutzzylinder bestehen aus Hartpapier mit eingewickelter Stanniolage. Für die meist in Betracht kommenden Freiluftkonstruktionen werden zum Witterungsschutz Porzellanhauben angebracht. Das Öl ist völlig abgeschlossen, gegen Überdruck aber durch Ventile gesichert.

Normalerweise beträgt der Primärstrom bei Nennspannung nur 5 mA, der Sekundärstrom 0,5 A. Die Belastbarkeit beträgt 15 VA, wobei noch die Meßgenauigkeit der Klasse F eingehalten werden

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 524.
[2]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 356.

Digitized by Google

kann, sowohl was die Übersetzungs- wie was die Winkelfehler anbelangt. Der Primärstrom ist mit der Meßspannung in Phase, der Sekundärstrom in Gegenphase und ihr proportional. Wenn die Belastbarkeit klein erscheint, muß dabei bedacht werden, daß die Meßgeräte Strommesser-Systeme enthalten, die Leistung konsumierenden Vorwiderstände also wegfallen. Größere Leistungen werden am ehesten durch Relais gebraucht, aber da dann meist eine etwas kleinere Genauigkeit genügt, ist die Belastbarkeit größer. Zwischen Meßspannung und sekundärem Meßstrom besteht Proportionalität.

Aus der oben beschriebenen Konstruktion ergeben sich einige auffallende, für die Praxis höchst bedeutsame Eigenschaften, sowohl in bezug auf

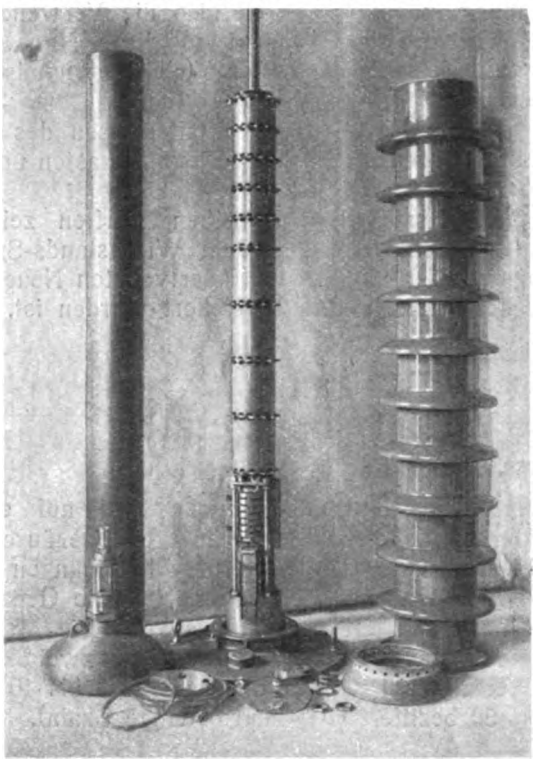


Abb. 1. Aufbau des Spannungswandlers.

Größe und Gewicht, wie auch in bezug auf die elektrische Festigkeit. Die folgende Tabelle gibt hierüber Auskunft:

Nennspannung kV . . .	64	110	135	150	220
Gesamthöhe mm	1800	2330	2520	2690	3430
Größter Durchmesser zwischen Fuß und Kopf mm	416	416	416	416	416
	207	207	207	207	207
Fußdurchmesser mm . .	650	650	650	650	650
Gesamtgewicht kg . . .	240	280	310	330	400
	160	175	190	200	225
Ölgewicht zirka kg . . .	25	35	40	45	60

Die oberen Zahlen gelten für die Freiluft-, die unteren für die Innenraum-Ausführung.

Zum Vergleich sei erwähnt, daß normale Spannungswandler für 120 kV zirka 5000 kg wiegen, eine Gesamthöhe von etwa 3400 mm haben, ein Ölgewicht von zirka 2400 kg, und eine Grundfläche von 2·6 m² einnehmen.

Der Spannungsgradient längs der ganzen Höhe ist konstant und beträgt nur 0·95 kV/cm bei Nennspannung. Daraus ergibt sich eine außerordentliche dielektrische Festigkeit. Durchführungsisolatoren sind keine vorhanden, Sprungwellen erfahren durch den hohen Widerstand eine starke Dämpfung. In bezug auf Erwärmung sind die Abmessungen so gewählt, daß die Temperatur von Öl und Wicklungen bei dauernder Nenn-Phasenspannung (dauernde Meßspannung) 20 vH unterhalb den Verbandsvorschriften bleibt.

Für elektrische Anlagen ergeben sich aus den kleinen Dimensionen und den niedrigeren Preisen

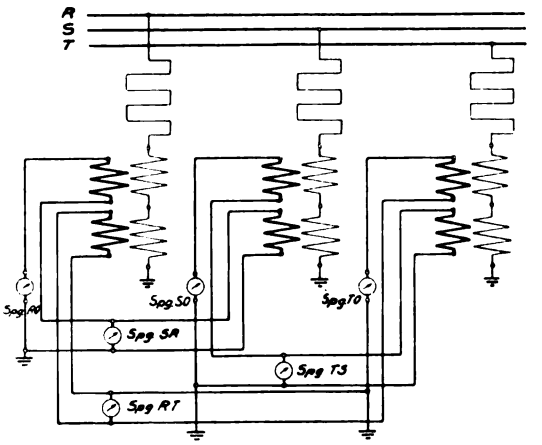


Abb 2

große Vorteile. Für die Fabrikation und die Bauzeit wirkt der Umstand sehr günstig, als unabhängig von der Höhe der Spannung fast durchgehend dieselben Bestandteile verwendet werden, so daß diese serienmäßig hergestellt und auf Lager gelegt werden können.

Als wichtigstes Anwendungsfeld kommen für die Widerstands-Spannungswandler Hochspannungszentralen und Unterwerke in Betracht, sei

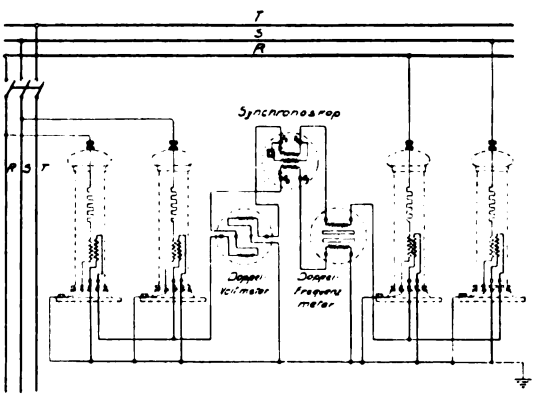


Abb. 3.

es zur Messung der Spannung und Leistung, sei es zur Synchronisierung und Betätigung von Relais. Durch Einbau zweier unabhängiger Sekundärwicklungen ist es möglich, gleichzeitig sowohl die Erdpotentiale wie auch, durch Zusammenschaltung der Wandler zweier Phasen, die verketteten Spannungen zu messen. Die Synchronisierung in Drehstromanlagen ist auch möglich, wenn Generator-Sammelschienen fehlen, indem die eine Wicklung des Synchronoskops über einen normalen

Digitized by Google

Spannungswandler an die Generatorspannung, die andere über die Widerstands-Spannungswandler an die Oberspannung gelegt wird. Neben schon bestehenden normalen Spannungswandlern eignen sich die neuen Wandler als Reserve in Störungsfällen und werden dann zweckmäßig als Erdschlußprüfer ständig angeschaltet. Das kleine Gewicht gestattet auch sehr gut die Verwendung als transportabler Meßwandler. Die formgetreue Wiedergabe der Spannungskurve gab bereits Veranlassung zur Verwendung bei oszillographischen Messungen. In Hochspannungs-Prüflokalen stellt der für einige hundert kV herstellbare Wandler wohl das zuverlässigste Mittel zur Messung der effektiven Werte dar.

Durch Einbau zweier Sekundärwicklungen in jeden Widerstandsspannungswandler können sowohl die Spannungen gegen Erde, wie auch die verketteten Spannungen gemessen werden (Abb. 2). Für die Messung der verketteten Spannungen werden die beiden Wandler der betreffenden Leitungen so parallel an das Meßgerät gelegt, daß das Ausgangsende der Sekundärwicklung eines Wandlers mit dem Eingangsende der Sekundärwicklung des anderen Wandlers zusammenfällt.

Die Synchronisierung (Abb. 3) geschieht im gegebenen Beispiel durch Spannungs- und Frequenzvergleich der beiden zusammenzuschaltenden Netze mit Doppelinstrumenten und durch Beobachtung eines Drehfeldsynchronoskopes. Indes genügt auch für jedes Netz ein einziger Wandler, indem an Stelle der verketteten Spannungen die Phasenspannungen benützt werden.

Obschon der Apparat als Spannungswandler verwendet wird, ist er also schaltungstechnisch als Stromwandler zu behandeln. Alle Niederspannungsapparate sind also in Serie anzuschalten und besitzen Strommesserwicklungen. Eine Besonderheit ergibt sich einzig bei den Ferraris-Zählern, die Blindstrom aufnehmen. Da der sekundäre Strom des Widerstandswandlers mit der Meßspannung in Phase ist, ist also die Verwendung des Ferraris-Prinzips nicht möglich. Man verwendet deshalb Kollektor- (elektrodynamische) Zähler.

Gegen ein unachtsames Offenlassen des Belastungskreises schützen im Klemmenkasten untergebrachte Neonröhren.

Die vorstehenden Angaben dürften zeigen, daß die Meßtechnik mit dem Widerstands-Spannungswandler um eine der wertvollsten Neuerungen der letzten Jahre bereichert worden ist.

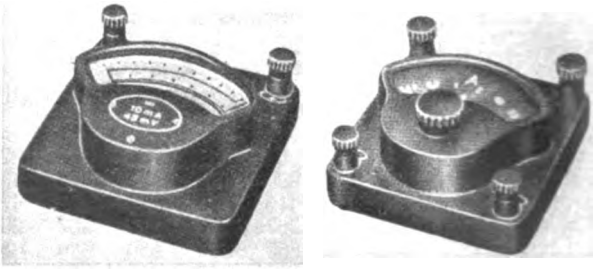
Neuere tragbare elektrische Betriebsmeßgeräte.

Von Ing. W. **Kraus**, Wien.

Übersicht. **Die geregelte Führung eines Betriebes, in dem Elektrizität erzeugt oder durch Verbrauch in eine andere Energieform gebracht wird, erfordert Meßgeräte, die, je nach dem Verwendungszweck, verschiedener Ausführung sein können und die zu bestimmenden Meßgrößen einfach, also durch Zeiger und Skala, abzulesen gestatten sollen. Für ständige Betriebsmessungen, wie zum Beispiel in Schaltanlagen, sind die bekannten Zeigermeßgeräte in Dosenform (Schalttafelmeßgeräte) geeignet, während für ambulante Messungen tragbare Meßgeräte in Verwendung kommen. Die mannigfaltigen Forderungen der Praxis haben in jüngster Zeit zu einigen bemerkenswerten Neuerungen auf dem Gebiete der tragbaren Meßgeräte geführt, die in der Folge kurz beschrieben werden sollen. Diese Meßgeräte sollen hauptsächlich den Betriebsmann in Elektrizitätswerken, Leitungsnetzen und Transformatorenstationen, wie auch dem in der Installationstechnik Tätigen gute Dienste leisten können.**

Die bisher gebauten tragbaren Betriebsmeßgeräte (Montagemeßgeräte), deren Meßwerke in Holzkasten angeordnet und in der Regel zum Aufstellen auf Tischen geeignet sind, wurden wegen ihres Gewichtes und ihrer Abmessungen manchmal als unbequem bezeichnet. Das Verlangen nach einem handlichen leichten Gerät, das doch noch genügende Genauigkeit besitzt, führte zur neuen Siemens-Zwerg-Type (Z-Type, die für Gleichstrom als auch für Wechselstrom durchgebildet wurde[1]).

Abb. 1 zeigt ein solches Meßgerät für Gleichstrom, mit Drehspulmeßwerk, samt Nebenwiderstand, in der Ansicht. Es besitzt Messerzeiger und Spiegelskala, die Skalenstriche sind auf einer lackierten Metallskala gezeichnet, das Gehäuse besteht aus gezogenem Blech, die Abmessungen sind 110×110 mm in der Grundfläche. Die Genauigkeit beträgt 1 vH vom Höchstwert. Die Meßbereiche sind so gewählt, daß jedes Gerät zwei Skalen im Verhältnis 1 : 3 erhält, und zwar 0 bis 10 und 0 bis 30 beziffert (100- und 60teilige Skala).



Instrument Nebenwiderstand

Abb. 1. Siemens-Z-Type für Gleichstrom.

Die Geräte für Gleichstrom zum Anschluß an Vor- und Nebenwiderstände erhalten einen Meßbereich von 45 mV bei einem Widerstand von 4·5 Ohm, also 10 mA Stromverbrauch. Normale Strom- und Spannungsmesser zeigen folgende eingebaute Meßbereiche:

0·03 — 0·3 — 3 A;	3 — 15 — 150 V;
0·1 — 1 — 10 A;	3 — 30 — 300 V;

[1]) Vgl. Dr.-Ing. G. Keinath, Siemens-Zeitschrift, 1926, Heft 7.

Digitized by Google

Getrennt angeordnete Vor- und Nebenwiderstände sind in Gehäusen gleicher Abmessung und Form untergebracht. Ein sichtbarer Einstellknopf dient zur Einstellung des Meßbereiches. Die Meßbereiche des Nebenwiderstandes bis 30 A sind 0·03 — 0·3 — 1 — 3 — 10 — 30 A.

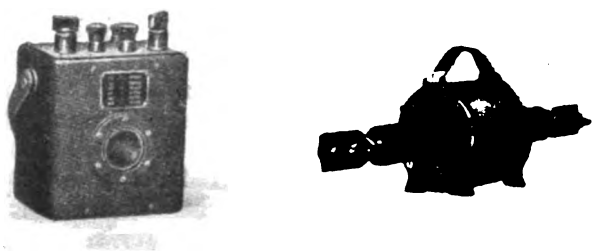
Für höhere Ströme bis 100 und 300 A ist ein besonderer Nebenwiderstand mit Abzweigklemmen vorgesehen mit gleichen Gehäuseabmessungen. Die Vorwiderstände in der gleichen Form haben die Meßbereichwerte 1 — 3 — 10 — 30 — 100 — 300 V.

Für das Wechselstrommeßgerät der Z-Type benutzt man das Dreheisenmeßwerk für Strom- und Spannungsmesser (Abb. 2a). Der Strommesser erhält Endausschlag für 5 A, von 1 A ab ist die

a *b*

Abb. 2. Siemens-Z-Type für Wechselstrom.

Skala gleichförmig geteilt. (Dieser Strommesser ist gedacht in Verbindung mit tragbaren Stromwandlern, die weiter unten beschrieben werden sollen.) Der Spannungsmesser hat den eingebauten Bereich von 130 V und kann durch Verwendung von Vorwiderständen bis 260 und 400 V im Meßbereich erweitert werden. Der Leistungsmesser (Abb. 2b) erhält ein eisenloses dynamometrisches Meßwerk und ist für 5 A und 100 V (auf 120 V überlastbar) bemessen, gleichfalls zum Anschluß an Meßwandler. Die Skala ist fast gleichförmig. Durch äußere Vorwiderstände kann der Spannungsbereich



a *b*

Abb. 3. Stromwandler.

bis 220 und 380 V erhöht werden. Dieser Vorwiderstand ist auch als Nullpunktwiderstand für Drehstrom gleicher Belastung bis 220 V verketteter Spannung verwendbar. Vorwiderstände sind ebenfalls gleicher Größe wie die Meßgeräte. Das Gewicht eines Instrumentes oder Vor- oder Nebenwiderstandes beträgt im Durchschnitt je 0·5 kg. Die kleinen, aber gleichen Abmessungen der Geräte, Vor- und Nebenwiderstände, und ihr geringes Gewicht gestatten es, diese in Lederkoffern unterzubringen, und sie so als Handgepäck auf Abnahmen, Revisionen mitzunehmen.

In Verbindung mit diesen Instrumenten sind für Wechselstrommessungen die neuen tragbaren Siemens-Stromwandler besonders geeignet. Sie bestehen aus einem Ringkern mit primär und sekundär angezapfter Wicklung, höhere Meßbereiche können durch Durchfädeln des Stromleiters durch eine Öffnung in der Mitte des Wandlergehäuses hergestellt werden. Die kleine Type, die etwa 4 kg wiegt, hat 8 Meßbereiche, und zwar: 15 — 50 — 150 A mit primärem Klemmenanschluß, und 200 — 250 — 300 — 500 — 600 A mit durchgefädelter Primärwicklung. Die große Type hat 12 Meßbereiche, und zwar: 15 — 50 — 150 A mit primärem Klemmenanschluß, und 200 — 250 — 300 — 400 — 500 — 600 — 750 — 1200 — 1500 A durch Durchfädeln der Primärwicklung. Die kleine Type (Abb. 3a) erfüllt bei 5 VA sekundärer Belastung die Bedingungen der Klasse F, die große Type hingegen bei allen Meßbereichen und einer sekundären Belastung von 15 VA die Bedingungen der Klasse E, letztere ist also beglaubigungsfähig[2]). Beide Typen sind für Spannungen bis 650 V bestimmt und sind mit 2000 V geprüft. Für höhere Stromstärken als 1500 A, und zwar bis 3000 A, dienen tragbare Einleiter-Stromwandler mit sekundärer Anzapfung für mehrere Meßbereiche (Abb. 3b).

Als neue Wandlertype, die erst in jüngster Zeit ausgeführt wird, ist der Promille-Wandler von Siemens & Halke zu nennen[3]). Er ist der zurzeit genaueste Stromwandler und hat von 3 bis 15 VA sekundärer Belastung einen Stromfehler von nur 0·2 vH und einen Phasenfehler von 5 Minuten zwischen $^1/_5$ und vollem primären Nennstrom. Der Wandler genügt noch bei 30 VA sekundärer Belastung bis zu 15 Per/s herunter den Bedingungen der Klasse E. Infolge des kleinen Fehlwinkels ist der Wandler besonders auch für Messungen bei großen Phasenverschiebungen geeignet und erübrigen sich die sonst notwendigen Korrektionen. Die Umschaltung für je drei Nennströme erfolgt primär durch einen Schaltkopf. Die Schaltstücke selbst sind als drehbare Scheiben ausgebildet. Sie dienen außerdem zur Umschaltung von Ohmschen Widerständen, die in den Schaltkopf eingebaut und zu der Primärwicklung parallel geschaltet sind. Mittels dieser Widerstände wird der Fehlwinkel auf den obengenannten kleinen Betrag abgeglichen. Er ist für Spannungen bis 12 kV isoliert und mit 44 kV geprüft.

Ein neu durchgebildetes Betriebsmeßgerät ist der Isolationsmesser von Siemens & Halske. Das Meßgerät besteht aus einem in einem gezogenen staubdichten Blechgehäuse eingebauten Kurbelinduktor und einem Drehspulmeßwerk. Das Meßwerk ist gut gedämpft und stellt sich ruhig ein,

[2]) Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern, Sonderabdruck VDE 378.

[3]) S. Dr.-Ing. G. Keinath, „Die Technik elektr. Meßgeräte", Band I, 1928, S. 524.

Digitized by Google

auch bei ungleichmäßigem Drehen des Induktors. Das Meßwerk gestattet auch als Spannungsmesser bis 240 V Gleichstrom zu dienen. Die Prüfspannung ist 2000 V; die Kriechwege sind nach VDE-Vorschriften eingehalten. Die drei verschiedenen Ausführungen des Meßgerätes sind: 110, 220, 440 V Induktorspannung, mit den Isolationsmeßbereichen 20, 50 und 100 Megohm.

Zur Überwachung von Erdern, zum Beispiel von Erdern für Maschinen, Transformatoren, Überspannungsschutz und ähnlichem, und zwar

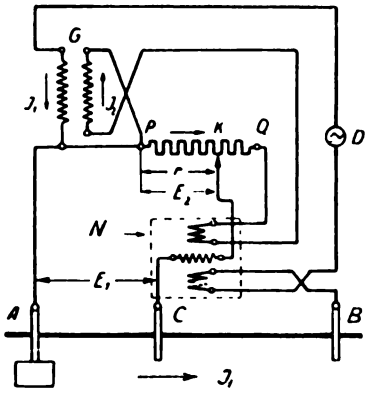


Abb. 4. Schaltbild des Erdungsmessers. *A* Erder, *B* Hilfserder, *C* Sonde, *D* Induktor, *N* Nullinstrument, *G* Stromwandler, *PQ* Vergleichswiderstand.

durch Messung des Ausbreitungswiderstandes des betreffenden Erders, dient der neue Erdungsmesser von Siemens & Halske[4]). Unfälle, die durch zu hohe Ausbreitungswiderstände von Erdern bei Durchfließen starker Ströme und dadurch bedingter hoher Schrittspannung entstanden sind,

Abb. 5. Ansicht des Erdungsmessers.

haben in der letzten Zeit das Verlangen nach einem einfachen, tragbaren Meßgerät zur Messung von Erdern ergeben. Erwünscht war die direkte Ablesung des zu messenden Widerstandes ohne Rechnungsoperationen. Die Wirkungsweise des Meßgerätes beruht auf dem seinerzeit von H. Behrend angegebenen Meßverfahren (Abb. 4).

[4]) Dipl.-Ing. D. Albrecht, Siemens-Zeitschrift, 1926, Heft 5; vgl. a. E. u. M. 1926, S. 765.

Man vergleicht die Spannung E_1, die der zu messende Erder *A* beim Durchfließen des Stromes J gegen Erde hat, mit dem Spannungsgefälle E_2, das der Strom J_2 im Abschnitt *PK* des Meßdrahtes *PQ* erzeugt. J_2 entsteht in einem Stromwandler, der primär vom Strom J_1 durchflossen wird. Der Meßwandler ist so bemessen, daß $J_2 = J_1$ ist. Das Nullinstrument *N* liegt zwischen dem Schleifkontakt *K* und der Sonde *C*. Ist *N* stromlos, dann ergibt der Widerstand des Meßdrahtes Abschnitt *PK* den Wert des gesuchten Widerstandes. Durch eine einfache Umschaltung des Wandlers, bei welcher $J_2 = 10\ J_1$ ist, wird der Meßbereich im Verhältnis 1 : 10 erhöht.

Abb. 5 ist eine äußere Ansicht des Erdungsmessers. Als Stromquelle für die Messung dient ein kräftiger Kurbelinduktor, der einen Wechselstrom von 35 Per/s liefert, bei etwa zwei Kurbelumdrehungen in der Sekunde. Die Klemmen *A*, *C* und *B* dienen zum Anschluß von Erder, Sonde und Hilfserder. Durch den Knopf U_1 kann man den Meßbereich des Gerätes von 25 Ohm auf 250 Ohm bringen. Mit Hilfe des Drehknopfes *K* kann an einem Zeiger der gesuchte Erdwiderstand auf einer darunter liegenden Skala abgelesen werden.

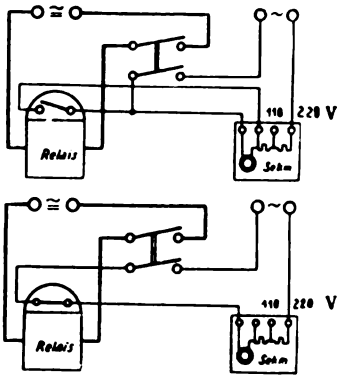


Abb. 6. Sekundenmesser.

Durch Umlegen des Umschaltknopfes U_2 wird ein fester Prüfwiderstand von 20 Ohm in den Stromkreis geschaltet, wodurch das richtige Arbeiten des Meßgerätes kontrolliert werden kann. Als Nullinstrument dient ein Zeigerinstrument, dessen Zeiger über einen Nullstrich spielt. Wird während des Kurbelns der Drehknopf *K* gedreht, so weicht der Zeiger von der Nullage ab, bis bei Erreichen des gesuchten Widerstandes der Zeiger zur Ruhe kommt. Ein eisengeschlossenes dynamometrisches Meßwerk, welches sehr richtungsempfindlich ist, macht das Nullinstrument zum geeignetsten Anzeiger. Die Frequenz von 35 Pers/s des Induktors wurde deshalb gewählt, weil diese von allen technisch vorkommenden Frequenzen genügend verschieden ist. Wird ein Erder gemessen, der bereits Spannung gegen Erde hat, zum Beispiel durch einen fehlerhaften Isolator, so fließt ein Störungsstrom gegen Erde, also auch durch das Meßgerät. Dieser Störungsstrom und der Meßstrom ergeben Schwebungen, denen der Instrumentenzeiger folgen würde, wenn nicht die Eigenschwingungszahl des

Digitized by Google

beweglichen Organs im Meßwerk möglichst tief gelegt wäre. Es erfolgt daher durch den Störungsstrom nur ein Vorausschlag des Nullinstrumentes, den man durch Drehen des auf der Deckplatte des Erdungsmessers angebrachten Drehknopfes *N* kompensieren kann, bevor mit der eigentlichen Messung begonnen wird. Die Vorzüge des Erdungsmessers sind: Das Meßergebnis ist nach einer einmaligen Einstellung unmittelbar abzulesen. Die Widerstände von Hilfserder und Sonde haben keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Die unabhängige Energiequelle, das ist der Kurbelinduktor, macht das Gerät jederzeit betriebsbereit. Das richtungsempfindliche Meßwerk des Nullinstrumentes ergibt eine scharfe Grenze zwischen den Einstellungen „zu groß" und „zu klein". Die Einstellung ist unabhängig vom subjektiven Empfinden des Beobachters, im Gegensatz zu der bei den bisher üblichen Meßbrücken mit Telephon als Nullinstrument.

Für die Messung kleiner Zeiten ist der Sekundenmesser von Siemens & Halske bestimmt (Abb. 6). Er dient hauptsächlich in Elektrizitätswerken und Transformatorstationen zur zeitweisen Überwachung des richtigen Arbeitens von Ölschaltern, Zeitrelais und ähnlichem, als Ersatz für die Stoppuhr, welche wegen ihrer subjektiven Fehler für Messungen von besonders kurzen Schaltzeiten zu ungenau ist. Die Genauigkeit des Sekundenmessers beträgt etwa 0·03 bis 0·05 Sekunden. Das Gerät, das an 110 oder 220 V angeschlossen werden kann, enthält einen kleinen selbstanlaufenden Synchronmotor und ein Umdrehungszählwerk. Die Zeitmessung beruht auf der Zählung der während des Meßvorganges verstrichenen Perioden eines 50 periodigen Wechselstromes. Die Motorwelle treibt über eine einstufige Schneckenübersetzung, die erste Zählwerksachse. Das Zählwerk hat zwei Zifferblätter, das eine für zehntel Sekunden, das andere für volle Sekunden, der Ablesebereich reicht bis 10 Sekunden. Da die Frequenz der Leitungsnetze im allgemeinen über den Bereich nicht zu großer Zeitdauer konstant mit 50 angenommen werden kann, so kann man von der Berücksichtigung etwaiger Frequenzschwankungen absehen, bei stark abweichender Frequenz muß mit Korrektionen gearbeitet werden. Die Schaltung zeigt Abb. 6, und zwar oben für Apparate mit Schließungskontakt, unten für solche mit Öffnungskontakt. Der Antriebsstrom für den Sekundenmesser wird gleichzeitig mit dem Betätigungsstrom zum Relais oder zur Schalterauslösung eingeschaltet. Ist der Meßvorgang zu Ende, so erfolgt die Ausschaltung durch den Schließungs- oder Öffnungskontakt des Relais. Der Synchronmotor wird bei Apparaten mit Schließungskontakt durch den zu untersuchenden Schalter oder Relais kurzgeschlossen oder es wird bei Apparaten mit Öffnungskontakt der Stromkreis des Motors durch diesen Kontakt unterbrochen. Durch einen Druckknopf werden die Zeiger des Sekundenmessers wieder in die Nullage gebracht.

Präzisions-Kurbel-Widerstände für Meßbrücken.

Von Ing. Robert **Kühnel**, Wien.

Übersicht. Es wird eine neue Kurbelschalter-Ausführung für Präzisions-Meßbrücken beschrieben; ihre Verwendung in kombinierten Wheatstone-Thomson-Brücken sowie Wheatstone-Brücken- und Kompensations-Apparat wird an Hand von Schaltungsschemen erläutert.

Infolge ihrer besonderen Bequemlichkeit in der Handhabung werden Kurbelwiderstände den Stöpselwiderständen im ständigen Gebrauch gern vorgezogen, obzwar sich die kleineren Kontaktwiderstände der Stöpselkontakte, die in der Größenordnung von 0·05 bis 0·1 mΩ liegen, bei Kurbelwiderständen nicht erreichen lassen. Bei sorgfältiger mechanischer Herstellung der Kurbelausführung bleiben aber diese Werte noch in sehr befriedigenden Grenzen von 0·2 bis 1 mΩ. Eine gute Konstruktion muß diese Werte möglichst unverändert auch im Dauerbetriebe erhalten, natürlich unter der Voraussetzung einer entsprechenden Wartung der Schleifkontakte; selbstverständlich erfordern auch Stöpselkontakte eine solche. Es besteht deshalb bei allen Widerständen die Notwendigkeit, die Kontakte einer zeitweisen Reinigung bequem zugänglich zu machen.

Als Isolationsmaterial wird bei Präzisions-Meßgeräten ausschließlich erstklassige Qualität verwendet. In den letzten Jahrzehnten wurden eine Menge neuer künstlicher gummifreier Isolierstoffe geschaffen, von denen manche Hartgummi in Bezug der Festigkeitseigenschaften weit übertreffen und auch in der Isolierfähigkeit erreichen. Die Güte der Isolierfähigkeit der gummifreien Isolierstoffe ist aber nicht genügend gleichförmig und anscheinend vom Herstellungsverfahren noch weit mehr abhängig als bei Hartgummi. Es müssen deshalb die verwendeten Stoffe einer sorgfältigen Isolations- und Einzelprüfung unterzogen werden.

Wird Hartgummi dem Einfluß von Licht ausgesetzt, so verlieren sich bekanntlich auch seine guten Isoliereigenschaften, weil durch Schwefelausscheidung besonders der Oberflächenwiderstand bedeutend vermindert wird. Man hat wohl frühzeitig diesen Übelstand beobachtet, aber denselben hauptsächlich durch Aufsetzen von Deckeln bei Nichtgebrauch des Apparates zu begegnen versucht. Im Dauerbetrieb war dies naturgemäß nur ein sehr unvollkommener Schutz. Vereinzelte Konstruktionen entziehen die Isolierteile dauernd dem Lichteinfluß, lassen jedoch eine leichte Zugänglichkeit zu Kontakten und Schleifbürsten vermissen.

Im folgenden wird eine neuere Kurbelwider-

Digitized by Google

standsausführung beschrieben, die diese Nachteile vollständig vermeidet und überdies eine übersichtliche Ablesemöglichkeit der Kurbeleinstellungen ermöglicht.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, sind die auf Hartgummiplatten befestigten Kontaktbahnen des Kurbelschalters versenkt im Kasten angeordnet. Gegen die schädliche Einwirkung von Staub und hauptsächlich Licht sind dieselben durch Blechkappen 6 geschützt, welche mittels der Vorreiber 7 festgehalten werden. Diese sind

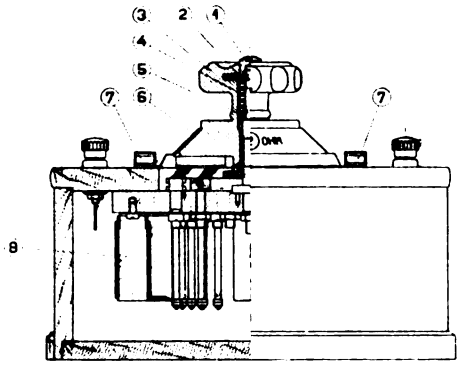


Abb. 1. Kurbelwiderstand (Ansicht und Schnitt).

leicht abnehmbar und gestatten in einfachster Weise das Überprüfen der Kontaktflächen. Die Schleifbürsten sind an dem kegelstumpfförmigen Unterteil des aus einem hochwertigen Isoliermaterial hergestellten Kurbelhandgriffes 3 befestigt. Das Übergreifen der Blechkappen 6 über den kegelstumpfförmigen Teil des Kurbelgriffes gibt nicht nur eine gute Abdichtung gegen

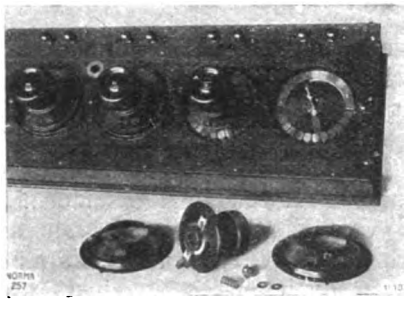


Abb. 2. Teilansicht eines Norma-Kompensations-Apparates (Schutzkappen und Kurbelhandgriff abgenommen).

Licht und auch Staub, sondern bringt außerdem noch den Vorteil, die jeweilige Schleifbürsteneinstellung nach außen durch die auf dem Kegelstumpf gravierten Zahlen, die in einem Fenster der Blechkappe erscheinen, gut ersichtlich zu machen. Die sichere Einstellung der Schleifbürsten in der richtigen Mittellage der Kontaktstellungen bewirkt eine Rasteinrichtung. Bei Anordnung von 2 bis 6 solchen Kurbelschaltern nebeneinander, wie es bei Dekadenwiderständen, Meßbrücken oder Kompensationsapparaten üblich ist, werden die eingestellten Widerstandswerte in einer eindeutigen übersichtlichen Zahlenreihe angezeigt, die beim Gebrauch des Apparates ebenso gut sitzend wie stehend abgelesen werden können.

In ebenso einfacher Weise wie die Schutzkappen 6 können auch die Kurbelhandgriffe 3 samt den Schleifbürsten nach Lösen der Mutter 1 abgehoben werden, um die Kontaktbürsten und Bahnen überprüfen und reinigen zu können, wie aus Abb. 2, einer Teilansicht eines Kompensations-Apparates, deutlich hervorgeht. Bei dem rechten Kurbelschalter ist die Schutzkappe und der Kurbelhandgriff und bei dem nebenliegenden nur die Schutzkappe abgenommen.

Für einen gleichmäßigen und richtig bemessenen Kontaktdruck sorgt die im Kurbelgriff untergebrachte Druckfeder, deren Druckkraft so abgestimmt ist, daß der Auflagedruck der Schleiffedern ungefähr 40 g per 1 mm² beträgt. Dadurch ist ein fast gleichbleibender Übergangswiderstand von 0·2 mΩ an den Schleifkontakten gesichert, ohne daß bei entsprechender Wartung ein merkbarer Verschleiß der Kontakte und Bürsten auftritt.

Obwohl der gesamte Kurbelschalter staub- und lichtabgeschlossen im Apparatekasten untergebracht ist, so bleibt doch der Innenraum des Kastens vollkommen frei für die Unterbringung

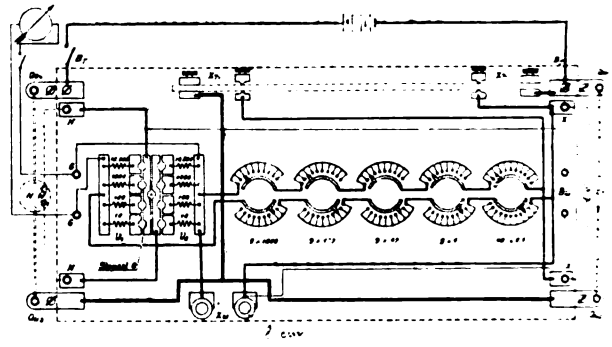


Abb. 3. Stromlaufschema einer kombinierten Wheatstone- und Thomson-Meßbrücke.

der Widerstandsspulen und für eine übersichtliche, leicht zugängliche Leitungsführung der Verbindungen.

Die Widerstandsspulen sind in üblicher Weise aus einem, mit Seide isolierten Metallrohr hergestellt, auf welches dann der seideisolierte Widerstandsdraht aus Manganin gewickelt wird; ein Isolierlacküberzug schützt die Wicklung gegen das Eindringen der Luftfeuchtigkeit. Zur Erreichung zuverlässiger Wertbeständigkeit werden die Spulen einem künstlichen Alterungsverfahren unterworfen.

Um die in das Meßgerät eingebauten Widerstandsspulen ohne Öffnen des Kastens überprüfen zu können, müssen die Prüfkabel an die Kontaktsegmente angeschlossen werden können. Zu diesem Zwecke sind in den versenkt angeordneten Kontakten seitliche Nuten eingefräst, in welche geeignete Prüfklemmen eingeschoben und mit denselben die Kabelschuhe der Prüfdrähte direkt auf die Schleiffläche der Kontakte gepreßt werden.

Die vorstehend beschriebene Kurbelschalterausführung wird mit einfachen und doppelten

Digitized by Google

Schleifbürsten und Kontaktreihen oder auch Varleyschen Doppelkurbeln[1]) je nach dem Verwendungszwecke für Dekaden-Widerstände, Wheatstone- oder Thomson-Brücken und Kompensationsapparate verwendet.

In vielen Prüfräumen sind oft Messungen von Widerständen verschiedenster Größenordnung vorzunehmen. Wenn diese verschiedenartigen Messungen nur gelegentlich auszuführen sind oder neben laufenden Widerstandsbestimmungen von Feindrähten zeitweise auch Leitfähigkeitsmessungen gemacht werden sollen, empfiehlt es sich, ein kombiniertes Meßgerät, eine Wheatstone-Thomsonbrücke zu verwenden.

Ein gebräuchliches Stromlaufschema einer derartigen Meßbrücke veranschaulicht Abb. 3.

den V_1 und V_2 besteht der mittlere Kontaktblock aus zwei Schienen, die durch einen Stöpsel O verbunden oder getrennt werden können.

Die Stellung des Stöpsels O kennzeichnet die jeweilige Meßschaltung: Stöpsel O gesteckt: Wheatstone-Brückenschaltung; Stöpsel O offen: Thomson-Brückenschaltung.

Einen vollständigen Meßtisch einer derartigen Brücke mit den dazugehörigen Apparaten zeigt Abb. 4, auf welcher auch die vertikale Ablesevorrichtung des Spiegelgalvanometers zu sehen ist. Für Präzisionsmessungen kommt nur ein solches in Frage; mit Rücksicht auf die Thomson-Brücke soll dasselbe einen niederen Meßwerkwiderstand besitzen. Vorteilhaft läßt sich ein solches mit folgenden Empfindlichkeitswerten verwenden:

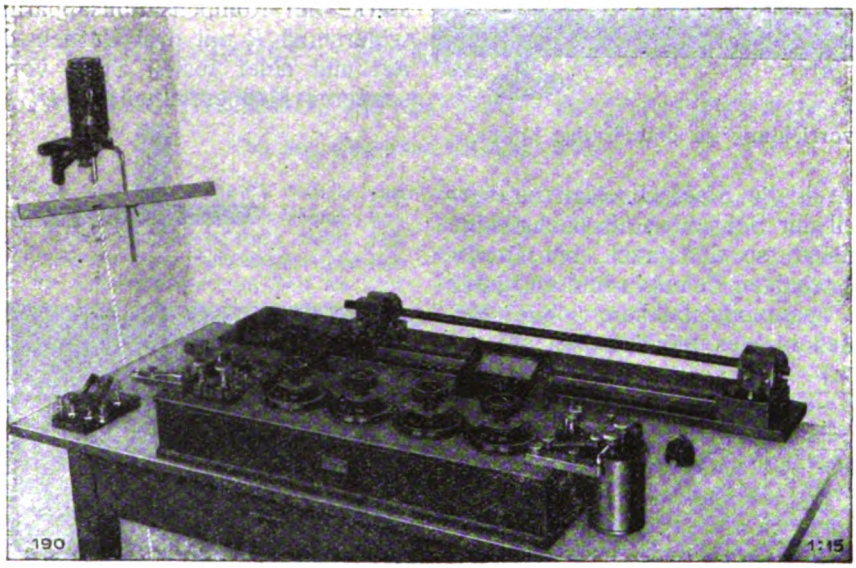


Abb. 4. Meßtisch mit einer kombinierten Wheatstone- und Thomsonmeßbrücke und besonderer Einspannvorrichtung.

In einen Mahagoniholzkasten sind 5 Doppelkurbel-Dekadenwiderstände 9×1000, 100, 10, 1, $10 \times 0{\cdot}1$ Ohm der eingangs beschriebenen Ausführung eingebaut. An zwei kräftigen Parallelschraubenklemmen X_W werden die zu messenden Widerstände in der Wheatstone-Brückenschaltung angeschlossen. Beiderseits des Kastens befinden sich je zwei Kupferbarren mit eingelassenen Quecksilbernäpfen Qu_1 bis Qu_4 und die danebenliegenden Spannungsklemmen X und N für den Anschluß von Normalwiderstandsdosen X_T und NW in der Thomson-Meßanordnung. Stabförmige Leiter bis 20 mm Dicke und einer unveränderlichen Länge von 0·5 m können in einer besonderen, auf den Kasten aufgebauten Einspannvorrichtung X_{T1} gemessen werden.

Der Anschluß der Batterie für die Wheatstone-Schaltung erfolgt an die Klemmen B_W und für die Thomson-Schaltung an B_T. Bei den mit Stöpselkontakten ausgebildeten Verzweigungswiderstän-

[1]) K. Feussner, Ein neuer Kompensations-Apparat, ETZ 1911, H. 8 und 9.

Spannungsempfindlichkeit: $1{\cdot}3 \times 10^{-6}$ V für 1 mm bei 1 m Skalenabstand und 130 Ω

Stromempfindlichkeit: 10×10^{-9} A für 1 mm bei 1 m Skalenabstand

Meßwerkwiderstand: 30 Ohm

Äußerer Grenzwiderstand: 100 Ohm.

Hier sei noch eine besonders ausgestaltete Einspannvorrichtung für Rund-, Flach- und Vierkantmaterial bis 30 mm Dicke und einer veränderlichen Länge bis 1 m erwähnt (Abb. 5). Im wesentlichen besteht dieselbe aus zwei kräftigen Schraubklemmen, von welchen die eine fest und die andere verschiebbar auf einem Isoliersockel montiert sind. Die verschiebbare Schraubklemme kann nach einem im Sockel eingelassenen Maßstab entsprechend der gewünschten Meßlänge eingestellt und festgeklemmt werden. Ähnlich einem Parallelschraubstock ist eine Backe der Schraubklemmen mittels einer Schraubspindel beweglich. Beide Backen sind von rechteckigem Querschnitt und dienen gleichzeitig als Stromzuführung bis 100 A. Isoliert von den Backen sind

Digitized by Google

besondere Spannungsklemmen als Stahlschneiden ausgebildet, an diesen federnd angebracht. Die federnde Anordnung ist wichtig, um unabhängig von der eigentlichen Festspannung des Meßobjektes ein sicheres Anliegen der beiden Stahlschneiden und eine zuverlässige Spannungsabnahme zu erzielen. Die Spannungsabnahme erfolgt an den Endpunkten der der Messung zugrundegelegten Länge des Meßobjektes. Zur richtigen Einspannung der Stäbe müssen diese beiderseits um etwa 5 cm länger sein als die eingestellte Meßlänge. Um bei der Messung von dünnen Drähten

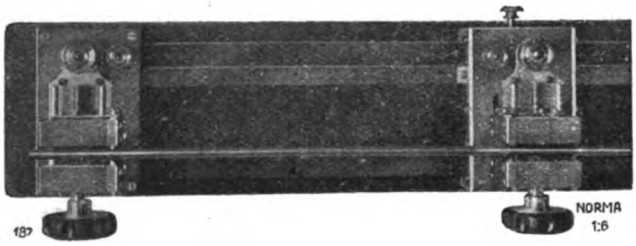


Abb. 5. Einspannvorrichtung für stabförmige Leiter.

ein Abzwicken durch die Stahlschneiden zu vermeiden, ist ein Teil der Schneiden als nachgiebige Drahtfeder ausgeführt, so daß auch bei Drahtdurchmessern von wenigen Zehnteln-mm ein guter Kontakt für die Spannungsabnahme ohne Beschädigung des Meßobjektes möglich ist.

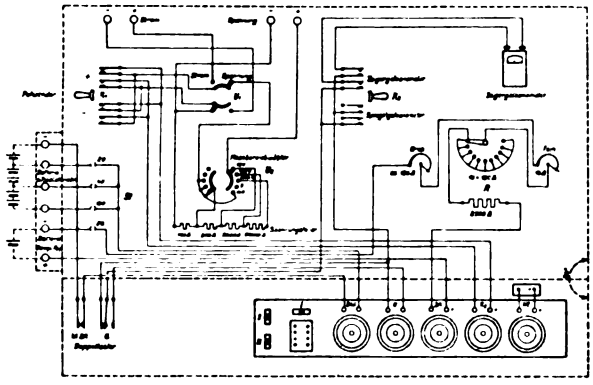


Abb. 6. Schaltschema eines Meßpultes für Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessungen.

Die Überprüfung von Meßgeräten, wie Spannungs-, Strom- und Leistungszeigern, verlangt unveränderliche Normale, wie sie in den Normal-Elementen und Widerständen gegeben sind. Die Strom- und Spannungsmessung selbst erfolgt nach dem Kompensationsverfahren mit Kompensationsapparaten. Neben diesen Messungen ist es aber auch gewöhnlich nötig, die Widerstandswerte der in den Meßgeräten eingebauten Meßwerke, Vorwiderstände und dergleichen zu überprüfen. Bei geringer Benutzungsdauer wird es sich nicht lohnen, zwei getrennte Meßgeräte, also Kompensationsapparat und Widerstandsmeßbrücke, anzuschaffen; es wird dann ein kombiniertes Meßgerät gute Dienste leisten.

Das Stromlaufschema eines vollständigen Meßpultes mit einem kombinierten Kompensationsapparat und Widerstandsmeßbrücke für Spannungsmessungen von wenigen Millivolt bis zu 1000 V, mit Benutzung von Normalwiderständen zu allen Strommessungen sowie für Widerstandsmessungen von 0·1 Ω bis 1 $M\Omega$ veranschaulicht die Abb. 6. Dem Apparat liegt eine bereits bekannte Schaltung zugrunde[2]). Wie aus Abb. 6 ersichtlich, besitzt der Meßtisch alle notwendigen Geräte, um von einer Messungsart auf die andere überzugehen, ohne besondere Schaltungsänderungen vorzunehmen. Für rohere Messungen ist ein Zeiger-Galvanometer eingebaut, der Umschalter K_2 dient zum Einschalten dieses oder des Spiegelgalvanometers. Zur Einstellung der genauen Hilfsstromstärke im Kompensationsapparat ist ein Regelwiderstand R mit drei Kurbeln der beschriebenen Art und einer festen Stufe vorgesehen. Ein besonderer Meßbereichwähler U_2, der zu gleicher

Abb. 7. Ansicht eines Meßpultes mit kombiniertem Kompensationsapparat und Wheatstonebrücke.

Zeit die Spannungsteiler-Widerstände enthält, steht in Verbindung mit den Spannungsklemmen, an welche die zu messenden Spannungen angelegt werden.

Die Potentialverbindungen der für Strommessungen verwendeten Normalwiderstände sind an die mit „Strom" bezeichneten Klemmen anzuschließen. Der Umschalter U_1 ermöglicht den so-

[2]) Vgl. Hallo u. Land, Elektr. u. magnetische Messungen und Meßgeräte, Verlag Springer, Berlin, 1904.

Digitized by Google

fortigen Übergang von der Spannungs- zur Strommessung, während der Polwender K_1 zur einfachen Umpolung der von Schalter U_1 zum Kompensationsapparat führenden Meßleitungen bestimmt ist.

Auf dem Schaltschema links unten befindet sich der Meßspannungswähler für die Meßbrücken- und Kompensationsbatterien, zu dessen Bedienung nur ein Stöpsel *St* dient, um ein gleichzeitiges Einschalten beider Batterien zu vermeiden.

Auf der Tischplatte selbst ist neben dem Meßgerät ein Doppeltaster angebracht, von welchem einer als Batterietaster nur bei Widerstandsmessungen und der andere als Galvanometertaster verwendet wird. Letzterer ist überdies auch mit einem Ruhekontakt ausgestattet, so daß im geöffneten Zustande desselben, das Galvanometer kurz geschlossen ist, damit bei heftigen Ausschlägen eine baldige Beruhigung eingeleitet wird. Der Übergang von Strom- oder Spannungsmessungen zu Widerstandsmessungen erfordert nur das Umlegen eines Kippschalters *I* auf dem Meßgerät und Umstecken des Meßbatterie-Stöpsels *St*.

Die Ausstattung des Meßpultes ist aus Abb. 7 ersichtlich, das Pult selbst ist mit Rollbalkenverschluß ausgeführt, um einen Abschluß der ganzen Meßeinrichtung bei Nichtbenutzung zu ermöglichen.

Die beschriebenen Meßgeräte und Einrichtungen sind Erzeugnisse der Norma Instrumenten Fabriks-Gesellschaft Wien.

Das Röhren-Elektrometer „Mekapion" für selbsttätige Einzel- und Dauermessungen sowie -Registrierungen.

Von Ing. Siegmund **Strauss**, Wien.

Übersicht. In einer früheren Arbeit[1]) wurde ein Röhrengerät zur Messung sehr hoher Widerstände beschrieben. Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, daß ein Kondensator im Gitterkreis einer Verstärkerröhre aus einem Transformator im Anodenkreis von Zeit zu Zeit Aufladungen dann erhält, wenn dieser Kondensator auf ein bestimmtes Potential entladen ist. Inzwischen wurde das Gerät nach mehrfacher Hinsicht weiterentwickelt. Zunächst wurde die Schaltung dahin verbessert, daß dieses Gerät in der Ausführung ohne bewegte Teile (Abb. 2 der früheren Veröffentlichung) die Linearität seiner Angaben sichert, das heißt die Beziehung zwischen den Signalintervallen und den vom Gitter-Kondensator abfließenden Elektrizitätsmengen bildet eine Gerade. Seinerzeit war das Gerät vorwiegend als zur Messung sehr hoher Widerstände bestimmt bezeichnet worden. Die weitere Entwicklung, die hier kurz beschrieben werden soll, läßt aber die Verwendung desselben als Röhren-Elektrometer mindestens ebenso gerechtfertigt erscheinen.

Ein Elektrometer, wie es in der Technischen Physik meist verwendet wird, arbeitet üblicherweise nach der Entlademethode. Ein kleiner hochisolierter Kondensator, als welcher schon das elektrostatische System des Elektrometers selbst anzusprechen ist, wird mittels einer beigegebenen kleinen Elektrisiermaschine aufgeladen. Mittels einer Optik wird nun der Elektrometerfaden beobachtet, sobald er einen bestimmten oberen Wert seiner Skaleneinteilung erreicht hat. In diesem Augenblicke wird die Anfangszeit gestoppt. Nun wird die Wanderung des Fadens unter der Einwirkung der entladenden Beeinflussung verfolgt und die Erreichung des unteren Skalenwertes dieses Fadens neuerdings beobachtet und im gegebenen Zeitmoment die Stoppuhr arretiert. Dieses Zeitintervall ist ein Maß der abgeflossenen Elektrizitätsmenge. So werden allgemein beispielsweise Messungen von Röntgenstrahlen und Radium in Ionenkammern, von Licht und dergleichen mittels lichtelektrischer Zellen ausgeführt. Es ist klar, daß derartige Meßreihen nicht nur zeitraubend und mühsam sind, sondern an die Genauigkeit, Verläßlichkeit und Sorgfalt des Beobachters oft außerordentlich große Anforderungen stellen, insbesondere bei vielen Einzel- bzw. Dauermessungen.

Das Röhrenelektrometer „Mekapion"[2]) erlaubt derartige Messungen durchaus selbsttätig zu machen. Gleichwie bei den Elektrometern verschiedener Ausführungen wird auch hier ein Kondensator auf ein bestimmtes Potential aufgeladen und über die parallel dazu gelegte Strahlenkammer bis zu einem bestimmten unteren Spannungswerte entladen. Dieser Vorgang erfolgt dabei in durchaus selbsttätiger Weise. Dabei ist das durchlaufene Spannungsintervall stets bis auf 1 vH Genauigkeit das nämliche, denn sowohl der obere wie auch der untere Spannungswert sind durch die Wirkungsweise des Mekapions ein für allemal gegeben.

Die Schaltung sei an Hand der Abb. 1 beschrieben, wobei das Mekapion hier für Lichtmessungen in Verbindung mit einer lichtelektrischen Zelle P_h dargestellt ist. Fällt auf die Kathode P_K der Zelle (Belag mit einem Erdalkalium) Licht auf, so emittiert bekanntlich der Belag Elektronen, die auf die Anode der Zelle auftreffen; hiedurch wird der parallel geschaltete Kondensator C je nach der Intensität der Lichtquelle mehr oder weniger rasch entladen. Im Anodenkreis der Verstärkerröhre V mit isoliert ausgeführtem Gitter G liegt das Relais R_1, bei dessen Betätigung die Kontakte 1, 2 eines Lokalstromkreises geschlossen werden. Im Primärkreis P des Transformators T_r fließt aus der Heizbatterie B_1 ständig ein sehr schwacher Strom über die Kontakte 3, 4 und über den einstellbaren Widerstand W_1, während über

[1]) Strauss, Ein neues Röhrengerät zur Messung sehr hoher Widerstände mit seinen Sonderanwendungen, E. u. M. 1926, S. 348 ff.

[2]) Für die Wortbildung: Man mißt solcherart Hochohmwiderstände (Me gohme), Kapazitäten, Ionisationen.

Digitized by Google

die sekundäre Wicklung S des Transformators die geeignete Dauervorspannung aus der Batterie B_2 der Anode der Zelle Z zugeführt wird, deren Kathode P_K an dem Gitter der Verstärkerröhre V liegt. Diese Dauervorspannung überlagert sich als Gleichspannung der durch Induktion auf den Kondensator zugeführten Ladung. Mit W_2, C sind Funkenlöscheinrichtungen bezeichnet.

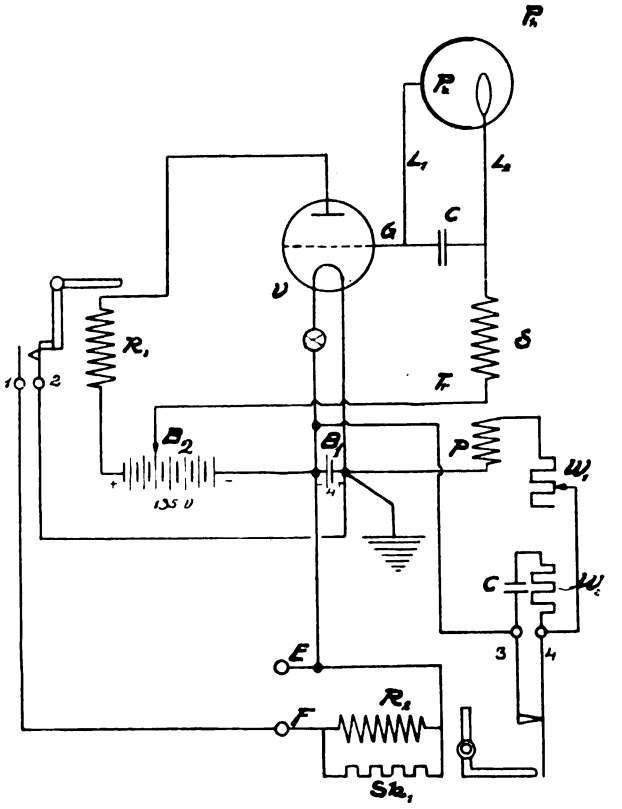


Abb. 1. Schaltbild des selbsttätig arbeitenden Röhren-Elektrometers „Mepakion".

Wird das Anodenrelais R_1 unter dem Einfluß des Anodenstromes angezogen, dann werden die Kontakte 1, 2 geschlossen und aus der Heizbatterie fließt ein Strom durch den Elektromagneten R_2, so daß dessen Anker betätigt und die Verriegelungskontakte 3, 4 geöffnet werden. Dadurch entsteht in der Sekundärwicklung S des Transformators ein Spannungsstoß, der über die lichtelektrische Zelle P_h hinweg sich zur ständigen Spannung der abgezweigten Anodenbatterie B_1 addiert und somit das Gitter G der Verstärkerröhre, sowie den Blockkondensator C negativ auflader.

Der Anodenstrom kann infolgedessen in der Verstärkerröhre nicht mehr fließen. Die Elektrizitätsmenge Q ist auf dem Kondensator C festgehalten und fließt in diesem Falle über die lichtelektrische Zelle ab, wenn eine geeignete Strahlung Elektronen aus ihrer Kathode frei macht. Erst bis unter der entladenden Wirkung der Strahlungsquelle das Kondensatorpotential so weit gesunken ist, daß ein Anodenstrom in der Verstärkerröhre wieder zustandekommen kann, und zwar von solcher Stärke, daß das Anodenrelais R_1 betätigt wird, wird dessen Anker angezogen, der Lokalstromkreis geschlossen, daher der Verriegelungskontakt 3, 4 getrennt, wodurch das Gitter stark negativ geladen wird; das Spiel beginnt von neuem.

Zwischen zwei Aufladungen des Kondensators C (Signale) erfolgt die Entladung der aus den elektrischen Größen des Mekapions genau bestimmten Elektrizitätsmenge, wie unten näher ausgeführt. Diese Elektrizitätsmenge Q fließt in kürzerer oder längerer Zeit ab, gemäß dem Elektronen- bzw. Ionisationsstrom des Strahlenindikators (Lichtelektrische Zelle, Ionenkammer usw.), der dem Kondensator C parallel liegt. Dabei ist die abgeflossene Elektrizitätsmenge $Q = C \cdot V$, wobei C von vornherein gegeben ist. V ergibt sich aus $V_2 - V_1$. Dabei ist V_2 der obere Spannungswert, welcher vor allem durch das Übersetzungsverhältnis des Transformators gegeben ist; der untere Wert V_1 entspricht jenem Punkt der Röhren-Charakteristik — und dieser ist ein für allemal bestimmt —, bei welchem in der Röhre wieder ein Strom zu fließen beginnt. Diese beiden Spannungswerte bleiben bei gegebener Gitter-

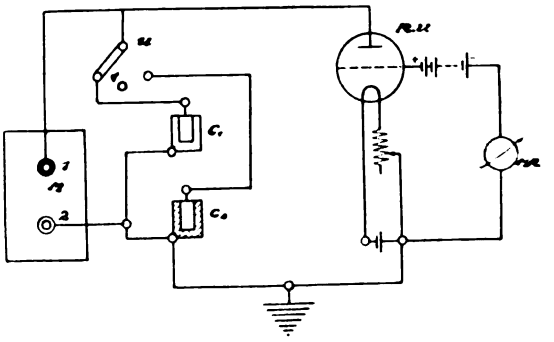


Abb. 2. Meßanordnung des Mekapions mit einem Röhrenvoltmeter besonderer Art zur Ermittlung der Verriegelungsspannungen.

kapazität und gleichem Röhrendurchgriff stets die nämlichen.

Zur objektiven Messung der Signalintervalle kann an die Klemmen E, F eine elektromagnetisch gesteuerte Stoppuhr angesteckt werden. Diese wird, wenn der Stromkreis durch einen Tasterknopf geschlossen ist, bei Erreichung des nächsten Intervalls zu laufen beginnen, ihr Zeiger daher so lange fortschreiten, bis bei Beendigung dieses Intervalls der Elektromagnet der Stoppuhr bei geöffnetem Taster umgeschaltet und die Uhr daher arretiert wird. Auf diese Weise erfolgt die Ermittlung der jeweiligen Signalintervalle vollkommen selbsttätig und frei von jedem persönlichen Beobachtungsfehler. Es ist ersichtlich, daß das Mekapion sehr wohl als Röhrenelektrometer anzusprechen ist.

Es kann aber auch ein Vielfaches der jeweils abfließenden Elektrizitätsmenge gemessen, sowie auch, und zwar durchaus selbsttätig, die dazu erforderliche Zeit bestimmt werden (Strommessung). An die Klemmen E, F kann beispielsweise auch eine Zähluhr angesteckt werden, die bei jedem Intervall um einen Skalenteil fortschreitet, oder es

Digitized by Google

kann auch ein besonderer sogenannter Dosisnachweiser angeschaltet werden, bei welchen ein Morsepapierstreifen bei jedem Intervall um 1 mm vorwärts geschoben wird.

In den früheren Ausführungen des Apparates (Abb. 4 der früheren Veröffentlichung) war der Verriegelungskontakt 3, 4 unmittelbar durch den Anker des Anodenrelais R_1 betätigt worden. Die hier beschriebene Anordnung hat aber den großen Vorteil einer weitgehend selbsttätigen Kontrolle. Die Zeit, die benötigt wird, um die an die Klemmen *E, F* angesteckten Nebengeräte zu betätigen, ist nicht größer als die Zeit für den Schaltvorgang des Relais R_2, das mit einer geringen Verzögerung arbeitet, wodurch die größte Betriebssicherheit des Mekapions und das sichere Ansprechen dieser Nebenapparate gewährleistet ist. Durch den Widerstand *W* kann die Primär- und damit auch die Sekundärspannung des Transformators innerhalb gewisser Grenzen herabgemindert werden. Bei sonst gleichen Verhältnissen nimmt also die Empfindlichkeit der Meßanordnung, und zwar linear in bezug auf die Größe *W*, zu.

Die Konstanz der Meßangaben kann neuestens durch ein Stromnormal nach Behnken gewährleistet werden, das an Stelle der Zelle P_h geschaltet wird. Dieses besteht aus zwei konzentrischen, durch Bernstein voneinander isolierten Metallzylindern, die mit Uranoxyd überzogen sind. Letzteres emittiert ständig α-Teilchen; dadurch wird die dazwischen liegende Luftschichte ein wenig leitend. Der einseitige, von 1 cm² Uranoxyd herrührende Ionisationsstrom beträgt 0·00175 elektrostatische Einheiten pro Sekunde. Da die Spannung an diesem Stromnormal entsprechend dem Abgriff der Sekundärwicklung von der Anodenbatterie immer hoch liegt, ist Sättigung im Stromnormale jedenfalls gewährleistet. Dies zeigt die Meßreihe Tabelle 1, die von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt wurde.

Tabelle 1. Ionisationsströme im Stromnormal (Uranoxyd) bei verschiedenen angelegten Spannungen.

Spannung in V	Strom in 10^{-12} A	Spannung in V	Strom in 10^{-12} A
16·8	112·0	113·5	142·5
25·8	121·0	130·5	144·5
44·5	130·0	142·0	145·3
63·0	135·0	174·0	146·2
82·5	139·0	196·0	147·5
93·0	140·0	296·0	149·0

Bei 21° C, Barometerstand 765 mm Hg.

Es ergab sich die mit dem später erwähnten Röhren-Voltmeter gemessene Verriegelungsspannung, welche die Sekundäre des Transformators im Mekapion allein lieferte, (also ohne Hinzurechnung der Anodenspannung) mit 178 V. Wurde nun das Stromnormale zum Gitterkondensator parallel geschaltet, so stieg sie auf 195 V, während der untere Spannungswert, bei dem der Anker des Anodenrelais angezogen wurde, 29 V betrug. Diese Messungen geschahen nach Art eines umgekehrten Röhrenvoltmeters ohne jeden Stromverbrauch.

Eine solche Anordnung, wie sie Abb. 2 zeigt, ist günstigerweise auch kapazitätsarm. Mit *M* ist das Mekapion bezeichnet. Klemme 1 führt zur Anode des Röhrenvoltmeters *RV*. Durch den Umschalter *U* kann entweder das Stromnormale C_2 oder der gleich große Kondensator C_1 (ohne radioaktiven Belag) angeschaltet werden. Im Gitterkreise der Röhre (Type Marconi DEV) liegt nebst dem Milliamperemeter *MA* noch eine Batterie geeigneter Spannung, so daß dieses Meßgerät bei ungeladener Anode einen bestimmten Elektronenstrom zeigt. Wird nun das Mekapion mit der Röhre verbunden, so sinkt unter dem Einfluß der negativen hohen Spannung an der Anode der Röhre der Strom im Milliamperemeter (Gitterkreis) und wenn diese Anordnung nach der Substitutionsmethode einmal geeicht ist, so lassen sich die oben gemessenen Werte ohne weiteres exakt und fast verlustfrei messen[3]). Es werden nun drei Messungen vorgenommen, und zwar wird einmal das Spannungsintervall bei nicht angeschalteten Kondensatoren gemessen, dann jenes mit dem Kondensator ohne Uranoxydbelag und schließlich die

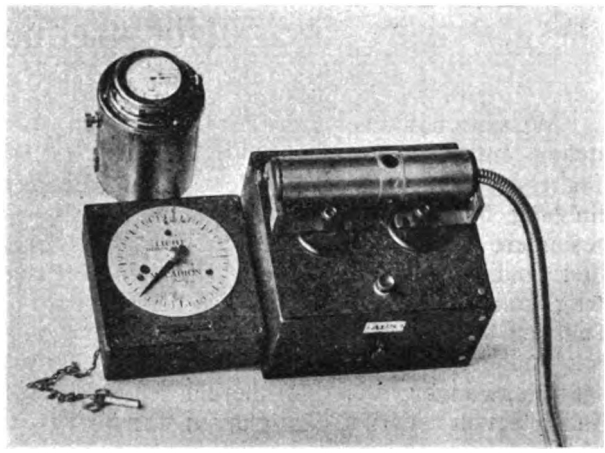


Abb. 3. Licht-Mekapion mit angesteckter Schaltuhr und elektromagnetisch gesteuerter Stoppuhr.

Ablaufzeit mit dem Uranstandard. Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, fließt also ein Strom bei voller Sättigung von $1{\cdot}5 \cdot 10^{-10} A$, wenn das Stromnormale C_2 an die Klemme 2 des Mekapions angeschlossen war. Die Elektro-Stoppuhr ergab hiebei ein Signalintervall von 40·3 Sekunden, woraus folgt $40{\cdot}3 \cdot 1{\cdot}5 \cdot 10^{-10} \cdot 3 \cdot 10^{9} = 18{\cdot}1$ elektrostatische Einheiten. Da aber das durchlaufene Spannungsintervall im ersten Falle $178 - 29 = 149$ V (elektromagnetisch), im zweiten Fall mit der zugeschalteten Kapazität des Stromnormals $195 - 29 = 166$ V betrug, so ist die errechnete Zahl 18·1 noch im Verhältnis 149/166 . 18·1, also auf 16·3 elektrostatische Einheiten zu verkleinern. Diese

[3]) Vgl. Strauss, „Der Dosiszähler Mekapion und seine Meßgenauigkeit", Strahlentherapie, 26. Band, 1927; Weisglass, Erfahrungen und Verbesserungen am Röhrenvoltmeter zur verlustfreien Messung höherer Spannungen, ETZ 1928, H. 21.

Digitized by Google

Elektrizitätsmenge fließt zwischen zwei Schaltvorgängen des Mekapions ab, unbekümmert um die dazu erforderliche Zeit. Da mittels des gleichen Stromnormals C_2 auch die Konstanz des Mekapions jederzeit bequem nachprüfbar ist (die Intervalle müssen stets die gleichen bleiben), so liegt hier also tatsächlich ein Röhrenelektrometer vor, das sich selbst die Zeit abstoppt, die Intervalle selbsttätig integriert und auf Wunsch auch selbsttätig registriert.

Die Gesamtansicht des Mekapions für Lichtmessungen aller Art zeigt Abb. 3. Der Kasten rechts stellt das Mekapion selbst dar mit der an die Klemmen angesetzten lichtelektrischen Zelle, die sich in dem Messingrohre mit der verstellbaren Blende befindet. Links ist die Schaltuhr angesteckt, oberhalb derselben die Elektrostoppuhr, die auch unmittelbar an das Mekapion angeschaltet werden kann. Das Gerät hat sich insbesondere bei Röntgendosismessungen, um Über- und Unterdosierungen, sowie Verbrennungen zu verhüten, bereits vorzüglich eingeführt. Die Ausführung ist grundsätzlich die gleiche, nur tritt hiebei an Stelle der lichtelektrischen Zelle eine sogenannte Fingerhut-Ionisationskammer. Auch müssen alle wichtigen Teile, um Hochfrequenz- und Hochspannungsstörungen fernzuhalten, in Blei und Eisen geschützt sein und erfordern zweckmäßige Dimensionierung und Anordnungen.

In Verbindung mit lichtelektrischen Zellen dient das Mekapion zur selbsttätigen Ermittlung der Tages- bzw. der Dämmerungskurven. Bei Benützung von Kadmiumzellen dient es zur selbsttätigen Ermittlung der Ultraviolett-Strahlen des Himmelslichtes oder künstlicher Lichtquellen (Bogenlampe, Quecksilberdampflampe). Insbesondere für biologische Messungen[4]) sowie für Absorptionsmessungen von ultraviolett durchlässigen Gläsern und dergleichen hat sich die Apparatur bereits auf das beste bewährt.

[4]) Mona Spiegel-Adolf, Physikalisch-Chemische Untersuchungen bestrahlter Proteine, Strahlentherapie, 29. Band, 1928.

Hochfrequenzmessungen.

Von Manfred von **Ardenne**, Berlin.

Wissenschaftliche Forschungsarbeiten bestehen entweder aus theoretischen oder experimentellen Untersuchungen oder aus einer Vereinigung beider Methoden. Das letztere gilt insbesondere für die moderne Hochfrequenztechnik Hier sind die zu behandelnden Probleme oft derartig kompliziert, daß exakte Berechnungen zum Teil fast unmöglich sind. Will man nicht zu gänzlich unübersichtlichen Resultaten kommen, so ist man gezwungen, von vornherein eine gewisse Anzahl von Vernachlässigungen und Vereinfachungen vorzunehmen. Erwähnt sei nur, daß die Anwendung der Maxwellschen Gleichungen auf räumliche Anordnungen ganz bedeutende Schwierigkeiten bietet und daß zum Beispiel schon das elektrostatische Problem der Feldverteilung bisher nur für einige ganz einfache Leiterformen vollkommen gelöst ist. Daher ist heute eine Weiterentwicklung der Hochfrequenztechnik nur unter ausgiebiger Zuhilfenahme von Versuchen und Messungen denkbar, und die theoretische Überlegung hat Hand in Hand mit der Laboratoriumsarbeit zu gehen. Je nach der Natur des vorgelegten Problems wird zunächst versucht werden, den Gang der Erscheinungen theoretisch vorauszusagen. Dann hat durch Messungen, die unter sorgfältig ausgewählten Bedingungen angestellt werden, eine Kontrolle der berechneten Ergebnisse zu erfolgen. Da, wie erwähnt, fast stets gewisse Vernachlässigungen zu machen sind, so wird auf diese Weise die Zulässigkeit der gemachten Annahmen überprüft und erforderlichenfalls korrigiert werden können. Bei sehr verwickelten Erscheinungen bilden Messungen die Hauptgrundlage, um die günstigsten Arbeitsbedingungen für die gewünschten Zwecke zu ermitteln.

Die Wichtigkeit der Hochfrequenzmessungen für theoretische und praktische Arbeiten läßt es angezeigt erscheinen, einmal in kürzeren Zügen die Meßverfahren und meßtechnischen Hilfsmittel[1]) eines Hochfrequenzlaboratoriums zu beschreiben. Im Nachfolgenden sei eine derartige Beschreibung in Anlehnung an die Meßanordnungen für Hochfrequenz gegeben, wie sie im Laboratorium des Verfassers in Lichterfelde im Gebrauch sind. Bedingung für einwandfreie Messungen jeder Art ist eine möglichst ungestörte Lage des Laboratoriums selbst. Zur Messung von Empfangsintensitäten ferner Sender ist auch Störungsfreiheit gegen Straßenbahnstörungen erwünscht.

Eine der wichtigsten und schwierigsten Messungen ist die Bestimmung des Verstärkungsgrades von Hochfrequenzverstärkern[2]). Die als Beispiel zu beschreibende Meßanordnung besteht aus einem Hochfrequenzgenerator, einem dazugehörigen Spannungsteiler und einem empfindlichen Röhrenvoltmeter (in der Abb. 1, auf dem Tische rechts). Die Messungen selbst geschehen in der Weise, daß dem zu untersuchenden Verstärker eine kleine gemessene Eingangsspannung zugeführt wird und dann die Ausgangsspannung mit dem Röhrenvoltmeter gemessen wird. Aus dem Verhältnis beider Spannungen

[1]) Eine ausführliche Darstellung befindet sich in dem demnächst erscheinenden Buche des Verfassers „Verstärkermeßtechnik", Verlag Julius Springer, Berlin.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Die Radiotechnik, S. 5, 25 ff. 1928, H. 2, S. 13 ff.

Digitized by Google

ergibt sich unmittelbar der Verstärkungsgrad. Um einwandfreie Messungen zu erhalten, müssen unerwünschte Strahlungen des Senders verhindert werden, dadurch, daß dieser metallisch vollkommen abgeschirmt und die Abschirmung geerdet wird. Dies gilt auch für den Spannungsteiler. Zur bequemen Inbetriebsetzung des Generators wird Heiz- und Anodenstrom dem Wechselstromnetz entnommen, wobei darauf zu achten ist, daß durch geeignete Anordnung von Drosseln und Kondensatoren ein Übertreten der Hochfrequenz auf die Netzleitungen verhindert wird. Vorteilhaft ist dabei auch, wenn die Primärwicklung der Netzanschlußtransformatoren von den Sekundärwicklungen durch geerdete Bleche kapazitiv abgeschirmt sind. Durch Auswechseln der Spulen im Generator ist jeder gewünschte Wellenbereich einstellbar. Der Spannungsteiler zur Abnahme beliebig kleiner Hochfrequenzspannungen ist regelbar induktiv mit dem Generator gekoppelt. Die Spannungsteilung geschieht über Loewe-Widerstände und kleine bifilar zugeführte dünne Widerstandsdrähte, so daß die Eichung des Spannungsteilers mit guter Genauigkeit durch Gleichstrom geschehen kann. Auf eine möglichst kapazitätsfreie Leitungsführung ist dabei zu achten, damit die Eichung nicht durch kapazitive Nebenschlüsse beeinträchtigt wird. Diese Bedingungen sind bei dem benutzten Gerät ausreichend erfüllt. Das zur Spannungsmessung verwendete Röhrenvoltmeter arbeitet mit Anodengleichrichtung und nachfolgender Gleichstromverstärkung mit einer zweiten Röhre. Die hohe Empfindlichkeit dieses Instrumentes[3]), das eine sehr geringe Kapazität besitzt und von 100 Hertz aufwärts bis zu den höchsten Frequenzen gleichmäßig arbeitet, macht es geeignet zu den manigfaltigsten Messungen. Durch Anschluß eines hochempfindlichen Galvanometers in Kompensationsschaltung ist es möglich, bis zu der Grenze der Empfindlichkeit zu gelangen, die theoretisch mit dem Röhrenvoltmeter überhaupt erreichbar ist[4]). Als Anwendungsbeispiel des Röhrenvoltmeters seien erwähnt Dämpfungsmessungen aller Art, an einzelnen Schwingungskreisen sowie ganzen Empfangsanordnungen.

Die Bestimmung des log Dämpfungsdekrements von Schwingungskreisen geschieht nach der Methode des Zusatzwiderstandes, indem die Resonanzspannung des zu messenden Schwingungskreises ermittelt wird, einmal ohne und einmal mit eingeschaltetem Zusatzwiderstand.

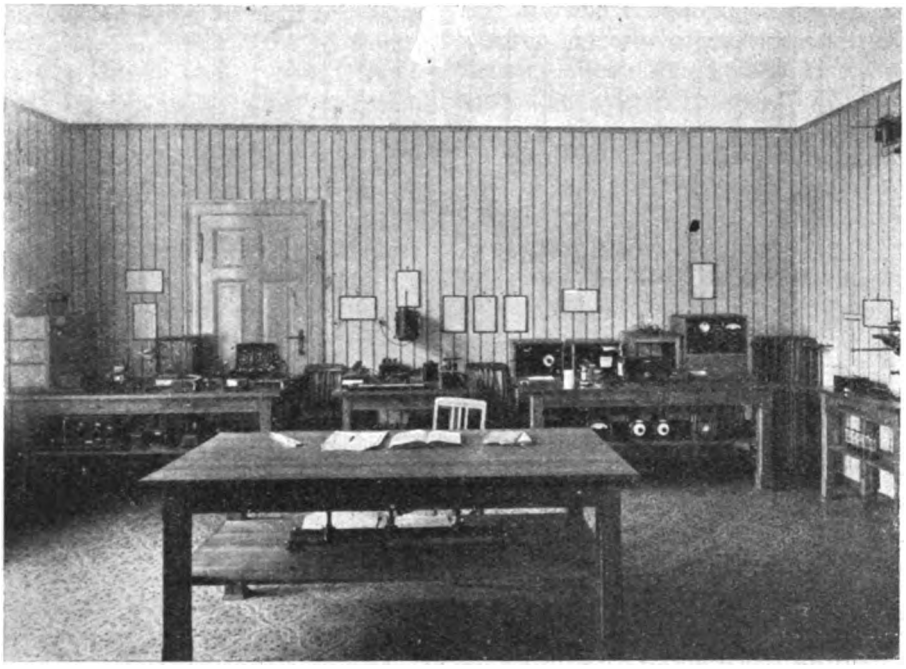


Abb. 1. Blick in das Meßzimmer im Laboratorium des Verfassers.

Durch einfache Umrechnung ergibt sich daraus der gesamte Verlustwiderstand, der Resonanzwiderstand und log Dekrement. Wichtige Gesichtspunkte ergeben sich aus Dämpfungsmessungen für die Dimensionierung von Schwingungskreisen, besonders für kurze Wellen. In gleicher Weise kann der dämpfende Einfluß einer metallischen Spulenabschirmung und deren günstigste Abmessungen ermittelt werden.

Eine weitere Anwendung findet das Röhrenvoltmeter für Selektionsmessungen an Empfängern[5]). Die Resonanzkurve, die betriebsmäßig der Eingangskreis der Gleichrichterröhre aufweist, gibt ein direktes Maß dafür, wie weit eine Benachteiligung der Seitenbandfrequenzen stattfindet. Die Messung geschieht folgender-

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, Die Radiotechnik, H. 1, S 1.

[4]) Vgl. E. u. M. 1928, Die Radiotechnik, H. 9, S 87.

[5]) Vgl. E. u. M. 1926, Die Radiotechnik, S. 57—59.

Digitized by Google

maßen: Der zu untersuchende Empfänger wird genau auf eine Welle abgestimmt, die von dem erwähnten Generator unter Anschaltung einer ganz kleinen Antenne ausgestrahlt wird. Das Röhrenvoltmeter, das parallel zu dem Eingangskreis der Gleichrichterröhre angeschlossen ist, zeigt ein Maximum an. Hierauf wird der Sender verstimmt, und zwar so weit, bis das Röhrenvoltmeter einen Spannungsrückgang auf das 0·707fache anzeigt. Die hierfür erforderliche kleine Verstimmung wird durch einen möglichst fein verstellbaren Kondensator vorgenommen. Verwendet wird zu diesen Messungen ein Wulfscher-Zylinder-Normalkondensator, der ablesbare Kapazitätsänderungen bis zu 0·005 cm gestattet, und dem Abstimmkondensator des Generators parallel geschaltet wird. Mittels eines Hilfssenders, der genau auf die Frequenz des Hauptsenders eingestellt ist, läßt sich

Zur Messung von Hochfrequenzspannungen über 1 Volt dient das Wulfsche Einfadenelektrometer[6]), das aus einem feinen Wollastonfaden (2 μ) besteht, der zwischen zwei Schneiden steht. Die Empfindlichkeit ist in weiten Grenzen einstellbar, je nach der Fadenspannung, dem Schneidenabstand und der Schaltung von Faden und Schneiden gegeneinander. Die Ablesung des Fadenausschlages geschieht mit dem Mikroskop. Die Einstellung erfolgt praktisch fast trägheitslos. Die Abb. 1 zeigt auf dem Tisch links zwei Einfadenelektrometer. Ein Nachteil dieser Instrumente ist, daß bei Überspannungen der Faden leicht an die Schneide anstößt und zerreißt. Das Röhrenvoltmeter ist demgegenüber fast unempfindlich gegen Überlastung.

Unentbehrlich ist weiter eine Einrichtung zum genauen Messen von kleinen Kapazi-

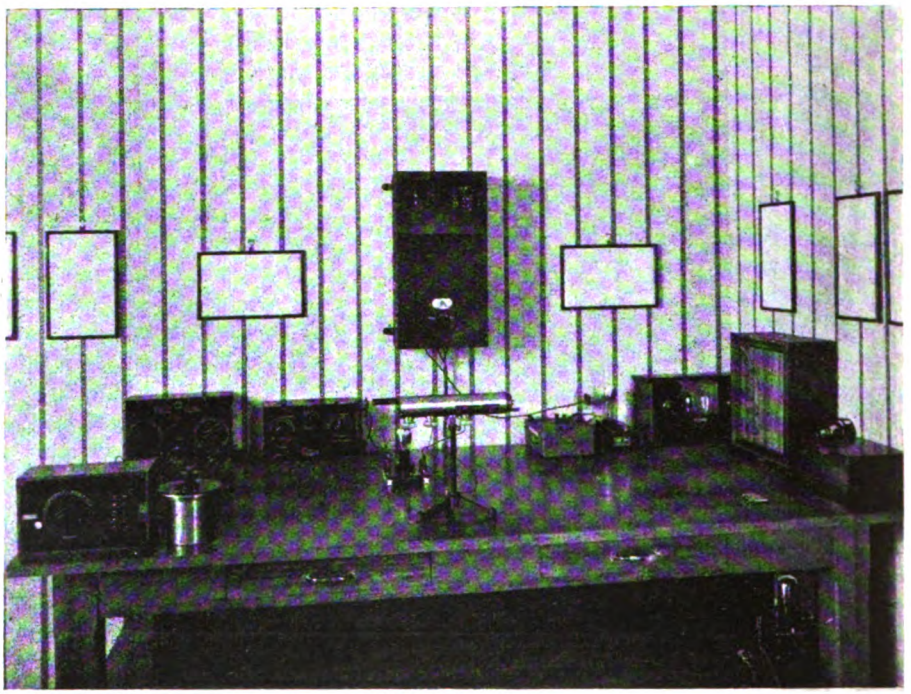


Abb. 2. Einrichtung zur Messung sehr kleiner Kapazitäten.

aus der Höhe des Übergangstones ohne weiteres die Verstimmung in Hertz angeben, die den eingestellten Spannungsrückgang zur Folge hat. Aus Verstimmung und Spannungsänderung läßt sich leicht der Verlauf der Resonanzkurve des Empfängers, die wirksame Dämpfung und Selektivität bestimmen.

Damit ist die Zahl der Anwendungsmöglichkeiten des Röhrenvoltmeters bei weitem noch nicht erschöpft. Es ist geradezu das einzige Instrument, mit dem Hochfrequenzmessungen winziger Energien bequem ausführbar sind. Erwähnt sei weiterhin, daß in 8 km Entfernung vom Berliner Sender ein guter Vergleich der Empfangsenergien möglich ist, die von verschiedenen Rahmenantennen aufgenommen werden (Feldstärkenmessungen).

täten. So einfach die elektrischen Gesetze in ihrer Grundform sind, so schwierig ist ihre Anwendung auf räumliche Gebilde. Um zu ermitteln, welche Verbesserungen hinsichtlich der Kapazitäten bei Änderungen der Elektrodenanordnungen einer Röhre erzielt werden können, sind genaueste Messungen unumgänglich, ebenso um einen Vergleich zwischen verschiedenen Röhren und Sockelanordnungen anzustellen. Eine einfache, sehr genaue Methode hierfür ist die Überlagerungsmethode; damit die Messungen ohne Zeitverlust durchgeführt werden können, ist die Einrichtung, die in Abb. 2 abgebildet ist, fest aufgebaut. Sie besteht aus zwei Sendern, jeder wieder mit Netzanschluß, so daß durch eine Schalterdrehung die Apparate betriebsbereit sind. Beide Sender sind

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, Die Radiotechnik, S. 26.

Digitized by Google

annähernd auf dieselbe Welle eingestellt und arbeiten auf ein Audion, das im Lautsprecher einen Überlagerungston ergibt, dessen Frequenz von der Verstimmung der beiden Sender gegeneinander abhängig ist. Wird einem der Sender die zu messende Kapazität parallel geschaltet, so ändert sich die Frequenz und damit der Überlagerungston. Parallel zum Abstimmkondensator liegt ein geeichter Normalkondensator. Durch Zurückdrehen des Normalkondensators wird die eingetretene Kapazitätsänderung wieder rückgängig gemacht, das heißt die ursprüngliche Tonhöhe wieder eingestellt. Die Differenz ist gleich dem Wert der zugeschalteten Kapazität. Für einfachere Messungen wird man auf den Schwebungston Null einstellen; bei sehr genauen Messungen jedoch auf eine bestimmte Frequenz, die durch Vergleich mit dem 50er-Ton eines Netzanschlußgerätes bis auf 1 Per/s eingehalten werden kann. Je nach der Wahl der Wellenlängen kann die erreichbare Genauigkeit weit über das praktisch meist erforderliche Maß gesteigert werden. Die beiden Sender arbeiten so, daß auch über einen größeren Zeitraum eine Änderung des Überlagerungstones praktisch nicht bemerkbar ist. Als Normalkondensator wird ein Wulfscher Zylinderkondensator verwendet, der mit Sicherheit Kapazitätsänderungen von 0·005 cm abzulesen gestattet.

Erwähnenswert ist ferner ein Tonfrequenzgenerator (auf dem Bilde Abb. 1 ganz links) der Wechselströme von 100 bis 10 000 Hertz liefert. Er arbeitet nach dem Dynatronprinzip und dient außer zur Messung von Niederfrequenztransformatoren zur Modulation des schon erwähnten Hochfrequenzsenders und gestattet auf diese Weise Empfangs- und Audionuntersuchungen unabhängig von dem Arbeiten irgendwelcher Sendestationen.

Bekannt und daher nur kurz zu erwähnen sind Galvanometer verschiedener Empfindlichkeit herauf bis zu Spiegelgalvanometern bis 10^{-12} A. (Auf der Abb. 1 in der Mitte und ganz rechts.) Sie dienen zur Messung von Gitterströmen und in Verbindung mit Thermoelementen zur Messung kleinster Hochfrequenzströme.

Das Vorhandensein einer Röhrenmeßeinrichtung, die sofort die Aufnahme der Charakteristik und aller gewünschten Röhrendaten gestattet, darf als selbstverständlich gelten. Desgleichen die anderen unentbehrlichen Hilfsmittel, wie Wellenmesser, Meßbrücken, Widerstands-, Induktions-, und Kapazitätsnormalien, Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom.

Der im vorstehenden gegebene Überblick zeigt, daß die Anforderungen, die für die Durchführung von Hochfrequenzmessungen gestellt werden müssen, nicht gering sind und daß ein modernes Laboratorium immerhin beträchtliche Hilfsmittel aufweisen muß, wenn ein ungehindertes Arbeiten ermöglicht werden soll.

Rundschau.

Elektrische Meßkunde.

Über neue eisenlose elektrodynamische Präzisions-Leistungsmesser hoher Empfindlichkeit berichtet Wilhelm Geyger, Frankfurt a. M.

Diese vom Autor angegebenen, von der Hartmann, Braun A.-G. gebauten Instrumente sind bestimmt für Wechselstrom-Leistungsmessungen bei großer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, z. B. für Verlustmessungen an Transformatoren und Kabeln; sie sind so beschaffen, daß bei der höchstzulässigen Strombelastung der Meßspulen der Endausschlag ungefähr bei $\cos \varphi = 0{\cdot}1$ erreicht wird und der Eigenphasenfehler des Instrumentes verschwindend klein ist. Um das Auftreten von Wirbelströmen und Wirbelstromphasenfehlern zu vermeiden, wurden früher allgemein die Instrumente ohne Metallteile gebaut, wodurch die mechanischen Eigenschaften eine Einbuße erlitten. Von diesem Grundsatze ist man in neuerer Zeit abgegangen und verwendet Metallteile mit hohem spezifischen Widerstande, so daß das Auftreten von Wirbelströmen in ausreichendem Maße verhindert ist und die mechanische Festigkeit und Wärmebeständigkeit wesentlich erhöht wird. Der neue Präzisions-Leistungsmesser besitzt ein hochempfindliches astatisch aufgebautes Meßwerk (Bandaufhängung des beweglichen Systems) und einen verschwindend kleinen Eigenphasenfehler. Die beiden astatisch geschalteten Drehspulen sind mit dem phasenfehlerfrei gewickelten Vorschaltwiderstand in Reihe geschaltet, der teilweise durch einen Kondensator überbrückt ist. Dieser Kondensator gestattet es, die durch die Induktivität der Drehspulen verursachte Phasenabweichung des Spannungspfades auf Null zu bringen. Das von dem in der festen Spule fließenden Hauptstrom erzeugte magnetische Feld, in dem sich die beiden Drehspulen bewegen, soll mit diesem Strome phasengleich sein. Nun werden in den der Hauptstromspule benachbarten Teile des Meßwerkes oder in den Stromleitern der Hauptstromspule Wirbelströme induziert, die zusätzliche Felder erzwingen, die sich mit dem Hauptstromfelde zusammensetzen, so daß das wirksame Feld gegen den Hauptstrom um einen gewissen Phasenwinkel verschoben ist. Nach einer vom Autor angegebenen Meßmethode wurde dieser Phasenwinkel gemessen, der sich dank der Herstellung des Meßwerkgestelles aus Widerstandsmetall, Vermeidung von Metallteilen in der Nähe der Hauptstromspule, Trennung der einzelnen Bestandteile des Meßwerkgestelles durch isolierende Zwischenstücke kleiner als 0·1 min bei 50 Per/s erwies. Auch die Phasenabweichung des Spannungspfades betrug auf Grund einer Bestimmung von Geyger nach einer von ihm angegebenen Methode weniger als 0·1 min bei 50 Per/s. Der Einfluß der gegenseitigen Induktivität zwischen der Hauptstromspule und den Drehspulen ist, wie Messungen ergaben, bei technischen Frequenzen verschwindend klein; erst bei höheren Frequenzen (500—100 Per/s) können Anzeigefehler von 0·1 bis 0·5 vH des Skalenendwertes entstehen; auch die Temperatur übt auf die Angaben des Instrumentes geringen Einfluß aus. L. K.

(Archiv. f. Elektr., Bd. 19, H. 2, 1927.)

Über eine Thermo-Wattmeter für geringen Leistungsfaktor und für Hochfrequenz berichtet E. Kühnel, Berlin. Für wattmetrische Messungen bei sehr kleinem Leistungsfaktor ($<0{\cdot}1$) standen bisher nur hochempfindliche dynamometrische Instrumente zur Verfügung, die eine besondere sorgfältige Aufstellung und Behandlung verlangen. Kabelprüfungen auf der Strecke sind mit derartigen Instrumenten nur schwer möglich. Die hohe Selbstinduktion erfordert umständliche Korrektionen. Hier ist ein thermisches Instrument vorzuziehen. Wenn e den der Spannung, i den der Stromstärke proportionalen Strom bedeutet, so kann nach Bauch (1903) die Leistung ei nicht als Produkt, sondern als Differenz zweier algebraischer Summen gemäß der Identität

$$4ei = (e+i)^2 - (e-i)^2$$

Digitized by Google

gemessen werden. Die Schaltung und das Instrument von Bauch verwendete zwei Hitzdrähte, die parallel untereinander mit gemeinsamen Vorschaltwiderstand in Serie an der Spannung lagen und die von einem Strom i derart durchflossen waren, daß der eine Hitzdraht von $e+i$, der andere von $e-i$ erwärmt wurde; die Differenz dieser Verlängerungen wirkte auf einen Zeiger. Die Schaltung konnte sich nicht durchsetzen, da der Eigenverbrauch des Instumentes zu groß war. Prof. H. W. L. Brückmann in Delft hat die Schaltung dahin abgeändert, daß an Stelle der Hitzdrahtsysteme zwei Heizdrähte treten, die je 50 hintereinander geschaltete Thermoelemente heizen[1]). Die Schaltung ist wieder so, daß der eine Heizdraht von $e+i$, der zweite von $e-i$ durchflossen wird, beide Thermoelementserien sind gegeneinander auf ein Drehspulmillivoltmeter geschaltet, dessen Ausschlag dem Gesetz

$$(e+i)^2-(e-i)^2$$

folgt. Der Meßbereich des neuen Instrumentes beträgt stromseitig 0·3 bis 0·45 A, mit ansteckbaren Shunts 6 bis 30 A, spannungsseitig 3 und 30 V, mit Vorschaltwiderständen weiter 150, 300 und 600 V. Die Heizdrähte sind nur gering beansprucht, mit 60 mA, was einer Erwärmung auf 10° C entspricht. Durch einen Umschalter kann dieselbe Anordnung als Voltmeter oder Amperemeter dienen. Nach Untersuchungen auf der Universität Utrecht zeigen derartige Instrumente bis zu Frequenzen von 10 000 Hertz übereinstimmend mit der Gleichstromeichung. Co.

(Zeitschrift f. Instrumentenkunde. Heft 3, 1928.)

Ein Elektrometer für Messung sehr hoher Gleich- und Wechselspannungen wurde von H. Starke und R. Schroeder im physikalischen Institut der Technischen Hochschule Aachen konstruiert. Es ist ein statisches Elektrometer, dem folgender Gedanke zugrunde liegt. Eine unter Spannung V stehende Elektrode erzeugt im Raume nach geerdeten Leitern der Umgebung hin ein beliebig geformtes elektrisches Feld. Die Feldstärke ist überall der Spannung der Elektrode proportional. Mißt man die Feldstärke dicht vor einem der geerdeten Leiter oder, was auf dasselbe hinausläuft, die kleine Spannung v zwischen dem geerdeten Leiter und einem nahe seiner Oberfläche befindlichen Punkt, so ist v ein Maß für V und es braucht für dessen Bestimmung nur der Wert v_0 für einen Eichwert V_0 bekannt sein. Zunächst wurde mit einer Flammenelektrode gearbeitet. Vor der Mitte der geerdeten Platte befand sich ein winziges Gasflämmchen, das mit einem Elektrometer verbunden war. Zeigte dieses bei einem gewissen Abstand der Platten und bei Ladung der Elektrode auf 2000 V zum Beispiel 10 V an, so entspricht einer Anzeige von 100 V eine Spannung von 20 000 V der Elektrode. Wird dann die auf 20 000 V geladene Elektrode weiter vom Leiter entfernt, bis das Elektrometer wieder 10 V anzeigt, so entspricht jetzt der Meßbereich 10 bis 100 V einem Spannungsmeßbereich von 20 000 bis 200 000 V. Bei dem wirklichen Instrument wird die Drehung eines Metallplättchens aus der Ebene der geerdeten Platte und Spiegelablesung benützt. Die kreisförmigen Elektroden haben einen Durchmesser von 66 cm. In der geerdeten Scheibe ist ein kleiner Schlitz angebracht, in den das Plättchen (6·5 × 38 mm) hineinragt. Es ist mittels eines Bandes aus Phosphorbronze eingespannt. Eine Luftdämpfung bewirkt aperiodische Bewegung. Aus den Eichkurven zeigt sich der vollkommen gesetzmäßige Verlauf der Beziehung Spannung als Funktion von Skalenausschlag für verschiedene Elektrodenabstände. Das Instrument gestattet mittels einer Eichung bei einem verhältnismäßig niedrigen Bereich (zum Beispiel mittels Spannungswandler) beliebige Meßbereiche einzustellen. Es eignet sich naturgemäß für Gleich- und Wechselspannung, seine Angaben sind von der Umgebung nicht beeinflußt. Co.

(Archiv f. Elektrotechnik, Bd. 20, H. 2, 1928.)

Über ein neues Verfahren zur Prüfung von Ein- und Mehrphasen-Zählern berichtet Rudolf Kopp, Leipzig. Bekanntlich werden Zähler in der Installation nicht mit Wattmetern, sondern mit Eichzählern geprüft, da infolge der Schwankungen im Netze sich die Anwendung eines Wattmeters verbietet. Das Verfahren hat den Nachteil, daß auch der Eichzähler wieder seine Eigenfehler besitzt, die mit der Belastung variieren. Das neue Verfahren arbeitet mit gleichbleibender Belastung im Stromkreis des Eichzählers und wird daher von dem Verfasser als „Gleichlast-Eichverfahren" bezeichnet. Es besteht darin, daß man die Netzspannung durch einen kleinen Transformator auf etwa 5 V heruntertransformiert und an die Klemmen einen Stromkreis legt, der die Hauptstromspule des Eichzählers, einen kleinen Widerstand und die Primärwicklung eines Stufenwandlers enthält. Auf der Sekundärseite des Stufenwandlers ist der Stromkreis des zu prüfenden Zählers angeschlossen. Während im Stromkreis des Eichzählers die Belastung fast dieselbe bleibt, wird die Belastung des zu prüfenden Zählers dadurch geändert, daß man seine Stromspule nacheinander an die einzelnen Zapfstellen der sekundären Spule des Stufenwandlers legt. Das Ergebnis ist, daß der Eichzähler bei allen Belastungsstufen stets mit voller Last läuft, seine Angaben also sehr genau sind, während der zu prüfende Zähler entsprechend den Vorschriften mit Vollast, 50 vH, 10 vH oder für die Anlaufprüfung mit 0·5 vH der Normallast läuft. (Voraussetzung für das richtige Funktionieren dieser Anordnung ist, daß nicht neue Fehler durch etwa schwankende Übersetzungsverhältnisse der Transformatoren hineinkommen. Dieser Nachweis wird im Aufsatz wohl nicht in genügender Weise erbracht, sondern es wird nur gesagt, daß diese Fehler verschwindend klein sind. Der Ber.) Die Untersuchung bei Phasenverschiebung geschieht durch Zuschaltung von Drosselspulen. In diesem Falle ist angegeben, daß die unvermeidlichen Abweichungen in dem Übersetzungsverhältnisse der Wandler dadurch ausgeglichen werden, daß mittels der 90 Grad Abgleichungsvorrichtung des Eichzählers eine Regulierung erreicht wird. Der Apparat ist in zwei Ausführungen, einer für transportable Zwecke und einer für ortsfeste Stationen durchgebildet; Erfahrungen im Eichdienst werden nicht mitgeteilt. Co.

(Elektro-Journal, Jg. 8, H. 9, 1928.)

Über ein Sättigungspermeameter berichtet S. L. Gokhale, General Electric Co., Schenectady. Der Apparat (Schaltbild Abb. 1) gestattet eine genaue und rasche Bestimmung des Sättigungswertes von magnetischem Material. Durch Öffnungen eines Joches wird der Prüfstab durchgesteckt. Auf dem Stab sitzen zwei Wicklungen, die Magnetisierungswicklung *Mag* und die Spannungswicklung *t*. Eine gegenseitige Induktion M_c ist primär an die Magnetisierungs-, sekundär

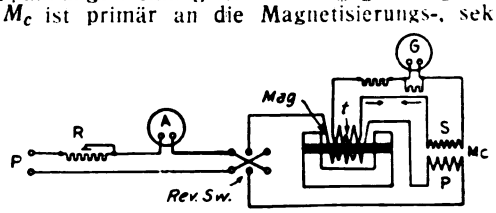


Abb. 1.

an die Spannungswicklung geschaltet, derart, daß die induzierten Spannungen in Gegenschaltung auf das ballistische Galvanometer *G* arbeiten. Hiedurch wird der Streufluß der Spannungsspule kompensiert. Bei der Messung wird M_c solange variiert, bis der Galvanometerausschlag im Sättigungsbereich konstant ist. Der so erhaltene Wert von $B-H$ gilt als Sättigungswert. Der Apparat eignet sich nicht für die Ermittlung der unteren Werte der Magnetisierungskurve (H kleiner als 200 Gauß). Messungen an diesem Apparat und an Toroiden ergaben, daß der oberste Teil der Magnetisierungslinie ($B-H$ als Funktion von H) geradlinig und parallel zur H-Achse verläuft. Das Phänomen der Sättigung ist damit streng erwiesen, womit Webers Theorie der molekularen Orientierung bestätigt ist. Daß man bisher eine ansteigende, nicht streng gerade Linie erhalten hat, wird auf Fehler aller bisher angewendeten Apparate und Meßmethoden zurückgeführt. Co.

(Journal of the A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 3, 1928.)

Über ein registrierendes Magnetometer für technische Messungen an stark gestörten Orten berichtet E. Lehrer. Es gestattet die photographische Registrie-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 414.

Digitized by Google

rung von Hysteresisschleifen, Temperatur-Magnetisierungskurven und Erstarrungskurven. Der Typus des Instrumentes ist jener des störungsfreien Torsions-Magnetometers nach Kohlrausch und Holborn[1]). Weitgehende Unempfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen wird dadurch erreicht, daß die ganze Meßanordnung auf einer Marmorplatte sitzt, die an vier Drähten aus Stahl von 2 m Länge aufgehängt ist. Die Platte schwebt frei über einem Gestell aus Holz, ihre Schwingungen sind durch dazwischen gelegte Wattebäuschchen gedämpft. Durch die Marmorplatte geht ein Kupferrohr, das oben den Torsionsknopf, an dem das Magnetsystem hängt, und unten einen Kupferklotz mit Richtmagnet trägt. Das System besteht aus einem 56 cm langen Glasfaden, an dem oben und unten je 4 Magnetchen von 1·4 mm Breite und 10 mm Länge in etwa 1 mm gegenseitigem Abstand angekittet sind. Die Pole der oberen Magnete sind denen der unteren entgegengesetzt. An dem Faden sind weiters zwei Spiegel befestigt, einer für Ablesung mit Fernrohr und Skala, einer für die photographische Registrierung. Zur Änderung und Messung der Empfindlichkeit sind drei Spulen in nächster Nähe des Cu-Rohres angebracht, während die Magnetisierungsspulen in einiger Entfernung auf dreikantigen Schienen verschiebbar angeordnet sind. Eine dieser Spulen ist als elektrischer Ofen (Marquardtrohr von 22 mm lichter Weite) mit Heizwicklung aus Platindraht ausgebildet, beide Spulen haben eine Wasserkühlung. In der Heizspule können also zu untersuchende magnetische Materialien bis 500 Grad erwärmt werden, was für die Aufnahme der Temperatur-Magnetisierungslinien erforderlich ist. Äußerst sinnreich ist die Einrichtung der photographischen Registrierung, die unter der Tischfläche eingebaut ist. Der Lichtstrahl einer Scheinwerferlampe trifft hintereinander zwei Spiegel, deren einer am Magnetometer, der zweite an einem Drehspulinstrument befestigt ist. Wird der Magnetisierungsstrom durch das Drehspulsystem geschickt, so wird der Lichtpunkt in vertikaler Richtung abgelenkt, während die Ablenkung durch das Magnetometer in horizontaler Richtung erfolgt. Aus der Zusammensetzung dieser beiden gleichzeitigen Ablenkungen erhält man die Hystereseschleife aufgezeichnet. Für Aufnahmen von Umwandlungspunkten ist ein Thermoelement auf das Drehspulmeßwerk geschaltet. In dem rauhen Betrieb des Werkes Oppau der I. G. Farbenindustrie A.-G. hat sich das Instrument gut bewährt.

Co.

(Zeitschrift f. Technische Physik, Jg. 9, Nr. 4, 1928.)

Über Präzisionswiderstände mit neuer Stöpselklotzanordnung berichtet Oswald Schöne. An einen Stöpselrheostat muß die Forderung gestellt werden, daß die Stöpselklötze auf dem Isoliermaterial unverrückbar befestigt sind. Die übliche mechanische Sicherung geschah bisher mittels Stellstiften. Es zeigte sich, daß der Isolierstoff den seitlichen Druck beim Einsetzen der Stöpsel nicht aufnehmen konnte, so daß das ursprünglich runde Stellstiftloch allmählich in einen länglichen Schlitz überging. Man konnte auch beobachten, daß beim Ziehen eines Stöpsels die benachbarten Stöpsel gelockert wurden, was zu Meßfehlern Anlaß gab. Schließlich wurde der obere Teil des Klotzes auseinander gedrängt, wodurch der Konus seine Passung einbüßte, so daß der richtige Kontakt verloren ging. Siemens & Halske haben daher diesem Konstruktionselement eine neue Form gegeben, welche alle Nachteile vermeidet. Der Kontaktklotz erhielt eine winkel- oder schulterförmige Form, das Isoliermaterial kann nicht mehr ausweichen, sondern wird beim Stecken des Stöpsels zusammengedrückt. Der zwischen zwei Stöpsellöchern liegende Klotz ist in der Mitte geteilt und durch eine biegsame Verbindung überbrückt. Dadurch wird eine mechanische Übertragung der Bewegung eines Klotzes auf den benachbarten sicher verhindert. Die halbkreisförmige Form des Schulterstückes sichert die Lage des Klotzes schon so weitgehend, daß die eigentliche Befestigung nicht mehr mit Schrauben, sondern nur mit Rohrniete möglich ist. Da bekanntlich eine polierte Hartgummiplatte sehr unter dem Einfluß des Lichtes leidet, wurde eine Lichtschirmplatte darübergelegt, die auch bei der Messung verbleibt. Auf dieser Abdeckplatte sind die Beschriftung und eventuelle Schaltzeichnung aufgetragen. Co.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, Heft 4, 1928.)

[1]) Ann. d. Physik Bd. 10 (1903), S. 287. — E. Gumlich, Leitfaden der magn. Messungen (1918), S. 47. — Vgl. a. E. u. M. 1914, S. 726; 1921, S. 565.

Patentbericht.

Elektrische Meßverfahren und -Instrumente für verschiedene Zwecke.

Elektrische Temperaturmesser und -Regler. Elektrische Wärmemengenmesser.

Eine thermoelektrische Kombination, insbesonders für Temperaturmessung, bei der die Thermokräfte unabhängig von der Gasaufnahme und sonstigen Einflüssen bleiben, besteht nach einer Erfindung von C. W. Heraeus G. m. b. H. in Hanau a. M. (Erfinder Dr. O. Feußner, Hanau), in einem oder beiden Schenkeln aus mindestens drei Edelmetalle enthaltenden hoch gasbeständigen Legierungen. Als Bestandteile der Legierungen kommen neben einem stark gasaufnahmefähigen Platinmetall (zum Beispiel Palladium) Gold oder Silber und ein weiteres Platinmetall (zum Beispiel Platin, Ruthenium, Rhodium) in Betracht, und zwar vorteilhaft in bestimmten Gewichtsverhältnissen. (D. R. P. Nr. 448474.)

Bei selbsttätigen Temperaturreglern, die durch die einen Kontakt herstellenden Zeiger eines Meßgerätes in Tätigkeit gesetzt werden, sind die wirkenden Kräfte am Zeiger zu gering, um einen sicheren mechanischen Kontakt herzustellen, und es kann leicht ein Festbrennen der Kontaktstellen eintreten. Dieser Übelstand wird nach einer Erfindung der Elektro-Schalt-Werk A.-G. (Göttingen) dadurch vermieden, daß durch den Zeiger die sekundäre (Hochspannungs-) Seite eines Transformators zum Funkenüberschlag durch Überbrückung unter Beibehaltung eines oder zweier Luftspalte ohne mechanische Berührung mit den Polen der Sekundärwicklung gebracht wird. Dadurch wird in der Primärwicklung die Stromstärke erheblich gesteigert und ein mit dieser Wicklung in Reihe geschaltetes Relais zum Ansprechen gebracht, das dann zum Beispiel den Heizstromkreis eines elektrischen Ofens schließt, unterbricht oder verändert. (D. R. P. Nr. 443252.)

Zur Überwachung der Temperatur von elektrischen Öfen wird nach einer Erfindung der S. S. W. der bei einer bestimmten Temperatur unmagnetisch werdende Eisenkern eines Elektromagneten von einer mit Wechselstrom erregten Wicklung magnetisiert und durch die Zunahme des Erregerstromes beim Unmagnetischwerden des Eisenkernes die Wärmezufuhr zum Ofen abgeschaltet oder vermindert. (D. R. P. Nr. 437551.)

Zur elektrischen Messung der von einem strömenden Stoff abgeführten oder diesem zugeführten Wärmemengen unter Verwendung von zwei Widerstandsthermometern, die vor und hinter der Wärmeumsatzstelle in zwei Zweigen einer Wheatstoneschen Brücke liegen, hat die I. G. Farbenindustrie A.-G. in Frankfurt a. M. (Erfinder Dr. K. Boedeker, Höchst a. M.) folgende Anordnung angegeben: Das die Menge des strömenden Stoffes messende Meßgerät beeinflußt einen oder mehrere Zweige einer zweiten Wheatstoneschen Brücke derart, daß die Brückenspannung proportional der Strömungsmenge ist. Diese veränderliche Brückenspannung dient zum Betrieb der die beiden Temperaturmeßwiderstände (Widerstandsthermometer) enthaltenden Wheatstoneschen Brücke. (D. R. P. Nr. 442029.)

Für Wärmemesser oder Wärmeregler, deren Wirkungsweise auf der mit wechselnder Temperatur sich ändernden Magnetisierung von Teilen beruht, welche Änderungen bestimmte Wirkungen auslösen (es kann zum Beispiel ein aus einem magnetisierbaren Material bestehender Kern einerseits die Primärwicklung eines Transformators tragen, andererseits die mit einem die Raumtemperatur anzeigenden Spannungsmesser verbundene Sekundärwicklung), wird nach einer Erfindung der Friedr. Krupp A.-G. (Erfinder Dr. Stäblein, Essen) für die genannten Teile mit besonderem Vorteil Nickel-

Digitized by Google

stahl mit 27 bis 36 vH Nickel verwendet, weil dieses Material bei Änderungen der Temperatur seine Magnetisierung sehr stark ändert. So ist bei 28·7 vH Nickel bei einem Feld von 100 Gauß die Magnetisierung bei 20° C etwa 3200 cgs-Einheiten, bei 60° C nur noch etwa 600, bei 36 vH Nickel sind die Werte für 20° und 250° 11200 und 200 cgs-Einheiten, bei 30·4 vH Nickel 5600 (20°) und 200 (125°). (D. R. P. Nr. 438489.)

Elektrische Leistungs- und Kraftmesser, Materialprüfung.

Zur Messung der der Flächeneinheit eines Windrades zugeführten mechanischen Energie schlägt Dr. Ing. K. Lubowsky (AEG) vor, ein von der Tourendynamo eines Anemometers gespeistes integrierendes elektrisches Meßgerät, insbesondere durch Zwischenschaltung von Widerständen negativer Charakteristik so einzurichten, daß die Anzeige des Meßgerätes der dritten Potenz der Spannung der Tourendynamo proportional ist. (D. R. P. Nr. 451318.)

Zum Messen von Drehmomenten an umlaufenden Wellen durch die Größe der gegenseitigen Verdrehung zweier mit den zwei Meßquerschnitten auf der Welle verbundener Teile wird nach einer Erfindung der Siemens & Halske A.-G. (Erfinder Dipl. Ing. K. Eisenzapf) eine zu den Abstimmelementen eines elektrischen Schwingungskreises gehörige Kapazität oder Selbstinduktion derart angeordnet, daß sie durch die erwähnte Verdrehung der Welle verändert wird. Die veränderliche Kapazität besteht aus zwei Scheiben, die sektorförmige Ausschnitte aufweisen und mit den beiden Meßquerschnitten verbunden sind. Die Änderungen der Abstimmelemente des Schwingungskreises werden durch Änderung der Abstimmung zwischen einem Hochfrequenzstrom und einem Schwingungskreise in Amplitudenänderungen umgesetzt, bzw. sie ändern die Schwebungsfrequenz eines aus zwei überlagerten Hochfrequenzschwingungen entstandenen Hochfrequenzstromes. (D. R. P. Nr. 446828.)

Um bei elektrischen Leistungswaagen den Einfluß der Reibung der Lager des Pendeldynamogehäuses auf die Genauigkeit der Messung auszugleichen, werden nach einer Erfindung von C. W. Shaifer (General Electric Co., Schenectady) die Schalen dieser Lager, zweckmäßig durch einen kleinen Hilfsmotor, in sehr rasche Schwingungen um die Maschinenachse versetzt. Werden Kugellager für die Lagerung des Maschinengehäuses benützt, so werden diese Kugellager von schwingenden Ringen umgeben, die selbst wieder in Kugellagern im Rahmen der Leistungswaage gelagert sind. (Am. P. Nr. 1600071.)

Nach einer Erfindung von Leo Schüler (Firma Dr. Max Levy, Berlin) wird zum Betrieb elektrischer Leistungswaagen für hohe Drehzahlen der Ständer einer Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer mit einer Synchronmaschine verbunden, die als Stromerzeuger läuft, wenn die Leistungswaage als Motor wirkt, während sie bei Antrieb der Leistungswaage als Stromerzeuger den zu ihrem Betrieb nötigen Erregerstrom liefert. Dadurch sollen die mit der Herstellung von isolierten Wicklungen auf dem Läufer verbundenen Schwierigkeiten vermieden werden. (D. R. P. Nr. 414687.)

Zum Messen oder Aufzeichnen des Schnittdruckes an Werkzeugmaschinen schlägt Dr. Hans Gerdien (Siemens & Halske A.-G., Berlin) vor, durch die zwischen Werkzeug und Werkstück auftretende Kraft die Kapazität eines Kondensators zu beeinflussen und die Kapazitätsänderung, zum Beispiel durch Änderung der Abstimmung zwischen einem Hochfrequenzstrom und einem Schwingungskreis in Amplitudenänderungen umzusetzen, die dann in üblicher Weise gemessen werden. (D. R. P. Nr. 436157.)

Bei den bekannten Einrichtungen zum Prüfen der Ermüdungserscheinungen von Baustoffen unter der Einwirkung von sehr hohen Wechselbeanspruchungen durch Elektromagnete soll nach einer Erfindung von Dr. W. Hort in Charlottenburg (AEG) als Schwingungserzeuger eine oder mehrere Elektronenröhren verwendet werden, deren Anodenströme zur Erregung der Wechselstrommagnete dienen. (D. R. P. Nr. 422100.)

Literaturberichte.

3734 **Elektrische Meßtechnik.** Theorie und Praxis der elektrischen und magnetischen Messungen. Von Wilhelm Jaeger. Dritte umgearbeitete Aufl., 553 Seiten mit 556 Abb. im Text und einer Fluchttafel. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1928. Preis brosch. Mk. 40·—, geb. Mk. 43·—.

Die vorliegende dritte Auflage (erste Auflage 1917, zweite 1922), weist gegenüber den früheren Auflagen keine wesentliche Veränderung auf. Ein sehr ausführlich gehaltener erster Teil behandelt die theoretischen Grundlagen mit Abschnitten über mathematische Hilfsmittel, Schwingungsvorgänge, Theoretisches über Elektrizität und Magnetismus und Wechselstrom. In diesem Teil bildet das Buch eine gedrängte Darstellung der Lehre von der Elektrizität schlechthin, was sehr zu begrüßen ist im Hinblick darauf, daß der messende Ingenieur oder der technische Physiker im Getriebe der Praxis nur zu leicht die wissenschaftliche Grundlage seines Faches verlernt. Der zweite Teil behandelt Einheiten und Normale mit den Abschnitten Geschichtliches, gesetzliche Bestimmungen, Normale, Verhältnis der internationalen zu den absoluten praktischen Einheiten. Von den Normalen werden die Quecksilber-Ohmrohre, die Drahtnormale, das Silbervoltameter, die Normalelemente sowie die Normale der Kapazität und Induktivität besprochen. Der dritte Teil „Elektrische Meßinstrumente" und der vierte Teil „Hilfsapparate und Hilfsvorrichtungen für Gleich- und Wechselstrom" bevorzugen stark die Laboratoriumsinstrumente, während die technischen Instrumente namentlich neuerer Bauweise etwas zu kurz kommen. Es entspricht in diesen Teilen das Werk in erster Linie den Anforderungen des Physikers und nicht des Elektrotechnikers. Besonders wertvoll erscheinen die Abschnitte über elektrostatische Instrumente, über Drehspulgalvanometer, Saiten- und Vibrationsgalvanometer. Die folgenden 164 Seiten des Buches sind den Meßmethoden für Gleich- und Wechselstrom gewidmet. Hier finden sich die überaus wertvollen Ergebnisse niedergelegt, die durch die ein Menschenalter ausfüllenden Arbeiten des Verfassers an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg gewonnen wurden. Auf die Abschnitte Übersetzungsverhältnis und Phasenwinkel der Meßtransformatoren, Kurvenanalyse, Frequenz und Phasenwinkel sowie Hochfrequenzmessungen sei besonders hingewiesen. Zwei weitere Teile behandeln die magnetischen Messungen und die elektrische Temperatur- und Strahlungsmessung. Es folgt eine Zusammenstellung der absoluten Maße, Tabellen und Konstantentafeln sowie ein überaus sorgfältig gearbeitetes alphabetisches Sachregister. Für den im Laboratorium arbeitenden Elektrophysiker ist das Buch von Jaeger längst ein unentbehrlicher Behelf geworden. Conrad.

2851 **Elektrische Messungen.** Von Werner Skirl, Oberingenieur. Mit 431 Bildern. Oktav, XIV und 455 Seiten. Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig (Siemens-Handbücher, Bd. 6). Preis geb. Mk. 11·—.

Als Siemens-Handbuch beschränkt sich das Buch, soweit es Beschreibungen von Meßinstrumenten enthält, ausschließlich auf Siemens-Instrumente. Bei der Behandlung der Meßmethoden und Schaltungen fällt diese Beschränkung weg. Wer speziell mit Meßinstrumenten Siemens'scher Herkunft zu arbeiten gewohnt ist, wird doppelten Gewinn daraus ziehen können. Aber auch als Handbuch der elektrischen Meßtechnik schlechtweg wird man diesem Werk einen hohen Rang einräumen. Besonders erfreulich sind die klaren Zeichnungen und Abbildungen, vielfach nach eigenen Entwürfen des Verfassers. Das Kapitel über Relais und Überstromschutz scheint mir besonders gelungen. Das Buch ist für den Praktiker geschrieben und vermeidet gelehrten Ballast, durch den sich durchzuarbeiten dem Praktiker meistens die Zeit fehlt. Dabei ist stets die wissenschaftliche Höhe gewahrt. Dem mit elektrischen Messungen beschäftigten Ingenieur kann das Buch wärmstens empfohlen werden. Conrad.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 18. November 1928 | Heft 47

Spannungsabfälle bei Transformatoren in Lichtschaltung.

Von Prof. K. **Faye-Hansen**, Trondhjem.

Einleitung. Unter Lichtschaltungen werden hier Schaltungen für Einphasen-Dreileitersystem und Dreiphasen-Vierleitersystem verstanden. Die Spannungsabfallverhältnisse bei den Transformatorschaltungen, welche hierfür verwendet werden, sind meistens sowohl bei symmetrischer als bei einseitiger Belastung sehr einfach, scheinen aber zum Teil etwas verwickelt zu sein. Da die Darstellung dieser Verhältnisse in dem zum größten Teil sehr guten Transformatorbuch von Vidmar[1]) sowie in seinem richtigstellenden Aufsatze[2]) mit mehreren Fehlern behaftet ist, kann eine zusammenhängende Behandlung wünschenswert erscheinen.

Einphasenschaltungen.

Für das Einphasen-Dreileitersystem, wo auf der Sekundärseite des Transformators zwei Wicklungen für je einen Stromkreis in Serie geschaltet sind, können auch bei ungleicher Belastung derselben, gute Spannungsverhälnisse erhalten werden, entweder dadurch, daß jede Sekundärwicklung einer Primärwicklung zugeordnet ist, deren Spannungen gleichgehalten werden durch Parallelschaltung (Abb. 1) oder durch ein primäres Dreileitersystem (Abb. 2), oder dadurch, daß die Sekundärwicklungen so angeordnet werden, daß sie gegeneinander kleine Reaktanzen haben. Eine Anordnung hierfür (Abb. 3) kann nach Vidmar sehr gut als Zickzack-Schaltung bezeichnet werden, eine andere besteht in Anwendung von zwei parallelgeschalteten Wicklungen, die gegen je eine der Sekundärwicklungen kleine Reaktanzen haben (Abb. 4).

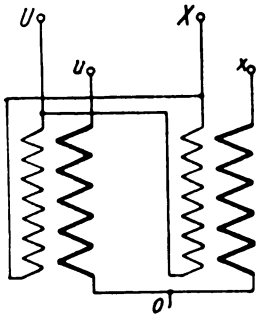


Abb. 1.

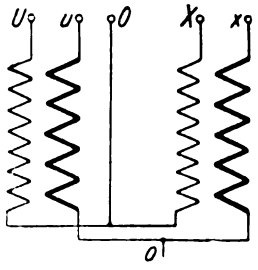


Abb. 2.

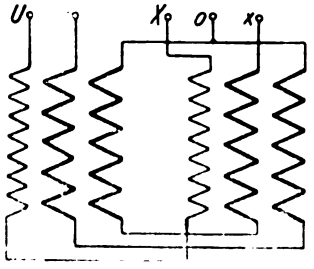


Abb. 3.

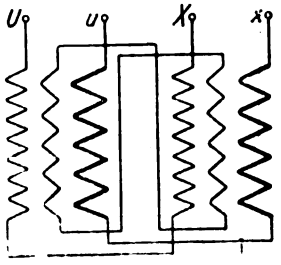


Abb. 4.

Ein oder zwei Einphasentransformatoren können für sämtliche Schaltungen angewendet werden. Bei den zwei ersten Schaltungen (Abb. 1 und 2) wird der Spannungsabfall einer Seite nur von der Belastung dieser Seite abhängen. Bei Vollast einer Hälfte und unbelasteter anderer Hälfte, hat also die belastete Seite denselben Abfall wie bei symmetrischer Vollast, während die andere Hälfte keine Spannungsänderung zeigt. Dieses gilt unabhängig davon, ob die zwei Sekundärwicklungen auf zwei verschiedenen Transformatoren oder auf zwei verschiedenen Schenkeln eines Transformators angeordnet sind[3]). Ein Unterschied der Spannungsänderungen, bedingt durch den magnetischen Zusammenhang der Kerne, kann zwar durch eine Änderung der Magnetisierungsströme hervorgebracht werden, ist aber bei normalen Transformatoren so klein, daß er mit den normalen Meßmethoden nicht zu entdecken ist. Ja, selbst wenn die Wicklungshälften auf einem Kerne (zum Beispiel eines Manteltransformators) angeordnet sind, gilt dasselbe sehr angenähert, wenn jede Sekundärwicklung als einer Primärwicklung zugeordnet betrachtet werden kann (Abb. 5) und der primäre Ohmsche Spannungsabfall nicht groß gegenüber den Reaktanzspannungsabfällen ist. Bei einer solchen Anordnung gehen eben die Ströme und die Streulinien im wesentlichen wie in der Abbildung angedeutet.

Die Verhältnisse liegen also so einfach, daß eine weitere Besprechung unnötig erscheint.

Bevor wir zu den komplizierteren Fällen übergehen, soll die prozentuelle Reaktanzspannung

[1]) „Die Transformatoren" von Professor M. Vidmar; dies ist wohl das beste Transformatorenbuch deutscher Zunge. Zweite Auflage, als Buch S. zitiert.

[2]) E. u. M. 1926, S. 757; im nachfolgenden als Aufsatz E. u. M. zitiert.

[3]) Die gegenteilige Behauptung Vidmars, in seinem Buch S. 169 bis 170, beruht auf einem Trugschluß, da die magnetische Leitfähigkeit der Luft zwischen den Jochen nicht unendlich klein, sondern nahezu unendlich groß, verglichen mit der Leitfähigkeit der Streupfade, ist.

Digitized by Google

bei gewöhnlichen Wicklungen behandelt werden. Diese ist (siehe Abb. 6)

$$E_s \text{ vH} = 0{\cdot}8\,\pi^2 \frac{(IN).U_m}{K_s l_s . e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3}\right] \nu . 10^{-6}.$$

Die Bedeutung von Δ, Δ_1, Δ_2 und l_s geht aus der Abbildung hervor. U_m bedeutet die mittlere Windungslänge (*cm*), e die Windungsspannung, ν die Periodenzahl, indem Sinusströme vorausgesetzt werden. K_s ist ein Faktor wegen des magnetischen Widerstandes außerhalb der Länge l_s und der Wirkung von lokalen Flüssen (die Flächen $\Delta_1 l_s$ und $\Delta_2 l_s$ bestehen ja aus Teilen, die Strom führen und die keinen Strom führen) und ähnlichem. K_s liegt für normale Spulenanordnungen gewöhnlich zwischen 0·95 und 1·35 (etwa 1·0 bei konzentrischer Wicklung und um 1·25 herum bei Scheibenspulen und mittleren Spuleneinteilungen).

Voraussetzung für diese Formel ist, daß die Wicklungen in gleiche Teile mit je (IN) gleich großen, entgegengesetzt gerichteten Amperewindungen $(IN) = (IN_1) = (IN_2)$, welche man „magnetisch ausgeglichene" nennen kann, von den angegebenen Dimensionen aufgeteilt gedacht werden können. Von den Magnetisierungsströmen ist ganz abgesehen, da deren Änderung wegen Änderung der Belastung für normale Transformatoren keinen merkbaren Einfluß auf die Spannungsverhältnisse hat. Diese Formel ist wohl zuerst von K a p p aus der Gesamtzahl der Verkettungen entwickelt worden, indem angenommen wird, daß die effektiven Amperewindungen IN eine maximale Induktion

$$B = \frac{0{\cdot}4\,\pi\,(IN)\sqrt{2}}{K_s l_s}$$

parallel mit l_s (für die ganze Spulenlänge) und von der Form, wie die Abbildung andeutet, hervorbringen. Die Formel findet sich in mehr oder wenig ähnlicher Form überall, wo die Transformatorspannungsabfälle behandelt werden.

Man kann dieselbe Formel aus der magnetischen Feldenergie $\left(W = \frac{B^2}{8\pi}\right.$ Erg/cm³ bei Permeabilität eins$\left.\right)$ leicht ausrechnen[4]), indem aus letzterer folgt, daß bei sinusförmigem Stromverlauf eine Blindleistung $2{\cdot}5\ B^2 \nu . 10^{-8}$ VA nötig ist, um für ein cm³ Luft die Feldstärke mit der Periodenzahl ν zwischen den Grenzen $\pm B$ zu bewegen. Bei denselben vereinfachenden Annahmen betreffend den Fluß, findet man leicht nach dieser Auffassung dasselbe Resultat für die Reaktanzspannung wie oben. Die Annahmen sind ja, daß in dem Volumen zwischen den Spulen $(U_m \Delta . l_s)$ die oben berechnete Induktion B herrscht, welche Induktion für das Spulenvolumen $[U_m(\Delta_1 + \Delta_2) l_s]$ geradlinig auf Null geht, und daß das Feld außerhalb dieser Volumina durch deren Multiplikation mit K_s berücksichtigt wird. Die entsprechende Blindleistung wird

$$\frac{0{\cdot}8\,\pi^2 (IN)^2 U_m}{K_s l_s}\left[\Delta + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3}\right] \nu . 10^{-8} \text{VA}.$$

Bei unsymmetrischen Anordnungen usw. glaube ich, daß man bei dieser Betrachtungsweise (der Feldenergie in Luft) leichter und sicherer zum Ziele kommt, als bei der Betrachtung von Verkettungen.

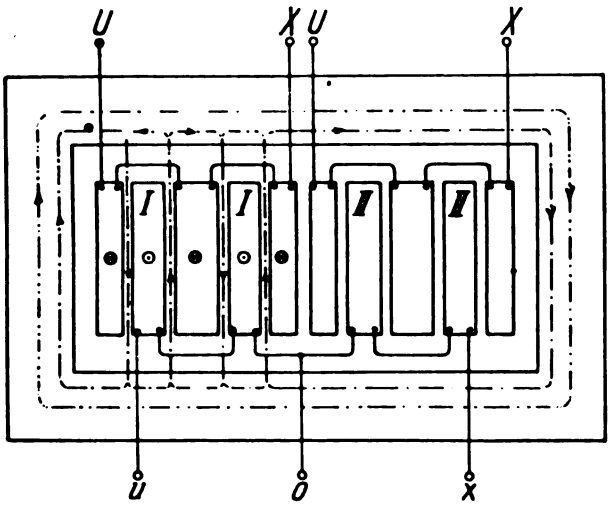


Abb. 5.

—··— Hauptfluß —·— Streufluß

Bei zweckmäßiger Anordnung können Kühlbleche bei Kerntransformatoren wie die in Abb. 4 angedeutete tertiäre Wicklung wirken; dann

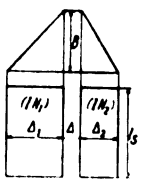


Abb. 6.

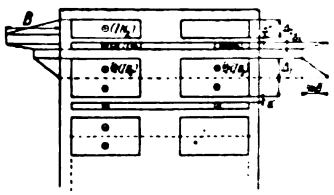


Abb. 7.

können bei der normalen Serienschaltung primär auch bei einseitiger Belastung annehmbare Spannungsverhältnisse erreicht werden. Eine solche Anordnung ist in Ab. 7 angedeutet.

Bei symmetrischer Belastung fließt kein Strom in den Kühlblechen und die Streuspannung wird

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN)\,U_m \nu}{K_s l_s e}\left[\Delta' + \Delta'' + \Delta_3 + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3}\right] . 10^{-6},$$

wobei $0{\cdot}8\,\pi^2 = 7{\cdot}9$ gesetzt worden ist, während die übrigen neuen Bezeichnungen aus der Abbildung hervorgehen.

Ist die Sekundärwicklung eines Kernes (rechts) unbelastet, während die des anderen vollständig vollbelastet ist (entsprechend (IN_2) für jede Spulengruppe), so müssen die Kühlbleche Ströme führen, so daß sie gleiche Amperewindungszahl wie die Primärwicklung haben (vom Magnetisierungsstrom abgesehen), und zwar auf dem belasteten Kerne in derselben Richtung als die der Primärwicklung und auf dem unbelasteten Kerne

[4]) Vgl. auch W. R o g o w s k i, Mitteilungen über Forschungsarbeiten, VDI Heft 71.

Digitized by Google

entgegengesetzt gerichtet, so daß sich die Amperewindungen auf jedem Kerne ausgleichen. Dann wird die Feldverteilung wie in Abb. 7 für eine Gruppe angedeutet und die Blindleistung (VA pro Spulengruppe mit IN_2 Amperewindungen) wird, wenn die Stromverteilung in den Kühlblechen und die übrigen Verhältnisse so sind, daß wir mit denselben $K_s . l_s$ wie früher rechnen dürfen,

$$\frac{7{\cdot}9\,(IN_2)^2 . U_m}{K_s l_s}\left[\left(\Delta'' + \frac{\Delta_2}{3} + \frac{7\,\Delta_3}{12} + \frac{\Delta'}{4} + \frac{\Delta_1}{12}\right) + \frac{1}{4}\left(\Delta' + \frac{\Delta_1 + \Delta_3}{3}\right)\right] \nu\, 10^{-8}.$$

Der erste Teil innerhalb der eckigen Klammer entspricht dem Fluß des belasteten Kernes und der zweite Teil dem des unbelasteten Kernes. Daraus folgt die Reaktanzspannung

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m}{K_s . l_s . e}\left[\Delta'' + \frac{\Delta'}{2} + \frac{2}{3}\Delta_2 + \frac{\Delta}{6} + \frac{\Delta_2}{3}\right] \nu\, 10^{-6}.$$

Bei dieser Anordnung wird also die induktive Spannungsänderung bei einseitiger Belastung kleiner als bei demselben symmetrischen Belastungsstrom (aber größer als die Hälfte derselben, was allgemein gültig ist, wenn die Hälften gleich sind).

Die Gruppierung kann auch eine solche sein, daß bei einseitiger Belastung die induktive Spannungsänderung gleich oder größer als die bei symmetrischer Belastung wird. Die Verhältnisse sind doch (bei gleichen Kernen) so, daß die Summe der vektoriellen Spannungsänderungen der belasteten und der unbelasteten Wicklungshälften gleich der Spannungsänderung einer Hälfte bei gleichem symmetrischen Belastungsstrome ist. Dieses folgt ohne weiteres aus dem Überlagerungsprinzip. Wäre bei einseitiger Belastung die Spannungsänderung der belasteten Seite größer als die bei derselben Belastung jeder Hälfte, so würde ein Spannungsabfall der belasteten Hälfte einer Spannungssteigerung der unbelasteten Hälfte entsprechen, was nicht wünschenswert erscheint. Die Anordnungen, bei welchen auch bei unsymmetrischen Belastungen die Spannungsänderungen beider Hälften möglichst gleich werden, müssen im Allgemeinen als die besten betrachtet werden. Bei der skizzierten Anordnung soll deshalb

$$\left(\Delta'' + \frac{\Delta_3 + \Delta_2}{3}\right)$$

möglichst klein sein, weil die Differenz der Streuspannungen beider Hälften diesem Ausdruck proportional ist.

Es kann auch von Interesse sein, die Ohmschen Spannungsabfälle bei einseitiger und symmetrischer Belastung zu vergleichen. Wenn bei symmetrischer Vollbelastung die Ohmschen Verluste (inklusive Zusatzverluste) in der primären Wicklung E_{r1} vH und in der sekundären E_{r2} vH (vH der Vollbelastung in kVA) sind, während bei einseitiger Vollbelastung die Verluste in den Kühlblechen E_{r3} vH (vH dieser Halbbelastung) sind, wird die Ohmsche Spannungsänderung bei symmetrischer Belastung für die belastete Wicklung $0{\cdot}5\ E_{r1}$ vH + E_{r2} vH + E_{r3} vH und für die unbelastete Wicklung $0{\cdot}5\ E_{r1}$ vH — E_{r3} vH werden. Diese letztere würde 0 werden, wenn (abgesehen von Zusatzverlusten, Unterschieden der Windungslängen etc.) der totale Kupferquerschnitt (und angenähert das Kupfergewicht) der Kühlbleche gleich demjenigen der Primärwicklung wäre. Gewöhnlich wird jedoch $E_{r3} \geqslant 0{\cdot}5\ E_{r1}$ sein, was als ungünstig angesehen werden muß. Diese Anordnung hätte auch wie ein Dreiwicklungstransformator[5]) behandelt werden können.

Sind gleichzeitig solche Kühlbleche angeordnet und die Primärwicklungen parallel oder zu einem Dreileitersystem geschaltet, so verteilen sich die Ströme auf beide Primärwicklungen in solcher Weise, daß die vektorielle Spannungsänderung ein Minimum wird. Bei Anordnung von solchen Kühlblechen bei diesen Schaltungen wird deshalb bei unsymmetrischen Belastungen die vektorielle Spannungsänderung und die Streuspannung verkleinert und in der Regel der Ohmsche Spannungsabfall vergrößert. Diese Spezialfragen sollen jedoch nicht weiter behandelt werden, sondern es ist nur zu bemerken, daß Tertiärwicklungen in Parallelschaltung genau wie diese erwähnten Kühlleche wirken. Bei symmetrischer Belastung der besten Einphasen-Lichtschaltung (Abb. 3) ist nichts besonderes zu beobachten. Die Streuspannung wird bei der Anordnung Abb. 8, wo die Sekundärspulen mit den Breiten Δ_2 je mit (IN_2) Amperewindungen sich gegen die Primärspule (Δ_1) mit $2\,(IN_2)$ Amperewindungen ausgleichen und zu je einer Wicklungshälfte gehören,

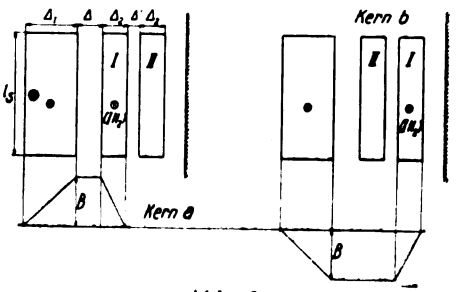


Abb. 8.

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9 . 2\,(IN_2)\,U_m \nu}{K_s l_s e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1 + 2\,\Delta_2}{3} + \frac{\Delta'}{4}\right] 10^{-6}.$$

Bei einseitiger Belastung werden die Streuflußverhältnisse wie in Abb. 8 angedeutet, die induktive Spannungsänderung der belasteten Hälfte wird

$$E_{s_b} \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m \nu}{K_s l_s e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1}{3} + \frac{5}{6}\Delta_2 + \frac{\Delta'}{2}\right] 10^{-6}$$

[5]) Siehe z. B. Boyajan, Journal A. I. E. E., Bd. 44, S. 805.

Digitized by Google

und in der unbelasteten Hälfte

$$E_{s_u}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1}{3} + \frac{\Delta_2}{2}\right]10^{-6}.$$

Dies ist leicht zu finden, entweder durch die Verkettungszahlen oder mit Hilfe der Flußenergie und des Überlagerungsprinzipes, wobei das letzte mir am einfachsten erscheint.

Der Unterschied in der induktiven Spannungsänderung der Hälften

$$(E_{s_b}\,\mathrm{vH} - E_{s_u}\,\mathrm{vH}) = \frac{7{\cdot}9\,.\,0{\cdot}5\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta' + \frac{2\,\Delta_2}{3}\right]10^{-6}$$

ist folglich gleich der für einen Transformator mit zwei Wicklungen, wo die eine dieser Wicklungen mit der Hälfte des Unterschieds der Belastungen als Sekundärwicklung und die andere als Primärwicklung belastet wird. Dies gilt ganz allgemein bei den verschiedensten Spulenanordnungen und folgt ohne weiteres aus dem Überlagerungsprinzip. Man darf deshalb nicht ohne weiteres annehmen, daß die Anordnung in Vidmars Aufsatz[6]) kleinere Spannungsunterschiede gibt als diejenige der Abb. 8. Nur wenn die Drähte der erstgenannten Anordnung Hochkantdrähte mit einem Seitenverhältnis von nahezu zwei oder größer sind, wird dies der Fall sein.

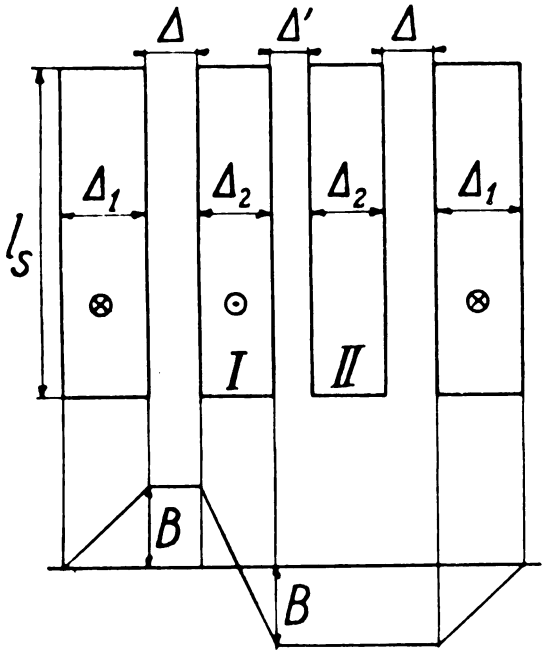


Abb. 9.

Die gegebenen Formeln usw. werden nicht merklich dadurch beeinflußt, ob die Primärwicklungen parallel oder in Serie, mit oder ohne primären Mittelleiter geschaltet sind. Sie gelten auch, ob die Wicklungen einfach konzentrisch angeordnet sind oder ob sie mehrfach konzentrisch oder als Scheibenwicklungen angeordnet sind, wenn sie nur in solchen gleichen magnetisch ausgeglichenen Gruppen (mit $2\,.\,(NI_2)$ Amperewindungen bei symmetrischer Vollast) aufgeteilt werden können.

[6]) E. u. M. 1926, S. 762, Abb. 11.

Bei einer Anordnung, wie in Abb. 9 für einen Kern angedeutet, mit (IN_2) Amperewindungen in jeder der vier Spulen bei symmetrischer Belastung, werden die induktiven Spannungsänderungen:

Bei symmetrischer Belastung:

$$E_s\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3}\right]10^{-6};$$

bei einseitiger Belastung, wofür der Streufluß in Abb. 9 angedeutet ist, für die belastete Hälfte:

$$E_{s_b}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,.\,0{\cdot}5\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,.\,l_s\,.\,e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1}{3} + \frac{2\,\Delta_2}{3} + \frac{\Delta'}{2}\right]10^{-6}$$

und für die unbelastete Hälfte:

$$E_{s_u}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,.\,0{\cdot}5\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta + \frac{\Delta_1}{3} - \frac{\Delta'}{2}\right]10^{-6}.$$

Der Unterschied beider Hälften:

$$(E_{s_b}\,\mathrm{vH} - E_{s_u}\,\mathrm{vH}) = \frac{7{\cdot}9\,.\,0{\cdot}5\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta' + \frac{2\,\Delta_2}{3}\right]10^{-6}.$$

Die induktive Spannungsänderung bei symmetrischer Belastung (gleich der Summe beider Hälften bei einseitiger Belastung) wird folglich auf $^1/_4$ bis $^1/_2$ ihres Wertes bei der Anordnung Abb. 9 verglichen mit Abb. 8 vermindert, während der Unterschied beider Hälften derselbe bleibt. Es sind natürlich dieselben Amperewindungen und Dimen-

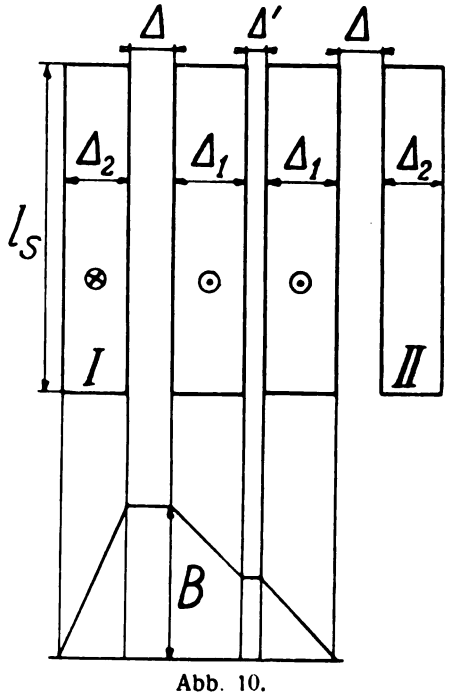


Abb. 10.

sionen mit Ausnahme einer auf etwa die Hälfte reduzierten Dimension Δ_1 vorausgesetzt. Bei Zusammenfügen meherer Gruppen kann die Anordnung Abb. 9 auf die in Vidmars Aufsatz[7]) angegebenen Anordnungen gebracht werden; sie sind mit Rücksicht auf die Größe der Reak-

[7]) E. u. M. 1926, S. 761, Abb. 7 und 8.

Digitized by Google

anzspannung genau gleichwertig (abgesehen von K_s, das bei einseitiger Belastung für die Abb. 3 des eben zitierten Aufsatzes vielleicht ein wenig größer werden kann). Wenn die Parallelschaltung der Spulen in mehr als zwei Gruppen für jeden Kern erwünscht ist, wäre jedoch die Anordnung Abb. 7 des zitierten Aufsatzes wegen besserer Stromverteilung zwischen den parallelen Spulen vorzuziehen. Bei entsprechender Gruppierung können immer sowohl sekundär als primär so viele parallele Gruppen auf jedem Kern angeordnet werden, als dieser die von mir angedeuteten gleichen, magnetisch ausgeglichenen Gruppen enthält.

Bei einer Spulenanordnung, wie in Abb. 10 für einen Kern angedeutet, wird die induktive Spannungsänderung bei symmetrischer Belastung wie oben für Abb. 9 angegeben wurde. Bei einseitiger Belastung, wofür der Streufluß angedeutet ist, wird die induktive Spannungsänderung der belasteten Hälfte

$$E_{s_b}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta + \frac{2\,\Delta_1 + \Delta_2}{3} + \frac{\Delta'}{4}\right] 10^{-6}.$$

Diese Spannungsänderung ist also ungefähr doppelt so groß wie bei der Anordnung Abb. 9

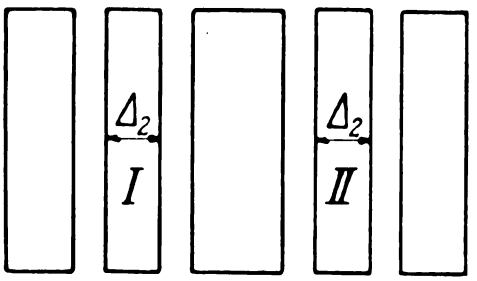


Abb. 11.

und größer als bei gleicher symmetrischer Belastung. Die Spannungsänderung der unbelasteten Hälfte wird dabei

$$E_{s_u}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[-\frac{\Delta_1}{3} - \frac{\Delta'}{4}\right] 10^{-6}.$$

Bei einseitiger induktiver Belastung wird die unbelastete Hälfte eine induktive Spannungserhöhung erhalten und der Unterschied der Spannungen beider Hälften wegen des Streuflusses wird groß:

$$(E_{s_b}\,\mathrm{vH} - E_{s_u}\,\mathrm{vH}) = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta + \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{3} + \frac{\Delta'}{2}\right] 10^{-6}.$$

Diese Anordnung ist deshalb schlecht[8]), wenn nicht ganz besondere Zwecke verfolgt werden, wie zum Beispiel die Spannung der einen Hälfte von der Belastung der anderen Hälfte möglichst unabhängig zu machen, trotz der dadurch in den Zuleitungen hervorgebrachten Spannungsänderungen.

[8]) Jedoch viel besser als die der Abb. 14 in E. u. M., 1926. S. 763, die auch bei Serienschaltung als sehr schlecht bezeichnet werden muß.

Die Spulen können natürlich auch so angeordnet werden, daß bei konstanter Primärspannung die induktive Spannungsänderung der unbelasteten Hälfte Null wird und die der belasteten nur vom eigenen Belastungsstrom abhängig ist, zum Beispiel magnetisch ausgeglichene Spulengruppen, wie Abb. 11 bei richtigen Abwägungen der Größen andeutet, wobei die mit Δ_2 bezeichneten Spulen je einer Sekundärhälfte angehören. Es ist bei gleichen Hälften nicht möglich, die Spannungsänderung der belasteten Hälfte kleiner als die der unbelasteten Hälfte zu erhalten.

Wenn bei der Einphasen-Zickzackschaltung (Abb. 3) die Ohmschen Spannungsverluste primär und sekundär E_{r_1} vH und E_{r_2} vH genannt werden, wird bei einseitiger Belastung mit derselben Strom-

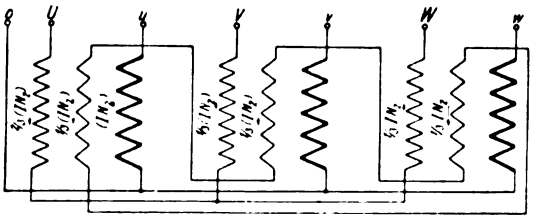


Abb. 12.

stärke der Ohmsche Spannungsabfall der belasteten Hälfte $0{\cdot}5\,E_{r_1}$ vH + E_{r_2} vH und der unbelasteten Hälfte $0{\cdot}5\,E_{r_1}$ vH, natürlich unabhängig von den Spulenanordnungen.

Die Anwendung von parallelgeschalteten Wicklungen primär und gleichzeitig von Kühlblechen oder ähnlichen Anordnungen, die als Parallelwicklungen wirken können, kann auch hier

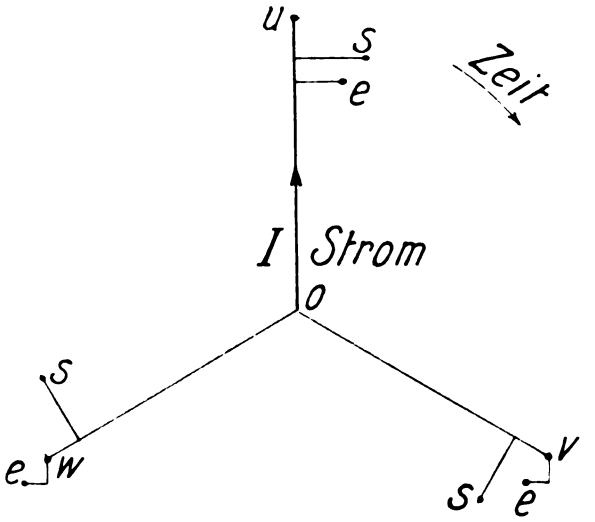


Abb. 13.

auf die Spannungsverhältnisse bei unsymmetrischer Belastung einwirken. Gewöhnlich wird ein solcher Einfluß klein sein und die Streuspannung verkleinern, den Ohmschen Spannungsabfall vergrößern.

Dreiphasenschaltungen.

Nachdem die Einphasenschaltungen so verhältnismäßig ausführlich behandelt worden sind, können wir uns bezüglich der Dreiphasenschaltung

Digitized by Google

kürzer fassen, da die gefundenen Ergebnisse in der Hauptsache für die entsprechenden Dreiphasenschaltungen ihre Gültigkeit behalten. (Y entspricht der Serie- und △ entspricht der Parallelschaltung.)

Bei Transformatoren, die sekundär in Y und primär in Y mit Vierleiter oder △ geschaltet sind, wird der Spannungsabfall einer Phase nur von dem Belastungstrom dieser Phase abhängig sein, unabhängig davon, ob die Dreiphasengruppe aus einem Dreiphasentransformator oder aus drei Einphasentransformatoren besteht[9]).

Die YY-Schaltung kann mit annehmbaren Spannungsabfallverhältnissen auch ohne primäres Vierleitersystem für unsymmetrische Belastung zum Nullpunkt verwendet werden, wenn die Phasen durch in Dreieck geschaltete Wicklungen (Kühlbleche können auch dazu dienen) magnetisch zusammengeschaltet werden. Dann können eben die Amperewindungen jedes Kernes sich ausgleichen, indem sie sich, wie in Abb. 12 angedeutet, verteilen. Die Spannungsabfälle lassen sich bei gegebenen Anforderungen natürlich leicht in der früher gezeigten Weise rechnen.

Bei Spulenanordnung ähnlich Abb. 7 wird die induktive Spannungsänderung der belasteten Phase bei einseitiger Belastung

$$E_{sb}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta'' + \frac{2}{3}\Delta' + \frac{7}{9}\Delta_3 + \frac{2}{9}\Delta_1 + \frac{1}{3}\Delta_2\right]10^{-6},$$

während die Spannungsänderung bei symmetrischer Belastung (genau wie für Einphasenanordnung)

$$E_s\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta'' + \Delta' + \Delta_3 + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3}\right]10^{-6}$$

wird.

Bei dieser Anordnung wird die induktive Spannungsänderung bei einseitiger Belastung kleiner als bei demselben symmetrischen Belastungsstrom, aber größer als $^2/_3$ dieses Wertes. Das letzte gilt allgemein, wenn die Phasen gleich angeordnet sind. Bei dieser Schaltung mit einer tertiären Dreieckwicklung werden die unbelasteten Phasen bei einseitiger Belastung auch gewöhnlich eine induktive Spannungsänderung erfahren, welche für beide vektoriell gleich ist, und zwar bei Spulenanordnung nach Abb. 7:

$$E_{su}\,\mathrm{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\,\frac{1}{3}\left[\Delta' + \frac{\Delta_1}{3} + \frac{2\Delta_3}{3}\right]10^{-6}.$$

Die Summe der Spannungsänderungen der belasteten Phase und einer unbelasteten Phase ist gleich der bei gleicher symmetrischen Belastung (für eine Phase).

Wenn wir die Ohmschen Verluste der Primär- und der Sekundärwicklung bei symmetrischer Vollbelastung mit E_{r1} vH und E_{r2} vH bezeichnen, während die Ohmschen Verluste in der Tertiärwicklung bei einseitiger Vollast ($^1/_3$ (IN_2) Amperewindungen jeder Phase der Tertiärwicklung) E_{r3} vH (in vH dieser $^1/_3$ Belastung) sind, so wird die Spannungsänderung wegen der Ohmschen Verluste bei symmetrischer Vollbelastung

$$E_{r1}\,\mathrm{vH} + E_{r2}\,\mathrm{vH}$$

und bei einseitiger Belastung mit demselben Strom für die belastete Phase

$$\frac{2}{3}E_{r1}\,\mathrm{vH} + E_{r2}\,\mathrm{vH} + E_{r3}\,\mathrm{vH}$$

und für die unbelasteten Phasen

$$\frac{1}{3}E_{r1}\,\mathrm{vH} - E_{r3}\,\mathrm{vH}.$$

Damit die Spannung der unbelasteten Phasen wegen der Widerstandsverluste bei einseitiger Belastung ($\cos\varphi = 1$) nicht steigt und der Spannungsabfall der belasteten Phase dabei nicht größer als bei gleichem symmetrischen Belastungsstrom ist, müßte $E_{r3} \leqq \frac{1}{3}E_{r1}$, was bei gleichen Windungslängen bedeutet, daß das Kupfergewicht

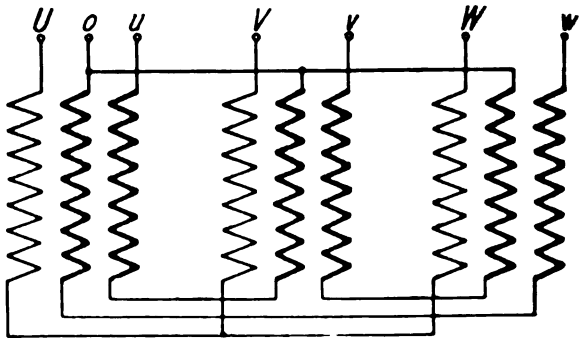


Abb. 14.

der tertiären Wicklung gleich oder größer als das der Primärwicklung wäre und deshalb selten ökonomisch ausführbar ist. Bei nicht zu großen Unsymmetrien der Belastungen kann jedoch diese Schaltung sehr zufriedenstellend sein. Man muß sich jedoch erinnern, daß die Ohm'schen Spannungsabfälle in Phase mit (richtiger 180° Phasenverschiebung gegenüber) den sie hervorbringenden Strömen sind und das die Streuspannungen eine Phasenverschiebung von 90° dazu haben, ohne Rücksicht auf die Phasenspannungen. In Abb. 13 sind (übertrieben gezeichnet) die Spannungsabfälle bei einem Belastungsstrom der in Phase mit der Primärspannung ist, angedeutet, und zwar mit s die Potentiale bei symmetrischer Belastung und mit e die Potentiale bei einseitiger Belastung der Phase 1, während u, v, w die Leerlaufspannungen sind. Hierbei ist angenommen

$$E_{r3} > \frac{1}{3}E_{r1} \text{ und } E_{s_3}\,\mathrm{vH} > E_s\,\mathrm{vH}$$

wie bei der Spulenanordnung nach Abb. 7. $\overline{s\,e}$ in Phase u ist in Größe und Phase gleich $\overline{ve}$ und $\overline{we}$. Es fällt auf, daß bei einseitiger Belastung die Reak-

[9]) Die Behauptung Vidmars (Buch S. 169), daß bei Dreiphasen-Kerntransformatoren nur zwei Drittel vom primären Spannungsabfall zur Geltung kommt, beruht auf einem Irrtum, wie ich für den Einphasentransformator auseinandergesetzt habe.

Digitized by Google

anzspannung für die eine unbelastete Phase eine Spannungserhöhung und für die andere eine -Erniedrigung (in diesem Falle mit etwa $\sqrt{3}/4$ ihres Wertes) hervorbringt.

Bei Dreiphasen-Zickzackschaltung (Abb. 14) scheinen die Spannungsabfallverhältnisse schon bei symmetrischer Belastung etwas verwickelt zu sein, weil die zwei sekundären Wicklungshälften eines Kernes Ströme mit 60° Phasenverschiebung gegeneinander führen. Eine magnetisch ausgeglichene Spulengruppe eines Kernes besteht dann aus zwei gleichen Sekundärspulen verschiedener Phasen je mit (IN_2) Amperewindungen und einer oder mehreren Primärspulen mit zusammen $(IN_2) \cdot \sqrt{3}$ Amperewindungen, die sich gegenseitig magnetisch ausgleichen, wie Abb. 15 andeutet.

Die resultierenden Streuflüsse bestehen aus zwei Teilen, der Hauptstreufluß wird durch die zwischen den Primär- und Sekundärspulen ausgeglichenen $(IN_2)\sqrt{3}$ Amperewindungen und der Nebenstreufluß durch die zwischen den Sekundärhälften ausgeglichenen 0·5 (IN_2) Amperewindungen

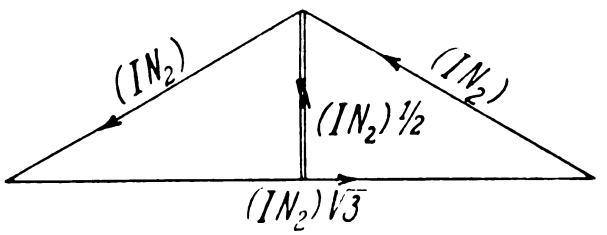


Abb. 15.

hervorgebracht. Da diese Flüsse eine zeitliche Phasenverschiebung von 90° gegen einander haben, können ihre Energieverhältnisse unabhängig von einander betrachtet werden. Bei einer Spulenanordnung ähnlich Abb. 8 wird folglich die Streuspannung (vgl. Abb. 16):

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[3\left(\Delta+\frac{\Delta_1+2\,\Delta_2}{3}+\frac{\Delta'}{4}\right)+\right.$$
$$\left.+\frac{1}{4}\left(\Delta'+\frac{2\,\Delta_2}{3}\right)\right]10^{-6}$$

oder

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\sqrt{3}\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\Delta+\frac{\Delta_1}{3}+\frac{13}{18}\Delta_2+\right.$$
$$\left.+\frac{\Delta'}{3}\right]10^{-6}.$$

Die $\sqrt{3}$ im Nenner kommt daher, daß $2 \cdot N_2$ in Serie geschaltete Sekundärwindungen, welche einer Phase, aber zwei Kernen angehören, nur eine Phasenspannung von $e \cdot N_2 \cdot \sqrt{3}$ hervorbringen. Der erste Teil der Klammer

$$3\left(\Delta+\frac{\Delta_1+2\,\Delta_2}{3}+\frac{\Delta'}{4}\right)$$

ist proportional der Energie des Hauptstreuflusses und der zweite Teil $\frac{1}{4}\left(\Delta'+\frac{2\,\Delta_2}{4}\right)$ proportional der Energie des Nebenstreuflusses. Ein eventueller Unterschied in U_m und in $K_s l_s$ für die Flüsse kann natürlich in einfacher Weise berücksichtigt werden. Man sieht, daß der Nebenstreufluß nur mit $^1/_{12}$ seines Volumens verglichen mit dem Hauptstreuflusse bei dieser Anordnung zur Wirksamkeit kommt.[10]) Gewöhnlich wird bei dieser Spulenanordnung die Vergrößerung der Streuspannungen wegen des Nebenflusses vernachlässigbar klein sein (z. B. für einige Transformatoren 20 bis 50 kVA, 20 000/230 V, Y/Z etwa $^1/_{100}$ der Streuspannung wegen des Hauptflusses und selten mehr als etwa $^1/_{30}$).

Bei einer Spulenanordnung ähnlich Abb. 9 wird bei symmetrischer Belastung

$$F_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\left(\Delta+\frac{\Delta_1+\Delta_2}{3}\right)+\right.$$
$$\left.+\frac{1}{6}\left(\Delta'+\frac{2\,\Delta_2}{3}\right)\right]10^{-6}.$$

Der Nebenstreufluß kommt mit $^1/_6$ seines Volumens zur Geltung[11]).

Bei der Spulenanordnung Abb. 10 wird in ähnlicher Weise

$$E_s \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e}\left[\left(\Delta+\frac{\Delta_1+\Delta_2}{3}\right)+\right.$$
$$\left.+\frac{1}{6}\left(2\,\Delta+\Delta'+2\,\Delta_2+\frac{2\,\Delta_2}{3}\right)\right]10^{-6}.$$

Der Nebenstreufluß kommt auch hier mit $^1/_6$ seines Volumens zur Geltung. Das Volumen, dessen Wirkung durch die letzte Klammer angedeutet wird, ist aber so groß, daß der Nebenstreufluß die Reaktanzspannung etwa mit der Hälfte ihres ursprünglichen Wertes vergrößert. Bei den verschiedenen Spulenanordnungen (Abb. 8, 9 und 10) und einseitiger Belastung werden die Streuflüsse, wie in diesen Abbildungen schon angedeutet, und der Wert der prozentualen Reaktanzspannungen wird gleich dem schon für Einphasenstrom gefundenen multipliziert mit $\frac{2}{\sqrt{3}}$ (wegen der Phasenverschiebung der Leerspannungen). Die Streuspannungen werden folglich:

$$E_{s_a} \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,2\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[\Delta+\frac{\Delta'}{3}+\frac{5}{6}\Delta_2+\right.$$
$$\left.+\frac{\Delta'}{2}\right]10^{-6} \text{ (Abb. 8).}$$

$$E_{s_b} \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[\Delta+\frac{\Delta_1+2\,\Delta_2}{3}+\right.$$
$$\left.+\frac{\Delta'}{2}\right]10^{-6} \text{ (Abb. 9).}$$

$$E_{s_c} \text{ vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,2\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[\Delta+\frac{2\,\Delta_1+\Delta_2}{3}+\right.$$

[10]) Die Angabe von $^1/_6$ bei Vidmar, E. u. M. 1926, S. 762, ist ein Irrtum.

[11]) Herr Zuckerbäcker hat dies schon in E. u. M. 1926, S. 920 festgestellt.

Digitized by Google

$$+\frac{\Delta'}{4}\Big]10^{-6} \quad \text{(Abb. 10).}$$

Für die unbelasteten Phasen werden dabei die Reaktanzspannungsänderungen:

$$E_{s_u}\,\text{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_1)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[\Delta+\frac{\Delta_1}{3}+\frac{\Delta_2}{2}\right]10^{-6}$$

(Abb. 8).

$$E_{s_u}\,\text{vH} = \frac{7{\cdot}9{\cdot}0{\cdot}5\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[\Delta+\frac{\Delta_1}{3}-\right.$$
$$\left.-\frac{\Delta'}{2}\right]10^{-6} \quad \text{(Abb. 9).}$$

$$E_{s_i}\,\text{vH} = \frac{7{\cdot}9\,(IN_2)\,U_m\,\nu}{K_s\,l_s\,e\sqrt{3}}\left[-\frac{\Delta_1}{3}-\frac{\Delta'}{4}\right]10^{-6}$$

(Abb. 10).

Bei den Spulenanordnungen Abb. 8 und 9 werden also die Streuspannungen der belasteten Phase bie einseitiger Belastung kleiner als bei gleichem symmetrischen Strom (doch mehr als $^2/_3$ dieses Wertes) sein, während bei der Spulenanordnung Abb. 10 die Streuspannung bei einseitiger Belastung größer als bei symmetrischer Belastung wird. Die unbelasteten Phasen erfahren eine Reaktanzspannungsänderung gleich der Differenz zwischen derselben bei symmetrischer und einseitiger Belastung. Der Ohmsche Spannungsabfall bei einseitiger Belastung wird für die belastete Phase

$$E_{r_2}\,\text{vH}+\frac{2}{3}E_{r_1}\,\text{vH},$$

während die unbelasteten Phasen Spannungsabfälle von $^1/_3$ E_{r_1} vH aufweisen. Abb. 17 zeigt die Spannungsverhältnisse für diese Schaltung und die Spulenanordnung Abb. 8 und 9, und zwar unter denselben Voraussetzungen wie Abb. 13 für einen Transformator mit tertiärer Dreieckwicklung.

Werden zwei Transformatoren, der eine mit △/Y, der andere mit Y/Z Schaltung bei Spulenanordnung Abb. 8 oder 9 parallel geschaltet, und sind sie so konstruiert, daß sie bei symmetrischer Belastung diese gleich teilen, so wird bei einseitiger Belastung der Z geschaltete Transformator durch die Neutrale mehr als seinen Teil von dieser Belastung übernehmen[12]), es werden aber auch Ausgleichströme in den unbelasteten Phasen fließen. Die zugeführten Ströme zu den Primärklemmen werden jedoch die gleichen, ebenso wie die Transformatoren alle Belastungen zwischen den Außenleitern gleich teilen würden.

Man kann natürlich bei Z-Schaltung die Spulenanordnung auch so treffen, daß die induktive Spannungsänderung bei einseitiger Belastung gleich der bei gleichem symmetrischen Strom wird (zum Beispiel, wie Abb. 11 andeutet), wodurch man in dieser Hinsicht Übereinstimmung zwischen △/Y- und Y Z-Schaltung erhält, was hinsichtlich des Ohmschen Spannungsfalles, bei sowohl symmetrischer als auch einseitiger B... stung, unmöglich ist.

Darüber, ob die Eigenschaft der △/Y-S... tung vorzuziehen sei, daß die Belastung ... Phase keinen Einfluß auf die Spannungen ... anderen hat oder die der Z/Y-Schaltung bei ... sprechenden Spulenanordnungen, daß die ... riellen Unterschiede der Spannungen vom sym... trischen Werte (nicht die absoluten Unterschi... ein Minimum werden, kann wohl schwerlich ... allgemein gültiges Urteil gefällt werden.

Die Spannungsverhältnisse bei gemis... symmetrischer und einseitiger Belastung kön...

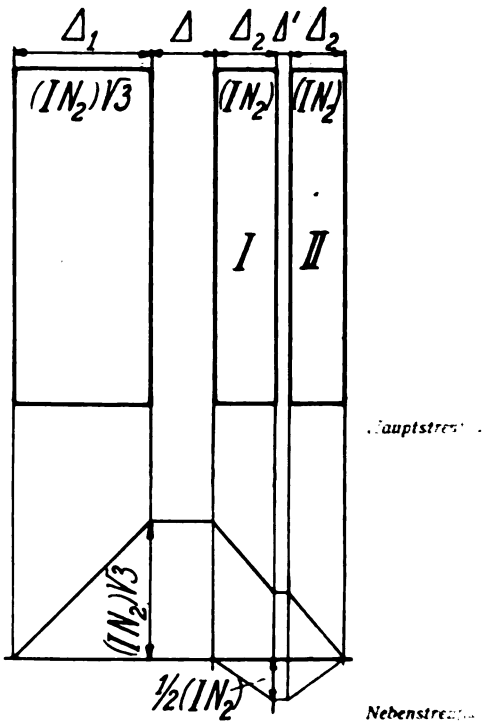


Abb. 16.

durch einfache Überlagerung gefunden wer... worauf einzugehen unnötig ist.

Mit der Bemerkung, daß für die Spannungsabfälle die △/Z mit der Y/Z-Schaltung gleichwert... ist, könnte die Behandlung der symmetrisch... Ein- und Dreiphasen-Lichtschaltung als erled... betrachtet werden, wenn nicht die Frage der Verhältnisse bei Fehlern von Interesse sein könnte. Dabei werde ich mich auf die Dreiphasenschaltungen beschränken, da ähnliche einfache Betrachtungen bei den Einphasenschaltungen zum Z... führen.

Bei Unterbrechung oder Abschaltung ... Wicklung einer Sekundärphase kann diese nicht belastet werden, während die beiden anderen Phasen zum Nullpunkt voll belastet werden können. Dieses gilt für sämtliche hier genannte Schaltungen. Bei Unterbrechung oder Abschaltung einer Primärphase bei primärer oder sekundärer Y-Schaltung kann eine Einphasenbelastung (von der Größe 1 | 3 der Voll-Leistung) zwischen zwei Außenleitern aufrecht erhalten werden, während die Spannungsverhältnisse zwischen sämtlichen anderen Kl...

[12]) Vidmar deutet in E. u. M. 1926, S. 765 das entgegengesetzte an.

Digitized by Google

en abnormal werden. Bei primärer △-Schaltung ler Y-Schaltung mit Vierleiter können bei Unterechung einer Primärphase zwei Sekundärphaen zur Neutralen, Y-Schaltung vorausgesetzt, voll elastet werden, während bei Belastung der ritten Phase die Spannungsverhältnisse dieser hase sehr schlecht werden. Kleine Belastungen erselben werden bei der gewöhnlichen Dreihasen-Kerntype jedoch möglich. Bei solcher Beastung der dritten Phase würde in der Primäricklung jede der gesunden Phasen Ströme etwa ntsprechend der vollen Amperewindungszahl ieser Sekundärphase neben ihren eigenen Strönen führen müssen[13]).

Bei sekundärer Z-Schaltung kann bei Unterbrechung einer Primärphase (wie diese auch geschaltet ist) nur eine Phase zur Neutralen mit annehmbarem Spannungsverhältnis belastet werden, diese Phase könnte aber voll belastet werden.

Wäre die Primärwicklung in Dreieck oder in Y mit Vierleitersystem geschaltet und der Transformator außerdem mit einer tertiären △-Wicklung versehen, so könnte doch bei allen Sekundärschaltungen trotz Unterbrechung der Primärphase eine symmetrische Belastung abgenommen werden, und zwar bis $1/\sqrt{3}$ der totalen Leistung ohne Überlastung der arbeitenden Primärwicklungen, wenn die tertiäre Wicklung dabei nicht überlastet wird.

Bei Windungsschluß oder ähnlichen Fehlern muß bei der Dreiphasen-Kerntype in nahezu allen Fällen die beschädigte Wicklung entfernt werden, ehe der Transformator eingeschaltet wird, während man sich mit Transformatoren der Mantel-

[13]) Vidmar sagt in seinem Buch S. 179, daß nur die Hälfte nötig ist und auf einem ähnlichen Irrtum beruht seine Behauptung (Buch S. 180), daß bei V/V Schaltung die beiden einphasigen Transformatoren nur je für ein Drittel der ganzen abnehmbaren symmetrischen Drehstromleistung bemessen sein müssen. Es müßte 1/3 heißen. Dieser Fehler ist in dem in Heft 43 d. Z. veröffentlichten Aufsatz von M. Vidmar, Zur Theorie der V-Schaltung, richtiggestellt worden. Faye-Hansen.)

typen oder mit zwei gesunden Einphasentransformatoren in einigen Fällen ohne solche Wicklungsentfernung helfen kann.

Zum Schlusse sei die T/T-Schaltung erwähnt, die bei entsprechender Spulenanordnung auch gut als Lichtschaltung benutzt werden kann. Die Anordnung kann so gemacht werden, daß bei symmetrischer Belastung die Spannungsabfälle in allen drei Phasen gleich werden, was bei V/V-Schaltung unmöglich ist, während ich keine Anordnung

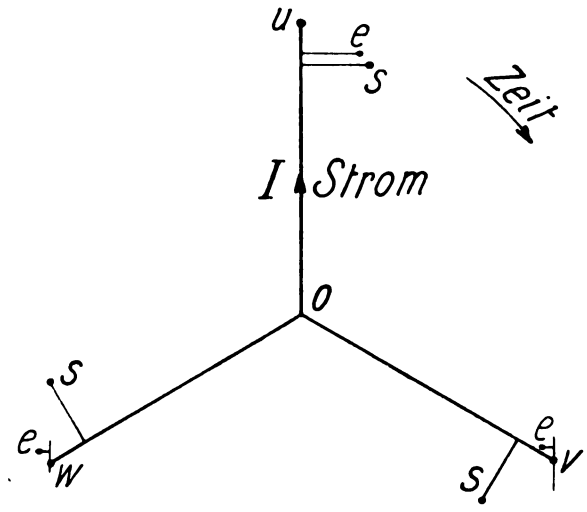


Abb. 17.

gefunden habe, bei welcher auch bei einseitiger Belastung die Größe der Spannungsänderungen davon unabhängig ist, welche Phase belastet wird. Bei einer symmetrischen Belastung von $E.I.\sqrt{3}$ müßten die Transformatoren für eine Leistung von $E.I\left[1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right]$ bemessen werden, das heißt für etwa 8 vH größere Leistung als abgenommen wird. Dies ist ein Grund mehr, nur in ganz besonderen Fällen andere Schaltungen als die rein symmetrische anzuwenden.

(Eingelangt am 30. April 1928.)

Elektromagnete für Überstrom und Rückstrom.

Von Prof. Ing. Robert **Edler**, Honorardozent an der Technischen Hochschule in Wien.

Übersicht. Für die Ladung der Sammlerbatterien, für den Parallelbetrieb der Gleichstrom-Generatoren oder Gleichrichter, sowie für andere elektrische Anlagen kommen häufig Schaltgeräte in Anwendung, die entweder unmittelbar oder mit Hilfe von Relais und Schützen die selbsttätige Ausschaltung einerseits bei Überstrom, anderseits bei Rückstrom veranlassen müssen. Diese Wirkung wird durch Elektromagnete besorgt, die zwei Wicklungen tragen müssen, nämlich eine vom Hauptstrome durchflossene Spule, die vom Überstrome in der einen Richtung oder vom Rückstrome in der entgegengesetzten Richtung beeinflußt wird, während die Spannungspule, die bei beiden Wirkungen (Überstrom oder Rückstrom) in gleichem Sinne wirkt, die Richtung des resultierenden Feldes vorausbestimmt. Es ist nun sehr wichtig, sich über die erreichbare Empfindlichkeit einer derartigen doppeltwirkenden Elektromagnetanordnung ein Bild zu machen. An der Literatur ist darüber, soviel mir bekannt ist, kaum Näheres zu finden, und deshalb dürften die nachstehenden Entwicklungen einiges Interesse finden.

Wirkungsweise bei Überstrom. In der Abb. 1 sei die Hauptstromspule (Windungszahl w_1 und Widerstand R_1 Ω) vom Überstrom I_m A durchflossen, so daß $I_m . w_1$ Amperewindungen wirksam sind. Die Spannungsspule führt den Strom i A in entgegengesetzter Wirkungsrichtung, wobei w_2 Windungen und der Widerstand R_2 Ω angenommen werden mögen; es wirken also $i . w_2$ Amperewindungen gegen die Amperewindungen $I_m . w_1$ der Hauptstromspule.

Das resultierende Feld wird also durch + X Amperewindungen erzeugt, wobei mit dem absoluten Zahlwerte X jene AW-Zahl bezeichnet wird, die zur Anziehung des Ankers gegen die Wirkung der Rückzugfeder erforderlich ist.

Digitized by Google

Man erhält daher die folgende 1. Bedingungsgleichung:

$$+I_m \cdot w_1 - i \cdot w_2 = +X \quad \ldots \quad (1).$$

Wirkungsweise bei Rückstrom. In der Abb. 2 ist in der Hauptstromspule der Rückstrom I_r A wirksam; seine Richtung ist gegen den Überstrom I_m (Abb. 1) umgekehrt. Die Wirkung der Spannungsspule ist dieselbe wie in der Abb. 1.

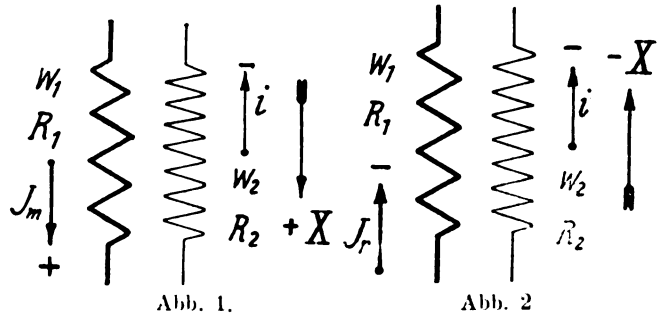


Abb. 1. Abb. 2

Es ist unmittelbar einzusehen, daß jetzt die folgende 2. Bedingungsgleichung gilt:

$$-I_r \cdot w_1 - i \cdot w_2 = -X \quad \ldots \quad (2)$$

oder nach Wegschaffung des negativen Vorzeichens:

$$I_r \cdot w_1 + i \cdot w_2 = X \quad \ldots \quad (2a).$$

Vereinigte Wirkungsweise bei Überstrom und Rückstrom. Aus den Gleichungen (1) und(2a) folgt:

$$X = I_m \cdot w_1 - i \cdot w_2 = I_r \cdot w_1 + i \cdot w_2,$$

$$(I_m - I_r) \cdot w_1 = 2 \cdot i \cdot w_2 \quad \ldots \quad (3).$$

Soll nun der Elektromagnet wirken, sobald der Rückstrom I_r den Wert p vH von I_m erreicht, dann ist zu setzen:

$$I_r = \frac{p}{100} \cdot I_m \quad \ldots \quad (4).$$

Man erhält dann aus Gleichung (3) und (4):

$$I_m \cdot w_1 \cdot \left(1 - \frac{p}{100}\right) = 2 \cdot i \cdot w_2,$$

$$\frac{2 \cdot i \cdot w_2}{I_m \cdot w_1} = \frac{100 - p}{100} \quad \ldots \quad (5).$$

Aus Gleichung (1) und (5) folgt aber auch:

$$200 \cdot i \cdot w_2 = (100 - p) \cdot (X + i \cdot w_2),$$

$$(100 + p) \cdot i \cdot w_2 = (100 - p) \cdot X,$$

$$\frac{i \cdot w_2}{X} = \frac{100 - p}{100 + p} \quad \ldots \quad (6).$$

Endlich wird aus Gleichung (2a), (4) und (6):

$$\frac{p}{100} \cdot I_m \cdot w_1 = X - i \cdot w_2 = X - X \cdot \frac{100 - p}{100 + p},$$

$$\frac{p}{100} \cdot I_m \cdot w_1 = X \cdot \frac{2 \cdot p}{100 + p},$$

$$\frac{2 \cdot X}{I_m \cdot w_1} = \frac{100 + p}{100} \quad \ldots \quad (7).$$

Sobald aber für irgend ein Elektromagnetsystem die zur Ankerbewegung erforderliche Amperewindungszahl X bekannt ist, lassen sich aus den Gleichungen

$$\frac{2 \cdot i \cdot w_2}{I_m \cdot w_1} = \frac{100 - p}{100} \quad \ldots \quad (5)$$

$$\frac{i \cdot w_2}{X} = \frac{100 - p}{100 + p} \quad \ldots \quad (6)$$

$$\frac{2 \cdot X}{I_m \cdot w_1} = \frac{100 + p}{100} \quad \ldots \quad (7)$$

die Amperewindungszahlen der Spannungsspule ($i \cdot w_2$), sowie der Stromspule ($I_m \cdot w_1$) berechnen, wenn der Rückstrom I_r den Wert p vH des Überstromes I_m erreichen darf.

Grenzwerte. Wenn der Überstrom-Rückstrom-Elektromagnet wirken soll, sobald der Hauptstrom seine Richtung wechselt, das heißt also sobald $I_r = 0$ ist, was nach der Gleichung (4) dem Werte $p = 0$ entspricht, dann wird, wenn man den zugehörigen Wert von I_m mit I_{m_0} bezeichnet:

aus Gl. (5):

$$2 \cdot i \cdot w_2 = I_{m_0} \cdot w_1 \quad \ldots \quad (5a)$$

aus Gl. (6):

$$i \cdot w_2 = X \quad \ldots \quad (6a)$$

aus Gl. (7):

$$2 \cdot X = I_{m_0} \cdot w_1 \quad \ldots \quad (7a)$$

Gewöhnlich wird man aber einen kleinen Rückstrom, etwa in der Größenordnung $p = 1$ bis 5 vH

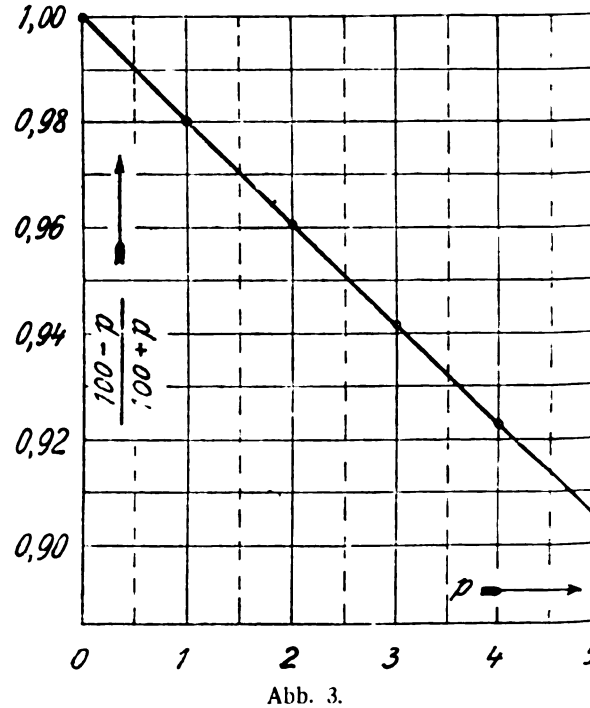


Abb. 3.

von I_m als unbedenklich zulassen können, um nicht bei jedem kleinen, für den Betrieb belanglosen Rückstrom sogleich die Abschaltung gewärtigen zu müssen.

Hilfswerte für die Berechnung der Amperewindungen bei $p = 1$ vH bis 5 vH. Aus den Gleichungen (5), (6) und (7) geht hervor, daß die Werte $\frac{100 - p}{100}$, $\frac{100 + p}{100}$ und $\frac{100 - p}{100 + p}$ zur Berechnung erforderlich sind.

Digitized by Google

Die graphische Darstellung Abb. 3 ermöglicht eine hinreichend genaue Interpolation von Zwischenwerten der Funktion $\frac{100-p}{100+p}$, so daß dann aus der Gleichung (6) sofort die AW-Zahl $i \cdot w_2$ der Spannungsspule berechnet werden kann, wenn nur die für die Ankerbewegung erforderliche AW-Zahl X bekannt ist; letztere läßt sich aber aus einem Versuche mit einer beliebigen Probewicklung auf dem betreffenden Elektromagnetsysteme leicht feststellen.

Die Berechnung der Hauptstromwicklung kann dann aus der Gleichung (5) oder (7) durchgeführt werden.

Für die Ankerbewegung wird man zumeist eine AW-Zahl X benötigen, die in der Größenordnung 100 bis 500 AW liegt, wenigstens solange es sich um empfindlichere Relaisanordnungen handelt; nur bei schwereren Schaltgeräten wird X bis 1000 AW und darüber ansteigen.

Bei der Bemessung der Spulen ist natürlich in bekannter Weise darauf Rücksicht zu nehmen, daß bei der Dauerbelastung die erforderliche Kühlfläche gesichert ist; man kann mit etwa 10 bis 12 cm²/W Spulen-Mantelfläche rechnen, wenn die Erwärmung in den zulässigen Grenzen bleiben soll.

Bemerkenswert ist noch die aus Gleichung (5) folgende Erkenntnis, daß für die Grenzwerte $p = 0$ bis 5 der Wert $\frac{100-p}{100}$ nur wenig von 1 abweicht; daher wird aus Gleichung (5) $2 . i . w_2 = I_m . w_1$, das heißt die AW-Zahl der Spannungsspule wird angenähert

$$i . w_2 = \frac{I_m . w_1}{2} \quad \ldots\ldots (8),$$

so daß bei gleichem Füllungsfaktor der Stromspule und der Spannungsspule für letztere nur $^1/_3$ des Wicklungsraumes erforderlich wird, während $^2/_3$ für die Stromspule vorzusehen sind. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, daß I_m nicht der Nennstrom, sondern derjenige Überstrom ist, der die Auslösung veranlassen soll.

Der steuerfreie Handel mit elektrischem Strom.

Von Dr. Heinrich **Schreiber**, Wien.

Die Steuerbefreiung (und Gebührenfreiheit), welche das novellierte Elektrizitätsförderungsgesetz vom Jahre 1928 (Gesetz vom 13. Juli 1928, Nr. 195 BGBl)[1]) den Körperschaften, welche neue Elektrizitätswerke errichten und betreiben, gewährt, soll nach § 6 dieses Gesetzes auch solchen Körperschaften zuteil werden, welche, ohne elektrische Energie zu erzeugen, die elektrische Energie fremder Werke an die Verbraucher fortleiten und verteilen. Während daher die regelmäßige, auch vom Elektrizitätsförderungsgesetze ins Auge gefaßte Tätigkeit der Elektrizitätswerke darin besteht, die Elektrizität zu erzeugen und zu verteilen, soll jener Zweig der Tätigkeit, der sich auf die bloße Fortleitung und Verteilung bezieht und beschränkt, nicht leer ausgehen; auch er soll, wenn die gesetzlichen Erfordernisse zutreffen, daß der Bau dieser Leitungs- und Verteilungsnetze innerhalb der vom Gesetze statuierten Baufrist in Angriff genommen und gehörig fortgesetzt wird, in den Genuß der Förderungsmaßnahmen treten.

Während aber der Stromlieferungsunternehmung, welche den Strom selbst erzeugt und verteilt, die gesetzliche Steuerbefreiung in vollem Umfange zufällt, wird die Steuerbefreiung für bloße Leitungs- und Verteilungsanlagen gestaffelt. Sie wird voll gewährt, wenn die Verteilung sich ausschließlich auf steuerbefreiten elektrischen Strom erstreckt, mithin auf den Absatz von Strom, der von einem steuerbefreiten Elektrizitätswerke erzeugt und bezogen wird; sie wird aber auch nicht verweigert, jedoch nur partiell zugestanden, wenn der elektrische Strom der fortgeleitet und verteilt wird, nicht durchwegs steuerbefreiter Provenienz ist, sondern teils aus unbesteuerter, teils aus besteuerter Elektrizitätsquelle stammt. In solchem Falle wird bloß jener Teil des Ertrages von der Steuer freigelassen, welcher sich aus dem Verhältnisse zwischen dem Gesamtabsatze zu dem Umsatz an unbesteuerter Elektrizität ergibt.

Nach Vorschrift des Gesetzes ist neben der Einhaltung der Baufrist darauf zu achten, daß mit der wirtschaftlichen Nämlichkeit zwischen Lieferer und Bezieher des Stromes kein Mißbrauch getrieben wird, mithin keine der beiden Körperschaften, deren Unternehmungen hinsichtlich der Stromlieferung miteinander in Verkehr treten, die Willensbildung der anderen entscheidend zu beeinflussen vermag.

Eine besondere Bekräftigung erhielt die gesetzliche Regelung, aber zugleich eine bemerkenswerte Erweiterung ihres Geltungsbereiches durch die im Laufe der parlamentarischen Verhandlung abgegebene Regierungserklärung, die dahin ging, daß selbst steuerpflichtigen Körperschaften, die sich mit der Leitung und Verteilung von Strom aus steuerbefreiten Werken befassen wollen, die Möglichkeit gegeben ist, hinsichtlich dieses Zweiges ihrer Tätigkeit die Steuerbefreiung zu erlangen. Hiernach wird das Schema für Leitungs- und Verteilungsanlagen dahin ergänzt, daß selbst solche Unternehmungen dieser Art, die mit Hinblick auf ihren alten Bestand grundsätzlich kein Anrecht auf die Steuerbefreiung hätten, derselben gleichwohl teilhaftig werden können, wenn sie Strom aus einer steuerbefreiten Quelle verteilen.

Bei Leitungs- und Verteilungsanlagen käme es daher nicht so sehr auf die zeitgerechte, vom Förderungsgesetze bedungene Errichtung der Anlage an, sondern auf die Qualität des Stromes (Produktes), ob er aus steuerbarer oder steuerfreier Erzeugung herrührt, um auch der sonst steuerpflichtigen Anlage für die Verteilung steuerfreien Stromes die Steuerfreiheit zu sichern. Die Leitung und Verteilung steuerbefreiten Stromes reicht aus, um für das Unternehmen die Steuerfreiheit zu begründen, selbst wenn ihm sonst die gesetzlichen Vorbedingungen hiefür abgehen. (Die Frage nämlich, ob auch in diesem Falle für das Netz die Befreiungsgründe des § 2 Anwendung zu finden haben, scheint mir offengelassen.)

Was für eine Tätigkeit versinnlicht aber die Leitung und Verteilung des elektrischen Stromes, die die Unternehmung nicht selbst erzeugt, sondern aus fremder Betriebsstätte bezieht? Sie bedeutet schlechthin den Handel oder Zwischenhandel mit elektrischem Strom. Die Gliederung des Stromgeschäftes in die volle Tätigkeit, welche die Elektrizität erzeugt und verschleißt und in jenen Zweig, der den von fremder Seite erzeugten Strom weiterleitet und verteilt, mithin bloß den Zwischenhandel mit elektrischem Strom betreibt, wäre mithin vom Elektrizitätsförderungsgesetze differenziell behandelt.

[1]) Vgl. Heft 33 d. J.

Digitized by Google

Der Handel und Zwischenhandel mit elektrischem Fremdstrom ist es nämlich, welcher der Steuerbefreiung des Elektrizitätsförderungsgesetzes teilhaftig werden soll, wenn nur der Strom einer steuerbefreiten Herkunft entspringt, während die Verteilung selbsterzeugten Stromes auf dieses Privileg erst Anrecht hat, wenn die Betriebsanlagen selbst den Erfordernissen des Gesetzes genügen. Beim Handel mit Elektrizität würde es mithin genügen, wenn die Ware aus steuerfreier Herkunft herrührt, um auch den Unternehmen die Steuerbefreiung zu verschaffen.

Kurz und bündig ließe sich dies in die These zusammenfassen: Der Handel mit fremder steuerbefreiter Elektrizität ist steuerfrei. Freilich ist er es nur dann, wenn die Unternehmung, die ihn betreibt, eine Körperschaft repräsentiert, weil die Steuerfreiheit bloß der Körperschaftssteuer und keiner anderen Steuergattung (§ 1) zustatten kommt.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Illerkraftwerke. Unterhalb des Kraftwerkes Tannheim[1]), das bei 17·26 m Gefälle und 66 m³/s eine Leistung von 11 500 PS bei einer theoretischen Jahreserzeugung von 46 Mill. kWh ergibt, wurde vom „Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke" nunmehr auch das Kraftwerk Unteropfingen mit $H = 16{\cdot}69$ m, $Q = 75$ m³/s, $N = 12\,500$ PS für eine theoretische Jahreserzeugung von 49 Mill. kWh und das Kraftwerk Unterdettingen mit $H = 14{\cdot}24$ m, $Q = 75$ m³/s, $N = 10\,500$ PS für eine theoretische Jahreserzeugung von 44 Mill. kWh errichtet[2]). Der hiefür erforderliche Kanal, der einheitlich für eine Wasserführung von 75 m³/s errichtet wurde, hat eine Länge von 20·7 km. Die drei Krafthäuser haben ähnliche Anordnung, indem je drei Maschinensätze, bestehend aus Francisschnellläuferturbinen vertikaler Bauart mit Schirmgeneratoren unmittelbar gekuppelt sind, und die Maschinenspannung von 5 kV in angebauten Schalthäusern auf 55 kV erhöht wird; die Energie wird mit dieser Spannung über das zwischen Bodensee und Nordrand der Schwäbischen Alp gelegene Versorgungsgebiet der Oberschwäbischen Elektrizitätswerke geleitet. Tannheim ist ein Speicherbecken von 0·5 Mill. m³ Nutzinhalt, Unterdettingen ein Ausgleichsbecken von 1·5 Mill. m³ Nutzinhalt vorgeschaltet. Das später oberhalb Tannheim geplante Kraftwerk Aitrach soll sogar mit einem Wochenausgleichsbecken für sämtliche Illerwerke versehen werden.

Neben den genannten Illerwerken besitzt der Bezirksverband noch ein Dampfkraftwerk in Ulm mit einer Installation von 20 500 kW (drei Dampfturbinen von 4000, 6500 und 10 000 kW), sowie eine Reihe kleinerer Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 1815 kW. In acht eigenen Umspannwerken wird die Oberspannung von 55 kV auf die Verteilspannung von 15 kV herabgesetzt. Bemerkenswert ist hier vor allem das Umspannwerk Sölfingen bei Ulm mit acht ankommenden 55-kV-Leitungen und sieben abgehenden 15-kV-Leitungen, ferner verschiedene Freiluftanlagen in Schelkingen, Friedrichshafen und Ersingen. 1927 betrug die Zahl der versorgten Orte 2101, bei 60 844 Kleinabnehmern, die Zahl der angeschlossenen Lampen 545 020, der angeschlossenen Koch- und Heizapparate 17 102, der angeschlossenen Motoren 29 307. Der Anschlußwert der Lampen stellte sich auf 13 650 kW, der Koch- und Heizapparate auf 8000 kW, der Motoren auf 85 850 kW, der Hochspannungsabnehmer auf 22 500 kW, demnach der Gesamtanschlußwert auf 130 000 kW. Die Maschinenleistung der eigenen Wasserkraftwerke betrug 27 325 kW, jene der eigenen Wärmekraftwerke 21 665 kW, insgesamt demnach 48 990 kW. Die Länge der 55-kV-Leitungen betrug 537 km, der 15-kV-Leitungen 2179 km, der übrigen Leitungen (2, 3, 10 und 25 kV) 206 km. Die Zahl der eigenen Transformatorstationen betrug 805 bei 964 eingebauten Transformatoren mit einer Leistung von 46 563 kVA. Die Stromerzeugung betrug im Dampfkraftwerke Ulm 1·854, in den Illerkraftwerken 88·135 und in den sonstigen Werken 5·940 Mill. kWh. Aus fremden Werken wurden 17·095 Mill. kWh bezogen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, Das El.-Werk, S. 303.

[2]) Aus der „Festschrift" des Bezirksverbandes Oberschwäbische Elektrizitätswerke zur Einweihungsfeier der Illerkraftwerke Anfang Juli d. J.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Abnahmeversuche an einer 80 000-kW-Turbodynamo des Großkraftwerkes Klingenberg. Dr.-Ing. W. E. Wellmann, Berlin, berichtet über die Mitte Dezember 1927 unter der Leitung von Prof. Josse an dem Maschinensatz 1[1]) des Kraftwerkes nach 3500 Stunden Betriebsdauer angestellten Versuche zur Feststellung des Dampfverbrauches. Die elektrische Leistung wurde über geeichte Meßwandler nach der Zweiwattmeter-Methode für jeden Stromerzeuger getrennt gemessen, ebenso die Leistung der Antriebsmotoren für die Kondensation. Der Leistungsfaktor jedes Stromerzeugers wurde ermittelt und ein Gesamtleistungsfaktor des Maschinensatzes aus der Summe der Wirkleistungen und der Summe der Blindleistungen beider Stromerzeuger berechnet. Der Dampfverbrauch wurde durch Kondensatmessungen bestimmt, und zwar mit dem in die Kondensatdruckleitung eingebauten Betriebsventuririohr. Die Maschine arbeitete bei den Versuchen ausschließlich auf das Netz. Die Versuchslast wurde längere Zeit vor Beginn eines jeden Versuches eingestellt, der mindestens eine Stunde dauerte. Garantiert war bei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$, Frischdampfdruck von 32·5 atü und 400° unmittelbar vor den Turbineneinlaßventilen, 15° Kühlwassertemperatur am Eintritt in die Kondensatoren und bei einer Kühlwassermenge von 16 000 m³/h an den Dynamoklemmen mit 2 vH Toleranz, bei 4/4, 3/4 und 1/2 Last ein Dampfverbrauch von 3·85, 3·95 und 4·25 kg/kWh. Diese Zahlen gelten einschließlich der Erregerarbeit und einschließlich Arbeitsbedarf der Kondensations-Hilfsmaschinen bei einer manometrischen Gesamtförderhöhe der Kühlwasserpumpen von höchstens 6 m. Die Versuche ergaben bei 33·6 bis 34·1 atü und 407 bis 410·7° von den Dampfeinlaßventilen für Überlast (rd. 80 000 kW), 4/4, 3/4, 1/2 und 1/4 Last, wieder auf die Klemmenleistung bezogen, einen Dampfverbrauch von 3·87, 3·85, 3·88, 3·95 und 4·36 kg/kWh, bzw. bei Vollast einen thermischen Wirkungsgrad des ganzen Satzes von 29·19 vH (Höchstwert). Die Umrechnung der Werte auf die Garantiebedingungen ergab gegenüber den Garantiewerten zwischen 4/4 und 1/2 Last eine Unterschreitung der letzteren um 2·45 vH. Bezogen auf die Leistung an den Stromerzeugerkupplungen und den Dampfzustand in den Einströmkasten ergaben sich die besten thermodynamischen Wirkungsgrade bei Überlast mit 85·6 vH für die Hochdruck- und mit 73·1 vH für die Niederdruckseite. Auf Grund der Versuche und des zufriedenstellenden Betriebs aller drei Sätze durch mehr als ein Jahr wurden die Sätze nunmehr endgültig abgenommen.

(Z. V. D. I., Bd. 72, Nr. 31, 1928.)

Über Lignitstaubfeuerung im Trinidadwerk der Texas Power & Light, Co. berichtet E. T. Keeck. Gegenwärtig sind zwei Maschineneinheiten zu je 20 000 kW aufgestellt, jedoch ist eine Erweiterung auf insgesamt 160 000 kW leicht möglich. Der verfeuerte Lignit mit einem Heizwert von 3950 WE/kg hat 0·5 vH Schwefel, 9·2 vH Asche und 33·4 vH Feuchte. Der Brennstoff wird

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 805, 822.

Digitized by Google

von der in unmittelbarer Nähe des Werkes liegenden Grube mittels Bodenentleerer angeliefert, gewogen, vorgebrochen und gelangt dann über Magnetscheider entweder auf den Kohlenhof oder in die Kohlenaufbereitung. Aus Zwischenbehältern fällt der vorgebrochene Lignit den vier Dampftrocknern zu, die mit Anzapfdampf beheizt werden. Unter jedem Trockner steht eine 15-t-Raymond-Mühle. Die Brennstoffördereinrichtungen sind, von den Brechern bis zu den Staubbehältern, in doppelter Anzahl vorhanden. Der Staub wird mittels Schnecken aus den Behältern herausgezogen und senkrecht in den Feuerraum eingeblasen. Im Falle des Versagens der Förderluftzufuhr sind Dampfstrahlgebläse vorgesehen. Jeder der vier Kessel hat 12 Brenner. Die Asche fällt in eine wassergefüllte Rinne und wird in dieser mittels Kratzer zu einem Elevator und mit diesem in einen hochgelegenen Verladebehälter gefördert. Bei der Lagerung des Lignites im Kohlenhof kam es anfangs häufig vor, daß sich die Abhänge der Kohlenberge, und zwar die windwärts gelegenen, entzündeten. Um das zu verhindern, wurde der Lagerplatz auf drei Seiten mit Dämmen eingefaßt und der Lignit in gleichmäßigen, 60 cm hohen, gewalzten Schichten gelagert. Seither haben die Brände aufgehört.

Jeder Kessel hat 1750 m² Heizfläche und ist als Schrägrohrkessel nach der Babcock-Wilcoxtype mit einer querliegenden Obertrommel gebaut. Der Dampfdruck beträgt 30 atü, die Temperatur 395° C. Die Absperrorgane an den Dampfverteilern sind alle mittels Motoren angetrieben und können in Störungsfällen durch Druckknopf von einem Schaltpult aus geschlossen werden. Die Kessel haben Copes-Speisewasserregler. Der Überdruck der Speiseleitung wird konstant gehalten. Das Kondensat geht zunächst durch den Generatorluftkühler, den Turbinenölkühler, den Kondensator der Dampfstrahlluftpumpe, dann durch den ersten Vorwärmer, durch den Stopfbüchsendampfkondensator, durch den Kondensator des Entlüfters des Speisewasserbehälters und durch den zweiten Vorwärmer in den Speisewasserbehälter. Von da fließt es den Speisepumpen zu, die es durch den Verdampferkondensator und den dritten Vorwärmer in den Kessel drücken. Die Verdampfer werden mit Anzapfdampf der dritten Stufe beheizt. Die Rückwände der Feuerräume und ein Teil der Seitenwände sind luftgekühlt. Der übrige Teil der Wände ist wassergekühlt (Murray-Rohre[1]); ebenso der Granulierrost. Der Feuerraum hat 530 m³ Inhalt. Die beiden Hauptturbinen haben eine Leistung von je 20 000 kW, machen 1800 U/min und sind als 14stufige Einzylindermaschinen ausgeführt.

Jede Turbine hat einen Einstromkondensator mit Metallrohren und Muntzmetallböden. Die Kühlrohre sind in beide Rohrböden eingewalzt, doch ist ein Boden auf Rollen verschiebbar und mit Gummi gedichtet. Dieser Konstruktion wird ein Minimum an Kondensatorundichtheiten nachgerühmt. Der Generator der Hausturbine (1200 kW) läuft als Synchronphasenschieber ständig mit. In Störungsfällen bei einer Drehzahlverminderung von rund 3 vH wird der Abdampf der Hilfsturbine in den Hauptkondensator geleitet und der Generator übernimmt Belastung. Die Hauptgeneratoren (12 000 V, 25 000 kVA, mit geerdetem Nullpunkt) sind direkt mit einer Gruppe von drei Einzeltransformatoren verbunden, die hochspannungsseitig sowohl am 60 000-V- als auch am 132 000-V-Netz liegen. Geschaltet wird nur auf der Oberspannungsseite. Stip.

(Electrical World, Bd. 91, Nr. 15, 1928.)

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Die Schnelläufigkeit der Freistrahlturbinen wird von Prof. R. Dubs, Zürich, durch das Verhältnis m von Strahlkreisdurchmesser zu maximalem Strahldurchmesser ausgedrückt. Ist die Geschwindigkeitsziffer der Düse mit 0·98 bis 0·985 anzunehmen, ist $k_u = \frac{u}{\sqrt{2gH}}$ der Umfangsgeschwindigkeitskoeffizient, so rechnet sich die spezifische Drehzahl mit η als Turbinenwirkungsgrad aus der Gleichung

$$n_s = \frac{570\, k_u}{m}\sqrt{\eta},$$

wobei k_u erfahrungsgemäß mit 0·46 angenommen wird, aber auch nach der empirischen Formel

$$k_u = 0{\cdot}48 - \frac{0{\cdot}72}{12 + m}$$

gewählt werden kann. Der Wirkungsgrad η ist durch das Produkt aus mechanischem und hydraulischem Wirkungsgrade gegeben. Ersterer beträgt, hervorgerufen durch Lager- und Luftreibung, 97 bis 98 vH bei kleinen Turbinen, bis 99·5 vH bei großen Turbinen. Letzterer kann durch die empirische Beziehung

$$\eta_h = 0{\cdot}955 - \frac{0{\cdot}430}{m - 3{\cdot}85}$$

ermittelt werden, wenn m in den Grenzen $6 < m < 20$ gewählt wird. Heute wurde bei einem Werte $m = 6{\cdot}55$ ein hydraulischer Wirkungsgrad von 92 vH erreicht, der noch dazu zwischen 3·5 und 93 vH der Vollast nicht unter 80 vH sinkt. Dies entspricht einer spezifischen Drehzahl von 34·2, die in zweirädriger je zweidüsiger Ausführung den Anschluß an die Franzisturbine gewährleistet, allerdings durch eine etwas teuere Konstruktion. β.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 91, Nr. 20, 1928.)

Neue Turbinen im Big Creek Kraftwerk 2 A der Southern California Edison Co, Los Angeles[1]). Das Werk wird derzeit mit 2 je 55 000 auf 60 000 PS überlastbaren Freistrahlturbinen ausgerüstet, die bei 690 m Gefälle 250 U/min entwickeln. Die 10·5 m lange Welle jedes Maschinensatzes wiegt 50 t, sie ist in der Mitte, wo der 200 t Rotor sitzt, 1 m stark. Die beiden Lager mit kugelig verdrehbaren Schalen und Babittauskleidung haben Ringschmierung. Bei 800 mm Bohrung beträgt die Lagerlänge 2·1 m. An den Wellenenden ist beiderseits je ein Freistrahllaufrad mit Stahlscheibe und Stahlgußbechern im Gewicht von je 25 t fliegend angeordnet. Die Umfangskraft jedes Laufrades beträgt bei Vollast rund 45 t, wobei die Strahlstärke 215 mm, die Wassergeschwindigkeit im Düsenendquerschnitte 114 m/s beträgt. Das Gesamtgewicht der umlaufenden Teile beträgt 310 t, die Belastung beider Lager mit Berücksichtigung des Strahldruckes jedoch 350 t. Die Zuführung des Wassers erfolgt aus der Rohrleitung ohne Richtungsänderung zu den Düsen; je 1 vH des Gefälles entspricht bereits einer Leistung von 600 PS. β.

(Power, Bd. 67, Nr. 25, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Drehstromgenerator der Anlage Vemork der A.-S. Rjukanfos (Norwegen). Von A. Traber. In dieser Zentrale befinden sich 11 Generatoren horizontaler Bauart von einer Leistung von je 17 000 kVA bei 250 U/min und 11 000 V[2]). Als letzter Ausbau wurde nun ein Vertikal-Generator der M.F.Ö. mit 18 350 kVA bei 600 U/min und gleicher Spannung wie die früheren, aufgestellt. Platzmangel und die guten Erfahrungen der ganz ähnlichen Vertikal-Generatoren des Kraftwerkes Sieben-Wäggital[3]) waren die Ursache der Wahl dieser Bauart. Besonders interessant ist bei diesem Generator der konstruktive Aufbau des Rotors. Auf einer sechsarmigen Hohlnabe aus Siemens-Martin-Stahlguß sind 7 nahtlos geschmiedete Siemens-Martin-Stahlringe warm aufgezogen, die zwecks guter Innenbelüftung der Polschuhe durch 6 Luftschlitze voneinander getrennt sind. Die Ringe besitzen pro Pol drei geschlitzte runde Löcher, in welche die ⊥-förmigen Polklauen durch zylinderausschnittförmige Stahlkeile festgehalten werden. Überall werden plötzliche Querschnittveränderungen, sowie scharfe Kanten und Ecken, die im Material Spannungen erzeugen, vermieden. Dies

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 235.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 128, 178, 284; 1924, S. 52.

[2]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 533.

[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 665.

Digitized by Google

gilt ganz besonders für die Klauen der geschmiedeten Polkörper. Die Statorbohrung beträgt 2·4 m, die Eisenbreite 1·5 m. Der Eisenkern ist durch Ventilationsschlitze in 22 Pakete geteilt. Die Rotorspulen sind zwecks besserer Belüftung als Doppelspulen ausgebildet. Die Statorwicklung, die als Zwei-Ebenenwicklung ausgebildet ist, ist in 150 offene Nuten eingebettet. Die einzelnen Leiter sind unterteilt und verdrillt. Die Wicklung ist kurzschlußsicher, durch Bronzearmaturen gehalten, welche ihrerseits über Hartpapierkörper im Gehäuse befestigt sind. Durch die Zwischenschaltung des Hartpapiers werden Glimmentladungen vermieden und die Isolation geschont. Der Rotor wird in 3 Halslagern geführt. Der oberhalb des Stators angeordnete einteilige Tragbalken trägt das Spurlager. Oberhalb desselben befinden sich die Erregermaschine und der Zentrifugalschalter. Die Schmierung ist eine Ölumlaufschmierung. Der Generator ist mit einer Kohlensäure-Löschvorrichtung System Siebenmann[1]) ausgerüstet. Der nach den Einzelverlustverfahren gemessene Wirkungsgrad beträgt 96 vH bei $\cos\varphi = 0{\cdot}67$. Das Gesamtgewicht einschließlich Erreger ist 125 t, der Rotor allein wiegt 42 t. Hum.

(Bulletin Oerlikon, Nr. 81, 1928.)

Störungen des magnetischen Gleichgewichtes bei Asynchronmotoren. Roland David behandelt den Einfluß gewisser Ausführungsformen von Roterwicklungen bei Asynchronmotoren auf das magnetische Gleichgewicht dieser Maschinen. Es handelt sich dabei um ziemlich oft verwendete Formen von Rotorwicklungen, bei welchen zwar die 3 Phasen untereinander die gleiche Windungszahl besitzen und auch sonst vollständig gleich ausgeführt sind, bei denen aber nicht bei allen Polen die gleiche Stabzahl vorhanden ist. Der Verfasser beschränkt sich vorerst auf den Fall, daß die Polpaarzahl p der Maschine nicht durch 3 teilbar ist. Dann kann man nämlich eine solche Unsymmetrie, hervorgerufen durch das Fehlen zum Beispiel je eines Stabes pro Phase bei je einem Pol, als ein zweipoliges negatives Feld auffassen, das den fehlenden Stäben entspricht und sich über das p-polige Hauptfeld lagert. Dieses Zusatzfeld kann nur bei reiner Serienwicklung des Stators in größerer Stärke bestehen bleiben, da es bei Parallelschaltung fast gänzlich abgedämpft wird und sich nur in einer geringfügigen Erhöhung der Verluste bemerkbar machen könnte. Die analytische Behandlung zeigt, daß die erste Harmonische dieses Zusatzfeldes nur bei vierpoligen Maschinen einen einseitigen magnetischen Zug hervorbringen kann. Bei anderen Polzahlen können nur bestimmte höhere (n — te) Harmonische des zweipoligen Zusatzfeldes solche Wirkungen entstehen lassen. Die Ordnungszahl n dieser Harmonischen ist:

$$n = p - 1, \text{ wenn } p = 3K - 1$$

und

$$n = p + 1, \text{ wenn } p = 3K + 1.$$

(K kann dabei jede beliebige ganze Zahl sein). Die Größe der so entstehenden Kräfte nimmt sehr zu, wenn die Welle sich aus irgend einem Grunde durchbiegt (auch etwa unter Einwirkung der Kraft selbst). Am größten sind sie bei großem Fluß pro Pol und insbesonders bei vierpoligen Motoren. Der Autor wendet für diese Kräfte von ihm abgeleitete Formeln, die auch die magnetische Sättigung einigermaßen berücksichtigen, auf einen vierpoligen Motor von 600 PS als Beispiel an. Dort tritt ein einseitiger Zug von 1000 bis 1100 kg auf, der genügen würde, schwere Vibrationen zu erzeugen. In analoger Weise, wie es der Autor ausführlich analytisch an diesem einen Falle zeigt, lassen sich alle ähnlichen Unsymmetrien behandeln, auch der Fall der Motoren, deren Polpaarzahl ein Vielfaches von 3 ist.

B. G.

(Rev. gén. de l'électricité, Bd. 23, Nr. 9, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Feststellung von Isolationsfehlern in Spulen mittels Hochfrequenzwellen. Während man die Isolation einer Wicklung gegen Erde durch Anlegen einer entsprechend hohen Spannung leicht prüfen kann, ist dieses Verfahren nicht anwendbar, um die Isolation zwischen den Lagen einer Spule zu messen, da ein unmöglich großer Strom die Spule durchfließen müßte, um zwischen benachbarten Windungen eine merkliche Spannung zu erzeugen. I. L. Rylander beschreibt ein bei der Westinghouse Electric and Mfg. Co. angewandtes Verfahren, bei dem an die zu prüfende Spule eine Hochfrequenzspannung angelegt wird. Die hohe Selbstinduktion verhindert die Ausbildung einer übermäßigen Stromstärke, während man durch Erhöhung der Frequenz die Prüfspannung beliebig steigern kann. Die zu untersuchende Spule oder Wicklung einer Maschine wird in einen Schwingungskreis geschaltet. Als Stromquelle dient ein normaler Transformator. Parallel zu der zu prüfenden Spule liegt eine Meßfunkenstrecke. Durch Veränderung der Länge der rotierenden Funkenstrecke wird die Entladespannung eingestellt. Der Empfangskreis besteht aus einem einstellbaren Kondensator, einer Spule mit einem Widerstand und enthält ein hochempfindliches Milliampermeter. Der Kondensator wird nun so eingestellt, daß der Empfangskreis auf den Sendekreis abgestimmt ist, wenn die Prüfspule gesund ist. Wird anderen Stelle eine gleiche Spule mit mangelhafter Isolation eingeschaltet, so ist die Resonanz gestört und das Milliampermeter zeigt nicht mehr den Höchstausschlag, sondern weniger. An der geprüften Wicklung wird hierauf die kranke Stelle ausgebrannt, ohne daß die übrigen Teile leiden. Seit Anwendung dieses Prüfverfahrens sind Durchschläge in ihrer Häufigkeit auf den zwanzigsten Teil gegenüber früher zurückgegangen. W.

(Power, Bd. 67, Nr. 18, 1928.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Ein Umspannwerk mit einem Synchronkondensator, der automatisch betrieben wird, beschreiben L. M. Smith und M. S. Merrit. Die Stadt Mobile an der Golfküste wird über eine 300 km lange 110-kV-Leitung aus einem Unterwerk der Alabama Power Co. versorgt. Die Spannung am Ende dieser Übertragungsleitung wird durch einen Synchronkondensator für 10 000 kVA geregelt, welcher in der Station Mobile aufgestellt ist. Der Betrieb dieser Maschine ist vollständig automatisiert. Durch Betätigung eines Anlaßdruckknopfes werden nacheinander folgende selbsttätige Vorgänge eingeleitet: Anlassen des Kondensators mittels eines Anlaßtransformators bei kurzgeschlossener Erregerwicklung, jedoch nur dann, wenn Spannung und Frequenz der Leitung normal sind und die früher eingeschaltete Ölumlaufpumpe, welche die Lager bedient, in Betrieb ist. Nach Erreichen der synchronen Drehzahl wird, veranlaßt von der inzwischen angestiegenen Spannung der Erregermaschine, die Maschine an volle Spannung gelegt und die Erregung eingeschaltet. Gleichzeitig tritt ein Spannungsschnellregler in Tätigkeit. Es ist hiebei eine zusätzliche Einrichtung getroffen, welche eine automatische Verstellung des Hauptstromreglers bewirkt, wenn die Erregerspannung extreme Werte annimmt. Bei Eintritt eines der folgenden Störungsfälle: abnormal niedrige oder hohe Spannung, Abfallen der Frequenz, Übertemperatur im Stator wird die Maschine abgeschaltet und nach Eintritt des normalen Zustandes wieder angelassen. Treten jedoch schwere Fehler auf, die sich durch das Ansprechen des Differentialschutzes bei Maschine oder Transformator, durch Übertemperatur der Lager oder Unterbrechung der Erregung bemerkbar machen, so wird die Maschine abgestellt und eine Meldeeinrichtung in Tätigkeit gesetzt. Das gleiche tritt ein, wenn nach dem Anlassen nicht innerhalb einer für den normalen Anlauf genügenden Frist der betriebsmäßige Zustand automatisch eingetreten ist. Die Schalter der abgehenden 22-kV-Speisekabel sind mit einer Einrichtung für dreimaliges Wiedereinschalten nach einer automatischen Auslösung versehen. Arbeitet die Unterstation jedoch mit der städtischen Dampfzentrale parallel, so wird diese Einrichtung von Hand ausblockiert. A. Fr.

(Electrical World, Bd. 91, H. 12, 1928.)

Die Verbindung von allgemeinen Versorgungsnetzen mit Bahnnetzen über Frequenzumformer. L. Encke beschreibt amerikanische Anlagen zur Kopp-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 15, S. 343.

Digitized by Google

lung von Kraft- und Bahnnetzen. Da die einfachste Verbindung, eine starre Kupplung in der Form von synchronen Motorgeneratoren, nicht gestattet, eine Regulierung der übertragenen Last durchzuführen und insbesondere die für den Bahnbetrieb charakteristischen Belastungsstöße vom Netz der allgemeinen Energieversorgung fernzuhalten, ist eine elastische Kupplung wünschenswert und meistens überhaupt notwendig[1]). Zwei solche Anlagen wurden für das mit 25 Per/s betriebene Einphasennetz der New-York, New-Haven and Hartford-Bahn errichtet, deren wachsender Energiebedarf nicht mehr wie bisher von einem eigenen Kraftwerk voll gedeckt werden konnte. Dieses Kraftwerk soll jedoch auch in Zukunft die Stöße des Bahnbetriebes selbst auf sich nehmen. Die eine dieser Umformerstationen dient zur Umformung von 25-Per/s-Industriestrom auf Bahnstrom gleicher Frequenz. (Es ist bei den heute mehrfach geäußerten Vorschlägen, Bahnen direkt mit Wechselstrom der allgemeinen Versorgung zu speisen, bemerkenswert, daß die Amerikaner mit ihren so großen Netzen es hier nicht vorgezogen haben, die beiden Netze in wesentlich einfacherer Weise durch einen Transformator zu verbinden. Anm. d. Ber.) In dieser Station steht ein Umformeraggregat bestehend aus einem Asynchronmotor und einem Synchrongenerator. Der Läufer des Motors wird über die Schleifringe von einer Kollektor-Erregermaschine gespeist. Letztere besitzt, um eine geringe, für die Auslegung günstige Leistung pro Pol zu erhalten, die doppelte Polzahl wie die Hauptmaschinen und wird von diesen über ein Getriebe mit der Übersetzung 2 : 1 ins Langsame angetrieben. Diese Erregermaschine, die am Stator eine Kompensationswicklung trägt, wird von einem weiteren kleinen Erregersatz über Schleifringe mit Spannung der Primär-Netzfrequenz von veränderbarer Größe und Phasenlage erregt. Durch sie wird sowohl Phasenwinkel als auch Leistungsabgabe des Hauptmotors geregelt. Der Erregersatz besteht aus einem an das Primärnetz angeschlossenen Synchronmotor und einem Synchrongenerator mit rotierender Armatur. Die Erregung dieses Generators, der die Erregung für die eigentliche Erregermaschine liefert, ist als Dreiphasenwicklung ausgeführt, und zwar werden zwei Phasen davon parallel, die dritte unabhängig gespeist. Durch zwei, voneinander unabhängige, positiv und negativ einstellbare Regler für diese zwei Stromzweige kann jede beliebige Spannung und Phasenlage erzeugt werden. Die Ausrüstung der zweiten Umformerstation, die von 60 auf 25 Per/s umwandelt, ist etwas anders angeordnet. Die Regulierung der übertragenen Last und des Leistungsfaktors erfolgt durch eine als Scherbiusmaschine ausgebildete Kollektormaschine. Diese, bekanntlich eine ständererregte, kompensierte Maschine mit Wendepolen, wird samt ihrer eigenen Erregermaschine von der Umformerwelle angetrieben. Die Erregermaschine, ebenfalls eine Kollektormaschine, wird über Schleifringe vom Primärnetz unter Zwischenschaltung eines Transformators gespeist. Die Erregung der zwei Gruppen von Feldwicklungen der Scherbiusmaschine (für Belastungs- und Leistungsfaktorregulierung des Motors) kann durch Widerstände geregelt werden. Die Umformersätze haben im praktischen Betrieb bewiesen, daß sie, wie beabsichtigt, eine konstante Leistungslieferung in das Netz stark schwankender Belastung (Bahnnetz) durchführen, sowie einen entsprechenden Wert für den Leistungsfaktor bewirken können. B. G.

(Journal A. I. E. E., Bd. 47, Nr. 7, Juli 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Elektrische Felder einiger Hochspannungskabel. Um die Beanspruchungen beurteilen zu können, welche in der Isolation eines Kabels auftreten, muß die Feldverteilung im ganzen Kabelquerschnitte ermittelt werden. Da dies rechnerisch nur schwer möglich ist hatte Atkinson[2]) zur experimentellen Methode gegriffen. Diese besteht darin, daß man in einem Modelle des Kabelquerschnittes das Dielektrikum durch einen Elektrolyten ersetzt und die sich einstellende Potentialverteilung ermittelt, welche, wie man leicht nachweisen kann, mit der Potentialverteilung im Kabelquerschnitt identisch ist. Da die Feldverteilung im Kabelquerschnitt eines Dreileiterkabels während einer Periode wechselt, muß man den einzelnen Leitern verschiedene, und zwar solche Spannungen erteilen, wie sie in den einzelnen Augenblicken während einer Periode auftreten. In einer Arbeit von V. Fock, W. Malyschew und A. Walther führen die beiden letztgenannten ähnliche Messungen durch, mit dem Unterschiede, daß sie nicht die Verteilung des Potentials im stationären Strömungsfelde des Elektrolyten ausmessen, sondern die gleichwertige Verteilung im Dielektrikum eines Kondensators. Als Dielektrikum wird Luft gewählt, als Betriebsspannung eine tonfrequente; zum Unterschiede gegen Atkinson, der das Feld mit einer beweglichen Sonde ausmißt, werden fix in den Versuchskondensator eingebaute Sonden benützt. Die Zuleitungen und die Meßapparatur sind gegen kapazitive Beeinflußung durch geerdete Schutzhüllen geschützt. Ausgemessen wurde der Fall eines Dreileiter-Sektorkabels und das Feld in der Nähe der Oberfläche eines Einleiterkabels, dessen Kupferleiter verseilt ist. Dieser letztere Fall ist außer von Atkinson auch schon früher, und zwar rechnerisch von W. Deutsch[1]) behandelt worden. Die Messungen stimmen mit den Daten dieser älteren Arbeiten und auch mit den theoretischen Ergebnissen überein, welche Fock und Malyschew in der vorliegenden Arbeit nach einer neuen Methode finden. (Es ist jedoch bekannt, daß die errechnete höhere Feldbeanspruchung ohne nennenswerten Einfluß auf die Durchschlagsfestigkeit des betreffenden Kabels ist[2]). D. Ref.)

Konst.

(Arch. f. Elektrot., Bd. 19, H. 4, 1928.)

Chemische Korrosion des Bleis in der Erde[3]). Von O. Haehnel sind zahlreiche Bleikorrosionsfälle an Kabeln, Röhren usw. systematisch bearbeitet worden und der Verfasser hat dabei die erreichten Lebensdauern mit der quantitativen chemischen Zusammensetzung des umgebenden Erdreiches in Beziehung gebracht. Diese Untersuchungen sollen dem Praktiker dazu dienen, welche Aufwendungen von Mehrkosten für die zum Schutze gegen den chemischen Angriff zu treffenden Maßnahmen gerechtfertigt sind. Kompaktes Blei wird bekanntlich nur bei gemeinsamer Einwirkung von Sauerstoff und Feuchtigkeit angegriffen, auch wenn korrosive Stoffe zugegen sind. Wird dem Sauerstoff nur sehr beschränkter Zutritt gewährt und sind auch die als bleischädlich erkannten Stoffe im Erdboden nur in sehr geringen Mengen vorhanden, so kann das Blei in der Erde eine ungewöhnlich lange Haltbarkeit aufweisen. Derartige günstige Verhältnisse liegen vor, wenn der anstehende Boden aus feinkörnigem Quarz-, Spat- oder Glimmersand besteht und das Kabel verhältnismäßig tief (0·75 bis 1 m) eingegraben ist. In derartigem Boden haben sich Kabel schon 50 und mehr Jahre erhalten, ohne nennenswerte Korrosionserscheinungen aufzuweisen. Sehr begünstigt wird die chemische Korrosion durch das Vorhandensein von Kolloiden wie Kaolingel, Aluminiumhydroxyd und Eisenhydroxyd im Erdboden, da diese Materialien eine gewisse Zähigkeit haben, Wasser festzuhalten. Aber auch die in den oberen Bodenschichten häufig vorhandenen Stoffe, wie Humus und kohlensaurer Kalk, müssen als korrosiv angesehen werden. In einem Erdboden, der etwa 0·5 vH Kalk, 9·6 vH abschlämmbaren Ton und 2·4 vH Humus enthält, kann man mit einer sicheren Lebensdauer von 30 Jahren für ein ungeschütztes Bleikabel rechnen. Mit steigendem Gehalt von Kalk, Ton und Humus im Erdboden wird die Lebensdauer des Kabels stetig geringer. Auch wenn der Bleimantel in der Erde mit Koks zusammen-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 37, S. 910.

[2]) Journal A. I. E. E., Juni 1919.

[1]) ETZ 1911, S. 1175; vgl. E. u. M. 1912, S. 13.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 878.

[3]) Vgl. a. E. u. M. 1925, S. 603; 1926, S. 64; 1927, S. 549.

Digitized by Google

kommt, kann man nur mit einer sehr kurzen Lebensdauer (ein bis zwei Jahre) rechnen. Sehr beschleunigt kann die Korrosion des Bleis auch durch minderwertige Kompoundmassen werden, die zur Tränkung der zum Umwickeln von Bleimänteln dienenden Jute oft Verwendung finden. Es ist daher empfehlenswert, den Bleimantel eines Kabels vor der Umspinnung mit Jute mit einem Papier- oder Nesselband zu umwickeln, das mit einer elastisch bleibenden, wasserabstossend wirkenden und sowohl elektrisch wie chemisch indifferenten Masse imprägniert ist. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 5, Heft 4, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Wechselstrom-Bahnanlage mit Pufferbatterie. E. Dähne beschreibt die Stromversorgung der Albtalbahn. Diese bezieht Drehstrom 20 kV vom Badenwerk, formt ihn in einem Schalthaus auf 6000 V um. Zwei Synchron-Umformer für 660 kVA mit asynchronem Anlauf formen auf 9000 V $16^2/_3$ Per/s um. Ein Umformer genügt für den Betrieb. Das Dampfkraftwerk, das ursprünglich die Energieversorgung besorgte, ist nach Abnutzung der Dampferzeugungsanlage ganz still gelegt worden. Von der alten Anlage her ist ein Umformer von etwa 170 kVA und eine Lademaschine für einzelne Zellen noch in Betrieb, die jede über einen eigenen Transformator gespeist werden. Als Puffer dient eine Batterie von 285 Zellen JS 52 der Akkumulatorenfabriks-A.-G., Berlin-Hagen, mit Zellenholzkasten auf Holzgestellen. Die positiven Platten arbeiten seit 1919, die negativen seit 1913. Zwischen Batterie und Bahnsammelschiene liegt eine Wechselstrom-Gleichstrom-Puffermaschine. Auf der Umformerwelle sitzt als Regler ein Danielsonscher Umformer[1]), der über einen Reihentransformator vom Netzstrom beeinflußt wird. Dieser Umformer ist seit 1922 täglich 21 Stunden im Betrieb. Die mittlere Leistungsaufnahme beträgt rund 400 kW, von denen etwa 50 vH dem Fahrdraht entnommen werden. Durch die Pufferung werden Entladestöße bis 300 kW, wenn nur Personenzüge, und bis 650 kW, wenn auch Güterzüge fahren, geleistet, während die Ladestöße meist nicht über 100 A hinausgehen. Die Summe der täglichen Entladestöße beträgt im Jahresdurchschnitt etwa die 1·2-fache 1 h-Kapazität. Die Batterie wirkt normal als reine Pufferbatterie mit einem Wirkungsgrad von 98 bis 85 vH. Sie ist imstande, bei Unterbrechung in der Drehstromzufuhr den Personenverkehr durch 3 Stunden aufrecht zu erhalten, bietet somit eine weitgehende Reserve. Es wird berechnet, daß bei einem Jahresverbrauch der Albtalbahn von 2·85 Mill. kWh der reine Batterieverlust nur 1·45 vH des Gesamtverbrauches beträgt. Eine vergleichende Kostenaufstellung zeigt auch die Minderkosten bei der Errichtung einer Pufferanlage im Gegensatz zu einer reinen Maschinenumformung, die für fast die doppelte Leistung gebaut sein müßte. Wl.

(ETZ, Jg. 49, H. 22, 1928.)

Gleichrichter.

Die selektive Abschaltung von Quecksilberdampf-Gleichrichtern bei Rückzündungen. E. Kern bringt eine übersichtliche Darstellung über die Mittel, im Allein- oder Parallelbetrieb mit anderen Gleichstromerzeugern arbeitende Quecksilberdampf-Gleichrichter im Falle von Rückzündungen selektiv gleich- und wechselstromseitig abzuschalten, das heißt die auftretende Störung auf den kranken Gleichrichter zu beschränken. Die in Frage kommenden Schutzsysteme[2]) gliedern sich der prinzipiellen Art nach in:

1. Rückstromschutz: Die Stromumkehr zwischen Gleichrichter und Sammelschiene wird mittels Shunt und polarisiertem Relais zur direkten oder indirekten Auslösung der Schalter benützt. Im letzten Falle hat die Stromauslösung gegenüber Spannungsauslösung den Vorzug. Die Lösung hat den Vorteil der allgemeinen Verwendbarkeit für alle Transformatorschaltungen, dagegen den Nachteil, daß induktive Shunts nicht verwendbar sind. Auch erfolgt bei Alleinbetrieb eines Gleichrichters im Rückzündungsfall die Abschaltung lediglich durch den Maximalstromschutz.

2. Unsymmetrischer Differentialschutz: Die Veränderung des Verhältnisses Gleichstromkomponente - Kathodenstrom zu Gleichstromkomponente - Phasenstrom wird mittels Differentialrelais („magnetische Gleichstromwage") zur direkten Schalterauslösung durch Auslösemagnete oder indirekten Schalterauslösung mittels Kontaktrelais verwendet. Die Beeinflussung der Differentialrelais erfolgt durch einen Shunt in der Minusleitung, bzw. in einer der Anodenleitungen. Die Anordnung spricht unabhängig von Fremdrückstrom und auch bei gewissen inneren Störungen an. Einen Nachteil bildet die Schwierigkeit des Shunteinbaues in die Anodenleitung.

3. Symmetrischer Differentialschutz: Er ist praktisch auf Anlagen mit Saugdrosselspulen beschränkt. Die Rückzündung bewirkt eine Symmetriestörung der beiden durch die Saugdrosselanordnung gegebenen Dreiphasensysteme, die entweder durch magnetische oder elektrische Differenzbildung zur Schalterauslösung ausgewertet wird. Im letzten Falle werden die Shunts in die Zweigstromkreise zwischen Saugdrosselspulenhälfte und Minusleiter geschaltet. Hier besteht der Vorteil, die Shunts induktiv ausführen zu können und über beliebige Auslösekräfte zu verfügen. Zwischenrelais sind nicht erforderlich. Auch spricht die Anordnung auf manche innere Schaltungsdefekte an. Die Systeme 1 und 3 sind praktisch verwertet, System 2 ist dagegen praktisch noch nicht ausgeführt worden.

Mich.

(BBC-Mitteil., Baden, Jg. 15, H. 7, 1928.)

Elektrische Heizung, elektrische Öfen, Elektrometallurgie.

Die Elektrizität als Wärmequelle im Klein- und Großküchenbetrieb. E. R. Ritter stellt einleitend fest, daß heute in Deutschland mehr als 50 000 elektrische Haushaltküchen, wovon 95 vH den minderbemittelten Bevölkerungsschichten angehören, im Betrieb sind. Er verweist dann darauf, daß es unrichtig ist, die verschiedenen Heizarten allein nach dem Gehalt an Kalorien je Verkaufseinheit beurteilen zu wollen und teilt auf Grund von Versuchen zur Ermittlung der Heizmittelkosten und Wirtschaftlichkeit von Kohle, Gas und Elektrizität mit, daß eine einfache Mahlzeit für vier Personen im günstigsten Falle mit 350 Kal. hergestellt werden kann, was einem Heizwert von 50 g Kohlen entspricht. Der außerordentlich schlechten Wirkungsgrad eines Kohlenofens ersieht man daraus, daß zur Bereitung dieser Mahlzeit praktisch 1 kg Steinkohle oder 1·55 kg Briketts notwendig sind, 350 Kal. sind gleich 400 Wh, die in einem modernen Großkraftwerk mit 360 g Kohle erzeugt werden können. Einem theoretischen Verbrauch von 50 g Kohle stehen also 360 g Kohle bei Elektrizität und 1000 g Kohle im normalen Küchenherd gegenüber. Dies ist der günstigste Fall. Die Praxis zeigt, daß 250 bis 400 Wh je Kopf und Mahlzeit in Anrechnung zu bringen sind[1]). Untersuchungen bezüglich Wirtschaftlichkeit der Kohlenfeuerung, Gasfeuerung und der Elektrobeheizung ergaben nach verschiedenen Autoren im Mittel folgende Relation[2]): 1 m³ Gas = 1·5 kWh = 3·6 kg Kohle. Zu bemerken ist noch, daß die Heizmittelkosten im Vergleich zu den übrigen Faktoren des Küchenbetriebes keine wesentliche Rolle spielen und mit der Zahl der verbrauchten kWh und zunehmender Benützungsdauer stark abnehmen. Preise von 3 bis 8 Pf/kWh können für elektrische Großküchen als normal angesehen werden[3]). Diese Zahlenergebnisse sind nicht ungünstig und berechtigen zu den besten Hoffnungen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 280.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 9, S. 206.

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 10, S. 222.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 10, S. 225; H. 28, S. 764; H. 39, S. 946.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 28, S. 764.

Digitized by Google

Die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten behandelt der Verfasser getrennt für Kleinküche und Großküche. Solange es sich um Fließ- und Bandfabrikation von Kohlen- und Gasherden handelt, sind diese im Preis natürlich billiger als Elektroherde, die höchstens in Serienfabrikationen erzeugt werden. Der dritte Faktor im Küchenbetrieb betrifft die Unterhaltungskosten. Der Autor versucht nachzuweisen, daß diese in ihrer Gesamtheit nicht höher als bei Gasherden sind. Schließlich werden noch Bedienung und Kochgutverbrauch[1]) an Hand zweier Zahlentafeln erörtert, welche auf Grund von Versuchen in der Großküche der Heilanstalt Marienthal in Münster von Landesbaurat Zimmermann gewonnen wurden. Es ergibt sich daraus, daß auf 1 kWh 0·8 Arbeitsstunden und auf 1 kg Kohle 0·6 Arbeitsstunden entfallen. Auf Grund eigener Versuche stellte der Autor fest, daß die Bedienungskosten bei Gas um 40 vH höher als bei Elektrizität sind, daß somit auf 1 m³ Gas 1·7 Arbeitsstunden entfallen. Aus der Heizmittelrelation 1 m³ Gas = 1·5 kWh = 3·6 kg Kohle folgt dann 1·7 Arbeitsstunden Gas = 1·2 Arbeitsstunden Elektrizität = 2·1 Arbeitsstunden bei Kohle. Neben all den genannten Punkten betont der Verfasser schließlich noch die hohe hygienische Bedeutung[2]), die der Elektrizität gegenüber allen anderen Heizmethoden allein zukommt und das verringerte Gefahrenmoment gegenüber der Gastechnik. In deutschen Haushalten kamen im Jahre 1926 auf 1 Todesfall durch Elektrizität 80 Todesfälle durch Gas.

Für den einfachen Haushalt genügt ein Tischherd mit zwei Kochplatten und als Ergänzung hiezu ein Bratofen oder ein sogenannter Kleinküchenherd, der diese Bauelemente in einer Konstruktion vereinigt und zirka 160 Mk. kostet. Daneben findet ebenso wie bei uns auch in Deutschland der Elektro-Kochautomat[3]) viel Verbreitung.

Interessant ist die Angabe, daß der durchschnittliche Anschlußwert der Beleuchtungsanlagen je Familie bei Herdküche 0·3 kW, bei Elektrokochautomat nur 0·2 kW ist. Die nächst größere Type von Herden besitzt drei oder vier Kochplatten und einen Bratofen und hat einen Anschlußwert von 5 bis 7 kW. Dann folgen Herde mit sechs Kochplatten, Brat- und Backofen und Grill und schließlich ergeben sich mit steigenden Ansprüchen noch größere Herdkonstruktionen bis zu den Großküchenherden. Einrichtungs- und Unterhaltungskosten für Elektroküche und Elektrobad kommen in Siedlungshäusern bei elektrischem Betrieb unter allen Umständen billiger zu stehen. Aber auch im Stadthaushalt, Gutshaushalt und Großbetrieb kann von einer Ausschaltung der Elektroküche wegen zu hoher Anschaffungs- und Unterhaltungskosten nicht die Rede sein. Der Verfasser weist darauf hin, daß gegenwärtig in Deutschland 30 Mill. elektrischer Heiz- und Kochgeräte in Gebrauch stehen, daß also jeder zweite ein solches besitzt, daß jedes Jahr 3 Mill. hinzukommen, und daß deren Gesamtanschlußwert bei weitem den der Motoren oder Glühlampen übertrifft.

In der Diskussion zu diesem Vortrag wurde von mehreren Seiten eine entgegenkommende Tarifpolitik seitens der Elektrizitätswerke vermißt, weiters die unrichtige Dimensionierung von Steig- und Zuleitungen besonders hervorgehoben. Bei der Bewag besteht seit Mitte Dezember vorigen Jahres ein neuer Tarif für die elektrische Küche, wonach bis zu 1·5 kW Anschlußwert nur 30 W als Bemessungsgrundlage für die Grundgebühr gerechnet wird, so daß die Kleinabnehmer Berlins je kWh nur 20 Pfg. zahlen müssen. Dr. Vel.

(ETZ. Bd. 49. H. 28. 1928.)

Baustoffe.

Feuer-, Schaltfeuer- und Glutsicherheit der Isolierstoffe[4]). Von G. I. Meyer. Der bisherige Begriff der Feuersicherheit, wie er in den VDE-Errichtungsvorschriften vorkommt, deckt sich nicht mehr mit dem der Brauchbarkeit und Eignung eines Isolierstoffes, da die verschiedenen Verwendungszwecke bald in der einen, bald in der anderen Richtung höhere Anforderungen stellen, bei gleichzeitiger Duldung einer Minderleistung in einer anderen Hinsicht. Weiters sind Abstufungen an Stelle des einzigen starren Begriffes am Platze. Ähnlich steht es mit dem Begriff der Lichtbogensicherheit. Man ist so durch die Entwicklung der Isolierstoffverwendung bei der Neufassung der Errichtungsvorschriften gezwungen, sich enger an die Betriebsverhältnisse zu halten. Die wesentlichsten Beanspruchungen, die dabei auftreten können, sind durch Schaltfeuer und Glut gegeben. Für Abdeckungen kommt im wesentlichen die Schaltfeuersicherheit, für Träger spannungsführender Teile die Glutsicherheit in Betracht. Als schaltfeuersicher gilt ein Gegenstand, der bei Beanspruchungen durch Schaltfeuer keine, seinen Gebrauch beeinträchtigende Veränderungen erleidet. Glutsicher ist ein Isolierstoff, wenn er durch Berührung mit glühenden Leitern für seinen Verwendungszweck nicht beeinträchtigt wird. Je nach der Widerstandsfähigkeit gegen eine dieser Beanspruchungen werden mehrere Gütestufen unterschieden. Schwierig ist die Festlegung von Prüfverfahren und Prüfvorschriften. Die Schaltfeuersicherheit wird durch wiederholte Lichtbogen von 6 bis 10 A bei 220 V Gleichstrom bestimmt. Diese Lichtbogen werden an einem Horne erzeugt, das in kurzen Zeiträumen, rund 300mal in der min, kurzgeschlossen wird. Der Lichtbogen wird durch einen Blasmagnet gegen den Prüfling hingeblasen. Besonders schwierig ist der Zeitpunkt festzustellen, in dem das Stück zu brennen beginnt. Man bedient sich dazu eines Thermoelementes am Isolierstoff. Unter den verschiedenen Berührungen mit dem Lichtbogen erwärmt sich das Stück allmählich; beginnt es zu brennen, so zeigt die Erwärmungskurve einen deutlichen rascheren Anstieg. Preßspan mit 2 mm Stärke begann nach 150 bis 200, Kunstharz mit Asbestfüllung nach einigen tausenden Blasungen, Asbestschiefer überhaupt nicht zu brennen. Die Prüfungen gestatten weiter, Unregelmäßigkeiten im Kunstharz festzustellen, die sich durch verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Brennen kenntlich machen. Lackpapier zeigt sich ziemlich widerstandsfähig, weshalb aus diesem Grunde gegen seine Verwendung als Abdeckung keine Einwendung zu erheben ist. Für die Bestimmung der Glutsicherheit dient ein Gerät, das den zu untersuchenden Probestab durch ein Hebelgewicht gegen einen auf 950° erhitzten Silitstab drückt. Als Maßstab für die Güte dient das Produkt aus der verbrannten Länge des Stabes und dem Gewichtsverlust. Die Gütezahlen lassen sich nach Zehnerpotenzen ordnen. Asbestzement zum Beispiel zeigt die Zahl Null, Bakelitasbest 2×10^1, Teerpech 2×10^2, Lackpapier 5×10^2, sie können noch als glutsicher gelten. Preßspan gehört mit 3×10^3 in die nächste Klasse. Wesentlich erscheint noch eine dritte Eigenschaft der Isolierstoffe, nämlich die Empfindlichkeit gegen Kriechströme und gegen Feuchtigkeit. Für erstere ist ein Spitzentaster mit 5 mm Spitzenweite vorgesehen, der an einen Transformator für 3000 V angeschlossen wird. Der Kriechstrom erzeugt in einem an der Primärseite eingeschalteten Widerstand einen Spannungabfall, der durch ein Voltmeter gemessen wird. Der Einfluß der Feuchtigkeit wird durch verschieden starke Beanspruchungen ermittelt. Die mildeste ist das Benetzen und sofortige Abtrocknen der Oberfläche; ihr folgen das Liegenlassen in Wasser durch 24 Stunden, das Andampfen und schließlich das Aufschütten eines Tropfens. Durch den Spitzentaster wird dann die Einwirkung der Feuchtigkeit auf die Leitfähigkeit der Oberfläche festgestellt. Während bei Asbestschiefer der Tropfen verdampft, ohne eine Spur zu hinterlassen, bildet sich bei anderen Stoffen ein leitender Kohlekanal. V. H.

(ETZ. Bd. 49. H. 31. 1928.)

[1]) Vgl. a. E. u. M. 1928. H. 39. S. 649.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928. H. 10. S. 227.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927. Das El.-Werk. S. 77; 1928. H. 10. S. 221.

[4]) Vgl. E. u. M. 1927. S. 1072 ff.

Digitized by Google

Patentbericht.

Elektrische Meßverfahren und -Instrumente für verschiedene Zwecke.

(Schluß aus Heft 46 Seite 1091)

Verschiedene Meß- und Untersuchungsgeräte.

Der mittlere Kohlensäuregehalt der Rauchgase während eines bestimmten Zeitraumes, der bekanntlich als Grundlage für die Beurteilung der Arbeit des Heizers dient, konnte bisher nur durch Planimetrieren der Schaubilder schreibender Geräte bestimmt werden, ebenso die mittlere Rauchgastemperatur. Nach einer Erfindung der Siemens & Halske A.-G. werden nun die Anzeigegeräte für CO_2, CO und für die Temperatur mit einer Integriervorrichtung versehen. Bei durch elektrischen Strom betriebenen Anzeigegeräten wird ein Elektrizitätszähler, insbesondere ein Elektrolytzähler, verwendet. (Ö. P. Nr. 107539, Brit. P. Nr. 258226.)

In weiterer Ausgestaltung der vorstehend besprochenen Erfindung werden insbesonders für Kesselüberwachungsanlagen zwei oder mehrere Elektrizitätszähler verwendet, die gleichzeitig ein- und ausgeschaltet werden, so daß das Verhältnis der Angaben der Zähler als Maß für die Güte der Feuerung dienen kann. Ein Zähler mißt dabei die Zeit, der andere integriert einen Gasgehalt oder einen Temperaturunterschied nach der Zeit, oder ein Zähler integriert den CO_2-Gehalt, der andere den CO-Gehalt nach der Zeit usw.

(Ö. P. Nr. 110513.)

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes von Papier, Zellulose, aber auch zur Untersuchung anderer Eigenschaften derartiger Stoffe wird nach einer Erfindung von J. Clark als Dielektrikum eines in einen Schwingungskreis eingeschalteten Kondensators einmal der zu untersuchende Stoff und das andere Mal ein Normalstück dieses Stoffes verwendet und, zum Beispiel aus dem Unterschied der Schwingungsfrequenz auf den Feuchtigkeitsgehalt usw. geschlossen.

(Brit. P. Nr. 275741.)

Nach einer Erfindung von G. Grindrod, Oconomowoc (Wisconsin), wird zur Viskositätsbestimmung die Spannung gemessen, die in einer Suple entsteht, wenn man einen stabförmigen permanenten Magneten, an dessen oberem Ende zum Beispiel eine Scheibe aus Drahtgeflecht befestigt ist, innerhalb der zu untersuchenden Flüssigkeit so fallen läßt, daß der Magnet sich längs der Spule bewegt. Da die Geschwindigkeit des Falles des Magnetes von der Viskosität der Flüssigkeit abhängt, ist damit auch unmittelbar ein Maß für die Viskosität gegeben.

(Am. P. Nr. 1604409.)

Zur Prüfung der Dichtigkeit von aus Isolierstoffen bestehenden Überzügen bei Metallgehäusen, welche eine elektrische Vorrichtung isoliert umschließen, deren Zuführungsdrähte das Gehäuse (zum Beispiel Gehäuse für die Selbstinduktionsspulen bei Seekabeln) durchsetzen, wird nach einer Erfindung von Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G. in Köln-Mühlheim das elektrische Isolationsvermögen in der Weise benützt, daß vor dem Zusammenbau des Gehäuses zwischen einer der Zuleitungen und dem Gehäuse ein dünner Draht eingeschaltet wird, mittels dessen über die Zuleitung der Isolationswiderstand des Überzuges gemessen wird, worauf man durch einen Hochfrequenztsrom den Draht wegschmilzt und so die Verbindung zwischen dem Gehäuse und der eingebauten Vorrichtung wieder aufhebt. (D. R. P. Nr. 451011.)

Zur Bestimmung der Stoffmengen, die ein Gewebe aufnimmt, wenn es zum Beispiel mit einem Mittel getränkt wird, das es wasserdicht machen soll, usw. schlägt A. Allen (Atlantic Precision Co., Boston) vor, das Gewebe vor und nach der Behandlung mit dem Zusatzstoffe zwischen zwei Metallplatten hindurchzuführen und von den so gebildeten Kondensatoren den ersten mit einem Hochfrequenzschwingungskreis und den zweiten, mit dem ersteren lose gekuppelten Empfängerkreis zu verbinden. Die Veränderungen im Empfängerkreis sind ein Maß für etwaige Ungleichheiten in der Stoffaufnahme des Gewebes. Veränderungen im Schwingungskreis können dagegen benutzt werden, z. Änderungen des Einheitsgewichtes des Gewebes is zustellen. (Brit. P. Nr. 2585[illegible]

Die Unterscheidung von Japanperlen mit Per mutterkern gegüber echten Naturperlen ist na einer Erfindung von Dr. R. Nacken, Frankfurt a. M dadurch möglich, daß man die Perlen der Einwirku eines elektrischen oder magnetischen Kraftfeldes au setzt und insbesondere die Veränderungen des Fel feststellt, wenn die Perle relativ zum Feld bewegt wi Das Feld kann durch einen Kondensator gebildet we den, wobei die Kapazitätsänderung gemessen wi oder es kann einem Schwingungskreis angehören usw.

(Ö. P. Nr. 109954, Schweiz. P. Nr. 119755. Brit. P. Nr. 254307 u. 267462.)

Zur Unterscheidung von magnetischen Stoffen, in besonders von Eisensorten in der Form von Gebrauchsgegenständen, wie zum Beispiel Messern, werden nach einer Erfindung von S. & H. gleichartige Prüfstücke den zu vergleichenden Sorten in eine durch Wechselstrom gespeiste Induktionsspule eingetaucht und die hierdurch erzeugte Vergrößerung des Spannungsabfalles in der Spule gemessen. (Ö. P. Nr. 110659.)

Auswuchtvorrichtungen.

Nach einer Erfindung der AEG-Union Elektrizitäts-Ges., Wien, werden die beim Umlauf des nicht ausgewuchteten Körpers entstehenden Reaktionen in schwingungsfähigen Lagern durch von Elektromagneten erzeugte Gegenkräfte aufgehoben und aus der durch elektrische Messungen bestimmbaren Größe und Phase der Magnetkräfte wird die Größe und Lage der Ausgleichsgewichte ermittelt. Ein probeweises Anbringen von Gegengewichten entfällt. Werden die beiden zu einem Lager gehörenden Magnete durch die beiden Phasen eines fremderregten Zweiphasenstromerzeugers gespeist, der mit der halben Drehzahl des auszuwuchtenden Körpers umläuft, so kann die Vorrichtung auch bei veränderlicher Drehzahl verwendet werden. (Ö. P. Nr. 103082.)

Bei den meisten Auswuchtvorrichtungen werden die Ausschläge des nicht ausgewuchteten Körpers mittels Schreibstift aufgezeichnet, welches Verfahren, wenn die Ausschläge am umlaufenden Körper selbst verzeichnet werden sollen, bei hohen Drehzahlen mit Schwierigkeiten verbunden ist. Dieser Übelstand wird nach einer Erfindung der AEG dadurch vermieden, daß durch die erwähnten Ausschläge Änderungen einer Induktion oder Kapazität hervorgerufen werden, die mit Hilfe eines elektrischen Oszillographen gemessen und verzeichnet werden und aus denen dann die Lage der Ausgleichsgewichte ermittelt werden kann, und zwar dadurch, daß man an dem umlaufenden Körper ein besonderes Zusatzgewicht anbringt, das ebenfalls einen Ausschlag im Oszillogramm ergibt.

(Brit. P. Nr. 256277.)

Eine Erfindung von Th. C. Rathbone (Westinghouse El. and Mfg. Co.) bezieht sich auf die Registriereinrichtungen bei Auswuchtmaschinen. Zur Messung der Ausschläge, aus welchen die Zusatzgewichte bestimmt werden, dienen in die Lager der Auswuchtmaschine eingebaute elektrische Druckmesser, bestehend aus mehreren aneinanderliegenden Quarzplatten oder Kohlenplatten, welche einen Strom durchlassen, der von dem Druck, der auf die Platten ausgeübt wird, abhängig ist. Die Stromschwankungen in Stromkreisen, in welche die Druckmesser eingeschaltet sind, die bei der Drehung eines noch nicht ausgewuchteten Körpers entstehen, werden an Galvanometern angezeigt und deren Zeigerausschläge auf einen Film photographiert, zusammen mit von einem bestimmten Punkte des auszuwuchtenden Körpers bei jeder Umdrehung hervorgerufenen Zeichen, die einen Anhaltspunkt für die Lage der Zusatzgewichte in bezug auf den erwähnten Punkt geben. Außerdem wird noch mit Hilfe eines Oszillographen die absolute Drehzahl des auszuwuchtenden Körpers bestimmt und auch auf dem Film eine bezügliche Kurve mitphotographiert. Die Berechnung der Größe und Lage der Zusatzgewichte aus den Kurven geschieht in der üblichen Weise. (Am. P. Nr. 1599029.)

Digitized by Google

Bei einer insbesondere für kleine Körper bestimmten Auswuchtmaschine nach einer Erfindung von W. E. Trumpler (Westinghouse El. and Mfg. Co.) ruht der Prüfkörper auf einem Bett, das um einen wagrechten, zur Prüfkörperachse senkrecht stehenden Zapfen schwingbar und zu beiden Seiten des Zapfens durch Federn abgestützt ist. Neben den Federn und gleichfalls unterhalb des Bettes sind Elektromagnete angeordnet, deren Spulen in einen Verstärkerkreis geschaltet sind. Läuft der Prüfkörper um und ist irgend eine Unbalanz vorhanden, so wird das Bett in Schwingungen versetzt, dadurch ändert sich der Luftspalt zwischen dem Bett und den Kernen der Magnete und damit auch der magnetische Fluß in den Kernen. Dadurch wird aber in den Spulen ein Strom hervorgerufen, der ein Maß für die Unbalanz ist und dessen Stärke oder Spannung an einen im Verstärkerkreise liegenden Meßgerät abgelesen werden kann. (Am. P. Nr. 1612329.)

Ein von Dr. V. Blaess, Darmstadt, angegebenes Auswuchtverfahren besteht darin, daß ein dem störenden Kraftsystem verhältnisgleiches Kraftsystem (das heißt Kräfte, die der Größe nach den ersteren proportional sind und die gleichen Winkel untereinander und mit der Drehachse des umlaufenden Körpers einschließen) dadurch ermittelt wird, daß in zwei Ausgleichsebenen solche Zusatzmassen angebracht oder weggenommen werden, die den Schwingungszustand (die allgemeine Form der Bahn) an einer beliebigen Stelle des schwingenden Systems, zum Beispiel einem Lagerpunkt oder einem Fundamentpunkt, nicht beeinflussen. Die Grundlagen des Verfahrens, das auch bei eingebauten Läufern verwendet werden kann, finden sich in der „Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik", Bd. 6. 1926, S. 429 u. f.

(D. R. P. Nr. 440409, Schweiz. P. Nr. 121874, Brit. P. Nr. 258667.)

Nach einem von der Precision Balancing Machine Co. in Eau Claire (Wisconsin, V. St. A.) angegebenen Verfahren werden zum Auswuchten umlaufender Körper diese auf einem um eine Achse schwingbaren, abgefederten Rahmen so gelagert, daß die Schwingungsachse des Rahmens senkrecht zur Achse des Prüfkörpers steht und jeweils in einer der beiden Auswuchtebenen des Prüfkörpers liegt. Sodann wird nach Anbringung eines Versuchsgewichtes in der die Schwingungsachse nicht enthaltenden Auswuchtebene dem Körper eine über der Eigenschwingungszahl des aus Körper und Rahmen bestehenden System liegende Drehzahl erteilt und beim Auslaufversuch die größte Schwingungsweite des Rahmens gemessen. Aus einer Reihe solcher Messungen mit verschiedener Lage des Zusatzgewichtes auf einem Kreise um die Drehkörperachse kann dann die Größe und Lage des erforderlichen Zusatzgewichtes in der nicht durch die Rahmenschwingungsachse gehenden Auswuchtebene bestimmt werden.

(Schweiz. P. Nr. 119789, Brit. P. Nr. 263504, Am. P. Nr. 1557268.)

Von H. S. Rowell, London, ist folgendes Auswuchtverfahren angegeben worden: Der anzuwuchtende Körper wird auf einem Rahmen angebracht, der um eine Achse schwingen kann, die in der durch den Schwerpunkt des Körpers gehenden zur Körperachse senkrecht stehenden Ebene liegt, und es wird an einem mit dem auswuchtenden Körper auf Drehung gekuppelten Teil ein Kräftepaar angebracht, welches beim Umlauf des Körpers und des mit ihm gekuppelten Teiles die durch die Unbalanz des ersteren auftretenden Schwingungen des Rahmens aufhebt. Aus der Lage der Zusatzgewichte und deren Größe kann die Lage und Größe der erforderlichen Ausgleichsgewichte rechnerisch bestimmt werden. (Brit. P. Nr. 280380.)

Elektrische Vakuummeter.

Zur Ausschaltung des Einflußes der Temperatur bei Hitzdraht-Vakuummetern, bei welchen der im Vakuum liegende Hitzdraht mindestens einen Zweig (zweckmäßig zwei gegenüberliegende Zweige) einer Wheatstoneschen Brücke bildet, deren übrige Zweige außerhalb des Vakuums liegen, bestehen nach einer Erfindung der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, sämtliche Zweige der Brücke aus Material von angenähert gleichem Widerstands-Temperaturkoeffizienten. (Ö. P. Nr. 101821, D. R. P. Nr. 429771, Brit. P. Nr. 219644.)

Zur Kontrolle und Messung des Glühlampenvakuums wird nach einer Erfindung der Ver. Glühlampen- und Elektrizitäts A.-G. in Ujpest der Grad der in der unter Strom gesetzten Lampe auftretenden Ionisation beobachtet. Hiezu wird entweder die Stärke des Wechselstromes gemessen, der durch den aus dem Glühfaden und einer auf der Glühlampe angebrachten leitenden Hülle gebildeten Kondensator fließt oder es werden die infolge der Ionisation auftretenden Kapazitätsänderungen dieses Kondensators beobachtet. Zweckmäßig wird das Vakuum während des üblichen Vorbrennens gemessen. (Ö. P. Nr. 107267.)

Für Vakuummessung mittels vom elektrischen Strom erwärmter, im Vakuum befindlicher Leiter wird nach einer Erfindung derselben Firma, die Formänderung eines von unveränderlichem Strom durchflossenen Bimetallsystems verwendet, wobei zweckmäßig eine Einrichtung zur Kompensation von Temperaturschwankungen vorgesehen ist.

(Ö. P. Nr. 109131, D. R. P. Nr. 437846.)

Literaturberichte.

372 **Energiespeicherung.** Von Dr.-Ing. W. Pauer. (Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen, Bd. VI). 179 S. mit 58 Abb. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1928. Preis brosch. Mk. 12·—, geb. Mk. 13·50.

Das Buch ist die erste selbständige zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Arten der Energiespeicherung[1]) und behandelt auch die allgemeinen Fragen dieses Gebietes, wie z. B. Ausgleich jährlich auftretender Schwankungen und periodisch arbeitende Produktionsvorgänge, die Schwungradspeicher (Tages- und Jahresspeicher, Kupplung von Wasser- und Wärmekraftwerken, Pumpenspeicherwerke), die Wärmespeicherung in Flüssigkeiten (Heizungen, Warmwasserspeicher), und im Hauptteile die Speicherung für Dampfkraftanlagen. Hier steht bei der Besprechung der verschiedenen Bauarten begreiflicherweise der Ruths-Speicher an erster Stelle und besonders ausführlich wird dessen Verwendung in Kraftanlagen erörtert. In diesem Abschnitt ist auch kurz auf die elektrochemischen Speicher (Akkumulatoren) hingewiesen. Der Schlußabschnitt behandelt die Wärmespeicherung in festen Körpern. Beigefügt ist ein Literaturverzeichnis, das außer 18 Bücher und Schriften leider nur eine Aufzählung von Zeitschriftentiteln ohne Angabe der einzelnen Aufsätze und ohne Berücksichtigung des fremdsprachigen Schrifttums enthält, daher für ein Sonderstudium nur wenig dienen kann. Bei dem großen Interesse weiter Kreise der Technik für die Probleme der Energiespeicherung ist das Buch sehr willkommen. Es ist klar und übersichtlich geschrieben, geht überall vorwiegend auf das Grundsätzliche und weniger auf Einzelheiten ein und bringt insbesondere viele technische und Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Das allerdings schon sehr umfangreiche Schrifttum über Speicher ist damit in wertvoller Weise bereichert worden. Jellinek.

[1]) Vgl. a. E. u. M., 1927, S. 867.

908 **Illustrierte Technische Wörterbücher in sechs Sprachen.** Herausgegeben von Alfred Schlomann, Bd. II: Elektrotechnik und Elektrochemie. Verbesserte, vervollständigte und stark vermehrte Auflage. 1304 Seiten mit 3965 Abb. und zahlreichen Formeln. Technischer Wörterbücher-Verlag G. m. b. H., Berlin. Alleinauslieferung für In- und Ausland: VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Die von der elektrotechnischen Fachwelt schon sehnlichst erwartete Neuauflage des Bandes „Elektrotechnik" der Illustrierten Technischen Wörterbücher ist nun endlich erschienen und überrascht durch den gegenüber der früheren Auflage fast vierfachen Umfang, ein sinnfälliges Zeichen der raschen Entwicklung der Elek-

Digitized by Google

trotechnik. Doch ist die äußerliche Erweiterung nicht durch Erhöhung der Seitenzahl, sondern durch Vergrößerung des Formats vorgenommen worden. Die inhaltliche Erweiterung erstreckt sich auf alle Gebiete der Elektrotechnik und Elektrochemie, von denen manche neu aufgenommen wurden, dagegen wurde die Fernmeldetechnik ausgeschieden und einem besonderen, später erscheinenden Bande vorbehalten.

Auch die Stoffeinteilung ist verändert, das Werk enthält jetzt die Grundlagen der Elektrotechnik, die elektrische Meßtechnik, Werkstoffe und Bauteile, elektrooptische und medizinische Anwendungen der Elektrotechnik, Elektrochemie, Primärelemente und Sammler, Schaltgeräte, elektrische Kraftanlagen, Leitungen, elektrische Antriebe, elektrothermische, elektrostatische und elektromagnetische Anwendungen. Die Gesamteinteilung des Werkes ist im großen und ganzen unverändert geblieben, so die bildliche Erklärung des sachlich angeordneten Hauptteiles und die alphabetische Anordnung nach Sprachen im Nachschlageteil, nur ist im letzteren die Reihenfolge jetzt: Deutsch, englisch, russisch, französisch, italienisch, spanisch. Die Neubearbeitung des unentbehrlichen und groß angelegten Werkes geschah unter Mitwirkung des Ausschusses zur Förderung der Herausgabe der Illustr. Techn. Wörterbücher beim Deutschen Verbande technisch-wissenschaftlicher Vereine und unter Förderung des VDE, VDI und des Zentralverbandes der Deutschen elektrotechnischen Industrie.

Ein Werk von solch weittragender Bedeutung zu loben, ist wohl überflüssig, zumal die frühere Auflage und auch alles neu Hinzugekommene unter Mitwirkung hervorragender Fachleute, was Sprachausdruck, technische Bedeutung usw. betrifft, bis ins kleinste Detail genau durchgearbeitet wurde. Daß manches Kapitel bezüglich Vollständigkeit vielleicht nicht den Wünschen jedermanns entsprechen wird, ist bei dem steten Fluß der Entwicklung der „technischen Sprache" nicht zu vermeiden; so wäre vielleicht eine Aufnahme der gebräuchlichen Ausdrücke aus der Theorie der Berechnung elektrischer Maschinen wünschenswert gewesen, Ausdrücke wie Wicklungsfaktor, breadth factor usw. fehlen. Doch beeinträchtigen solche Spezialwünsche nicht den überragenden Wert des Buches, das wohl in kurzer Zeit bei keinem elektrotechnischen Fachmann fehlen wird. Auch die Gesamtausstattung des Werkes ist nur zu loben. Friedländer.

Eingelaufene Bücher.

1678 Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen in der Metallbearbeitung. Von F. W. Hülle. 1. Band: Der Bau der Werkzeugmaschinen. 6. vermehrte Auflage, 269 S. mit 512 Abb., Berlin, Verlag von J. Springer, 1928. Preis Mk. 6·50, geb. Mk. 7·75.

Die Neuauflage weist gegenüber der fünften Auflage[1]) in den meisten Abschnitten Ergänzungen auf und außerdem wurden die Maschinen für die Zahnradbearbeitung aus dem Bande II übernommen. Die Notwendigkeit von vier Auflagen im Zeitraume von fünf Jahren ist der beste Beweis für den Wert und die Verwendbarkeit des Buches. Erwünscht wäre noch eine ausführlichere Behandlung der Sägen, Blechbiege- und Blechrichtmaschinen, sowie der Scheren und Lochmaschinen. – k.

Druckschriften, Preislisten.

Schunke & Ebe, Gießen.

Kohlebürsten-Normalqualitäten für stationäre Maschinen.

Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften, das Anwendungsgebiet verschiedener Kohlensorten (auch die zulässige Kollektorgeschwindigkeit) sind tabellarisch zusammengestellt.

Vereins-Nachrichten.

VEREINSVERSAMMLUNGEN und VORTRÄGE.

Mittwoch, den 21. November 1928, um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I., Eschenbachgasse 9. Vortrag des Herrn Dr. Hans Lund, Berlin, über: **„Der Doppelnutmotor als Ersatz für den Schleifringmotor."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Nachteile des Schleifringmotors und des normalen Kurzschlußmotors. Betriebsverhältnisse des Doppelnutmotors. Halblastanlauf. Anlauf bei Vollast. AEG-Anlaßriemenscheibe. Oszillogramme des Anlaufvorganges. Berechnung des Doppelnutmotors.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 852.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	29. X. 1928	31. X. 1928	2. XI. 1928	5. XI. 1928	7. XI. 1928	9. XI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebares), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdamm	149½	151¾	151¾	151¾	151¾	151¾

(Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH	194	194	194	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350	350	350	350
Antimon-Regulus	85–88	85–88	85–88	84–87	84–87	84–87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 2. November 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa	67	17	6	67	18	9
Standard 3 Monate	68	7	6	68	8	9
Zinn:						
Engl. Ingots	229	0	0	229	10	0
Standard Kassa	231	0	0	231	5	0
Standard 3 Monate	224	10	0	224	15	0
Blei:						
Engl. pig common	23	5	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	23	17	6	24	5	0
Remelted	24	0	0	—	—	—
English Swansea	24	7	6	—	—	—

Aluminium: 98–99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98–99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 sh 5, Pf. 15 sh 10 p. Unze nom.

(Nach „Mining Journal" vom 9. November 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	75	0	0	75	5	5
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa	67	17	6	67	18	9
Standard 3 Monate	68	7	6	68	8	9
Zinn:						
Engl. Ingots	228	10	0	229	0	0
Standard Kassa	231	0	0	231	5	0
Standard 3 Monate	224	5	0	224	7	6
Blei:						
Engl. pig common	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinare brands	24	5	0	24	1	3
Remelted	24	0	0	—	—	—
English Swansea	24	15	0	—	—	—

Aluminium: 98–99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98–99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 25. November 1928 | Heft 48

Der Beitrag des Stirnstreufeldes zur Reaktanzspannung der Stromwendung.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Västerås.

I. Definition des Stirnstreufeldes der kommutierenden Windungen.

Die Berechnung der Stirnstreuung der kommutierenden Windungen ist ein altes Problem, das, soviel mir bekannt ist, eine befriedigende Lösung noch nicht gefunden hat. Die Ursache scheint mir zu sein, daß man die Schwierigkeiten einer einigermaßen strengen Lösung überschätzt hat.

Fragen wir uns zunächst: Wie ist nach der landläufigen Theorie der Kommutierung der Beitrag des Stirnstreufeldes zur Reaktanzspannung der Stromwendung zu definieren?

Anstatt diese Frage positiv zu beantworten, will ich zuerst einmal feststellen, welche Komponenten des Stirnfeldes nicht zu diesem Stirnstreufeld gerechnet werden dürfen.

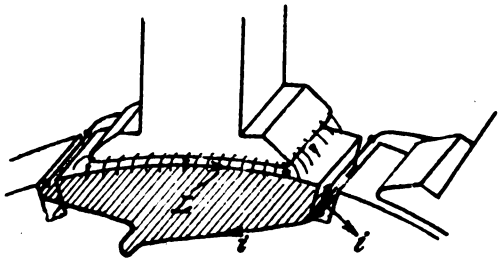


Abb. 1. Zur Definition des Stirnstreufeldes der kommutierenden Windungen.

Betrachten wir zu diesem Zwecke Abb. 1. Das Stromvolumen der kommutierenden Windungen im Polzwischenraum ist $2i$. Dieses Stromvolumen erregt ein Feld durch die Hauptpole, dessen Luftspaltinduktion

$$B = \frac{0{\cdot}4\pi}{\delta} i$$

durch den Widerstand des Hauptfeldkreises (Ersatzluftspalt δ) bestimmt wird. Wie Abb. 2 zeigt, greift dieses Feld auch auf die Stirnflächen über, welche der Luftspaltzone gewissermaßen parallel geschaltet sind. Man würde ungefähr dasselbe Feld erhalten, wenn man sich den Luftspalt geschlossen und an dessen Stelle einen halbrunden Leiter vom Durchmesser $d = \delta$ und dem Stromvolumen i gelegt denkt. Wie Abb. 1 zeigt, würde dieser Leiter die Stirnverbindungen zu einem in sich geschlossenen Stromkreis ergänzen.

Diese Komponente des Stirnfeldes darf jedoch nicht zum Stirnstreufeld gerechnet werden. Das geht schon daraus hervor, daß es sich bei ihr nur um Ausläufer eines viel stärkeren Feldes durch die Hauptpole handelt; und nachdem die landläufige Kommutierungstheorie dieses stärkere Feld nicht als Streufeld behandelt, sondern gemeinsam mit der Ankerrückwirkung der nicht kommutierenden Leiter erledigt, muß man sich auch die beschriebenen Ausläufer auf die gleiche Weise berücksichtigt denken.

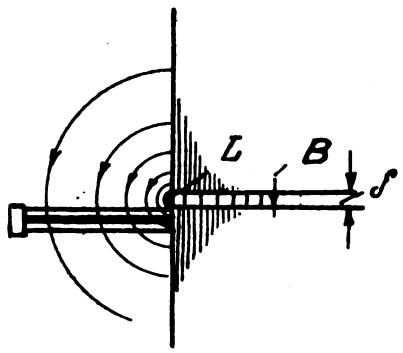


Abb. 2. Ausläufer des Luftspaltfeldes an den Stirnflächen.

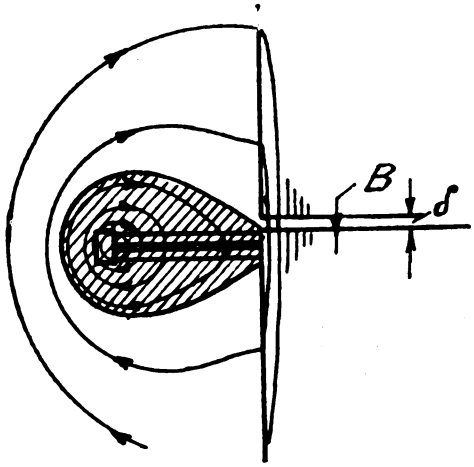


Abb. 3. Stirnfeld eines Wickelkopfes in der Mittelebene der Hauptpole.

Die zweite Komponente des Stirnfeldes der kurzgeschlossenen Windungen wird durch die Stirnverbindungen selbst erregt und hat in der

Digitized by Google

Mittelebene der Hauptpole eine Verteilung, welche Abb. 3 veranschaulichen soll. Wir bemerken, daß sich alle Kraftlinien außerhalb der schraffierten Zone abermals durch den Luftspalt schließen. Dieser Teil des Stirnfeldes gehört daher ebensowenig zum Stirnstreufeld wie die übrigen Kraftlinien, welche die MMK der kommutierenden Windungen durch die Hauptpole treibt. Der Grund ist derselbe wie oben angegeben.

Wir kommen somit zu dem Schlusse, daß das Stirnstreufeld der kommutierenden Windungen ein Restfeld ist, welches nur die von den Stirnverbin-

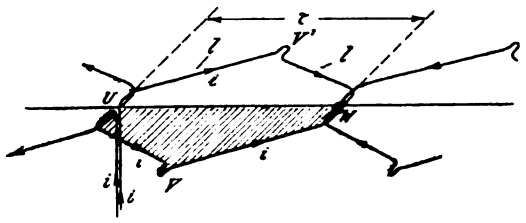


Abb. 4. Ersatz der eisernen Stirnflächen durch die Spiegelbilder ($UV'W$) der wirklichen Stirnverbindungen (UVW.)

dungen erzeugten und die in Abb. 1 schraffierte Fläche durchsetzenden Kraftlinien enthält. Dieses Feld können wir mit genügender Annäherung berechnen, wenn wir uns die durch Luftspalt und Pollücken unterbrochenen Stirnflächen durch eine zusammenhängende Eisenfläche von unendlich hoher Permeabilität ersetzt denken. Das hierbei entstehende Feld ist identisch mit dem eines Leitergebildes, bestehend aus den wirklichen Stirnverbindungen und ihren Spiegelbildern, bezogen auf die fiktive Eisenoberfläche als spiegelnde Fläche (Abb. 4).

Schließlich begehen wir nur einen geringfügigen Fehler, wenn wir dieses Bild durch das ein-

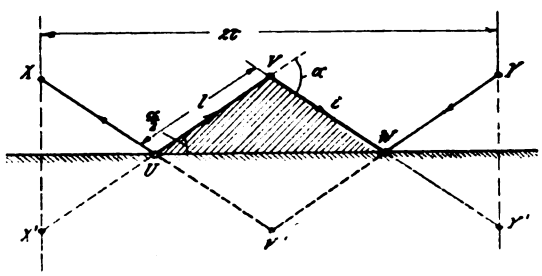


Abb. 5. Eisenfreies Ersatzschema zur Berechnung der Stirnstreuung der kommutierenden Windungen.

fachere Schema der Abb. 5 ersetzen. Daß es sich dabei um ungeschlossene Stromschleifen handelt, braucht uns nicht zu bekümmern. Wie schon erörtert, hat diese Anomalie darin ihre Ursache, daß wir das Feld des in Abb. 1 und 2 angedeuteten Ersatzleiters L nicht mitrechnen dürfen. Wem das Rechnen mit ungeschlossenen Stromschleifen trotzdem unzulässig erscheint, mag, wie auf der linken Seite der Abb. 4 angedeutet, das Leitergebilde durch radiale Zuleitungen ergänzen. Damit kommt man zu einer physikalisch möglichen Anordnung, die trotzdem, wenn die Stirnverbindungen in einer Ebene senkrecht zu den erwähnten Zuleitungen liegen, dasselbe Stirnstreufeld durch die schraffierte Fläche ergibt.

II. Die Berechnung des Streuflusses der Stirnverbindungen.

Wir stellen uns die Aufgabe, den Streufluß durch die Fläche UVW (Abb. 5) zu berechnen. Dieser Streufluß wird nicht allein durch die Stirnverbindungen UVW und ihr Spiegelbild $UV'W$ erregt, sondern auch durch die benachbarten Stirnverbindungen und deren Spiegelbilder. Es genügt jedoch, wenn wir von den anderen Stirnverbindungen nur die unmittelbar benachbarten Abschnitte UX und WY und deren Spiegelbilder UX' und WY' berücksichtigen. Insgesamt betrachten wir also die Stirnverbindungen einer doppelten Polteilung 2τ und deren Spiegelbilder, die wir uns sämtlich in derselben Ebene gelegen denken. Das so abgegrenzte Leitergebilde sei vollkommen eisenfrei.

Ehe ich mit der Rechnung beginne, muß ich noch einige Angaben über die Berücksichtigung des endlichen Spulenquerschnittes machen. In seinem Buche „Kapazität und Induktivität", Abschnitt 24 und 25, gibt Orlich eine ausgezeichnete Darstellung der dabei anzuwendenden Methode. Diese läuft daraus hinaus, die wirkliche Spule durch einen röhrenförmigen Leiter von sehr kleiner Wandstärke und solchem Radius g zu ersetzen, daß die Induktivität unverändert bleibt. Da ein derartiger röhrenförmiger Leiter nur außerhalb seiner Oberfläche ein Feld erzeugt, ist bei der Berechnung seiner Induktivität die untere Integrationsgrenze durch den Radius g gegeben. Man bezeichnet g als den „mittleren geometrischen Abstand (mgA) des Spulenquerschnittes von sich selbst", eine eigentümliche Bezeichnung, die von Maxwell herrührt, und ihre Erklärung in der mathematischen Definition des Ersatzleiters findet. Bei Kommutatormaschinen sind die Spulenquerschnitte fast ausnahmslos Rechtecke. Der mittlere geometrische Abstand einer Rechtecksfläche $b \times h$ von sich selbst beträgt nach Sumec[1]) sehr nahezu

$$g = 0{\cdot}2235\,(b+h) \quad \ldots\ldots (1)$$

Nach diesen Vorbemerkungen gebe ich eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formeln, mittels deren man das Feld einer Stirnverbindung auf die Beiträge der einzelnen geradlinigen Unterabschnitte zurückführt.

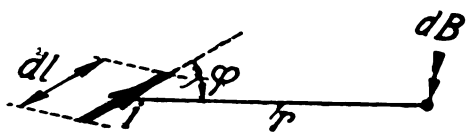


Abb. 6. Feld eines Leiterelementes.

1. Der Strom i eines Leiterelementes dl erzeugt im Abstand r, φ die Induktion (Abb. 6).

$$dB = 0{\cdot}1\, i \frac{dl}{r^2} \sin\varphi \quad \ldots\ldots (2)$$

[1]) Sumec, ETZ 1906, S. 1175.

Digitized by Google

2. Der Strom i eines Leiterabschnittes $\overline{12}$ erzeugt über einer parallelen Strecke $\overline{AB}$ ein Linienentrigal der Induktion (Abb. 7).

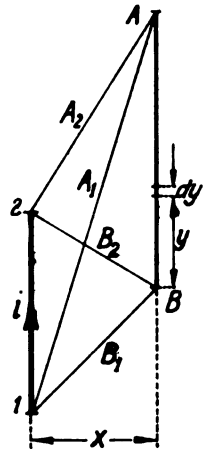


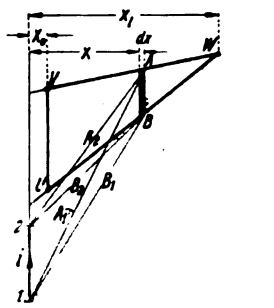
Abb. 7. Feld eines geraden Leiterabschnittes $\overline{12}$ längs einer parallelen Strecke $\overline{AB}$.

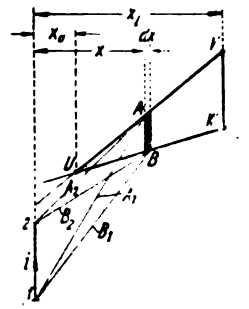
$$\int_B^A B\,dy = 0{\cdot}1\,i\,\frac{(A_1 - A_2) - (B_1 - B_2)}{x} \quad . (3).$$

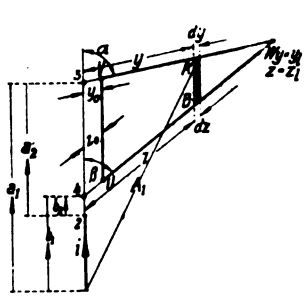
3. Der Strom i eines Leiterabschnittes $\overline{12}$ erzeugt innerhalb eines Dreieckes mit paralleler Basis die Kraftlinienzahl (Abb. 8a).

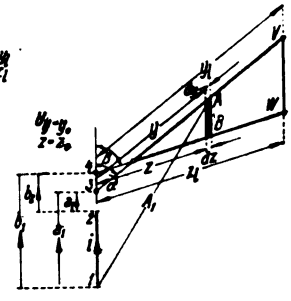
$$\Phi = 0{\cdot}1\,i\int_{x_0}^{x_1}\frac{(A_1 - A_2) - (B_1 - B_2)}{x}\,dx \quad . (4).$$

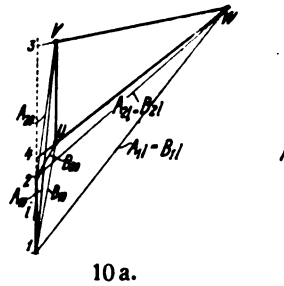
Dieses Intregal entwickeln wir gemäß Abb. 9 durch Einführung neuer Variabler $y = \frac{x}{\sin\alpha}$ und $z = \frac{x}{\sin\beta}$











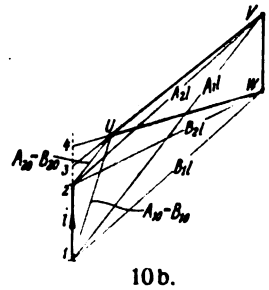


Abb. 8, 9, 10. Fluß eines geraden Leiterabschnittes $\overline{12}$ durch ein Dreieck UVW mit paralleler Basis.

$$\Phi = 0{\cdot}1\,i\left[\int_{y_0}^{y_1}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1 y\cos\alpha + y^2} - \sqrt{a_2^2 + 2a_2 y\cos\alpha + y^2}}{y}\,dy - \int_{z_0}^{z_1}\frac{\sqrt{b_1^2 + 2b_1 z\cos\beta + z^2} - \sqrt{b_2^2 + 2b_2 z\cos\beta + z^2}}{z}\,dz\right] \quad . . . . . (5).$$

Die Intregation wird nach folgendem Schema ausgeführt (vgl. Abb. 10).

$$\int_{y_0 = \frac{x_0}{\sin\alpha}}^{y_1}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1 y\cos\alpha + y^2}}{y}\,dy = a_1\left[\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{y + a_1\cos\alpha}{|a_1|\sin\alpha} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{a_1 + y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\right]_{y_0 = \frac{x_0}{\sin\alpha}}^{y_1} + A_{11} - A_{10} \quad . . (6).$$

Die vollständige Lösung lautet daher:

$$\Phi = 0{\cdot}1\,i\left\{\left[a_1\left(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{y + a_1\cos\alpha}{|a_1|\sin\alpha} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{a_1 + y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\right) - a_2\left(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{x + a_2\cos\alpha}{|a_2|\sin\alpha} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{a_2 + y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\right)\right]_{y_0}^{y_1} + \left[-b_1\left(\cos\beta\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{z + b_1\cos\beta}{|b_1|\sin\beta} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{b_1 + z\cos\beta}{z\sin\beta}\right) + b_2\left(\cos\beta\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{z + b_2\cos\beta}{|b_2|\sin\beta} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\frac{b_2 + z\cos\beta}{z\sin\beta}\right)\right]_{z_0}^{z_1} + [(A_{11} - A_{21}) - (B_{11} - B_{21})] - [(A_{10} - A_{20}) - (B_{10} - B_{20})]\right\} \quad . . (7).$$

Digitized by Google

Liegt dabei die Spitze des Dreiecks bei y_l, z_l (Abb. 8, 9, 10), so wird

$$(A_{1l} - A_{2l}) - (B_{1l} - B_{2l}) = 0 \quad . \; . \; (8a).$$

Liegt dagegen die Spitze des Dreiecks bei y_0, z_0 (Abb. 8 b bis 10 b), so gilt statt dessen

$$(A_{10} - A_{20}) - (B_{10} - B_{20}) = 0 \quad . \; . \; (8b).$$

4. Mit Rücksicht auf die späteren Anwendungen sind noch einige Spezialfälle zu behandeln, für welche sich die allgemeine Lösung 7 etwas vereinfacht. Diese Spezialfälle haben sämtlich das eine gemeinsam, daß die untere Intregationsgrenze x_0 klein ist, gegen die Abmessungen der Stirnverbindungen und gegen a_1, a_2, b_1 und b_2. x_0 kann zum Beispiel den mgA des Spulenquerschnittes von sich selbst bedeuten, oder es kann auch $x_0 = 0$ sein. Im letzten Falle gilt streng, im ersten Falle mit genügender Annäherung.

$$(A_{10} - A_{20}) - (B_{10} - B_{20}) = \\ = |a_1| - |a_2| - |b_1| + |b_2| \quad . \; . \; . \; (8c).$$

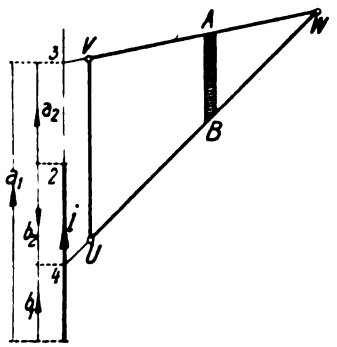


Abb. 11. Zur Erklärung der Vorzeichen von a_1, a_2, b_1, b_2 (b_2 negativ).

Diese Summe ist Null, falls wie in Abb. 8 bis 10, alle 4 Größen a_1, a_2, b_1, b_2 gleiches Vorzeichen haben, das heißt falls weder Punkt 3 noch Punkt 4 auf der Strecke $\overline{1\,2}$ liegen. Andernfalls ist die Summe von Null verschieden. So ist zum Beispiel in Abb. 11 b_2 negativ und daher

$$|a_1| - |a_2| - |b_1| + |b_2| = 2|b_2| \quad . \; . \; (8d).$$

Eine andere Vereinfachung gestatte die Ar Sin-Funktion in Gleichung (6) und (7) an der unteren Integrationsgrenze $y_0 = \frac{x_0}{\sin\alpha}$ bezw. $z_0 = \frac{x_0}{\sin\beta}$. Hier gilt für $|a| > 0$ und genügend kleine Werte von x_0 mit guter Annäherung:

$$\int_{y_0 = \frac{x_0}{\sin\alpha}}^{y} \frac{|a_1^2 + 2a_1 y\cos\alpha + y^2}{y}\, dy = \\ |a_1|\left[\mathrm{Ar\,Sin}\frac{|a_1}{x_0} - \cos\alpha\,\mathrm{Ar\,Sin\,ctg}\,\alpha\right] + A_{10} \\ - |a_1|\left[\ln\frac{2|a_1|}{x_0} - \cos\alpha\ln\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2}\right] + |a_1| + \\ + x_0\frac{a_1}{|a_1|}\mathrm{ctg}\,\alpha \quad . \; (9).$$

Die vollständige Lösung nach Gleichung (7) enthält daher eine Summe

$$|a_1|\ln\frac{2|a_1|}{x_0} - |a_2|\ln\frac{2|a_2|}{x_0} - \\ - |b_1|\ln\frac{2|b_1|}{x_0} + |b_2|\ln\frac{2|b_2|}{x_0} \\ = |a_1|\ln|a_1| - |a_2|\ln|a_2| - |b_1|\ln|b_1| + |b_2|\ln|b_2| + \\ + [|a_1| - |a_2| - |b_1| + |b_2|]\ln\frac{2}{x_0} \quad . \; (10).$$

Darin verschwindet das letzte Glied mit $\ln\frac{2}{x_0}$, falls a_1, a_2, b_1, b_2 gleiches Vorzeichen haben, das heißt falls die Punkte 3 und 4 in Abb. 9 außerhalb der Strecke $\overline{1\,2}$ liegen. Schließlich kann es noch vorkommen, daß die Punkte 3 und 4 zusammen-

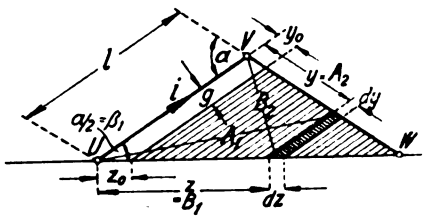


Abb. 12. Streufeld der Stirnverbindung UVW ohne Berücksichtigung ihres Spiegelbildes.

fallen, nämlich dann, wenn die Spitze U des Dreieckes in Abb. 8b auf der Strecke $\overline{1\,2}$ oder ihrer Verlängerung liegt. In diesem Falle ist

$$a_1 = b_1,$$
$$a_2 = b_2$$

und die ganze Seite der Gleichung 10 wird gleich Null.

Damit kennen wir alle Rechenregeln, deren man zur Ermittlung des Stirnstreufeldes bedarf, und wir können uns dieser unserer eigentlichen Aufgabe zuwenden.

a) Das Stirnstreufeld einer Stirnverbindung ohne Berücksichtigung ihres Spiegelbildes (Abb. 12).

Aus Symmetriegründen erzeugen die Leiterabschnitte UV und VW gleiche Streuflüsse innerhalb des Dreieckes UVW. Man braucht also nur den Streufluß eines Abschnittes, zum Beispiel UV zu berechnen und ihn doppelt zu nehmen. Den Zusammenhang mit dem allgemeinen Falle nach Abb. 8a und 9a stellen wir durch folgende Grenzbedingungen her:

$$i_1 = i,$$
$$\alpha_1 = \alpha, \qquad \beta_1 = \frac{\alpha}{2},$$
$$a_1 = l, \qquad a_2 = 0,$$
$$b_1 = 0, \qquad b_2 = -l,$$
$$y_0 = \frac{g}{\sin\alpha}, \qquad y_l = l,$$
$$z_0 = \frac{g}{\sin\frac{\alpha}{2}}, \qquad z_l = 2l\cos\frac{\alpha}{2},$$

Digitized by Google

Nach Gleichung (7), (8a) und (8d) beträgt der gesuchte Streufluß:

$$\Phi_1 = 0{\cdot}2\,i\,l\Bigg[\Bigg(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{y+l\cos\alpha}{l\sin\alpha}-\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l+y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\Bigg)_{\frac{g}{\sin\alpha}}^{l}-\Bigg(\cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{z-l\cos\frac{\alpha}{2}}{l\sin\frac{\alpha}{2}}+\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l-z\cos\frac{\alpha}{2}}{z\sin\frac{\alpha}{2}}\Bigg)_{\frac{g}{\sin\frac{\alpha}{2}}}^{2l\cos\frac{\alpha}{2}}-2+\frac{g}{l}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}-\operatorname{ctg}\alpha+\frac{1}{\sin\alpha}+\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right)\Bigg]$$

oder ausgerechnet:

$$\Phi_1 = 0{\cdot}2\,i\,l\Bigg[2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l}{g}+(1-\cos\alpha)\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\operatorname{ctg}\alpha-\left(1+2\cos\frac{\alpha}{2}-\cos\alpha\right)\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}-2+\frac{g}{l}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\Bigg]$$

$$=0{\cdot}4\,i\,l\Bigg[\ln\frac{2l}{g}+\sin^2\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}-\left(\cos\frac{\alpha}{2}+\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}-1+\frac{g}{2l}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\Bigg] \quad . \; . \; . \; (11).$$

b) Der Beitrag des Spiegelbildes einer Stirnverbindung zum Streufluß derselben Stirnverbindung (Abb. 13).

Aus Symmetriegründen sind auch hier die Beiträge der Leiterabschnitte UV' und $V'W$ gleich, so daß es genügt, den doppelten Beitrag des einen Abschnittes, zum Beispiel UV' zu bestimmen. Dieser Fall entspricht Abb. 8b und 9b mit folgenden speziellen Annahmen:

$$i_2 = -i,$$

$$a_2 = 180^0-\alpha, \quad \beta_2 = 180^0-\frac{\alpha}{2},$$

$$a_1 = l, \qquad a_2 = 0,$$

$$b_1 = l, \qquad b_2 = 0,$$

$$y_0 = 0, \qquad y_l = l,$$

$$z_0 = 0, \qquad z_l = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2},$$

$$A_{1l} = 2\,l\sin\frac{\alpha}{2}, \quad A_{2l} = l,$$

$$B_{1l} = l, \qquad B_{2l} = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2}.$$

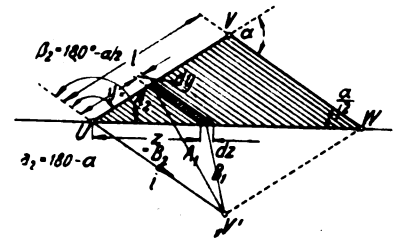


Abb. 13. Beitrag des Spiegelbildes $UV'W$ zum Streufeld der Stirnverbindung UVW.

Die Lösung ergibt sich durch Anwendung der Gleichungen (7), (8b) und (10) = 0:

$$\Phi_2 = 0{\cdot}2\,i\,l\Bigg[\Bigg(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{y-l\cos\alpha}{l\sin\alpha}+\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l-y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\Bigg)_{0}^{l}-\Bigg(\cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{z-l\cos\frac{\alpha}{2}}{l\sin\frac{\alpha}{2}}+\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l-z\cos\frac{\alpha}{2}}{z\sin\frac{\alpha}{2}}\Bigg)_{0}^{2l\cos\frac{\alpha}{2}}+2\left(1-\sin\frac{\alpha}{2}-\cos\frac{\alpha}{2}\right)\Bigg]$$

oder ausgerechnet:

$$\Phi_2 = 0{\cdot}2\,i\,l\Bigg[(1+\cos\alpha)\left(\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\operatorname{ctg}\alpha+\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)-2\cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}+2\left(1-\sin\frac{\alpha}{2}-\cos\frac{\alpha}{2}\right)\Bigg]$$

$$=0{\cdot}4\,i\,l\Bigg\{\cos^2\frac{\alpha}{2}\ln\left[\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\,.\operatorname{ctg}\left(45^0-\frac{\alpha}{4}\right)\right]-\cos\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+1-\sin\frac{\alpha}{2}-\cos\frac{\alpha}{2}\Bigg\} \quad . \; (12).$$

c) Die Beiträge benachbarter Stirnverbindungen ohne Berücksichtigung ihrer Spiegelbilder (Abb. 14).

Wie schon früher erwähnt, berücksichtigen wir nur die unmittelbar benachbarten Abschnitte UX und WY, deren Beiträge zum Stirnstreufluß durch das Dreieck UVW übereinstimmen. Die Berechnung des doppelten Einflusses des Abschnittes WY fällt wieder unter die Voraussetzungen der Abb. 8b und 9b, wenn folgende spezielle Bedingungen beobachtet werden.

Digitized by Google

$$i_3 = i,$$

$$a_3 = \frac{\alpha}{2}, \qquad \beta_3 = \alpha,$$

$$a_1 = l, \qquad a_2 = 0,$$

$$b_1 = l, \qquad b_2 = 0,$$

$$y_0 = 0, \qquad y_l = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2},$$

$$z_0 = 0, \qquad z_l = l,$$

$$A_{1l} = l\sqrt{5+4\cos\alpha}, \qquad A_{2l} = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2},$$

$$B_{1l} = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2}, \qquad B_{2l} = l.$$

An Hand der Gleichungen (7), (8b) und (10) = 0 ergibt sich für die gesuchte Komponente des Stirnstreuflusses:

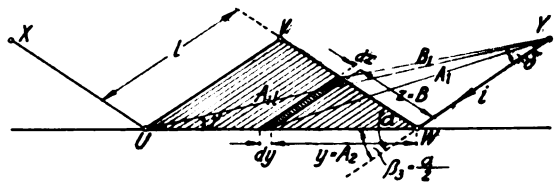


Abb. 14. Beiträge der benachbarten Stirnverbindungen *UX* und *WY*.

$$\Phi_3 = 0{\cdot}2\,i\,l\left[\left(\cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{y+l\cos\frac{\alpha}{2}}{l\sin\frac{\alpha}{2}} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l+y\cos\frac{\alpha}{2}}{y\sin\frac{\alpha}{2}}\right)_0^{2l\cos\frac{\alpha}{2}} - \left(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{z+l\cos\alpha}{l\sin\alpha} - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l+z\cos\alpha}{z\sin\alpha}\right)_0^{l} + \right.$$

$$\left. + \sqrt{5+4\cos\alpha} + 1 - 4\cos\frac{\alpha}{2}\right]$$

oder ausgerechnet:

$$\left.\begin{aligned}\Phi_3 = {} & 0{\cdot}2\,i\,l\left[\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\mathrm{ctg}\,\alpha + \right.\\ & + \left(1-\cos\frac{\alpha}{2}-\cos\alpha\right)\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2} + \\ & + \cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,3\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2} \\ & - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{2+\cos\alpha}{\sin\alpha} + \sqrt{5+4\cos\alpha} + \\ & \left. + 1 - 4\cos\frac{\alpha}{2}\right] \\ = {} & 0{\cdot}2\,i\,l\left[\cos\alpha\,\ln\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2} + \left(1-\cos\frac{\alpha}{2}-\right.\right. \\ & \left.\left. - \cos\alpha\right)\ln\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{4} + \cos\frac{\alpha}{2}\,\ln\mathrm{ctg}\,\frac{\gamma}{2} - \right. \\ & \left. - \ln\mathrm{ctg}\,\frac{\delta}{2} + \sqrt{5+4\cos\alpha} + 1 - 4\cos\frac{\alpha}{2}\right]\end{aligned}\right\} \quad (13).$$

Die neu eingeführten Winkel γ und δ sind in Abb. 14 eingetragen. Ihre Definitionsgleichungen lauten:

$$\left.\begin{aligned}\mathrm{ctg}\,\gamma &= 3\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2} \\ \mathrm{ctg}\,\delta &= \frac{2+\cos\alpha}{\sin\alpha} \\ \delta &= \frac{\alpha}{2} - \gamma\end{aligned}\right\} \quad \ldots (13\,a).$$

d) Die Beiträge der Spiegelbilder benachbarter Stirnverbindungen zum resultierenden Streuflusse (Abb. 15).

Wie früher führen wir die Rechnung nur für einen Abschnitt $\overline{UX'}$ durch und verdoppeln das

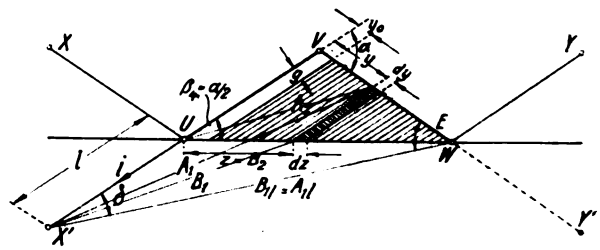


Abb. 15. Beiträge der Spiegelbilder *UX'* und *WY'* benachbarter Stirnverbindungen.

Resultat. Die Leiteranordnung entspricht Abb. 8a und 9a mit folgenden Nebenbedingungen:

$$i_4 = -i,$$

$$a_4 = \alpha, \qquad \beta_4 = \frac{\alpha}{2},$$

$$a_1 = 2\,l, \qquad a_2 = l,$$

$$b_1 = l, \qquad b_2 = 0,$$

$$y_0 = \frac{g}{\sin\alpha}, \qquad y_l = l,$$

$$z_0 = \frac{g}{\sin\frac{\alpha}{2}}, \qquad z_l = 2\,l\cos\frac{\alpha}{2}.$$

Die Lösung ergibt sich durch Anwendung der Gleichungen (7), (8a), ($8c = 0$) und (10).

$$\Phi_4 = 0{\cdot}2\,i\,l\left[-2\left(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{y+2\,l\cos\alpha}{2\,l\sin\alpha} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{2\,l+y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\right)_{\frac{g}{\sin\alpha}}^{l} + \left(\cos\alpha\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{y+l\cos\alpha}{l\sin\alpha} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{l+y\cos\alpha}{y\sin\alpha}\right)_{\frac{g}{\sin\alpha}}^{l} + \left(\cos\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{z+l\cos\frac{\alpha}{2}}{l\sin\frac{\alpha}{2}} - \right.\right.$$

$$\left.\left. 2\,l\cos\frac{\alpha}{2}\right.$$

Digitized by Google

$$-\operatorname{Ar\,Sin}\frac{l+z\cos\frac{\alpha}{2}}{z\sin\frac{\alpha}{2}}\Bigg)+\frac{g}{\sin\frac{\alpha}{2}}+\frac{g}{l}\left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}-\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\right)\Bigg]$$

oder ausgerechnet:

$$\left.\begin{aligned}\Phi_4 = 0{\cdot}2\,il\Big[&\cos\alpha\operatorname{Ar\,Sin}\operatorname{ctg}\alpha-\\&-\left(1+\cos\frac{\alpha}{2}-\cos\alpha\right)\operatorname{Ar\,Sin}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}+\\&+\cos\frac{\alpha}{2}\operatorname{Ar\,Sin}3\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\\&+\operatorname{Ar\,Sin}\frac{2+\cos\alpha}{\sin\alpha}-\\&-2\cos\alpha\operatorname{Ar\,Sin}\frac{1+2\cos\alpha}{2\sin\alpha}-\\&-2\ln 2+\frac{g}{l}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4}\Big]\\=0{\cdot}2\,il\Big[&\cos\alpha\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}-\left(1+\cos\frac{\alpha}{2}-\right.\\&\left.-\cos\alpha\right)\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\cos\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}\\&+\ln\operatorname{ctg}\frac{\delta}{2}-2\cos\alpha\ln\operatorname{ctg}\frac{\varepsilon}{2}-\\&-2\ln 2+\frac{g}{l}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4}\Big]\end{aligned}\right\}(14).$$

Dabei ist (vgl. Abb. 15)

$$\left.\begin{aligned}&\operatorname{ctg}\gamma=3\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\\&\operatorname{ctg}\delta=\frac{2+\cos\alpha}{\sin\alpha};\quad\delta=\frac{\alpha}{2}-\gamma\\&\operatorname{ctg}\varepsilon=\frac{1+2\cos\alpha}{2\sin\alpha};\quad\varepsilon=\alpha-\delta=\\&\qquad\qquad=\frac{\alpha}{2}+\gamma\end{aligned}\right\}(14\,a).$$

e) Zusammenfassung.

Indem wir die Resultate der vorigen Abschnitte paarweise zusammenfassen, erhalten wir folgende Formeln:

Streufluß einer Stirnverbindung (und ihres Spiegelbildes).

$$\Phi_1+\Phi_2=0{\cdot}4\,il\Big[\ln\frac{2l}{g}+\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}+\cos^2\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\left(45^\circ-\frac{\alpha}{4}\right)-\left(2\cos\frac{\alpha}{2}+\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}-\left(\sin\frac{\alpha}{2}+\cos\frac{\alpha}{2}\right)+\frac{g}{2l}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\Big]\quad(15).$$

Beiträge der benachbarten Stirnverbindungen (und ihrer Spiegelbilder).

$$\Phi_3+\Phi_4=0{\cdot}4\,il\Big[\cos\alpha\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}-\cos\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\cos\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}-\cos\alpha\ln\operatorname{ctg}\frac{\varepsilon}{2}-\ln 2-2\cos\frac{\alpha}{2}+\frac{1+\sqrt{5+4\cos\alpha}}{2}+\frac{g}{2l}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4}\Big]\quad(16).$$

Resultierender Streufluß durch eine Stirnverbindung.

$$\Phi_a=\Phi_1+\Phi_2+\Phi_3+\Phi_4=0{\cdot}4\,il\Big[\ln\frac{l}{g}+(1+\cos\alpha)\ln\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\cdot\sqrt{\operatorname{ctg}\left(45^\circ-\frac{\alpha}{4}\right)}\right)-\left(3\cos\frac{\alpha}{2}+\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)\ln\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\cos\frac{\alpha}{2}\ln\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}-\cos\alpha\ln\operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{4}+\frac{\gamma}{2}\right)-\left(\sin\frac{\alpha}{2}+3\cos\frac{\alpha}{2}\right)+\frac{1+\sqrt{5+4\cos\alpha}}{2}+\frac{g}{2l}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{4}+\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}+\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4}\right)\Big]\quad(17).$$

Häufig führt man an Stelle des Streuflusses die Leitfähigkeit

$$\lambda=\frac{\Phi}{i.2l}\quad\ldots\ldots(18)$$

des Stirnstreufeldes ein, das heißt, die Kraftlinienzahl pro 1 Amp. und cm Länge der Stirnverbin-

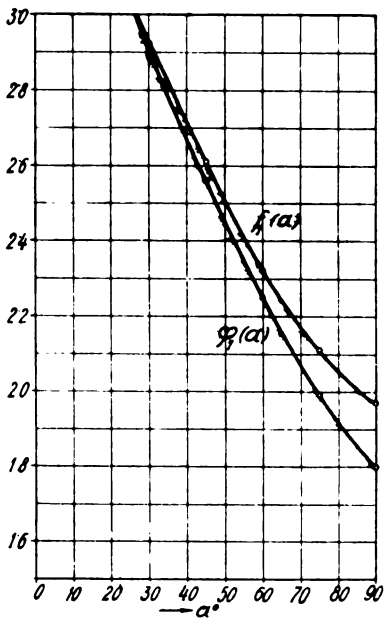


Abb. 16 *a*. Die Funktionen $f_1(\alpha)$ und $\varphi_1(\alpha)$.

Digitized by Google

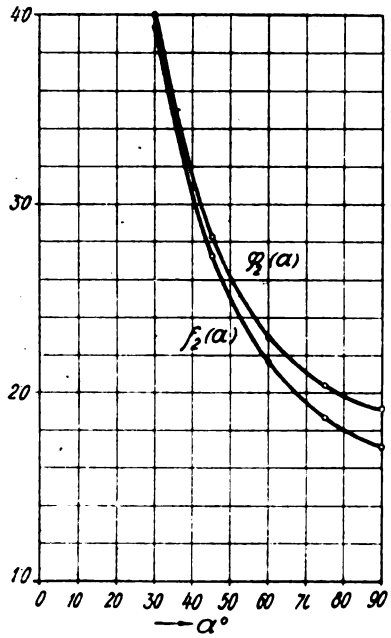


Abb. 16 *b*. Die Funktionen $f_2(\alpha)$ und $\varphi_2(\alpha)$

dungen. In diesem Falle benützt man an Stelle der Gleichungen (15) und (17) die Ausdrücke:

$$\lambda_{1,2} = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{i \cdot 2\,l} = 0{\cdot}2\left[\ln\frac{l}{g} - f_1(\alpha) + \frac{g}{l} f_2(\alpha)\right]. \quad (15\,a).$$

$$\lambda_\sigma = \frac{\Phi_\sigma}{i \cdot 2\,l} = 0{\cdot}2\left[\ln\frac{l}{g} - \varphi_1(\alpha) + \frac{g}{l}\varphi_2(\alpha)\right] \quad (17\,a)$$

wobei die Funktionen $f(\alpha)$ und $\varphi(\alpha)$ folgende Werte besitzen:

$\alpha°$	30	45	60	75	90
$f_1(\alpha)$	2·92	2·61	2·32	2·11	1·97
$f_2(\alpha)$	3·93	2·72	2·16	1·86	1·71
$\varphi(\alpha)$	2·90	2·56	2·25	1·99	1·80
$\varphi_2(\alpha)$	4·00	2·82	2·29	2·03	1·91

Nach dieser Tabelle sind die Kurven der Abb. 16 aufgezeichnet. Wie man sieht, ist bereits der Einfluß der unmittelbar benachbarten Stirnverbindungen so gering, daß die induzierende Wirkung der weiter entfernten Stirnverbindungen unbedenklich vernachlässigt werden kann.

(Schluß folgt.)

XXI. Internationaler Kongreß des Internationalen Verbandes der Straßenbahnen, Lokalbahnen und öffentlichen Kraftfahrunternehmen, Rom 1928.

Während des Weltkrieges schieden die Unternehmungen, welche den Mittelmächten und deren Verbündeten angehörten, aus dem Internationalen Verband der Straßenbahnen, Lokalbahnen und öffentlichen Kraftfahrunternehmungen aus. Nach dem Kriege gründete eine große Anzahl von Unternehmungen dieser Länder, neutraler Staaten aber auch einiger Sukzessionsstaaten einen neuen Verein, der sich unter der verdienstvollen Präsidentschaft des Direktors der Wiener städtischen Straßenbahnen, Ing. Ludwig Spängler, im Jahre 1920 konstituierte. Dieser neu gegründete Verein entwickelte eine sehr ersprießliche Tätigkeit und hielt im Jahre 1921 in Wien, im Jahre 1923 in Homburg vor der Höhe, im Jahre 1925 in Budapest und im Jahre 1927 in Kopenhagen Kongresse ab. Gelegentlich des letzterwähnten Kongresses in Kopenhagen beschloß dieser Verein über eine Einladung des Internationalen Verbandes der Straßenbahnen, Lokalbahnen und öffentlichen Kraftfahrunternehmungen seine Vereinigung mit diesem Verbande[1]).

Der Verband, der nunmehr zum erstenmal seit dem Jahre 1913 alle europäischen Länder umfaßt, hielt in der Zeit vom 6. bis 12. Mai d. J. seinen XXI. internationalen Kongreß unter dem Vorsitz des Präsidenten F. T. Lancker in Rom ab.

Aus Österreich haben in offizieller Vertretung die Herren Min.-R. Ing. E. Kaan als Vertreter der österreichischen Bundesbahnen, Min.-R. Ing. J. Lubenik für die Generaldirektion der österreichischen Bundesbahnen und Dir. Ing. M. Löblich für den Verband der österreichischen Lokal- und Kleinbahnen an dem Kongreß teilgenommen.

Der Kongreß nahm dank der Teilnahme der italienischen Regierung und der Stadt Rom einen glänzenden Verlauf, der durch den Ort einen historisch und künstlerischen Hintergrund gewonnen hat. Am 13. Mai fand im Palazzo Doria die ordentliche Generalversammlung des Vereins statt. Hiebei wurden an Stelle der austretenden sechs Mitglieder des Direktionskomitees Vertreter des aufgelösten Internationalen Straßen- und Kleinbahnvereins gewählt.

Die sehr reichhaltige Tagesordnung[2]) enthält zum größten Teil Berichte über die Tätigkeit des Verbandes auf gewissen Gebieten und Bearbeitungen bestimmter Detailfragen, die auf dem letzten Kongreß in Barcelona vom Jahre 1926 oder schon früher Einzelreferenten oder besonderen Fachgruppen übertragen wurden. Die Beschaffung des Materials zu den Berichten erfolgte meistens auf dem Wege von Fragebogen.

Im Nachstehenden soll über die behandelten Fragen hier kurz berichtet werden.

In der Frage der „Vereinheitlichung der Bahnmotoren" konnte J. Peridier, Paris, über den Anteil berichten, den der Verband, einer Anregung auf der Tagung in Barcelona (1926) folgend, an den Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kom-

[1]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 453; 1925, S. 867; 1927, S. 1062.

[2]) Vgl. das Programm des Kongresses im H. 1 d. J., S. 231.

Digitized by Google

mission (IEC) genommen hat. Die Hauptversammlung der IEC in Bellagio i. J. 1927[3]) hat Grundlagen über die elektrische Prüfung, die Methoden der Temperaturmessung und über die Prüfung der Kommutierung aufgestellt, die nunmehr den Gegenstand der Beratung bei den im Arbeitsausschuß vertretenen nationalen Komitees bilden. Der Berichterstatter wünschte, daß die IEC, in der in erster Linie die Erzeugerfirmen vertreten sind, auch den Wünschen der Betriebsleiter von Bahnen eine ausreichende Vertretung zukommen lasse.

Weiters berichtet derselbe Berichterstatter über die von der CCI in Como 1927 festgesetzten Anleitung in Betreff der zu ergreifenden Maßnahmen zum Schutz der Telephondrähte gegen die elektrolytische Abrostung, und beantragt von der CCI die Mitarbeit des Verbandes an der endgültigen Festlegung der Anleitungen zu verlangen.

André Mariage bespricht die Frage der Fahrgeld-Absammlung im allgemeinen und beschreibt ein neues System, das auf dem Bahnnetz seiner Verwaltung kürzlich mit Erfolg eingeführt wurde.

Die „Untersuchung über die Riffelbildung auf Schienen" untersteht einer bereits auf der Pariser Verbandstagung 1924 bestellten Kommission. Nach eingehendem Studium der Frage wurde 1926 ein Fragebogen ausgesendet, dessen Beantwortung durch die Bahnverwaltungen nun vorliegt. Die Antworten lassen Aussicht auf eine Lösung des Problems zu, wenn für die Schienen halbharter Stahl von besonderen, noch des Näheren zu untersuchenden Eigenschaften verwendet werden, wenn der Oberbau einwandfrei verlegt wird, und wenn nur gut gefederte Fahrzeuge verwendet werden, deren Radstand im Verhältnis zur Gesamtlänge möglichst groß ist. Aus zahlreichen Versuchen und Beobachtungen an verschiedenen Schienen und Verlegungsarten glaubt die Kommission zu folgenden Schlüssen kommen zu können: Das Schienenmaterial soll homogener, am besten halbharter Stahl sein mit hoher Elastizitätsgrenze. Seine Streckfähigkeitszahl soll im Verhältnis zur Bruchfestigkeit so groß sein, daß der Wert $R + 6A \geq 175$ ist. Dabei bedeutet R die Bruchfestigkeit bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt und A die Dehnung in vH. Der Unterbau soll denkbar gut ausgeführt sein und sind Stellen, deren Widerstandsfähigkeit gelitten haben, ehestens auszubessern. Eine Vergrößerung der Spurweite, Verschlechterung der Stöße sowie Abweichungen der Fahrkante der Schienen von der Geraden können zur Riffelbildung führen. Die Untersuchung sonstiger Ursachen, insbesondere soweit sie im Fahrzeug liegen, ist erst begonnen worden. Bis jetzt kann man behaupten, daß die Radreifen etwas härter als die Schienen sein sollen. Sie sollen eher zylindrisch als konisch und so breit sein, daß sie die Fahrfläche stets vollständig bedecken. Die Raddurchmesser einer Achse müssen gleich sein. Achse und Untergestell sollen wenig Spiel haben. Wagen mit tiefem Schwerpunkt, nicht allzu elastische Aufhängung in wagrechter und lotrechter Richtung und mit großem Radstand und geringem nicht abgefedertem Gewicht sind vorzuziehen.

„Über die Entwicklung des Einmannwagen" sprach Bacqueyrisse, Paris. An eine Darstellung der amerikanischen Entwicklung und die Beschreibung typischer amerikanischer Ausführungen reiht sich die Beschreibung europäischer Verhältnisse und Konstruktionen[4]) an. Der Bericht beschränkt sich nicht nur auf rein konstruktive Fragen des mechanischen und elektrischen Teiles, sondern behandelt auch alle damit in Zusammenhang stehenden Fragen, wie Fahrgeldeinhebung, wirtschaftliche Ergebnisse und dgl. mehr, so daß sich, wie es die Absicht des Berichters war, die Verbandsbetriebe ein Bild von den Vorteilen machen können, welche sich aus der Anwendung der Einmannwagen ergeben, für deren Einführung eingetreten wird. — Im Anschluß daran, berichtete Direktor Nieuwenhuis der städtischen Straßenbahnen in Arnheim, über die Einführung von Einmannwagen in Arnheim, die sich sowohl in verkehrstechnischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht vollauf bewährt haben.

„Bremsung an Straßenbahnwagen." Vente, Marseille, besprach alle Arten von Bremssystemen unter Anführung neuerer Konstruktionen. Bei den reinen Gestängebremsen, deren Klötze auf den Radreifen reiben, wurde an der Verbesserung vorhandener Konstruktionen bezüglich des Druckausgleiches, der selbsttätigen Nachstellung und der Erreichung einer unveränderlichen Höhe des Bremsklotzes gearbeitet. Die Leitgedanken, die von der Radbremse zu der Getriebe- und der Achsbremse geführt haben, sind: Schonung der Radreifen, gleichmäßige Reibungsziffer, schärferes Ansprechen, geringerer Verschleiß und daher geringere Wartung, Möglichkeit die Räder ganz zu verschalen und damit die Motoren vor Spritzwasser zu schützen und dgl. mehr. Gegen diese Bremsen wird eingewendet, daß sie zu stark wirken und leicht die Räder sperren daß sie auf die Getriebezahnräder ungünstig einwirken, und daß schließlich die hohen Kosten der Bremsbeläge aus imprägnierten Asbest-Faserstoffgeweben die sonstigen Vorteile überwiegen. Je nachdem die Motoren ganz oder nur teilweise abgefedert sind, bauen sich die Getriebebremsen, deren es bereits eine große Zahl gibt, ganz verschieden. Der Berichter bespricht die Luftdruck- und die Luftsaugebremsen und behandelt eingehend die elektrische Bremsung. Die Widerstandsbremsung mit Motorenstrom und die Hinzunahme des Netzstroms zur Speisung von Schienenbremsen ist am meisten verbreitet. (Die Frage der Nutzbremsung wird in einem getrennten Bericht behandelt.) Während die amerikanische Praxis, die auf geringes Wagengewicht den größten Wert legt, die Belastung der Motoren und Fahrschalter mit Bremsstrom meist vermeidet, werden in Europa die doppelt gespeisten Bremsmagnete bevorzugt. Auch die Erregung der Schienenbremsen, von denen eine Reihe von Konstruktionen behandelt werden, durch Akkumulatoren wird noch verwendet und bewährt sich in manchen Betrieben sehr gut. Die Sicherheitsbremse der Waggonfabrik Schlieren verwendet an Stelle der eisernen Bremsschuhe solche aus Karborundum, die von Hand, mittels Druckluft oder auf elektromagnetischem Weg auf die Schienen gepreßt werden. Eine Reihe von mechanischen Rücklaufsicherungen werden im Zusammenhang mit den Bremsen angeführt. In drei Anhängen werden die gebräuchlichsten selbsttätigen Nachstellvorrichtungen für Bremsgestänge, die Umlaufzahlen der heutigen Luftpresser sowie die gebräuchlichsten Konstruktionen von Schienenbremsen beschrieben.

Mit der gleichen Frage, der „Verwendung der Bremsen bei Straßenbahn- und Kleinbahnwagen", beschäftigt sich Obering. Allard, Brüssel, insbesonders auf Grund der Erfahrungen in dem ausgedehnten belgischen Netz. Während beim Dampfbetrieb mit geringen Geschwindigkeiten die Handbremse ausreichte, wurde auf den schneller verkehrenden Bäderstrecken mit Dampfbetrieb die automatische Bremse mit Lösen durch Vakuum, System H. Pieper, eingeführt. Das Wesen dieser Bremse besteht darin, daß der Arbeitsdruck im Bremszylinder durch Öl bewirkt wird, das einem Behälter unter dem Einfluß der darin befindlichen Druckluft über ein automatisches Ventil entströmt. Der Bremszylinder ist als Differentialzylinder gebaut. Auf den einen Kolben wirkt das Öl im Sinne der Bremsung, auf den anderen wirkt das in einer Hauptleitung durch den ganzen Zug geleitete Vakuum. Unter seinem Einfluß wird das Öl aus dem Bremszylinder in den Ölbehälter zurückgedrückt. Bei der elektropneumatischen Schnellbremse „System Pieper" mit automatischer Nachstellung der Bremsklötze, ist das Prinzip das gleiche. An Stelle des Vakuums als Lösekraft tritt ein elektrisches Solenoid, das im Moment des Lösens vom Oberleitungsstrom durchflossen wird. Der Kern des Solenoids ist gleichzeitig Druckkolben, der die Bremse anzieht, wenn Drucköl eingelassen wird. Bei Einschaltung der Spule wird das Öl wieder in den Behälter zurückgedrängt. Der Einlaß des Öls

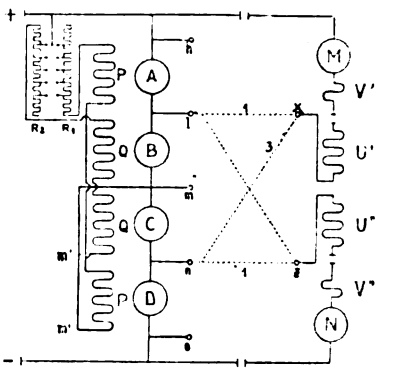
[3]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 629; 1926, S. 589; 1927, S. 976.

[4]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 371, 659; 1926, S. 607.

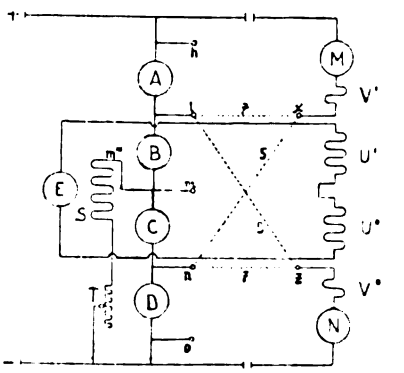
Digitized by Google

in das Solenoidgehäuse wird elektromagnetisch gesteuert. Das Rückströmen erfolgt über ein Rückschlagventil, das normalerweise durch den Überdruck im Ölbehälter geschlossen gehalten wird. Das Einlaßventil schließt unter Strom. Durch Verminderung des Stroms in der Zugspule des Ventils wird es durch den Druck im Ölbehälter etwas geöffnet. Die Bremswirkung kann somit durch Regelung des Ventilstroms eingestellt werden. Die Verbindung mit Anhängewagen erfordert eine fünfpolige Kupplung.

G. Cuccoli, Mailand, erläutert zwei Systeme für „Bremsung mit Stromrückgewinnung“[5]) Die Ausrüstung der auf der Straßenbahn Mailand erprobten Schaltung Somagni besteht im wesentlichen aus zwei kompoundierten Reihenschlußmotoren und einem Spannungsteiler, der durch einen Anker mit drei getrennten Wicklungen und Kollektoren dargestellt ist. Diese drei Wicklungen liegen in Reihe an der Netzspannung. Die beiden an den Netzpolen liegenden Wicklungen verbrauchen je $^1/_4$ und die mittlere Wicklung $^1/_2$ der Netzspannung. Zusammen mit der Reihen-Parallelschaltung der Motoren erhält man durch Anlegen der Motoren an die drei Wicklungen acht Stufen mit einem Spannungssprung von je $^1/_8$ der Netzspannung. Die Nebenschlußerregung der Motoren wird von einer Wicklung für $^1/_4$-Spannung abgezweigt. Da diese Schaltung kein stoßfreies Anfahren und Bremsen ermöglicht, wurden jedem Motor Vorschaltwiderstände beigegeben, die durch ein Relais kurzgeschlossen werden, wenn der Ankerstrom unter einen gewissen Wert sinkt. Sie sind nur während des Überschaltens von einer Stellung zur anderen eingeschaltet. Das Relais hat zwei entgegengesetzt wirkende Spulen und zwei Kontakte, die die Vorschaltwiderstände bei den Motoren kurzschließen. Überwiegt der Einfluß der an der Spannung der zur Nebenschlußerregung der Motoren verwendeten Wicklung des Umformers liegenden Spule, so sind die Widerstände kurzgeschlossen, überwiegt die im Motorstrom liegende Spule, so sind sie eingeschaltet. Der Fahrschalter hat auf seiner Welle ein Sperrad, dessen Klinke durch eine Feder normal offen gehalten wird. Falls man nach dem Herausfallen des Hauptautomaten zu schnell in die Nullstellung zurückschalten würde, könnte die Spannung am Spannungsteiler zu stark anwachsen. Ein Magnet, dessen Spule an diese Spannung angeschlossen ist, bringt die Klinke zum Eingriff und verhindert so das Zurückschalten so lange, als die Spannung nicht unter einen gewissen Wert gesunken ist. Das Anfahren und das Bremsen erfolgt halb selbsttätig, indem während des Überganges von einer Stellung in die andere das Widerstands-Umschaltrelais in Tätigkeit tritt. Vergleichsmessungen, welche mit dieser Schaltung vorgenommen wurden, ergaben auf ebener Strecke einen um 26·16 vH geringeren Energieverbrauch gegenüber einem Wagen mit Widerstandsanfahrt und ohne Nutzbremsung. Dieser Gewinn verteilt sich ziemlich gleich auf die Rückgewinnung und auf die Verminderung der Anfahrverluste. Die Spannung im Fahrdraht wird durch die Rückspeisung merklich verbessert. — Das System M. A. della Riccia verwendet einen Spannungsteiler, der aus vier gleichen Ankern besteht. Davon können die am Pluspol und am Minuspol liegenden, sowie die beiden mittleren Wicklungen je zu einen Doppelkollektoranker zusammengefaßt werden. Auf der gleichen Welle sitzt die Erregermaschine für die Motorfelderregung beim Bremsen. Die Spannungsteilermaschinen sind sehr schwach gesättigt. Die Felder beider äußeren und beider inneren Anker sind vereinigt. Durch einen gemeinsamen Feldregler wird bewirkt, daß einer Feldverstärkung einer Feldergruppe die analoge Schwächung bei der anderen Gruppe entspricht, wobei der Mittelpunkt des Systems immer auf halber Netzspannung bleibt; die Schaltung ist in Abb. 1 dargestellt. In der Nullstellung ist x mit h und z mit o verbunden, das heißt jeder Motor kurzgeschlossen. Bei Rückwärtsfahrt tritt Bremsung auf. Auf der ersten Stellung für Reihe wird x mit l und z mit n verbunden, die Außenwicklungen sind zunächst schwach, die inneren voll erregt. Durch stufenweise Änderung der Erregungen wird die Klemmenspannung bis $\frac{\varepsilon}{2}$ gesteigert. Auf der zweiten Stellung sind x und z an den Mittelpunkt m gelegt und der Umformer läuft leer (Dauerstellung in Reihe). Auf der dritten Stellung ist x mit n und z mit l verbunden. Durch rückläufige Verstellung der Felderregung wird jeder Motor auf volle Netzspannung gebracht. Auf der vierten Stellung ist x mit o und z mit h verbunden, so daß bei Parallelschaltung der Motoren der Umformer wieder leer läuft



a) Fahrt.



b) Bremsung.

Abb. 1. Schaltung nach M. A. della Riccia.

(Dauerstellung in Parallelschaltung). Zur Einleitung der Bremsung werden die Felder der Motoren auf die Erregermaschine geschaltet und der Fahrschalter stufenweise zurückgeschaltet. Auf der letzten Stellung kann man die Erregung der beiden äußeren Anker vermindern und dabei die der mittleren erhöhen, und dadurch Gegenstrom in die Motoren schicken. Diese Bremsung erfolgt im Kurzschluß ohne Rückspeisung. Versuche, die auf der Hamburger Hochbahn vorgenommen wurden, ergaben bei Stationsentfernungen von 400 m bis 1090 m eine Bruttoersparnis an Energie von 29 bis 41·5 vH. Bei einem zweiten Versuch mit selbsttätiger Schaltkontrolle betrugen die Ersparnisse 36·8 bis 30·2 vH. Das Gewicht der Spannungsteiler und des Erregers beträgt schätzungsweise 17 bis 18 vH der Motoren. Für eine Netzspannung von 1000 V genügen 12 Stufen, für 600 V 8 Stufen.

„Autokraftwagen auf Schienen mit Verbrennungs-Kraftmaschinen.“ Aus einem Bericht, den Ing. Mellini und La Valle, Rom, an Hand der Antworten auf die an die Bahnverwaltungen gesandten Fragebogen erstatten, sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen: 1. Benzinkraftwagen haben sich auf leichten Strecken mit wenig Steigungen und kleinen Krümmungen gut bewährt, solange das Anhängegewicht etwa die Hälfte des Zugsgewichtes beträgt. Die Beförderung schwerer Züge hat fast immer versagt. Die erreichten Vorteile waren meistens beträchtlich und bestanden in der Hauptsache in einer Verminderung der

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 492; 1927, S. 96; 1928, S. 461, 479.

Digitized by Google

Betriebskosten für den Zugskilometer, in dem Entfall der Bekohlungs- und Wasserstationen, der sofortigen Betriebsbereitschaft, dem Entfall von Betriebsstoffverbrauch bei Stillstand, geringerem Unterhalt und größerer Reinlichkeit des Betriebes. Der hohe Anschaffungspreis belastet jedoch die Wirtschaftlichkeit sehr stark. Für Strecken mit schwachem und unregelmäßigem Verkehr leisten solche Fahrzeuge für leichte und schnelle Züge gute Dienste, wenn man sie nicht zur Beförderung schwerer Züge verwendet. 2. Dieselmotoren für Fahrzeuge sind immer noch im Versuchsstadium. Das gute Ergebnis der bisherigen Versuche läßt erwarten, daß die Lösung der Motorenfrage zu einem sehr verwendbaren Fahrzeug führen wird, das auch bei Leistungen bis zu 1000 PS mit besserer Brennstoffwirtschaft als beim Benzinwagen arbeiten wird. Derzeit muß die elektrische Kraftübertragung als die beste bezeichnet werden.

Ein besonderes Anwendungsgebiet für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind die Kolonien, da der schwache Verkehr und die Schwierigkeit der Wasserbeschaffung deren Vorteile hervorkehrt.

Van Noorbeeck, Generalinspektor der Société Nationale des Chemin de fer Vicinaux, Brüssel, berichtet an Hand der auf einen Fragebogen eingegangenen Antworten über Verbesserungen der Bahnstrecken; *a*) Schienen und Traversen. Er verweist darauf, daß man dem Material der Schienen besondere Aufmerksamkeit zu widmen hat, und daß die Normalisierung der Rillenschienen sich einzubürgern beginnt, er ist jedoch nicht in der Lage besondere Schlußfolgerungen zu ziehen.

Direktor Riedel der süddeutschen Eisenbahngesellschaft, Abteilung Essener Straßenbahnen, Essen, bespricht anschließend die elektrische Weichenstellung. Sie ist eines der Mittel zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit von Straßenbahnen, deren Höchstgeschwindigkeit durch äußere Umstände niedrig gehalten wird. Die elektrische Verstellung der Weichen wurde zunächst durch Schalter bewirkt, die durch den Stromabnehmer geschlossen wurden, was sich auf die Dauer jedoch nicht bewährt hat. Man ging auf Oberleitungskontakte über, die aus einer gegen den Fahrdraht isolierten Laufschiene bestanden, die den Bügel von der Fahrleitung abhebt. Der vom Wagen aufgenommene Strom fließt durch Zugmagnete, welche die Verstellung bewirken. Die einfachste Anordnung ist die eines Doppelmagneten und zweier Kontakte, von denen einer mit Strom und der andere ohne Strom befahren werden muß, je nachdem die Weiche gestellt werden soll. Der zweite Kontakt wird vermieden, wenn man dem Zugmagneten durch ein Gewicht oder Federkraft eine bestimmte Lage gibt. Soll jedoch die Weiche abwechselnd gestellt werden, so muß ein Klinkwerk eingebaut werden. Um die Zugspulen nicht ständig unter Spannung zu lassen, kann der Fahrleitungskontakt besonders ausgebildet werden. Verwendet man einen Doppelmagnet mit nur einem Kontakt, so muß ein Umschalter eingebaut werden, der durch einen besonderen Magneten solange in seiner Stellung festgehalten wird, als der Stromabnehmer auf dem Kontakt läuft. Die Einschaltung der Magneten kann über ein Relais geschehen, so daß deren Erregung mit Frischstrom erfolgen kann, und damit von der Stromaufnahme des Wagens unabhängig wird. Der Oberleitungskontakt wurde auch so ausgebildet, daß die Weichenstellung für jede Fahrtrichtung festliegt. Die Leistungsaufnahme der Zugmagneten ist beträchtlich und bewirkt ein schlagartiges Umstellen, wobei bei nassem Wetter ein Spritzen eintreten kann, das die Fußgänger belästigt. Man hat daher die Umstellung durch einen etwa 0·5-PS-Motor mit zwei Feldwicklungen versucht, und gute Erfolge erzielt. Wenn das Übersetzungsgetriebe nicht selbsthemmend ist, kann die Weiche auch von Hand verstellt werden. Diese Anordnung ist besonders dann zu empfehlen, wenn das Stellwerk abseits von der Weiche eingebaut werden muß. Mit den verschiedenen Arten der Weichenstellung lassen sich leicht Lichtzeichen oder Blockierungseinrichtungen verbinden.

Soweit die Rundfrage ergab, werden meistens Einzelweichenstellvorrichtungen verwendet. Bei den beiden erstgenannten Einrichtungen mit Doppelmagnet und zwei Kontakten und mit einem Kontakt und Gewichtseinstellung, muß der Fahrer die Lage der Weiche beobachten und bei falscher Lage den Kontakt mit Strom befahren. Dies erfordert Lichtzeichen und eine ziemliche Aufmerksamkeit des Fahrers. Liegt jedoch die Weichenstellung für jede Fahrtrichtung fest, so wird der Fahrer sehr entlastet. Dieses System läßt sich auch so einrichten, daß, falls eine Weichenstellung nur selten benutzt wird, der Fahrer die Weiche nach dem Befahren wieder zurückstellt. Dies hat allerdings den Nachteil, daß bei dichter Wagenfolge die Rückstellung unter dem nächsten Wagen erfolgt. Der Zwang, bestimmte Stellen ohne Rücksicht auf Steigungen oder Gefälle ohne oder mit Strom befahren zu müssen, bringt unter Umständen Gefahren mit sich. Der Einbau der Stellwerke erfolgt entweder in Erdkasten oder an Masten oder Mauern. Erstere sollen möglichst einfach und gegen Feuchtigkeit geschützt sein, da ihre Revision umständlich ist. Systeme mit zwei Magneten sind insoferne betriebssicherer, als immer noch ein Magnet gebrauchsfähig sein wird. Die Betätigung des Magneten durch den Wagenstrom erfordert die Einstellung einer ausreichenden Stromaufnahme des Wagens. Die Relaisschaltung ist in dieser Hinsicht günstiger, da es hier nur erforderlich ist, das Relais so einzustellen, daß es vom Lichtstrom nicht betätigt wird. Bei dichter Zugsfolge ist es immer möglich, daß die Weiche durch den folgenden Wagen zu rasch umgestellt wird. Dies wird vermieden, wenn man durch ein besonderes Relais ein Lichtsignal bedient, das nur den Zweck hat, den Folgewagen zur Einhaltung eines entsprechenden Abstandes zu verhalten. Lichtsignale zur Kenntlichmachung der Weichenstellung sprechen an, wenn die Stellvorrichtung gearbeitet hat, geben aber keine Gewähr dafür, daß die Weichenzunge tatsächlich die Endlage erreicht hat. Sie sind daher unter Umständen für den Fahrer irreführend, wenn er nicht auch gleichzeitig die Weiche selbst beobachtet. Diese soll daher immer gut beleuchtet sein.

„Die Verbindung der Achsen mit dem Wagengestell" wurde von zwei Referenten behandelt, und zwar: Betrachtung über die festen Achsen von Obering. Castaing, Paris. Der Bericht geht von der Ansicht aus, daß sich die Auswahl der günstigsten Bauform von Trieb- und Anhängewagen nicht richtig treffen läßt, wenn man nicht auch die Form der Radreifen und Schienen sowie deren Verlegung mit berücksichtigt. Dementsprechend bezog sich die Rundfrage nicht nur auf die Wagen allein. Der Bericht befaßt sich mit 8390 Trieb- und 4510 Anhängewagen. Von ersteren haben 76·7 vH zwei feste Achsen, 10·7 vH Lenkachsen oder Bisselachsen und 12·6 vH Drehgestelle. Bei den Anhängewagen sind die Anteile 74·9, 9 und 16·1 vH. Da die Breite der Wagen sich in engen Grenzen von 2·20 bis 1·95 m bewegt, ist der Fassungsraum im wesentlichen durch die Länge bestimmt, die für 30 bis 70 Sitze zwischen 6 und 11 m liegt. Bei letzterem Maß ist man wohl meistens schon gezwungen, Drehgestelle zu nehmen. Unter 9 m werden fast ausschließlich feste Achsen angewandt, da diese Bauart die einfachste und billigste ist. Daß man mit 3 m festem Radstand Bogen von 15 m Halbmesser, was bei den meisten Strecken das Mindestmaß ist, anstandslos durchfahren und hiebei die Wagenlänge das Dreifache des Radstand betragen kann, hat sich erfahrungsgemäß gezeigt. Lenkachsen oder Bisselachsen haben somit nur für Wagenlängen zwischen 9 und 11 m eine Berechtigung, sollten jedoch nur dann angewandt werden, wenn es durch das Vorkommen starker Bogen unbedingt erfordert wird. Es haben sich auch 80 vH der befragten Bahnverwaltungen dahin ausgesprochen, daß sie feste Achsen wählen würden, wenn sie neue Wagen anzuschaffen hätten.

Mr. Harmel, Lüttich, berichtet über die „Prüfung der beweglichen Achsen". Auch er ist der Ansicht, daß den festen Achsen überall dort der Vorzug zu geben ist, wo nicht besondere Verhältnisse zu beweglichen Achsen zwingen. Daß das System der Lenkachsen die daran gestellten Forderungen nicht er-

Digitized by Google

füllt, ist bekannt. Günstige Ergebnisse wurden nur mit Sonderkonstruktionen erreicht, von denen einige, wie die Albrecht-Wagen, die Bauarten der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur[6]) u. a. m. ausführlich beschrieben werden.

„Krafterzeuger für den Automobilbetrieb" bespricht Guiffart, Paris. Trotzdem die Fragenstellung ganz allgemein gehalten war, zeigte sich, daß von den 26 antwortenden Betrieben die Mehrzahl nur Benzinmotoren zum Antrieb verwenden. Die für den vorliegenden Zweck nötigen Eigenschaften eines Brennstoffes sind dem Benzin in so hohem Maße eigen, daß sich die Suche nach einem Ersatzmittel nur aus der Überlegung heraus erklärt, daß die Länder, in denen Benzin eingeführt werden muß, mit einer Erschöpfung der natürlichen Vorräte oder einer durch besondere Umstände bewirkten Drosselung der Einfuhr rechnen zu müssen glauben. Die Suche nach Ersatzstoffen für das Benzin wären somit fortzusetzen. Als solchen wird von zwei deutschen Betrieben das Benzol genannt, das als Abfallstoff der Hochofenkokserzeugung in gewissen Gegenden von Bedeutung ist. Trotz guter Eignung ist seine Anwendung beschränkt, da die erzeugte Menge relativ gering ist. Trotz Mischung mit Benzin ist das Anfahren in der Kälte schwer, da leichtflüchtige Bestandteile fehlen. Den gleichen Nachteil weist Äthylalkohol auf, der zwar in Frankreich erzeugt und mit Benzin und Benzol gemischt verwendet wird, dessen Erzeugung sich derzeit zu teuer stellt. Versuche mit Methylalkohol haben noch keine befriedigenden Ergebnisse gezeitigt. Versuche mit gasförmigen Brennstoffen wurden mit Azetylen, Leuchtgas und Motorgas angestellt. Das Ergebnis ist im allgemeinen wenig befriedigend. So wird in Paris ein Versuch mit Leuchtgas gemacht, der trotz der Schwierigkeit, gereinigtes Leuchtgas zu gewinnen, bei niedrigem Gaspreis Aussichten auf Erfolg hat. Die Verwendung von Motorgas, das am besten aus Holzkohle auf dem Fahrzeug selbst erzeugt wird, krankt zunächst noch daran, daß die Anlage zu wenig einfach und übersichtlich ist. Versuche mit Elektromobilen werden neuerdings in Amerika und Deutschland wieder aufgenommen, und scheinen sich dort zu bewähren, wo keine großen Steigungen zu befahren sind. Während zum Beispiel in Lyon 19 Wagen seit etwa drei Jahren mit sehr gutem Erfolg in Betrieb sind, haben Vergleichsversuche, die in Paris angestellt wurden, die Überlegenheit des Benzinomnibus ergeben. Schließlich werden noch die gleislosen Oberleitungsomnibusse erwähnt, die einige Zeit besonders in England vielfach verwendet wurden. Allerdings ist deren Verbreitung in den letzten Jahren ins Stocken gekommen. Kürzlich wurde in der Umgebung von Marseille eine derartige Linie mit derart gutem Erfolg in Betrieb genommen, daß man sie nach kurzer Zeit verlängert hat.

„Methoden und Kontrollapparate zur Verbesserung der Regelmäßigkeit bei Straßenbahnbetrieben." De Barquin, Brüssel. Genaue Aufstellung von Fahrplänen und deren Überwachung durch Aufsichtspersonen oder Kontrolluhren sowie Einführung von Prämien für die Fahrmannschaft tragen zur Verbesserung des Verkehrs bei. Gute Erfahrungen wurden vielfach damit gemacht, daß Arbeitsbeginn und -ende benachbarter großer Betriebe gegeneinander verschoben werden.

„Verkehr der Straßenbahnen auf eigenem Planum im Umkreis der Städte." Ing. Lenartovicz, Warschau. Der wachsende Umfang großer Städte vergrößert ständig die vom Umfang zur Stadtmitte zurückzulegende Strecke. Selbst wenn die Stadt noch nicht so groß geworden ist, daß der Bau von Schnellbahnen gerechtfertigt wäre, können bei Beibehaltung der für die im Inneren verkehrenden Straßenbahnen gezwungenermaßen sich ergebenden geringen Geschwindigkeiten, übermäßige Fahrzeiten entstehen. Ein Ausweg ist durch Errichtung von Radialstrecken auf eigener Fahrbahn im Straßenniveau, auf deren Anlegung im Ausbauplan der Städte bereits Rücksicht genommen werden sollte, zu finden.

„Die Verwendung von hochgespanntem Dampf in den neuzeitlichen Kraftzentralen" behandelt Dipl.-Ing. M. Rehmer, Berlin, wobei er bei den Einzelheiten immer wieder auf das Klingenbergwerk verwies. Die baulichen Änderungen, die der Kesselbau unter dem Einfluß der Verwendung von Hochdruckdampf in den letzten Jahren erfahren hat, sind durch die möglichste Verringerung der teueren Kesselheizfläche bzw. Erzielung einer möglichst hohen spezifischen Leistung der Kessel und durch die Verwendung billiger Heizflächen in Form von Speisewasser- und Luftvorwärmer gekennzeichnet. Bei der Erzeugung von Hochdruckdampf wurde zum Teil die übliche Bauart der Dampfkessel beibehalten, nur wird immer mehr der Verbrennungsraum ganz mit Kesselheizfläche umkleidet (Bauarten Bettington, Combustion Engg. Corp., Dürrwerke). Anderseits wurden aber ganz abweichende Arten von Dampferzeugern entwickelt, wie der Atmoskessel, der Kessel der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft, der Löffler- und der Bensonkessel. Im Turbinenbau hat sich bei hohen Drücken besonders die Verminderung des Wärmegefälles je Stufe als zweckmäßig im Hochdruckteil erwiesen, die allerdings durch die Vermehrung der Stufenzahl zu einer Verteuerung der Turbinen führt. Weitere Verbesserungen bedeuten die wieder immer mehr angewendete mehrgehäusige Turbine, die stufenweise Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf und die Zwischenüberhitzung. Bei Hochdruckanlagen geht im Vergleich mit den bisher üblichen Anlagen der Platzbedarf zum Beispiel von 0·175 m²/kW bei einem 80 000-kW-Steinkohlenwerk für 15 atü und 0·205 m²/kW bei einem 64 000-kW-Braunkohlenwerk für 16 atü, auf 0·032 m²/kW bei einem 250 000-kW-Werke für 35 atü und auf 0·022 m²/kW bei einem 340 000-kW-Werk für 160 atü, beide mit Steinkohle als Brennstoff, zurück. Die Anlagekosten je kW sind bei Hochdruckanlagen höher als bei niedrigen Drücken. Aber bereits bei 3000 bis 3500 Benutzungsstunden im Jahr sind schon 35-atü-Anlagen erheblich wirtschaftlicher als 15-atü-Anlagen. Die Verwendung von Hochdruckdampf wird am besten dadurch gekennzeichnet, daß bereits 1·8 Mill. kW auf der ganzen Erde mit Drücken von über 30 atü arbeiten. (Hiezu bringt Rehmer eine kleine Zusammenstellung neuerer Hochdruckanlagen, und zwar neun in Deutschland, sieben in den Vereinigten Staaten, während aus Österreich nur die Anlage im Wiener El.-Werke erwähnt wird, obgleich gerade bei uns schon eine ganze Reihe von Anlagen seit längerer Zeit im Betrieb steht.) Wl.

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 14.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Dale-Kraftwerk. Von Einar Monsen. Ende des vergangenen Jahres wurde das Dale-Kraftwerk, das zur Stromversorgung der Stadt Bergen und der umliegenden Gemeinden dient, in Betrieb gesetzt. Es wird hier ein Gefälle des Storefoss zwischen 400 m und 30 m Seehöhe und eine Wassermenge von 8 m³/sek. ausgenützt. Für den ersten Ausbau werden Maschinen für 30 000 PS aufgestellt, im Vollausbau wird die Maschinenleistung 90 000 PS betragen. Das Einzugsgebiet ist 170 km² groß, die jährliche Abflußmenge beträgt 400 Mill. m³. Da die Möglichkeit eines großen Speicherbeckens fehlte, wurde durch einen im natürlichen Fels gegründete Staumauer ein solches von 1·6 Mill. m³ gebildet. Der Standamm ist als bogenförmige Schwergewichtsmauer mit 240 m Halbmesser erbaut. Der Einlauf liegt 2 m unterhalb des Niederwassers, um

Digitized by Google

ein Vereisen der Eintrittsöffnung zu verhindern. Von dort führt ein 2·4 km langer, im Fels gesprengter, bis auf 11 m unverkleideter Stollen mit 4·75 v. T. Neigung zum Wasserschloß. Dieses ist als Rohr von 50 m² Querschnitt und 18 m Tiefe in den Fels gesprengt. Die beiden abgehenden Druckrohrleitungen, von denen eine derzeit ausgebaut ist, werden durch Schützen verschlossen. Zur leichteren Bedienung derselben ist ein Umgehungsrohr angebracht, das das Wasser hinter die Schützen bringt. Die eiserne Druckrohrleitung, rund 700 m lang und 770 t schwer besitzt oben einen Durchmesser von 2 m, der sich nach unten auf 1·4 m verengt. Die größte Neigung beträgt 49°. Im oberen Teil ist die Druckrohrleitung genietet, im mittleren geschweißt, und im unteren bandagiert. Im Maschinenraum sind derzeit zwei Einheiten aufgestellt. Zu jeder gehören zwei Peltonräder von 2 m Durchmesser, 375 U/min und 16 500 PS Leistung, überlastbar mit 20 000 PS. Die Stromerzeuger leisten je 15 000 PS. Sie sind bei + 5° dauernd mit 25 vH überlastbar, so daß man im Winter zur Zeit des größten Verbrauches die Maschinen voll ausnutzen kann. Der Maschinenstrom von 7500 V, 50 Per/s, wird auf 22 und 80 kV hinaufgespannt. Vom Kraftwerk führt eine rund 50 km lange Doppeldrehstromleitung von 50 mm² Kupfer, auf Stützisolaoren verlegt, nach Bergen. Nur bei großen Spannweiten wurden Hängeisolatoren verwendet, das größte Spannfeld hat eine Weite von 1450 m, hier wurden Stahl-Aluminiumseile verwendet. V. H.

(Elektrotechnik Tidskrift, Bd. 41, H. 16, 1928.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen. Dampfkessel.

Betriebserfahrungen mit einer Dampfkraftanlage für 84 atü. Von I. E. Moultrop. Für die Errichtung der 84-atü-Anlage im Edgar-Werk war nicht der thermische Wirkungsgrad, sondern nur der wirtschaftliche Gesichtspunkt maßgebend. Danach ergab sich die Forderung nach einer möglichst hohen Dampftemperatur ohne Rücksicht auf den Druck. Da aber bei den meisten Baustoffen ein rasches Abfallen der Festigkeit bei Temperaturen über 400° eintritt, entschloß man sich aus Sicherheitsgründen mit der Dampftemperatur nicht über 370° zu gehen. Eine Untersuchung über den günstigsten Druck[1]) bei Werken, die nach dem Regenerativsystem, aber ohne Zwischenüberhitzung arbeiten, ergab, daß Drücke über 25 atü keine wirtschaftlichen Vorteile mehr bieten. Bei Anwendung der Zwischenüberhitzung dagegen ergab eine Steigerung des Druckes auf 85 bis 100 atü noch einen Gewinn von rund 12 vH gegenüber der 25-atü-Anlage. Im großen und ganzen sind die Anlagekosten bei 85 atü fast dieselben wie bei 25 atü. Der erste 84-atü-Kessel hat 1460 m² Heizfläche. Die Wasserrohre haben 51 mm Außendurchmesser und sind 4·5 m lang. Der Überhitzer liegt zwischen der 7. und 8. Rohrreihe, während der Zwischenüberhitzer für den Abdampf der Hochdruckturbine über dem Rohrbündel des Kessels liegt und eine Temperaturregelung mittels Rauchgasklappen besitzt. Der Kessel wird von einem Unterschubrost beheizt. Die aus einem Stück geschmiedete Kesseltrommel hat einen lichten Durchmesser von 1220 mm und wiegt 45 t. Im Betrieb hat sich keine der befürchteten Schwierigkeiten gezeigt. Die Sicherheitsventile nützen sich nicht stärker ab wie bei niedrigem Druck. Die Stahlgußstücke wurden vor dem Einbau mit Röntgenstrahlen untersucht und poröse Stücke ausgeschieden. Im Betrieb trat keine Schwierigkeit damit auf. Da Speisewasserregler für diese hohen Drücke bisher noch nicht gebaut worden waren, wurde zunächst die Speisung von Hand aus geregelt. Es zeigte sich aber auch im Verhalten des Wasserstandes kein Unterschied gegenüber einer Mitteldruckanlage. Daher wurden nun auch bei dem 84-atü-Kessel Wasserstandsregler eingebaut, die sich gut bewährt haben. Außergewöhnlich war nur das Werfen der Wasserrohre, wobei keine bevorzugte Richtung festgestellt werden konnte. Das hat aber jetzt auch aufgehört. Eine andere Schwierigkeit lag in dem häufigen Verschlacken der untersten Rohrreihe. Es ist dies eine Folge der zu knappen Abstände der einzelnen Rohre voneinander. Die 3150-kW-Turbine (General Electric Co.) ist 20stufig und macht 3600 U/min. Außerhalb der Labyrinthdichtung wurde auch noch eine Kohlenringdichtung angebracht, die sich aber nicht bewährt hat; sie wurde dann durch eine zweite Labyrinthpakkung ersetzt. Nach 1600 Betriebsstunden hat man die Turbine einer eingehenden Untersuchung unterzogen und dabei gefunden, daß die ersten und die letzten zwei Schaufelreihen des Rotors verbogen waren, so als wenn sie gestreift hätten. Da aber an den Düsen und Leitschaufeln nichts zu sehen war, wurden sie wieder ausgerichtet, die Maschine kam wieder in Betrieb und läuft seither anstandslos. Alles in allem hat der hohe Druck keine besonderen Schwierigkeiten gebracht.

Im Jahre 1926 wurde eine Erweiterung des Werkes notwendig. Als günstigste Lösung ergab sich die mit einem Druck von 100 atü. Die Fabrikanten von Überhitzern erklärten zwar, daß sie imstande seien, Überhitzer für Dampftemperaturen von 485° C herzustellen, aber keine Gewähr für die absolute Betriebssicherheit derselben übernehmen könnten. Andererseits ergab sich, daß die stärkste Stahlplatte, die bei Babcock & Wilcox noch geschmiedet werden konnte, einem Druck von rund 100 atü entsprach. Die neuen Kessel wurden daher für diesen Druck ausgelegt. Sie haben mit Rücksicht auf die Erfahrungen mit den ersten Kesseln einen größeren Rohrabstand (127 mm Zwischenraum); es hat sich daher kein Anstand mit der Schlacke mehr ergeben. Die Kessel haben eine Heizfläche von 1400 m² und liefern 120 000 kg Dampf von 385° in der Stunde, und in den Zwischenüberhitzern solchen von 396°. Es sind Ekonomiser und Luftvorwärmer vorgesehen; diese geben eine Lufttemperatur von 200°. Die Roste sind für eine Verbrennungslufttemperatur von 315° gebaut. Mit Rücksicht auf schlechte Erfahrungen mit der Ausmauerung der ersten Kessel wurden nunmehr wassergekühlte Seiten- und Rückwände nach System Bailey[1]) angewendet. Es wurden eine 10 000-kW-Höchstdruck- und eine 65 000-kW- 25-atü-Turbine, beide in je einem Gehäuse aufgestellt. Von den zwei motorgetriebenen und der einen turbinengetriebenen Speisepumpe leistet jede 400 000 kg/St. Jede elektrisch getriebene Pumpe besteht aus einem Satz von vier Pumpen. Die ersten beiden jeder Gruppe sind hintereinandergeschaltet und werden von einem 625-PS-Motor angetrieben. Sie drücken das Speisewasser mit 22·5 atü durch die Hochdruckvorwärmer zu den Saugstutzen der dritten Pumpe. Die dritte und die vierte Pumpe sind wieder hintereinandergeschaltet und werden von einem 2030-PS-Motor angetrieben. Der Druck von 22·5 atü wird durch Drehzahlregelung konstant gehalten, ebenso der Überdruck der Speiseleitung gegenüber dem Dampfdruck im Kessel. Zur Wasseraufwärmung ist die 25-atü-Turbine an drei Stellen angezapft und außerdem noch der Abdampfstutzen der Höchstdruckturbine. Das Wasser wird damit bis auf 216° vorgewärmt. Eine Zwischenüberhitzung mit 84 atü Frischdampf konnte deswegen nicht vorgenommen werden, weil dieser nur eine Sattdampftemperatur von 296° hat. Bei 296° Eintrittstemperatur des 25-atü-Dampfes in die Mitteldruckturbine hätte man aber fast alle wirtschaftlichen Vorteile des Höchstdruckes wieder verloren. Es mußten daher in die Kessel eingebaute Überhitzer verwendet werden.

In Amerika sind bis jetzt ungefähr 5000 m² Heizfläche mit 85 atü und rund 20 000 kW Turbinenleistung mit 85 atü in Betrieb und gegen 17 000 kW in Auftrag. Stip.

(Power, Bd. 67, Nr. 17, 1928.)

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Selbstansaugende Kreiselpumpen haben, wie H. Matthießen und E. Fuchslocher, Kiel, in der soeben erschienenen zweiten Auflage ihres Werkes

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 26, S. 701.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 751.

Digitized by Google

über Pumpen[1]) hervorheben, gegenüber den gewöhnlichen Kreiselpumpen den Vorteil, daß sie ohne vorhergehendes Anfüllen der Pumpe und ihres Saugrohres mit Förderflüssigkeit sofort betriebsbereit sind. Eine Ausführung der AMAG-Hilpert, Nürnberg, beruht darauf, daß auf der Welle einer beliebigen ein- oder mehrstufigen Kreiselpumpe noch eine luftansaugende Wasserringpumpe (Abb. 1) läuft. Deren Kreiselrad hat radiale Schaufeln, es wird von einem exzentrischen Gehäuse umschlossen. Die Seitenwände dieses Gehäuses, sie schließen sich fast spiellos an das Laufrad an, haben

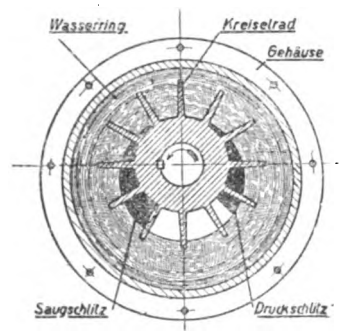


Abb. 1. Luftansaugende Wasserringpumpe.

je einen in Abb. 1 schwarz angedeuteten Saug- und Druckschlitz. Wird das Gehäuse mit Wasser gefüllt, so entsteht bei der Rotation des Kreiselrades unter dem Einfluß der **Fliehkraft** ein Wasserring, dessen Innenoberfläche oben an die Nabe des Rades heranreicht und nach unten einen sichelförmigen Raum innerhalb der Schaufeln bildet. Dieser Raum ist der Arbeitsraum der Luftpumpe; die aus dem Saugschlitz in die einzelnen Radzellen eintretende Luft steht durch den Wasserring unter Wassersperre, wodurch bei der Drehung des Rades eine entsprechende Verdichtung der Luft in der Radzelle stattfindet. Die Saugöffnung dieser Luftpumpe steht mit dem Saugraum der eigentlichen Kreiselpumpe durch einen Hahn in Verbindung, der nur solange offen bleibt, bis die eigentliche Pumpe Wasser erhält. Da bei abgeschalteter Luftpumpe der Wasserring leer mitläuft, da dies mit einem sich in Wärme umsetzenden Arbeitsverlust verbunden ist, wird der Luftpumpe ständig etwas Kühlwasser zugeführt. *β.*

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Blindstromkompensation bei Großabnehmern. Von H. Nissel. Bei an das Niederspannungsnetz angeschlossenen Kleinverbrauchern mit starker Lichtvorbelastung überwiegen die Schwierigkeiten der Blindstromverrechnung[2]) etwaige Vorteile der Einzelkompensation mit Blindstromerzeugung am Verbrauchsort. Die Werke sehen daher auch eine Blindstromklausel meist nur in ihren Hochspannungstarifen für Großabnehmer vor. Hiebei stehen zwei Arten der Verrechnung in Verwendung: mit Zuschlag auf den Arbeits- oder auf den Leistungspreis. Die letztere Verrechnungsart ist gerechter, da ja die Blindstromkosten hauptsächlich die festen Kosten der Erzeugungsanlagen beeinflussen, setzt aber eine Messung mit einem Höchstlastanzeiger für Scheinleistungen voraus. Da solche Instrumente derzeit in Europa noch nicht existieren, müßte eine getrennte Messung des Blind- und Wirkmaximums erfolgen, die zeitlich nicht zusammenfallen müssen, so daß sich ein falsches Bild ergeben kann. Die Elektrizitätswerke ziehen daher meist nur das Wirkmaximum für den Leistungsgrundpreis in Betracht und berücksichtigen den Blindverbrauch durch einen Zuschlag zum Arbeitspreis, wobei $\cos\varphi = 0{\cdot}8$ als Sollwert angenommen wird entsprechend der heute üblichen Auslegung der Generatoren. Bei Leistungsfaktoren oberhalb dieses Wertes erfolgt eine Vergütung im Betrage von 5 bis 10 vH, unterhalb 0·8 eine Mehrforderung von 10 bis 20 vH des Arbeitspreises. Der Großkonsument ist somit interessiert seinen mittleren Leistungsfaktor möglichst hoch zu halten. Vielfach genügt schon ein Ersatz alter, unterbelastet laufender Motoren durch richtig dimensionierte Maschinen bzw. Verwendung eines kleineren Transformators mit geringeren Verlusten für die schwache Nachtbelastung. Eine wesentliche Verbesserung des Leistungsfaktors erfolgt in kleineren und mittleren Anlagen durch Verwendung kompensierter Motoren, die ohne erhöhten Platzbedarf eine unterteilte Kompensation ermöglichen, wobei die Kompensation ohne Verluststeigerung dem Belastungsgrad der Anlage angepaßt werden kann. Bei Maschinen über 100 kW ist der Anbau von Hintermaschinen vorteilhaft. In Betrieben mit vielen kleinen Motoren findet der Phasenschieber vielfach Anwendung, wenn auch bei Verlusten von 6 bis 8 vH die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt sein kann, da ja die Blindlastersparnis nur zu einem Bruchteil des Tarifes in Rechnung gestellt wird, der für die Verlustenergie zur Anrechnung kommt. Vermöge der billigen Anschaffung sind sie meist nur in Betrieben mit kurzer (zum Beispiel achtstündiger) Arbeitszeit wirtschaftlich, während in durchlaufenden (24 stündigen) Betrieben der höhere Anschaffungspreis von Kondensatoren mit ihren geringeren Verlusten gerechtfertigt ist. Solche Kondensatoren bestehen aus dünnen Metallfolien, die unter Zwischenlage mehrerer Schichten Kabelpapieres aufgerollt und zur Erhöhung der Kapazität flach zusammengepreßt sind. Für höhere Spannungen werden mit gutem Erfolg kabelförmige Kondensatoren verwendet[1]). Versuche mit Cellon als Dielektrikum, auf welches Silber chemisch niedergeschlagen wird, sind im Gange. Kondensatoren werden wegen der Proportionalität zwischen Blindleistungsaufnahme und dem Quadrat der Spannung, ferner da die Metallfolien nicht beliebig dünn, die Zahl der Papierzwischenlagen nicht beliebig klein gemacht werden kann, mit fallender Spannung wesentlich teuerer. 1 BkVA bei 6 kV kostet zirka 35 bis 40 Mk., bei 220 V jedoch bereits 65 bis 90 Mk. Trotz ihres hohen Anschaffungspreises können Kondensatoren doch wegen der geringen Verluste (0·7 bis 1·0 vH) bei höherer Benutzungsdauer wegen Entfalls der Wartung, Ersparnis eigener Fundamente und Unabhängigkeit in der Aufstellung wirtschaftlich sein, wozu noch die große Lebensdauer — von der Industrie wird diese gleich der von Kabeln angegeben — kommt. Für große Betriebe wird aber wieder der rotierende Phasenschieber bevorzugt, da bei großen Einheiten die Verluste erheblich niedriger werden und auch der spezifische Preis je kVA sinkt, während der Preis des Kondensators von der Größe der Einheiten weniger abhängt und große Leistungen durch Parallelschalten kleinerer Kondensatoren erzielt werden. —hw—.

(ETZ, Bd. 49, H. 10, 1928.)

Leitungen und Leitungsbau.

Die Belastbarkeit von Höchstspannungskabeln. A. F. Puchstein. Bekanntlich wächst der Ladestrom und damit die Ladeleistung von Hochspannungskabeln sehr bedeutend bei zunehmender Spannung (die Leistung sogar nahezu quadratisch). Wenn man daher mit Hilfe von Höchstspannungskabeln Übertragungen auf größere Entfernungen vornehmen will, dann muß diese Scheinleistung kompensiert werden, weil sie sonst zu groß wird[2]) Nach einem von Bradley schon vor etwa 30 Jahren gemachten Vorschlag (der überdies in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren wieder aufgegriffen worden ist.

[1]) Die Pumpen, ein Leitfaden für höhere Maschinenbauschulen und zum Selbstunterricht. Von Dipl.-Ing. Prof. H. Matthießen und Dipl.-Ing. E. Fuchslocher. Kiel, zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 91 S., 16 × 21 cm, mit 150 Textabb., Berlin 1928, Verlag von Julius Springer. Preis brosch. Mk. 2·90. — Vgl. die Besprechung der Erstauflage in E. u. M. 1923 S. 632. (Bibl. Nr. 3747.)

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Das El.-Werk, S. 13, 72.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 469.

[2]) Vgl. Petersen, E. u. M. 1928, Heft 29, S. 777

Digitized by Google

d. Ref.)[1]), sollen Impedanzen quer zu den Kabelleitungen geschaltet werden; nach dem Vorschlag von S. P. Tompson, kann diese Anordnung auch in das Schwachstromgebiet übertragen werden[2]). Wenn man nun für ein und dieselbe Leitung, bestehend aus drei Einleiterkabeln nach der kürzlich verlegten Pirelli-Type[3]) das eine Mal annimmt, daß keinerlei Impedanzen eingeschaltet sind, das zweite Mal, daß solche in einem solchen Ausmaße quer zur Leitung geschaltet sind, daß sie die Ladeleistung eben kompensieren, und das dritte Mal die gleiche Annahme bei in Serie geschalteten Impedanzen macht, (analog dem Vorschlag Pupins), dann zeigt es sich, daß eine Übertragung nach Art der ersteren nicht durchführbar ist, weil die Ladeleistung allein, also etwa bei offenem Ende, viel mehr Strom erfordern würde, als es die Strombelastbarkeit des Kabels zulassen würde. Der Fall der quer geschalteten Impedanzen gibt eine durchaus mögliche Lösung, während, nach den Berechnungen des Autors, das „Pupinisieren" der Leitung im allgemeinen deshalb keine vollständige Lösung gibt, weil an gewissen Stellen der Leitung übergroße Ströme auftreten. Konst.

(El. World, Bd. 91, Nr. 14, 1928.)

Das Fernsprechkabel III Deutschland—Schweden 1927 besprechen Ew. Müller, Berlin, und Arvid Holmgren, Stockholm. Nachdem die beiden 1919 und 1921 zwischen Deutschland und Schweden ausgelegten Krarup-Seekabel[4]) mit zwei Leiterpaaren, bzw. mit drei sternverseilten Vierern und drei Telegraphenleitungen den Anforderungen des Betriebes nicht mehr genügten, beschlossen die deutsche und die schwedische Telegraphenverwaltung im Jahre 1926 die Schaffung einer gemeinsamen dritten Fernsprechkabelverbindung, die allen neueren Anforderungen auch im Sinne der Leitsätze des CCI entsprechen sollte. Die Landungspunkte für das neue Seekabel waren durch die älteren Kabel bei Zarrenzin auf deutscher und bei Kämpinge auf schwedischer Seite bestimmt; durch anschließende Landkabel sollte die Verbindung mit den Verstärkerämter Stralsund und Malmö hergestellt werden.

Zur Ausführung wurde eines der von der Firma Felten und Guilleaume, Carlswerk A. G. in Köln-Mühlheim angebotenen Kabel mit Pupin-Spulen-Ausrüstung bestimmt. Die Kabelseele besteht sowohl beim See-, als bei den Landkabeln aus 12 sternverseilten Vierdrahtgruppen, jede Ader aus einem massiven Rundkupferdraht von 1·5 mm Durchmesser, der spiralförmig mit einer Papierkordel und darüber mit 2 Lagen Papierband umwickelt ist. Jede Sternvierergruppe ist mit 2 Papierbändern in offener Spirale und darüber mit einem metallisierten Papierband geschlossen umgeben. Letzteres dient als elektrostatischer Induktionsschutz und ist mit Hilfe eines um die Kabelseele unmittelbar unter dem Bleimantel gelegten Nesselbandes, in das Kupferfäden eingewebt sind, mit dem Bleimantel verbunden, so daß es mit diesem das gleiche Potential hat. Drei Vierer bilden den Kern, neun Vierer die Außenlage der Kabelseele, deren Durchmesser etwa 29·5 mm beträgt. Über dem Bleimantel ist, bei den See- und den Landerdkabeln, eine Eisendrahtbewehrung angebracht, welche bei etwa 3·3 km Landröhrenkabeln fehlt. Die wirklichen Kabellängen nach der Verlegung betragen bei dem deutschen Landkabel 16·5 km, beim Seekabel 117·2 km und beim schwedischen Landkabel 27·1 km, im Ganzen also rund 160·8 km. Auf der ganzen Strecke zwischen den Verstärkerämtern Stralsund und Malmö sind 73 Spulenpunkte mit je 24 Pupinspulen — der Zahl der Doppelleitungen entsprechend — enthalten. Deren Kerne sind aus gepreßtem Eisenpulver hergestellt[5]), die Spulenkasten entsprechen der bei der deutschen Reichspost für ihre Landkabellinien allgemein eingeführten Bauform und Einrichtung. Die in das Kabel eingefügten Spulenstücke sind nach einer von der Lieferfirma ausgebildeten und erprobten Ausbauweise zusammengesetzt, die sich auf einen ausreichend starken Bleimantel als Hauptschutz gegen das Eindringen des Seewassers stützt.

Messungen am Kabel während seiner Erzeugung, bei Abnahme der einzelnen Teilstrecken, endlich nach Auslegung und Verspleißung des in zwei Teilen verlegten Seekabels und bei der Schlußabnahme der Gesamtkabelstrecke Stralsund-Malmö ergaben: Spezifische Dämpfung bei 800 Hertz 0·0151, bei 2500 Hertz 0·0164, die Dämpfung des ganzen Verstärkerfeldes demnach bei diesen Frequenzen 2·44, bzw. 2·64 Neper, die Verzerrung innerhalb dieser Grenzen nur 0·2 Neper = 8 vH. Übersprechdämpfung zwischen Paaren desselben Vierers im Mittel 10·9 Neper, Nebensprechdämpfung zwischen Paaren verschiedener Vierer im Mittel 13·2 Neper.[1])

Bei der Kabellegung durch den Kabeldampfer „Norderney" der Norddeutschen Seekabelwerke, August 1927, mußte das Kabel an der deutschen Küste kurz nach Herstellung der Spleißung mit dem deutschen Küstenkabel infolge des heftigen Seeganges geschnitten und an eine größere und eine kleinere Boie angekettet in das Wasser gelassen werden. Das schwedische Landkabel war noch vor Herstellung des Seekabelweges, das deutsche Landkabel jedoch erst nach dem Seekabel im Oktober 1927 ausgelegt worden.

Das neue Kabel ist zunächst für folgende Vierstromwege bestimmt: 2 Leitungen Berlin—Stockholm und je 1 Leitung Berlin—Oslo, Berlin—Göteborg, Hamburg—Stockholm, Hamburg—Oslo, Malmö—London, Malmö—Amsterdam, Malmö—Paris; drei Sprechkreise bleiben noch zur Verfügung. Eine der beiden Leitungen Berlin—Stockholm ist bereits Mitte Dezember 1927 auf das neue Kabel geschaltet worden, die anderen Leitungen werden in nächster Zeit nach und nach gleichfalls dem Betriebe übergeben werden. Dr. Ste.

(Europäischer Fernsprechdienst, Heft 7, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Zur Elektronentheorie der Metalle äußert sich A. Sommerfeld[2]). Die zu keinem Erfolge führende statistische Behandlung der Annahmen von Drude und H. A. Lorentz wurde durch eine neue Statistik auf dem Boden der Schrödingerschen Wellenmechanik[3]) und des Prinzips von Pauli, wonach innerhalb eines jeden Systems, zum Beispiel der Gesamtheit der freien Elektronen eines Metalls, jeder Quantenzustand nur einmal vorkommen darf, ersetzt. Die freien Elektronen sind daher ähnlich gequantelt, wie die akustischen Eigenschwingungen in einem Resonator und die Quantenzahlen sind den Knotenzahlen dieser Eigenschwingungen analog. Bei Temperaturen unter 10000° sind daher die Zustände mit kleinen Quantenzahlen voll besetzt und das „Elektronengas" ist als „entartet", das heißt in seinen Bewegungsmöglichkeiten durch das Paulische Prinzip beschränkt, zu betrachten. Bis zu einer gewissen oberen Grenze sind alle Geschwindigkeiten des Elektrons gleich wahrscheinlich.

1. Die mittlere Geschwindigkeit des Elektronengases und ihre De Broglie'sche Wellenlänge. Abb. 2 zeigt den Unterschied zwischen der Maxwellschen (Kurve I) und der neuen Geschwindigkeitsverteilung (Kurve II); die Geschwindigkeiten v sind als Abszissen und ihre Wahrscheinlichkeiten f als Ordinaten aufgetragen. $\bar{v}$ ist die „Halbwertsgeschwindigkeit" nach Fermi;

$$\bar{v} = (3n^2 4\pi G)^{1/3} \cdot h/m;$$

(n = Elektronenzahl je cm³, m = Elektronenmasse, h = Planck'sche Konstante, G = statistisches Gewicht eines individuellen Quantenzustandes; für das Elektron

[1]) Barkhausen, Zeitschr. f. techn. Physik, 1921, 311; vgl. E. u. M. 1922, S. 29. Meurer, Höchstspannungstagung, Essen, 1926, S. 53.

[2]) Vgl. Z. f. El. Wien, 1901, S. 397, 413.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 468, 1928, S. 948.

[4]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 161.

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1022.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 3, S. 74.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1928, H. 24, S. 500.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1020.

Digitized by Google

mit Drall parallel oder antiparallel zu einem bestehenden Magnetfelde ist $G = 2$.) Die mittlere Geschwindigkeit v_m ist durch $E_0 = {}^1/_2 . m v_m^2$ gegeben. (E_0 = Nullpunktsenergie, nahe gleich der Energie bei allen endlichen Temperaturen; $E_0 = 0{\cdot}6 . {}^1/_2 . m \bar{v}^2$) Die Geschwindigkeiten $\bar{v}$ und v_m sind von der Temperatur unabhängig. Die Wellenlänge λ des zur Elektronengeschwindigkeit $\bar{v}$ gehörigen Wellenzustandes ist nach De Broglie:

$$\lambda = h/m\bar{v} = (8\pi/3n)^{1/3}.$$

Da $1/n = a^3$ das als Würfel von der Seite a vorstellbare Volumen je Elektron darstellt, so ist auch $\lambda^3 = 2 . 4\pi a^3/3$, das ist gleich dem Doppelten des Inhaltes der Kugel vom

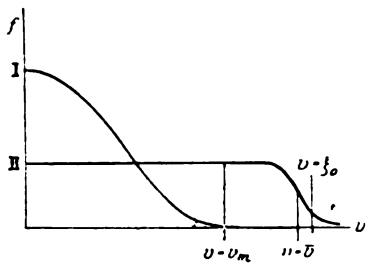


Abb. 2.

Radius a. Die Größe a entspricht der Gitterseite eines regulären Metallkristalls und ist gleich einigen Ångströmeinheiten; λ ist etwa doppelt so groß, zum Beispiel für Silber gleich 5·3 Å; die Elektronenwellen entsprechen also sehr weichen Röntgenstrahlen. Durch die Einführung von λ vereinfachen sich die Formeln für die elektrische und thermische Leitfähigkeit, den Thomson- und Peltiereffekt usw.

2. Der Richardson- und Voltaeffekt. Nach Richardson erfordert der Austritt der Elektronen aus dem Metall die Überschreitung einer Grenzgeschwindigkeit ξ_0, ist also mit der „äußeren Austrittsarbeit" $W_a = {}^1/_2 . m \xi_0^2$ verbunden. Das Fermische Verteilungsgesetz fordert

$$f = \frac{1}{1 + e^{\varepsilon/kT/A}}$$

($\varepsilon = {}^1/_2 . m v^2$, e = Basis der natürlichen Logarithmen, A = Konstante) und liefert für $A >> 1$ die von Dushmann, Laue und Schottky aufgestellte Emissionsstromformel[1]):

$$I = (4\pi e m/h^3) . (kT)^2 . e^{-(W_a - W_i)/kT}; \quad W_i = {}^1/_2 . m\bar{v}^2.$$

Für $A << 1$ geht es in das Maxwellsche Verteilungsgesetz $f = A . e^{-\varepsilon/kT}$ über, aus dem die Richardsonsche Formel[1])

$$I = (e . n/\sqrt{2\pi m}) . (kT)^{1/2} . e^{-W_a/kT}$$

folgt. Die „innere Austrittsarbeit" W_i ist kleiner als W_a, daher $\xi_0 > v$, weil sonst alle Elektronen das Metall verlassen würden; ξ_0 liegt daher auf dem exponentiellen Abfall der Verteilungskurve, welcher Maxwellschen Charakter besitzt, den Richardson aus den gemessenen Geschwindigkeiten der austretenden Elektronen richtig, aber natürlich ohne Präjudiz für die im Metall verbleibenden Elektronen, gefolgert hat. Im Innern des Metalls werden die positiven Ionen durch die zwischenliegenden Elektronen großenteils neutralisiert, was auf der Außenseite der Oberfläche nicht der Fall ist; die nicht neutralisierte Anziehungskraft der positiven Oberflächenionen ersetzt gewissermaßen die Wand eines Gefäßes, in welchem das Elektronengas bei einem W_i entsprechenden Drucke von Hunderttausenden von Atmosphären eingeschlossen erscheint. Diese Gefäßwand hat jedoch schwache Stellen, aus denen nach den Beobachtungen von Lilienfeld, Millikan und Eyrings Elektronen auch bei geringerer Austrittsarbeit als W_a austreten können. Da der Druck im Metallinneren fast temperaturunabhängig ist, ist dies auch der so bei niedrigerer Temperatur durch ein äußeres Feld erzielte Elektronenstrom. Wäre für den Voltaeffekt V_{12} zwischen zwei Metallen 1 und 2 der Binnendruck allein maßgebend, so wäre $e . V_{12} = W_{i2} - W_{i1}$. Dies liefert aber das verkehrte Vorzeichen für die bekannte Spannungsreihe und zwingt daher zur Berücksichtigung von W_a nach der folgenden, den Beobachtungen entsprechenden Formel:

$$e . V_{12} = (W_{a1} - W_{i1}) - (W_{a2} - W_{i2}).$$

Dagegen führt die Berücksichtigung von W_a bei den thermoelektrischen Erscheinungen auf Widersprüche. Sommerfeld unterscheidet deshalb beim Voltaeffekt zwischen dem Innenwert $V_i = W_i/e$ des Potentials und dem Außenwert V_a entsprechend $V_i - V_a = W_a/e$; letzterer kommt deshalb in Betracht, weil sich die Metalle nicht vollkommen innig, sondern nur über eine nichtmetallische Zwischenschicht berühren. Bei den thermoelektrischen Erscheinungen wird jedoch durch die „Lötstelle" ein viel innigerer Kontakt vermittelt, so daß nur V_i in Betracht kommt. Für die elektrische Leitfähigkeit σ findet der Verfasser

$$\sigma = (8\pi/3) . e^2 l(\bar{v})/h\lambda^2.$$

Hierin ist $l(\bar{v})$ die von der Geschwindigkeit $\bar{v}$ abhängige freie Weglänge eines mit dieser Geschwindigkeit bewegten Elektrons. Beim Hall- und Nernsteffekt liefert die Fermische Statistik nichts Neues.

3. Wellenmechanische Theorie der Leitfähigkeit, ihrer Temperatur- und Druckabhängigkeit. An den nach Schrödinger die Elektronenschichten der in Gitterstruktur verteilten Atome vertretenden Atmosphären von der „effektiven Ausdehnung" b, innerhalb deren die Dichte um $1/e$ abnimmt, werden die De Broglie wellen der freien Elektronen in angebbarer Weise gebeugt, und zwar nach Houston ähnlich wie Röntgenstrahlen. Wegen $\lambda > a$ bildet sich nur die von Laue bei Röntgenstrahlen beobachtete kontinuierliche Untergrundstrahlung aus, die von Debye berechnet wurde. Die Forderung, stationärer Verteilung der Elektronen liefert eine Gleichgewichtsbedingung, aus deren Vergleich mit jener für die Korpuskularauffassung das wellenmechanische Analogon der freien Weglänge

$$l = (C/z^2 d) . [A^2 v^2/H(c)] . \Theta/\Phi(x)$$

hervorgeht. (C = Konstante, A = Atomgewicht, d = Dichte des Metalls, Θ = Debyesche charakteristische Temperatur, z = Anzahl der freien Elektronen je Atom.) Die Funktionen $H(c)$ und $\Phi(x)$, sowie die Konstante C sind

$$H(c) = \int_0^1 u^3 d u/(u + c)^2; \quad c = (\lambda/4\pi b)^2;$$

$$\Phi(x) = (1/x^2) . \int_0^x \xi d\xi/(e^\xi - 1); \quad x = \Theta T;$$

$$C = k/24\pi e^4 . L^2.$$

(T = absolute Temperatur, k = Boltzmannkonstante, e = Elektronenladung, L = Loschmidsche Zahl.) $T >> \Theta$ liefert $\Phi(x) = 1/x$, die bekannte Proportionalität des spezifischen Widerstandes mit T. Für tiefe Temperaturen $T << \Theta$ wird $\Phi(x)$ proportional $(1/x)^5$. Tabelle 1 vergleicht die von Grüneisen für Gold beobachteten mit den wie oben berechneten Werten $r = R_T/R_{273}$.

Tabelle I.

T =	20	68	90	169	273	373	513	773°
$r_{ber.}$ =	0·017	0·170	0·241	0·560	1·00	1·42	2·26	3·12
$r_{beob.}$ =	0·008	0·177	0·270	0·592	1·00	1·40	2·24	3·16

Bridgman fand ferner bei Kalium zwischen 1 und 12 000 at eine Änderung der Leitfähigkeit von $187 . 10^{-6}$ je at, während die obige Theorie $115 . 10^{-6}$ liefert. Der stark von b abhängige absolute Widerstandswert wird von Houston mit $b = {}^1/_4$ Gitterabstand und für ein freies Elektron je Atom berechnet, wie folgt:

Tabelle II.

Metall	Li	Cu	Ag	Au	Al	Pb	Fe	Ni	Pt°
Θ	231	332	214	168	403	73	472	439	228
$\sigma_{ber.} \times 10^{-17}$	0·10	2·4	1·3	1·4	1·3	0·22	4·9	5·5	3·1
$\sigma_{beob.} \times 10^{-17}$	1·06	5·8	6·0	4·4	3·6	0·47	1·00	1·14	0·90

[1]) Vgl. E. u. M. 1924, S. 376; „Die Radiotechnik" 1928, H. 4, S. 40.

Digitized by Google

Die beobachteten und berechneten Werte zeigen links vom Strich ähnlichen Gang; dieser setzt sich auch rechts vom Strich fort, wenn man annimmt, daß nicht nur eines, sondern alle Außenelektronen, das sind 2 bei Pb, 6 bei Fe, 8 bei Ni und Pt frei geworden sind. Mit $b = 1/6$ Gitterabstand kommt man den beobachteten Werten näher; vorläufig soll nur die Übereinstimmung der Größenordnung (Faktor 10^{-1}) betont werden.

4. Die Richtungsabhängigkeit der Leitfähigkeit und Thermokraft von Einkristallen. Die Leitfähigkeit von Einkristallen wurde von Grüneisen[1]) an hexagonalem Cd und Zn beobachtet. Die Wellenmechanik vermag auch die hier beobachtete Anisotropie zu erklären. Beziehen sich $\sigma_\perp$ und $\sigma_\parallel$ auf die Richtung zur Hauptachse, so ist: $\sigma_\perp/\sigma_\parallel = 1{\cdot}4$ (ber.); 1·2 (beob.). Ferner treten zwischen parallel und senkrecht zur Hauptachse geschnittenen Teilstücken desselben Einkristalls Thermokräfte auf, die nach Beobachtungen von Bridgman, sowie Grüneisen-Gönss[1]) bei Cd für 0° C etwa 3.10^{-6} V/° C, dagegen nach Houston berechnet $0{\cdot}5.10^{-6}$ V/° C betragen. R. H.

(Die Naturwissenschaften, H. 21, 1928.)

Chronik.

Otto Bondy, einer der Pioniere in der Fabrikation elektrischer Kabel, ist vor Kurzem hier im Alter von 83 Jahren verstorben.

Bereits im Jahre 1885 hat Bondy die Fabrikation seidenumsponnener Drähte in einem kleinen Betriebe aufgenommen. Als dann im Jahre 1888 das Unternehmen in einer eigenen Fabriksanlage in die Penzingerstraße übersiedelte, erzeugte Bondy dort als Erster in Österreich-Ungarn Leitungen vulkanisierte Gummiadern; durch diese gewaltige Umwälzung in der Herstellung isolierter Leitungen hat er den Grundstein zur österreichischen Kabelfabrikation gelegt. Durch die von ihm im Jahre 1893 gegründete Bleikabelfabrik schuf er die Grundlage für die Weiterentwicklung des Unternehmens, welches aus eigener Kraft und gestützt auf seine ständigen Forschungen die Fabrikation von Bleikabel für Schwachstrom und Starkstrom den technischen Fortschritten entsprechend ausgestalten konnte. Sowohl die Stammfabrik in Wien als auch die in Preßburg errichtete Kabelfabrik hat unter seiner Leitung eine weit über den Rahmen der Heimat hinausgehende Bedeutung erlangt.

Alle, die den wahrhaft großzügigen und ungewöhnlich kunstverständigen und kunstliebenden Mann kannten, werden ihm ein ehrendes Angedenken bewahren.

Sondertagung der Weltkraftkonferenz über Wasserkraftausnützung, Barcelona, Mai — Juni 1929. Die Weltkraftkonferenz, eine internationale Institution von immer wachsender Bedeutung, wird in rascher Folge nach der diesjährigen Londoner Brennstofftagung[2]) im Mai—Juni nächsten Jahres in Barcelona eine Sondertagung abhalten, bei welcher ausschließlich Fragen der Ausnützung der Wasserkräfte behandelt werden sollen.

Für Österreich als Wasserkraftland ist diese Tagung von ganz besonderem Interesse und es kann daher auch eine rege Beteiligung unserer Fachkreise an der Tagung, die in die Zeit der Barcelonaer internationalen Ausstellung fällt, erwartet werden. Besonders erwünscht wäre es, wenn sich Österreich — sowie bei den bisherigen Tagungen der Weltkraftkonferenz — auch durch Vorlage von Referaten rege beteiligte.

Das vom Exekutivrat der Weltkraftkonferenz genehmigte Programm der Tagung umfaßt folgende Beratungspunkte:

A) Allgemeine hydrologische Probleme.

a) Die Erforschung der Gewässer, Beobachtungsmethoden und ihre Vereinheitlichung.

b) Wichtigkeit und Auswahl der erforderlichen Erhebungen. Einfluß der hydrologischen Charakteristika in verschiedenen Ländern, zum Beispiel bei großer und kleiner Niederschlagshöhe.

c) Grenzen der Ausnutzung. Vorsorge für Hoch- und Niederwasserzeiten.

d) Allgemeine Flußüberwachung. Bauten für die Ausnützung der Wasserkraft und Schutzbauten. Regulierung der Flüsse. Verschiedene normale Ausführungen und ihre Anwendungsbedingungen.

B) Techische Probleme der Wasserkraftnutzung.

a) 1. Die Arbeit des Ingenieurs. Konstruktion, Bau und Betrieb großer Stauwerke, Wahl der Typen und Berechnungsgrundlagen. 2. Abschluß-, Entlastungs- und Wasserstandskontrollvorrichtungen. Automatische Einrichtungen. 3. Druckrohrleitungen. Berechnungsgrundlagen. 4. Bauten in gipshaltigem Boden. Erfahrungen bei der Anwendung nichtangreifbarer Materialien oder bei speziellen Maßnahmen.

b) Ausführung der Bauten. Studien über zusammengesetzte Baustoffe, insbesonders hinsichtlich der Mischungsverhältnisse; ihr Einfluß auf die Festigkeit, die Dauer und die Wasserdichtigkeit der Bauten.

c) 1. Die Erhaltung der Bauwerke. Einfluß der Stauwerke und Kanäle auf den Transport und die Ablagerung fester, von den Flüssen mitgeführter Stoffe. 2. Anladungen und Unterwaschungen an Dämmen; ihre Bedeutung und die wirksamsten Mittel zu ihrer Bekämpfung. 3. Entfernung der festen Stoffe, um Abnutzung oder Unfälle an den Maschinen zu vermeiden.

C) Ökonomische und finanzielle Probleme.

a) Rentabilität der Ausnutzung der Wasserkräfte zur Energieerzeugung in verschiedenen Ländern.

b) Zunehmende Entwicklung des Stromverbrauches. Die besten Wege zur Vergrößerung des Stromverbrauches.

c) Staatliche Einflußnahme auf Unternehmungen zur Ausnutzung der Wasserkraft. Verschiedene Formeln, betreffend die hydraulischen Grundlagen, administrative und politische Organisation in verschiedenen Ländern.

d) Ökonomische Beziehung zwischen industrieller und landwirtschaftlicher Ausnützung; die Elektrizität in der Landwirtschaft.

D) Rechtliche Probleme.

a) Die Auswirkung der grundlegenden Unterschiede zwischen trockenen und feuchten Ländern in der Gesetzgebung, mit einem Ausblick auf den höchsten erreichten Nutzen.

b) Internationale Flüsse. Rechtsgrundsätze für ihre Ausnützung zu Kraftzwecken.

c) Austausch der Energie zwischen Ländern. Gegenwärtige Lage und Nützlichkeit internationaler Gesetzgebung auf diesem Gebiete.

E) Schutzmaßnahmen und Verteidigungsarbeiten.

a) Schutz der Ufer, Bauobjekte und Kanäle. Wichtigkeit der Modellversuche.

b) Hochwasserprobleme. Vorgeschlagene Lösungen und Behandlung der Frage vom technischen, ökonomischen und sozialen Standpunkt.

Für die der Tagung vorzulegenden Referate wurden Richtlinien aufgestellt, die im folgenden wiedergegeben sind:

1. Alle Berichte werden in Spanien unter der Aufsicht des spanischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz gedruckt und werden für die Delegierten und Teilnehmer vor der Tagung erhältlich sein.

Nach der Tagung werden die Berichte samt der darüber geführten Diskussion vom Komitee in einem oder mehreren Bänden unter dem Titel: „Transactions of the World Power Conference, Sectional Meeting, Barcelona 1929" publiziert werden.

2. Es wird unterschieden zwischen:

a) Berichten, welche von Autoren in den verschiedenen Ländern über Auftrag oder über Initiative der betreffenden Nationalkomitees oder von Mitgliedern des internationalen Exekutivrates der Weltkraftkonferenz geliefert werden (Länderberichte, National Papers).

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 269.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 255.

Digitized by Google

b) Berichten, welche von den vom spanischen Nationalkomitee bestellten Generalberichterstattern geliefert werden, und welche ein Summarium aller vor dem 1. Jänner 1929 unter den entsprechenden Titeln des technischen Programmes vorgelegten Berichte enthalten (Berichte der Berichterstatter „Reporters" Paper). Diese Berichte werden auch jene Gegenstände bezeichnen, über die eine Diskussion zu eröffnen wünschenswert erscheint.

3. Länderberichte werden zur Vorlage bei der Tagung nur dann angenommen, wenn sie von einem Nationalkomitee oder einem Mitgliede des Internationalen Exekutivrates der Weltkraftkonferenz eingebracht werden. In Ländern, wo dieser Bedingung nicht entsprochen werden kann, werden Berichte auch von Einzelpersonen angenommen, insbesondere solche Beiträge über Probleme im Rahmen des technischen Programmes, welche der Gegenstand besonderer Untersuchungen gewesen sind.

4. Jedes Land soll zu jedem Titel des technischen Programmes nur einen Länderbericht liefern; diese Länderberichte können von einem oder von verschiedenen Autoren herrühren. Ein Bericht kann alle Unterabteilungen eines der fünf Haupttitel des technischen Programmes behandeln oder auch nur einige von ihnen.

5. Die Länderberichte sollen nicht über 7500 Worte lang sein. Der für Klischees verfügbare Raum ist mit 1000 cm² und die maximale Größe für Photographien, Zeichnungen usw. mit 10×18 cm festgesetzt.

6. Die Länderberichte sollen in englischer, französischer, deutscher oder spanischer Sprache geschrieben und von einem Resumée (nicht mehr als 500 Worte) in einer der drei nicht für den Bericht selbst verwendeten Sprachen begleitet sein. Die Berichte sollen nichts enthalten, was als Reklame angesehen werden könnte, sie sollen vor der Konferenz nicht anderswo publiziert worden sein.

7. Mit Ausnahme der mathematischen Symbole und Formeln, die von Hand geschrieben sein sollen, soll der Text der Berichte mit der Maschine mit doppeltem Spatium geschrieben sein, wobei nur eine Seite des Papieres zu verwenden ist, und es sollen zwei Exemplare dem Sekretariat des spanischen Nationalkomitees nicht später als bis 1. Jänner 1929 zugesendet werden.

8. Hinweise und Fußnoten, die im Text der Berichte gedruckt werden sollen, sind in den Schreibmaschinkopien unmittelbar unter die Zeile, auf welche sie sich beziehen, zu setzen, das heißt zwischen diese und die nächstfolgende Zeile. Die Titel der Photographien und Zeichnungen sollen mit der Maschine geschrieben und auf die Rückseite aufgeklebt sein.

9. Die Photographien müssen klare, zur Reproduktion ohne Retouche geeignete Bilder sein. Die Zeichnungen sind mit Tusch auf weißem Papier anzufertigen; Beschriftung in vollen schwarzen Buchstaben. Zeichnungen, die beim Druck verkleinert werden sollen, sind in etwa doppelter (linearer) Größe anzufertigen. Die Linien sind klar und scharf und verhältnismäßig stärker auszuziehen, um die Reduktion zu ermöglichen.

10. Die in den Berichten verwendeten Symbole sollen, soweit als möglich, die international anerkannten sein. Jeder Autor wird im besonderen ersucht, die in seinem Berichte verwendeten Einheiten klar festzulegen; das metrische System wird anempfohlen.

11. Die Autoren erhalten keinen Probeabzug ihrer Berichte vor der Publikation der vor der Konferenz erhältlichen Exemplare. Es wird ihnen jedoch bis 31. August 1929 Gelegenheit gegeben sein, kleinere Korrekturen in ihren, den „Transactions" einzuverleibenden Berichten anzubringen. Bei größeren, von ihnen selbst vorgeschlagenen Korrekturen werden sie zur Zahlung der hiedurch hervorgerufenen Auslagen verhalten werden.

12. Die offiziellen Delegierten, deren Zahl für jedes Land zehn nicht übersteigen soll, haben das Recht, ein Exemplar jedes Berichtes, an dem sie interessiert sind, kostenfrei zu beziehen. Andere Teilnehmer haben die von ihnen verlangten Berichte zu bezahlen.

Es ergeht somit an alle Fachkreise die Aufforderung, sich an der Barcelonaer Wasserkrafttagung 1929 durch persönliche Teilnahme und durch Vorlage von Referaten im Rahmen des oben wiedergegebenen Programmes rege zu beteiligen.

Anmeldungen nimmt das Österreichische Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz, Wien I, Wipplingerstraße 7, II. Stock, Tür 14 entgegen.

Ehrenbürger der Technischen Hochschule Wien. Bei der am 17. d. M. erfolgten Inauguration des Rektors für das Studienjahr 1928/29, Ing. Dr. Friedrich Hartmann, wurden eine Anzahl hervorragender Techniker durch die Verleihung der Würde eines akademischen Ehrenbürgers der Technischen Hochschule ausgezeichnet, darunter die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereines in Wien: die Herren Ministerialrat Prof. Dr. Max Jüllig, Wien, Kommerzialrat Johann Kremenezky, Wien und Geheimrat Oskar von Miller, München, die ersteren beiden Ehrenmitglieder des Elektrotechnischen Vereines in Wien.

Elektrische Fernmeldetechnik. Die Antrittsvorlesung von Prof. Ing. E. F. Petritsch an dieser neu errichteten Lehrkanzel[1]) findet am Montag, 26. November d. J., um halb 10 Uhr vormittags im Hörsaal III des Elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule in Wien statt.

Literaturberichte.

3755 **Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik.** Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein E. V. — 1. Band, 98 Seiten und 99 Abb. Verlag von J. Springer, Berlin, 1928.

Schon vor Jahren wurde im Ausschuß des Elektrotechnischen Vereins die Anregung laut, die Geschichte der Elektrotechnik durch Behandlung einzelner Gebiete darzustellen. Als Ergebnis der Beratungen ist nunmehr der erste Band erschienen, welcher als Hauptteil die vortreffliche Arbeit von L. Schüler „Die Geschichte des Transformators" enthält. Der Ursprung des Transformators ist in der Entdeckung der Induktion durch Faraday und Henry im Jahre 1831 gelegen, welche zur Erfindung des Funkeninduktors durch Rühmkorff (1855) führte. War dieser noch kein richtiger Transformator, so gab zu seiner Entwicklung die Entstehung der ersten Wechselstrommaschine der französischen Gesellschaft Alliance (1857) Anstoß, wenn es sich auch zunächst eigentlich nur um Drosselspulen zur „Teilung des elektrischen Lichtes", vorwiegend zum Reihenbetrieb der Jablochkoffschen Kerzen, handelte. In der weiteren Entwicklung sind Gaulard und Gibbs erheblich beteiligt, welche bereits 1882—84 bedeutende Lichtanlagen mit Spannungen bis 2500 V, mit Entfernungen über 30 km und mit primär reihengeschalteten Transformatoren bauten. Die wichtigste Etappe der Entwicklung fällt in die ersten 80er Jahre und ist durch die Namen Blathy, Déri und Zipernowsky, die Elektriker der Firma Ganz & Co gekennzeichnet. Déri erkannte zuerst klar die Hauptbestimmung der Transformatoren, die Knotenpunkte eines Hochspannungsnetzes zu bilden, dessen Spannung allenorts annähernd gleich ist. Aber auch die konstruktive Entwicklung ist zum großen Teil der unermüdlichen Arbeit dieser drei Männer zu danken. Im Jahre 1885 wurden bereits in vielen europäischen Werken Transformatoren gebaut. In Amerika hatte die Firma Westinghouse die Patente von Gaulard und Gibbs, dann auf jene von Déri, Blathy und Zipernowsky übernommenen und setzte 1895 mit einer erfolgreichen Propaganda für das Wechselsystem ein. Die theoretische Erforschung des Transformators ist an die Namen, Kapp und Dolivo-Dobrowolsky geknüpft und es war deshalb ein trefflicher Gedanke des Verfassers, zwei klassische Arbeiten dieser Männer in das Bändchen aufzunehmen: Den Vortrag Kapps im Jahre 1888, in welchem er in seiner bekannt geistreichen Weise das Diagramm, die Form und die Verluste im Transformator aufdeckte, und den meisterhaften Vortrag Dovilo-Dobrowolskys, in wel-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 25, S. 622.

Digitized by Google

chem er 1892 den Wirkungsgrad des Transformators das erstemal klar darstellte. Die letzte Abteilung des Bandes bilden „Beiträge zur Geschichte des Elektrizitätszählers", welche W. Stumpner in einer gar zu knappen Darstellung lieferte. Der Gegenstand enthält eine solche Fülle geistvoller Arbeit, daß ihm wohl ein eigenes Heft der „Einzeldarstellungen" gebührt hätte. — Das besprochene Werk wird jedem Elektrotechniker Freude machen und Anregung bieten.

Dr. Horschitz.

3432 **Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen.** Band II 1926/27. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski. 202 Seiten mit zahlreichen Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1928. Preis Mk. 12·—.

Dem ersten Bande[1]) dieser zusammenfassenden Veröffentlichungen ist nun der zweite gefolgt, welcher wieder durch Inhalt und Umfang die fruchtbringende Arbeit am Elektrotechnischen Institut in Aachen zeigt. Die meisten der im zweiten Bande zum Wiederabdruck gebrachten Arbeiten wurden in dieser Zeitschrift bereits besprochen und es sei bezüglich derselben auf diese Berichte verwiesen.

Fast alle Aufsätze liegen auf Gebieten, die dem Institutsleiter, Prof. W. Rogowski, besonders nahestehen, und verdanken wohl viel seiner Anregung. Hervorzuheben sind vor allem zwei Arbeiten Rogowskis selbst, über „Townsends Theorie und den Durchschlag der Luft bei Stoßspannung"[2]) und über „Molekulare und technische Durchschlagfeldstärke fester elektrischer Isolatoren"[3]). Der größte Teil des Bandes enthält ferner die bekannten, bedeutenden Untersuchungen mit dem Kathodenstrahlenoszillographen, vor allem die groß angelegte Arbeit von W. Rogowski, E. Flegler und R. Tamm „Über Wanderwelle und Durchschlag", welche durch die darin wiedergegebenen klaren, neuen Aufnahmen mit dem Kathodenoszillographen den Grundstein zu zahlreichen zukünftigen wichtigen Arbeiten, von denen manche ja bereits erschienen sind, gelegt hat. Die ergänzende Arbeit dazu bildet ein Aufsatz derselben Autoren, der die neue Bauart des Oszillographen mit kalter Kathode beschreibt, ein Schlußstein einer langen, mühevollen Entwicklung. Eine dritte Arbeit auf diesem Gebiet sind „Funkenuntersuchungen mit dem Kathodenoszillographen"[4]) von R. Tamm. Zwei weitere Arbeiten behandeln Fragen der Dielektrika, und zwar „Elektrische Eigenschaften von Kunstharzen und Hartpapieren in der Erwärmung" von R. Sonnenschein, eine sorgfältige experimentelle Untersuchung auf diesem isolationstechnisch so wichtigen Gebiet, und „Untersuchungen an Transformatoröl"[5]) von V. Toriyama. W. Wolman berichtet in einem Aufsatz „Über ein Verfahren der Eisenprüfung mit dem magnetischen Spannungsmesser"[6]), welcher die Verwendbarkeit dieses von Rogowski zuerst angegebenen Meßinstrumentes zeigt, und seine besondere Eignung bei Messungen an Eiseneinkristallen. Schließlich ist noch eine Arbeit von K. Hammers „Oberwellenfreier Gleichstromgenerator (Telephonmaschine)" zu erwähnen, die zwar außerhalb der Gebiete der anderen Aufsätze liegt, aber gleichfalls auf einem Gedanken von Rogowski fußt, nämlich durch Einbau eines Zusatzpols mit der Polkernbreite gleich Nutenbreite die Nutenpulsationen in einer Ankerwicklung vollständig zu kompensieren. Wie dadurch einerseits alle Störungen durch Oberwellen beseitigt werden, andererseits die verschiedenen Ursachen dieser Störungen klargelegt werden, wird in wissenschaftlich vorbildlicher Weise gezeigt.

Der ganze Band gewährt ein Bild von Geschlossenheit und erfreulichen Fortschritts. Die Ausstattung entspricht jener des ersten Bandes, der Preis ist allerdings wesentlich höher. Friedländer.

[1]) Besprochen in E. u. M. 1927, S. 56.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 256.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 982.
[4]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 2, S. 53.
[5]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 19, S. 435.
[6]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 2, S. 54.

3754 **Druckschwankungen in Druckrohrleitungen,** von Dr. tech. Ing. R. Löwy, Oberingenieur der Leobersdorfer Maschinenfabriks-A.-G., Leobersdorf bei Wien. 160 Seiten 24×16 cm mit 45 Abb. im Text und 7 Tafeln. Wien 1928. Verlag von J. Springer. Preis: brosch. S 25·50.

Eines der schwierigsten Probleme, das bei Wasserkraftanlagen an den Ingenieur herantritt, ist wohl die Untersuchung der Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. Gewiß besteht darüber schon eine reiche Literatur; dennoch aber wird ein Buch, welches die bezüglichen Verhältnisse in einfacher Form, in Diagrammen und graphischen Verfahren entwickelt, sehr begrüßt werden.

Im vorliegenden Werke werden die Druckschwankungen vorerst bei starrem Rohr und unzusammendrückbarem Wasser untersucht, und nachher, auf die hier gewonnenen Ergebnisse aufbauend, bei Berücksichtigung der Elastizität der Rohrleitung und des Wassers.

Im ersten Abschnitt werden sowohl bei linearen, als auch bei beliebigen Bewegungen des Abschlußorganes die auftretenden Druckschwankungen behandelt. Es wird nicht verfehlt, die günstigste Bewegung des Abschlußorganes, jene bei welcher sich die kleinsten Über- und Unterdrücke einstellen, herauszuschälen. Im zweiten Abschnitte hingegen werden, ausgehend von den Elastizitätsgleichungen und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Druckes die Reflexionsbedingungen von Druckwellen entwickelt, ebenso die durch Unstetigkeitsstellen, wie Querschnittsänderungen oder Rohrverzweigungen hervorgerufenen Intensitätsänderungen und Reflexionserscheinungen. In beiden Fällen wird die Änderung der Energieabgabe bei Öffnungs- und Schlußbewegung des Abschlußorganes, der Einfluß der Reibung, das Verhalten bei nach unten zu abnehmendem Rohrdurchmesser genauest erörtert. Die äußerst übersichtliche, von Dr. H. Kreitner, St. Pölten, eingeführte Darstellung des Druckverlaufes wird ausgiebig herangezogen.

Eine Zusammenfassung der ermittelten Gleichungen, mehrere Beispiele und ein Literaturnachweis ergänzen das Werk, welches vielfach vollkommen neue Wege beschreitet und Seite auf Seite vor dem Leser das ganze Können eines erfahrenen Fachmannes entrollt. Dr. H. Baudisch.

3731 **„Rostfreie Stähle".** Berechtigte Deutsche Bearbeitung der Schrift „Stainless Iron and Steel" von J. H. G. Monypenny in Sheffield. Von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Mit 342 S. und 122 Textabb., Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis: geb. M. 27·—.

Durch die Erfindung des rostfreien Stahles wurde die nachteiligste Eigenschaft unseres wichtigsten Metalles beseitigt und ihm ein neues ungeheures Anwendungsgebiet erschlossen. Dadurch wird die rege Forschertätigkeit auf diesem Gebiete in verhältnismäßig kurzer Zeit erklärlich[1]). Das Verdienst, die bisher errungenen Erkenntnisse auf diesem Gebiete in Buchform gesammelt zu haben, gebührt dem Verfasser dieses Buches, der sich selbst an diesen Forschungen beteiligt hat. Es bietet nicht nur dem Verbraucher, sondern jedem Interessenten für dieses Material, dessen Verwendung im Vorwort mit Recht als unbegrenzt bezeichnet wird, einen gründlichen Einblick in den Werdegang der Forschertätigkeit und in den heutigen Stand der Technik auf diesem Gebiete.

Vom Einfluß des Chroms auf Härte und Gefüge des Stahles ausgehend, führt das Buch zur Herstellung, Bearbeitung und Behandlung von rostfreiem Stahl und schildert eingehend die mechanischen und physikalischen Eigenschaften rostfreier Stähle. Die Kapitel über den Einfluß verschiedener Behandlung und Zusammensetzung rostfreier Stähle auf den Widerstand gegen Korrosion und über den Widerstand rostfreier Stähle gegen verschiedene, namentlich angeführte Angriffsmittel sind besonders ausführlich behandelt, so daß die Verwendungsmöglichkeit des rostfreien Stahles für Sonderzwecke ohne weiters daraus entnommen werden

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 301, 434.

Digitized by Google

kann. Besonders zu begrüßen ist die Aufnahme der verschiedenen Handelsbezeichnungen für die einzelnen Sorten, denen überdies noch die Namen der Fabriken beigefügt sind, da sich dadurch der Interessent bei Bedarf in den angebotenen Marken zurechtfinden kann. Den rostfreien Stählen mit weiteren Legierungskomponenten ist ein eigenes Kapitel gewidmet, das namentlich für die weitere Forschung wertvoll ist. Die mit Erfolg bereits vorgenommenen Anwendungen rostfreier Stähle sind in einem eigenen Kapitel zusammengefaßt. Am Schlusse des Buches ist eine Zusammenstellung von Patenten und sonstigen Druckschriften über rostfreie Stähle angefügt; leider fehlt ein alphabetisches Sachverzeichnis.

Dem bewährten Übersetzer englischer Bücher technischen Inhaltes gebührt Anerkennung für die geleistete Arbeit, wenn auch mancher Ausdruck zu sehr an die englische Provenienz des Werkes erinnert. Die Ausstattung des Buches muß in jeder Hinsicht als hervorragend bezeichnet werden. Leitner.

3167 **Lehrbuch zur Vorbereitung für die Ablegung der Gehilfen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Gewerbe.** Im Auftrage des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installateurgewerbes e. V. verfaßt von Friedrich Bode, beratender Ingenieur für Elektrotechnik, Lehrer an der Elektrotechnischen Lehranstalt des Physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. Zwölfte Auflage, Verlag der Hauptstelle des V. E. I.. 392 Seiten.

Der Umsand, daß das vorliegende Buch in wenigen Jahren zwölf Auflagen[1]) erlebte, ist Beweis genug, daß es sich zufolge seiner klaren, allgemein verständlichen Darstellung einer großen Beliebtheit in Kreisen des Elektro-Installateurgewerbes erfreut. Die Theorie ist mit elementarsten Mitteln, aber doch gut und leicht verständlich gebracht, die zahlreichen, gut gewählten Beispiele beleben den Text und tragen wesentlich zur Verarbeitung des Stoffes bei. Die Ausstattung des Buches mit den zahlreichen Abbildungen ist gut, so daß es auch nach erfolgtem Studium gerne als Nachschlagewerk benützt werden dürfte.

Der Stoff gliedert sich in sechs Kapitel. Nach der Erörterung der „Allgemeinen Grundbegriffe" wird im Kapitel Starkstromanlagen auf breiter Basis alles Wissenswerte über Leitungsmaterial und dessen Verlegung, Sicherungen, Schalter, Lampen, Beleuchtungskunde über, die Erstellung von Kostenvoranschlägen, weiters über Elektromaschinen, Berechnung gewerblicher Anlagen, Ringleitungen, Antriebsvorrichtungen, Meßinstrumente, Zähler und Schaltzeichen gebracht. Auf knappem Raum ist auch der Abschnitt über die Beleuchtungskunde sehr anschaulich geschildert und mit genügend Ziffernmaterial wiedergegeben. Bedauerlicherweise werden Elektro-Heißwasserspeicher und Kochautomaten und in weiterem Sinne überhaupt die elektrische Küche, die von größtem Interesse für Kraftwerke und Konsumenten sind, so gut wie gar nicht beschrieben. Im 3. Kapitel über „Elektrische Fernmeldeanlagen" werden der Reihe nach behandelt: Leitungsmaterial, Stromquellen, Signalanlagen und Telephonanlagen. Die letzten beiden Kapitel behandeln schließlich die drahtlose Telephonie und Blitzableiter. Den Schluß bilden noch Angaben über Schulen, über die Prüfungsordnung für das elektrotechnische Installationsgewerbe sowie Richtlinien für die Meisterprüfung im Elektro-Installateur-, Elektro-Maschinenbau- und Elektro-Mechaniker-Gewerbe. Leider sind auch in dieser Auflage einige Flüchtigkeiten und Unrichtigkeiten stehen geblieben, die aber den Wert des Buches als Lehrbehelf und auch als Nachschlagewerk für die Praxis nicht vermindern.

Dr. Velisek.

Neue Druckschriften.

3746 25 Jahre AEG-Dampfturbinen. Herausgegeben von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin. 132 Seiten mit 191 Abb. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, 1928. Preis: Mk. 5·—.

[1]) Besprechung der 9. Auflage in E. u. M. 1925. TWN. S. 215.

Die Schrift gibt einen Überblick über die Bedeutung der Dampfturbine für die Elektrizitätswirtschaft und über die Entwicklung des Dampfturbinenbaues der AEG von den ersten Riedler-Stumpfturbinen und dem Beginne des Austausches der Erfahrungen mit der General Electric Co. bis zu den 70 000-kW-Turbinen des Klingenbergwerkes, und zwar sowohl hinsichtlich der Grundlagen als auch der verschiedenen Turbinenbauarten, der Turbogeneratoren, des Turboantriebs von Arbeitsmaschinen und der Schiffsturbinen. Weitere Abschnitte betreffen das Prüffeld und das Versuchswesen und schließlich den Kraftwerksbau. Die schöne Schrift, durch welche die AEG auch die Tätigkeit ihrer Mitarbeiter auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues, in erster Linie des verstorbenen Direktors der Turbinenfabrik Lasche und seines Nachfolgers Dr. Ing. Kraft geehrt hat, ist durch ihren reichen Inhalt über eine bloße Denkschrift hinaus zu einem, auch für den Elektrotechniker wertvollen Nachschlagwerk geworden.

—k.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Die Vorträge finden — wenn nicht anders angegeben — im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, statt.

Mittwoch, den 5. Dezember 1928, um 6 abends, Vortrag des Herrn Dr. Gottfried Spiegler (Wien) über: **„Die modernen Röntgenapparate und der Einfluß ihrer Schaltung auf die Qualität des Röntgenlichtes bei Photographie und Durchleuchtung".** (Mit Lichtbildern und Vorführungen.)

Mittwoch, den 19. Dezember 1928, um 6 Uhr abends, Vortrag des Herrn Dr. Hans Latzko (Wien) über: **„Automatische Fernsteuerung beim Achenseekraftwerk".** (Mit Lichtbildern.)

Die Vereinsleitung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	12. XI. 1928	14. XI. 1928	16. XI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebares), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdamm	151¾	151¾	151¾

Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes: Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg.

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz- oder Drahtbarren 99 vH	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	84—87	84—87	84—87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 16. November 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa	68	1	3	68	12	6
Standard 3 Monate	68	8	9	68	11	3
Zinn:						
Engl. Ingots	227	0	0	227	10	0
Standard Kassa	229	2	6	229	5	0
Standard 3 Monate	224	7	6	224	10	0
Blei:						
Engl. pig common	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	24	13	9	24	10	0
Remelted	24	5	0	—	—	—
English Swansea	24	15	0	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 2. Dezember 1928 | Heft 49

Ein Beitrag zur Berechnung der Anlaß- und Bremswiderstände für Gleichstrommotoren.

Von Dipl.-Ing. S. **Press**, Leningrad.

Übersicht. Es wird eine einfache graphisch-analytische Methode zur Berechnung der Stufung der Anlaß- und Bremswiderstände beschrieben. Dabei werden zuerst allgemeine Formeln für Gleichstrommotoren beliebiger Art aufgestellt, aus denen sich auch Lösungen für besondere Fälle unmittelbar ergeben.

I. Anlauf.

Der Anlauf der Gleichstrommotoren mit Hilfe der Metallwiderstände ist, wie bekannt, stufenartig, wobei der Anlaufstrom sich zwischen bestimmten Grenzwerten ändert. Bezeichnen wir mit

I_1 die maximale Anlaufstromstärke und mit
I_2 die minimale Anlaufstromstärke, so

ist der mittlere Anlaufstrom I' gleich:

$$I' = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad \ldots\ldots (1).$$

Der mittlere Anlaufstrom I' ist für den ganzen Anlaßvorgang, für die Anlaufzeit usw. maßgebend, daher wollen wir ihn in unsere Berechnung einführen.

Nehmen wir an, daß der Motor mit voller Nennbelastung anläuft, so können wir das Verhältnis des mittleren Anlaufstromes I' zum Nennstrom I als Anlauf- oder Beschleunigungsfaktor bezeichnen; bezeichnen wir diesen Faktor durch a, so haben wir:

$$a = \frac{I'}{I} \quad \ldots\ldots (2).$$

Führen wir ferner den Anlaufstrom-Schwankungsfaktor, oder das Verhältnis b der maximalen zur minimalen Anlaufstromstärke ein, so ist:

$$b = \frac{I_1}{I_2} \quad \ldots\ldots (3).$$

Dieser Faktor ist für den Stetigkeits- oder Gleichförmigkeitsgrad des Anlaufs maßgebend; je kleiner b ist, desto näher sind die beiden Grenzwerte des Anlaufstromes und desto stetiger der Anlaßvorgang.

Aus Gleichungen (1) bis (3) folgt:

$$\frac{I_1}{I} = \frac{I_1 a}{I'} = \frac{I_1 a}{\frac{I_1 + I_2}{2}} = \frac{2 I_1 a}{I_1 + \frac{I_1}{b}} = \frac{2ab}{b+1} \quad (4).$$

Außer den Anlauffaktoren a und b ist noch die Einführung folgender Größen, die den Gleichstrommotor selbst kennzeichnen, notwendig.

Zuerst kommt der Widerstand r_0 der Motorwicklungen, die in den Ankerstromkreis eingeschaltet sind, das heißt der Ankerwicklung selbst, der Hauptstromerregerwicklung, Wendepol- und Kompensationswicklung; dazu kommt auch der Übergangswiderstand an den Kommutatorbürsten.

Ferner führen wir den Spannungsabfallfaktor c, oder das Verhältnis des Spannungsabfalls, erzeugt durch den Nennstrom in Motorwicklungen, die in den Ankerstromkreis eingeschaltet sind, zur Netzspannung V ein, also:

$$c = \frac{I r_0}{V} \quad \ldots\ldots (5).$$

In unsere weitere Berechnung tritt aber nicht der Faktor c bei Nennstrom, sondern der Spannungsabfallfaktor c_1, der dem maximalen Anlaufstrom I_1 entspricht.

Da

$$c_1 = \frac{I_1 r_0}{V},$$

so haben wir aus Gliechung (4):

$$c_1 = c \cdot \frac{I_1}{I} = \frac{2abc}{b+1} \quad \ldots\ldots (6).$$

In gleicher Weise können wir den Faktor c_2 bestimmen, welcher dem minimalen Anlaufstrom entspricht, nämlich:

$$c_2 = \frac{I_2 r_0}{V} = \frac{I_1 r_0}{V} \cdot \frac{1}{b} = \frac{c_1}{b} = \frac{2ac}{b+1} \quad (7).$$

Endlich soll auch die mechanische Charakteristik des Gleichstrommotors berücksichtigt werden. Dabei brauchen wir aus der Drehzahlkurve nur zwei Punkte zu nehmen, die die Drehzahländerung zwischen zwei Belastungszuständen darstellen. Diese zwei Punkte seien die Drehzahlen N_1 und N_2, die den Anlaufstromstärken I_1 und I_2 bei voller Spannung (also mit ausgeschaltetem Anlaßwiderstand) entsprechen. Führen wir den Drehzahländerungsfaktor d ein, so ist:

$$d = \frac{N_1}{N_2} \quad \ldots\ldots (8).$$

Haben wir jetzt die Motor- und Anlaufkonstanten a, b, r_0, c (c_1, c_2) und d bestimmt, so können wir den Anlasser berechnen.

Zuerst kommt der Widerstand des Anlassers R_0. Da der Gesamtwiderstand des Ankerstromkreises am Anfang der Anlaufperiode

Digitized by Google

$R_1 = R_0 + r_0$ und der Anlaufstrom I_1 ist, so ergibt sich, abgesehen von der Wirkung der Selbstinduktion, die hier vernachlässigt werden soll:

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{r_0}{c_1}$$

und

$$R_0 = R_1 - r_0 = \frac{r_0}{c_1} - r_0 = r_0 \cdot \frac{1 - c_1}{c_1} \quad . (9)$$

oder aus Gl. (6), wenn man c_1 durch a, b und c ersetzt:

$$R_0 = \frac{r_0 (1 + b - 2abc)}{2abc} \quad . . (10)^1).$$

Nachdem der Gesamtwiderstand des Anlassers bestimmt ist, soll auch die Stufung berechnet

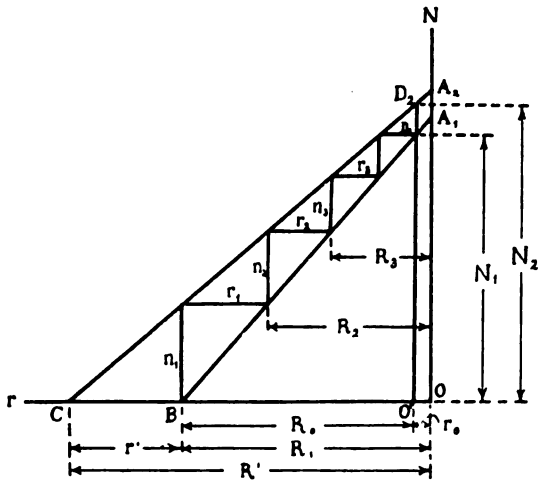


Abb. 1.

werden, nämlich die Stufenzahl m und der „Stufungsfaktor" t, das heißt das Verhältnis der Widerstände zweier benachbarter Stufen des Anlassers. Damit werden auch alle Widerstände der einzelnen Stufen bestimmt.

Zur Berechnung von t und m wollen wir das bekannte Stufendiagramm von Bragstad benutzen, das in Abb. 1 dargestellt ist. Als Ordinaten sind hier Motordrehzahlen, als Abszissen die Gesamtwiderstände des Ankerstromkreises, die den jeweiligen Drehzahlen beim Anlauf entsprechen, aufgetragen.

Die Geraden $A_1 B$ und $A_2 C$, welche die Widerstände bei den Grenzstromstärken I_1 und I_2 darstellen und somit den Änderungsbereich der Drehzahlen und Widerstände beim Anlauf begrenzen, sind in folgender Weise konstruiert.

$\overline{OO'} = r_0$ Widerstand der Motorwicklungen im Ankerstromkreis;

$\overline{O'B} = R_0$ Gesamtwiderstand des Anlassers;

$\overline{OB} = R_1$ Gesamtwiderstand des Ankerstromkreises;

$\overline{OC} = R'$ Gesamtwiderstand, welchen der Ankerstromkreis haben sollte, wenn die Anfangsstromstärke beim Anlauf I_2 anstatt I_1 wäre.

[1]) Dieselben Formeln (9) und (10) gelten auch für den Anlaßwiderstand des Induktionsmotors, indem r_0 = = Rotorwiderstand und $c = s$, das heißt Schlüpfung bei Nennstrom; dementsprechend ist $c_1 = s_1$ = Schlüpfung bei maximalem Anlaufstrom.

Da nach der Bestimmung $R' = \frac{V}{I_2}$ und $R_1 = \frac{V}{I_1}$, so ist bei konstanter Netzspannung:

$$R' = R_1 \cdot \frac{I_1}{I_2} = R_1 b \quad . . . . (11).$$

Die Differenz $R' - R_1 = \overline{BC}$ bezeichnen wir mit r'. Ferner:

$\overline{O'D_1} = N_1$ Motordrehzahl, entsprechend der Stromstärke I_1.

$\overline{O'D_2} = N_2$ Motordrehzahl, entsprechend der Stromstärke I_2.

Durch die Punkte B und D_1 wird die Gerade $A_1 B$ und durch die Punkte C und D_2 die Gerade $A_2 C$ festgelegt. Es ist zu beachten, daß die Drehzahlen N_1 und N_2 nicht an die Ordinatenachse, sondern an die Ordinate r_0 gelegt sind.

Die senkrechten Abschnitte n_1, n_2, n_3 usw. zwischen den Geraden $A_1 B$ und $A_2 C$ stellen Drehzahlsteigerungen bei der ersten, zweiten usw. Kontaktstellung des Anlassers dar, die wagrechten Abschnitte r_1, r_2, r_3 usw. sind Widerstände der einzelnen Anlasserstufen und R_1, R_2, R_3 usw. Gesamtwiderstände des Ankerstromkreises bei der ersten, zweiten usw. Kontaktstellung.

Auf Grund der geometrischen Verhältnisse im Stufendiagramm Abb. 1 haben wir:

$$\frac{r_1}{n_1} = \frac{r_2}{n_2} = \frac{r_3}{n_3} = \ldots = \frac{r_m}{n_m} = \frac{R_0}{N_1}$$

und:

$$\frac{r'}{n_1} = \frac{r_1}{n_2} = \frac{r_2}{n_3} = \ldots = \frac{r_m}{n_{m+1}} = \frac{R_0 + r'}{N_2}.$$

Aus diesen Gleichungen erhalten wir:

$$\frac{r'}{r_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_2}{r_3} = \ldots = \frac{r_{m-1}}{r_m} = \frac{\frac{R_0 + r'}{N_2}}{\frac{R_0}{N_1}} =$$

$$= \frac{R_0 + r'}{R_0} \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad . . . . . (12).$$

Daraus folgt, daß das Verhältnis zwischen zwei benachbarten Widerstandsstufen, also der Stufungsfaktor, für einen beliebigen Anlasser konstant ist. Die Widerstandsstufen bilden also eine geometrische Reihe und ebenso die Unterschiede der Drehzahlen auf den einzelnen Stufen.

Da der Stufungsfaktor durch t bezeichnet ist, so haben wir, mit Anwendung der Gleichung (8):

$$t = \frac{R_0 + r'}{R_0} \cdot d \quad . . . . . (13).$$

Ferner finden wir aus den Gleichungen:

$$R_0 = R_1 - r_0$$

und

$$R_0 + r' = R' - r_0 = R_1 b - r_0 \quad \text{(Abb. 1)}$$

$$t = \frac{R_1 b - r_0}{R_1 - r_0} \cdot d = \frac{R_1 b - R_1 c_1}{R_1 - R_1 c_1} \cdot d =$$

$$= \frac{d(b - c_1)}{1 - c_1} \quad . . . . . (14)$$

Digitized by Google

oder aus Gl. (6):

$$t = \frac{d\,b\,(1+b-2\,a\,c)}{1+b-2\,a\,b\,c} \quad \ldots (15).$$

Zur Ermittlung der Stufenzahl m wollen wir alle Widerstandsstufen summieren; aus Abb. 1 haben wir:

$$R_1 - r_0 = R_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots + r_m.$$

Die Summe auf der rechten Seite stellt die Summe der Glieder einer geometrischen Reihe dar, wobei das erste Glied gleich r_1, der Quotient gleich $\frac{1}{t}$ und m die Gliederzahl oder Stufenzahl ist.

Wenn man die bekannte Formel für die Summe der Glieder einer geometrishcen Reihe anwendet, so erhält man:

$$R_1 - r_0 = \frac{r_1\left(1-\frac{1}{t^m}\right)}{1-\frac{1}{t}} \quad \ldots (16).$$

Da ferner $\frac{r_1}{r'} = \frac{1}{t}$ [Gl. (12) und (13)] und $\frac{R_1+r'}{R_1} = \frac{R'}{R_1} = b$, so ist:

$$r' = R_1\,(b-1) \text{ und } r_1 = \frac{R_1\,(b-1)}{t} \quad . (17).$$

Setzt man diesen Wert von r_1 in Gleichung (16) ein, so erhält man nach einigen einfachen Umformungen

$$t^m = \frac{R_1\,(b-1)}{R_1\,(b-t)+r_0\,(t-1)} \quad \ldots (18).$$

Setzt man endlich $r_0 = R_1\,c_1$, so erhält man:

$$t^m = \frac{b-1}{(b-t)+c_1\,(t-1)} \quad \ldots (19).$$

Logarithmiert man diese letzte Gleichung, so ergibt sich für die gesuchte Stufenzahl:

$$m = \frac{\log(b-1) - \log[(b-t)+c_1\,(t-1)]}{\log t} \quad (20),$$

wobei c_1 und t aus den Gleichungen (6) und (15) bestimmt werden. Man könnte auch die Werte c_1 und t aus diesen Gleichungen direkt in Gleichung (20) einsetzen, und damit die Stufenzahl m nur durch die Konstanten a, b, c und d ausdrücken; doch wird die so erzeugte Formel etwas zu kompliziert für die praktische Anwendung.

Da die Stufenzahl natürlich eine ganze Zahl sein muß, so ist nötigenfalls der Faktor b etwas zu ändern.

Die hier abgeleiteten Formeln für t und m sind ganz allgemein und sind für Gleichstrommotoren aller Arten, Nebenschluß-, Hauptschluß-, sowie auch Doppelschlußmotoren, gültig.

Wir wollen jetzt die Anwendung der allgemeinen Gleichungen für einige Sonderfälle betrachten.

I. Die Geraden $A_1 B$ und $A_2 C$ schneiden sich im Punkte D auf der Ordinate, die im Abstand r_0 von der Ordinatenachse gezogen ist. Die Drehzahlen N_1 und N_2 sind also gleich und der Faktor $d = 1$.

Da die Drehzahlen bei verschiedener Ankerstromstärke gleich bleiben, so entspricht dieser Fall einem Nebenschlußmotor mit großer Ankerrückwirkung oder einem Doppelschlußmotor mit Gegenschaltung der Hauptstromerregerwicklung.

Aus Gleichung (14) folgt bei $d = 1$ für diesen ersten Fall:

$$t_I = \frac{b-c_1}{1-c_1} \quad \ldots (21).$$

Setzt man diesen Wert für t in Gl. (20), so erhält man die Stufenzahl m_I nach einigen einfachen Umformungen:

$$m_I = \frac{\log(b-1) - \log(c_1-1)}{\log(b-c_1) - \log(1-c_1)} = \frac{\log\left(\frac{b-1}{c_1-1}\right)}{\log\left(\frac{b-c_1}{1-c_1}\right)} \quad \ldots (22).$$

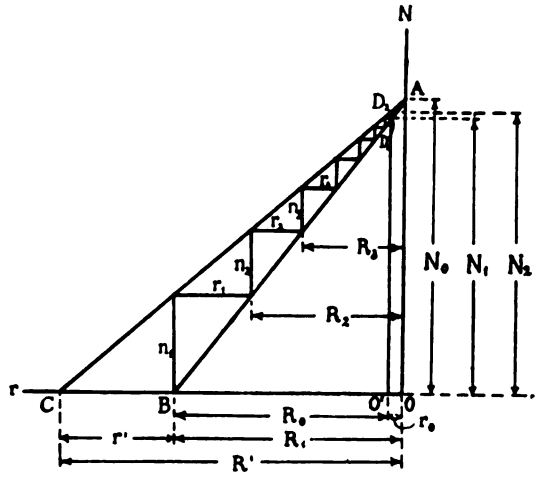


Abb. 2.

Da $b > 1$ und $c_1 < 1$ ist — siehe Gl. (3) und (6) —, ist $\frac{b-1}{c_1-1}$ grundsätzlich negativ; das macht die Lösung für m_I bei gegebenen Konstanten unmöglich. Das bedeutet, daß ein regelmäßiges, stufenartiges Anlaßverfahren (mit Änderungen des Anlaufstromes zwischen zwei Grenzen) eines Gleichstrommotores mit konstanter Drehzahl undurchführbar ist; dies wird bestätigt auch durch die Unmöglichkeit einer graphischen Ermittelung der Stufenzahl.

II. Die Geraden $A_1 B$ und $A_2 C$ schneiden sich auf der Ordinatenachse im Punkt A (Abb. 2), wobei $\overline{OA} = N_0$. Es ist dann

$$\frac{N_0}{R_1} = \frac{N_1}{R_0} \text{ und } \frac{N_0}{R'} = \frac{N_2}{R_0 + r'}.$$

Ferner, da $R' = R_1\,b$,

$$R_0 + r' = R' - r_0 = R_1\,b - r_0 = R_1\,(b-c_1)$$

und $R_0 = R_1 - r_0 = R_1\,(1-c_1)$, so erhalten wir

$$\frac{N_0}{R_1} = \frac{N_1}{R_1\,(1-c_1)} \text{ und } \frac{N_0}{R_1\,b} = \frac{N_2}{R_1\,(b-c_1)}.$$

Woraus folgt:

$$\frac{N_1}{N_2} = d = \frac{b\,(1-c_1)}{b-c_1} = \frac{1-c_1}{1-\frac{c_1}{b}} \quad . (23)$$

Digitized by Google

oder, mit Beachtung der Gl. (7):

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1-c_1}{1-c_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad \ldots \quad (24),$$

wo E_1 und E_2 die elektromotorischen Kräfte bei den Drehzahlen N_1 und N_2 darstellen, da c_1 und c_2 den Spannungsabfällen proportional sind. Gleichung (24) zeigt, daß die Drehzahlen den elektromotorischen Kräften proportional sind, was nur bei konstantem magnetischem Kraftfluß möglich ist. Dieser Fall entspricht daher einem kompensiertem Nebenschlußmotor oder einem Nebenschlußmotor, dessen Ankerrückwirkung vernachlässigt werden kann. N_0 ist dabei die Grenzdrehzahl des Motors, welche dem verlustlosen Gange des Motors entspricht.

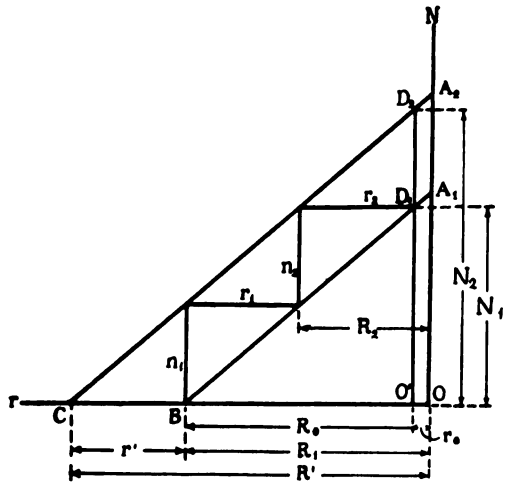


Abb. 3.

Wenn man d aus Gleichung (23) in Gleichung (14) einsetzt, so erhält man den Stufungsfaktor t_{II} für diesen Fall:

$$t_{II} = b \quad \ldots \quad (25).$$

Setzt man ferner $t = b$ in Gl. (20), so hat man:

$$m_{II} = \frac{\log(b-1) - \log[c_1(b_1-1)]}{\log b} =$$

$$= \frac{\log\left(\frac{1}{c_1}\right)}{\log b} = \frac{\log\left(\frac{b+1}{2abc}\right)}{\log b} \quad \ldots \quad (26).$$

Das ist, wohl in abgeänderter Form, die altbekannte Gleichung für den Anlaßwiderstand des Nebenschlußmotors.

III. Die Geraden $A_1 B$ und $A_2 C$ sind einander parallel (Abb. 3). Aus der Abb. 3 folgt:

$$\frac{N_1}{N_2} = d = \frac{R_0}{R_0 + r'} = \frac{R_1(1-c_1)}{R_1(b-c_1)} = \frac{1-c_1}{b-c_1} \quad (27).$$

Da

$$\frac{c_1}{b} = c_2 \quad \text{und} \quad \frac{I_1}{I_2} = b,$$

so erhält man:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1-c_1}{b(1-c_2)} = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{E_1}{E_2}$$

oder:

$$\frac{E_1}{N_1} : \frac{E_2}{N_2} = \frac{I_1}{I_2} \quad \ldots \quad (28).$$

Da die Verhältnisse $\frac{E_1}{N_1}$ und $\frac{E_2}{N_2}$ den Kraftflüssen proportional sind, so bedeutet die letzte Gleichung, daß der Kraftfluß der Ankerstromstärke proportional ist. Diese Bedingung ist erfüllbar bei einem ungesättigtem Hauptschlußmotor, welchem der dritte Fall wirklich entspricht.

Wenn man d aus Gleichung (27) in Gleichung (14) einsetzt, so erhält man:

$$t_{III} = \frac{1-c_1}{b-c_1} \cdot \frac{b-c_1}{1-c_1} = 1 \quad \ldots \quad (29).$$

Die Widerstände einzelner Anlasserstufen sind also gleich, wie es auch unmittelbar aus Abb. 3 folgt; die Gesamtwiderstände bei einander folgenden Kontaktstellungen bilden eine arithmetische Reihe.

Setzt man ferner $t = 1$ in Gl. (20), so hat man:

$$m_{III} = \frac{\log(b-1) - \log(b-1)}{\log 1} = \frac{0}{0}.$$

Differentieren wir nach t, in üblicher Weise, den Zähler und Nenner der Formel für m in Gleichung (20), so erhalten wir:

$$m = \frac{t(1-c_1)}{(b-t)+c_1(t-1)},$$

woraus bei $t = 1$:

$$m_{III} = \frac{1-c_1}{b-1} = \frac{1+b-2abc}{b^2-1} \quad \ldots \quad (30).$$

Hier muß ebenfalls b etwas geändert werden, bis m_{III} eine ganze Zahl wird.

Die Fälle II und III sind als Grenzfälle zu betrachten (der Fall I ist, wie gesagt, undurchführbar). Dazwischen kommen alle praktisch verwendbaren Gleichstrommotoren mit Nebenschluß-, Doppelschluß- und Hauptschlußerregung. Der Stufungsfaktor t ändert sich dabei, wie aus Gleichung (25) und (29) folgt, zwischen den Werten b und 1, also:

$$b > t > 1 \quad \ldots \quad (31).$$

Ferner kann man, wenn man die Formeln (20), (26) und (30) für m vergleicht, leicht feststellen, daß bei gegebenen Konstanten, insbesondere bei gegebener Größe des Faktors b, folgende Ungleichung stattfindet:

$$m_{II} > m > m_{III} \quad \ldots \quad (32).$$

Dies bedeutet, daß je weicher die Motorcharakteristik ist, desto kleiner die Stufenzahl bei gegebenem Stetigkeitsgrad des Anlaufs b ist. Bei gleichen Umständen bedarf daher der Doppelschlußmotor einen einfacheren (mit kleinerer Stufenzahl) Anlasser als der Nebenschlußmotor, und der Hauptschlußmotor einen einfacheren, als der Doppelschlußmotor. Dies ist in Abbildungen 1 bis 3 wiedergegeben; in Abb. 2 (Fall II) sind 7 Stufen ($m_{II} = 7$), in Abb. 1 (Zwischenwert) — 4 Stufen ($m = 4$) und in Abb. 3 (Fall III) — 2 Stufen ($m_{III} = 2$).

II. Bremsung.

Hier soll nur ein Bremsverfahren, nämlich die Kurzschlußbremsung, untersucht werden. Der Ankerstromkreis des Gleichstrommotors wird dabei vom Netz getrennt und über Widerstände ge-

Digitized by Google

schlossen, so daß die Maschine als Generator arbeitet. Damit das Bremsmoment möglichst konstant ist, wird auch hier die Ankerstromstärke zwischen zwei Grenzwerten gehalten; dies wird durch stufenartiges Abschalten der Widerstände entsprechend der Drehzahlverminderung erreicht. Der Bremsvorgang ist somit dem Anlaßvorgang ähnlich.

Unter Beibehaltung derselben Bezeichnungen wie im ersten Abschnitte wird hier mit I_1 der maximale Bremsstrom, I_2 der minimale Bremsstrom, $I' = \frac{I_1 + I_2}{2}$ der mittlere Bremsstrom, I der Nennstrom des Motors bezeichnet. Die Gleichungen (1) bis (4) bleiben hier unverändert, so daß $\frac{I'}{I} = a$, $\frac{I_1}{I_2} = b$ und $\frac{I_1}{I} = \frac{2ab}{b+1}$.

Der Bremsvorgang hängt weiter von der Arbeitscharakteristik der Maschine ab, wenn sie als Generator arbeitet. Wie gewöhnlich, ist für die Generatorarbeit die Spannungskurve (in Abhängigkeit von der Ankerstromstärke) maßgebend. Diese Kurve wird eine fallende, flache oder steigende sein, je nachdem die Maschine während der Bremsarbeit erregt wird, vom Netz, im Nebenschluß oder im Hauptschluß (beim Hauptstrommotor).

Wenn man die Generatorcharakteristik zur Verfügung hat, so kann man ohne weiteres drei Spannungen V, V_1 und V_2, entsprechend dem Nennstrom I, dem maximalen Bremsstrom I_1 und dem minimalen Bremsstrom I_2, bestimmen. Man kann also folgende zwei Faktoren, die für die weitere Berechnung von Bedeutung sind, feststellen (Spannungsänderungsfaktoren):

$$d = \frac{V_1}{V_2} \quad \ldots\ldots\ldots (33)$$

und

$$d_0 = \frac{V_1}{V} \quad \ldots\ldots\ldots (34).$$

Jetzt können wir auch die Spannungsabfallfaktoren c, c_1 und c_2 bestimmen. Wie früher, ist $c = \frac{I r_0}{V}$; da aber die Spannung bei Generatorarbeit nicht mehr konstant ist, so haben hier die Faktoren c_1 und c_2 andere Werte, nämlich:

$$c_1 = \frac{I_1 r_0}{V_1} = \frac{I r_0}{V} \cdot \frac{I_1}{I} \cdot \frac{V}{V_1} = \frac{2abc}{d_0(b+1)} \quad (35)$$

und

$$c_2 = \frac{I_2 r_0}{V_2} = \frac{I_1 r_0}{V_1} \cdot \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{V_1}{V_2} = c_1 \cdot \frac{d}{b} = \frac{2acd}{d_0(b+1)} \quad \ldots\ldots (36).$$

Mit Hilfe der so bestimmten Konstanten a, b, r_0, c (c_1, c_2), d und d_0 kann man jetzt den Bremswiderstand R_0 berechnen.

Da am Anfang des Bremsvorganges, wenn der ganze Widerstand eingeschaltet ist, der Strom gleich I_1 ist, so haben wir für den ganzen Bremswiderstand R_0:

$$R_0 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{r_0}{c_1} = \frac{r_0 d_0 (b+1)}{2abc} \quad (37).$$

Der gesamte Widerstand des Ankerstromkreises R_1 ist dabei gleich:

$$R_1 = R_0 + r_0 = r_0 \cdot \frac{1+c_1}{c_1} = \frac{E_1}{I_1} \quad (38),$$

wo E_1 die EMK der Maschine bei der Stromstärke I_1 ist.

Für die Berechnung der Stufung benutzen wir wieder das Stufendiagramm, das für den Fall der elektrischen Bremsung in Abb. 4 dargestellt ist. Die Geraden OA und OB stellen hier, wie in Abb. 1 bis 3, den Widerstand des Ankerstromkreises R in Abhängigkeit von Drehzahl N bei konstanter Bremsstromstärke, Gerade OA bei Stromstärke I_1, und Gerade OB bei Stromstärke I_2.

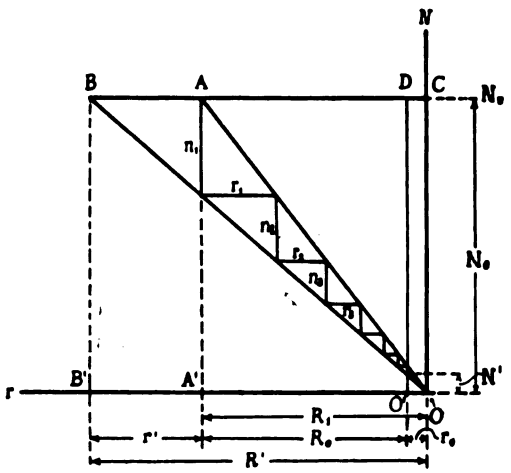


Abb. 4.

Da bei beliebigen Größen von Stromstärke I, EMK E und Gesamtwiderstand R des Bremskreises

$$E = k\Phi N = IR,$$

ist, so muß, wenn der Kraftfluß Φ nicht Null ist, bei $N = 0$ auch $R = 0$ sein. Alle Widerstandsgeraden für Kurzschlußbremsung sollen daher durch den Nullpunkt des Stufendiagrammes gehen, wie es in Abb. 4 dargestellt ist. Hierin liegt der grundsätzliche Unterschied zwischen Brems- und Anlaufvorgang, da bei letzterem die Lage des Schnittpunktes der Geraden von der Maschinen-Charakteristik abhängig ist.

Im Bremsdiagramm haben wir:

$\overline{OO'} = r_0$,

$\overline{OC} = N_0$ Anfangsdrehzahl des Motors[2]),

$\overline{O'A'} = \overline{DA} = R_0$ Widerstand des Anlassers,

$\overline{OA'} = \overline{CA} = R_1$ Gesamtwiderstand des Ankerstromkreises,

[2]) In Abb. 4 ist außer Drehzahl N_0 noch die Drehzahl N' gezeigt, die dem Widerstand r_0 entspricht. Da r_0 der minimale Widerstand des Ankerstromkreises ist, so kann die Maschine elektrisch nur bis Drehzahl N' gebremst werden. Weitere Bremsung, bis zum Stillstand des Antriebs, kann nur auf mechanischem Wege, durch Reibung, erzeugt werden.

Digitized by Google

$\overline{OB'} = \overline{CB} = R'$ Gesamtwiderstand, welchen der Ankerstromkreis bei der Anfangsstromstärke I_2 haben sollte.

Da $R_1 = \frac{V_1}{I_1} + r_0$ und $R' = \frac{V_2}{I_2} + r_0$, so folgt mit Hilfe von Gl. (33), (35) und (36):

$$R' = R_1 \cdot \frac{V_2 + I_2 r_0}{V_1 + I_1 r_0} \cdot \frac{I_1}{I_2} = R_1 \cdot \frac{V_2 (1 + c_2)}{V_1 (1 + c_1)} \cdot \frac{I_1}{I_2} =$$

$$= R_1 \cdot \frac{b}{d} \cdot \frac{1 + c_2}{1 + c_1} = R_1 \cdot \frac{b}{d} \cdot \frac{1 + c_1 \frac{d}{b}}{1 + c_1} =$$

$$= R_1 \cdot \frac{b + c_1 d}{d (1 + c_1)} \quad \ldots\ldots (39)$$

r_1, r_2, r_3 usw. sind, wie früher, Widerstände der einzelnen Anlasserstufen und n_1, n_2, n_3 usw. Drehzahlabfälle entsprechend einzelnen Kontaktstellungen.

Aus dem Stufendiagramm Abb. 4 haben wir:

$$\frac{r_1}{n_1} = \frac{r_2}{n_2} = \ldots = \frac{r_m}{n_m} = \frac{R_1}{N_0}$$

und

$$\frac{r'}{n_1} = \frac{r_1}{n_2} = \ldots = \frac{r_m}{n_{m+1}} = \frac{R'}{N_0}.$$

Daraus folgt:

$$\frac{r'}{r_1} = \frac{r_1}{r_2} = \ldots = \frac{r_{m-1}}{r_m} = \frac{R'}{R_1} \quad \ldots (40).$$

Das ist der Stufungsfaktor; bezeichnen wir ihn wieder mit t, so haben wir aus Gl. (39), (40) und (35):

$$t = \frac{R'}{R_1} = \frac{b + c_1 d}{d (1 + c_1)} \quad \ldots\ldots (41).$$

Setzt man in Gl. (41) den Wert für c_1 aus Gl. (35) ein, so bekommt man schließlich:

$$t = \frac{b}{d} \cdot \frac{d_0 (b + 1) + 2 a c d}{d_0 (b + 1) + 2 a b c} \quad \ldots (42).$$

Summiert man die Glieder der geometrischen Reihe, so erhält man wieder die Gleichung (16):

$$R_0 = R_1 - r_0 = \frac{r_1 \left(1 - \frac{1}{t^m}\right)}{1 - \frac{1}{t}}.$$

Da ferner $r' = R' - R_1 = R_1 (t - 1)$ und

$$r_1 = \frac{r'}{t} = R_1 \cdot \frac{t - 1}{t} \quad \ldots\ldots (43).$$

so haben wir nach einfachen Umformungen:

$$t^m = \frac{R_1}{r_0} = \frac{1 + c_1}{c_1} \quad \ldots\ldots (44).$$

Daraus erhält man die Stufenzahl m:

$$m = \frac{\log \left(\frac{1 + c_1}{c_1}\right)}{\log t} = \frac{\log (1 + c_1) - \log c_1}{\log t} \quad (45),$$

wo c_1 und t aus den Gleichungen (35) und (41) zu bestimmen sind.

Die Gleichungen (41) und (45) sind ganz allgemein und können für Bremsvorgänge mit beliebigen Gleichstrommaschinen und beliebiger Erregungsweise angewendet werden.

Untersuchen wir unsere Formeln, so können wir drei Fälle, je nach der Form der Spannungscharakteristik der Bremsmaschine, betrachten.

I. Die Spannungskurve ist geradlinig abfallend, und zwar nur wegen des Spannungsabfalls in den Maschinenwicklungen, die im Ankerstromkreis liegen. Dieser Fall entspricht also einer konstanten EMK der Maschine (bei konstanter Drehzahl), was bei Fremderregung und unter Vernachlässigung der Ankerrückwirkung möglich ist. Wir haben in diesem Falle:

$$E_1 = E_2,$$

sodaß

$$V_1 (1 + c_1) = V_2 (1 + c_2) \quad \ldots (46).$$

Aus Gleichung (33), (36) und (45) folgt:

$$\frac{V_1}{V_2} = d = \frac{1 + c_1 \cdot \frac{d}{b}}{1 + c_1} = \frac{b + c_1 d}{b (1 + c_1)} \quad (47).$$

Vergleicht man die Gleichungen (41) und (47), so hat man ohne weiteres:

$$t_I = b \quad \ldots\ldots (48)$$

und Gleichung (45) wird:

$$m_I = \frac{\log (1 + c_1) - \log c_1}{\log b} =$$

$$= \frac{\log [d_0 (b + 1) + 2 a b c] - \log (2 a b c)}{\log b} \quad (49).$$

II. Die Spannungskurve ist flach oder parallel der Abszissenachse. Die Spannung ist konstant, was bei einer Doppelschlußerregung möglich ist.

Da hier $V = V_1 = V_2$ ist, so haben wir aus Gleichungen (33) und (34):

$$d = d_0 = 1 \quad \ldots\ldots (50).$$

Daraus folgt, mit Hilfe von Gleichungen (35), (37), (41) und (45):

$$R_{0II} = \frac{r_0 (b + 1)}{2 a b c} \quad \ldots\ldots (51),$$

$$t_{II} = \frac{b + c_1}{1 + c_1} = \frac{b (1 + b + 2 a c)}{1 + b + 2 a b c} \quad (52).$$

und

$$m_{II} = \frac{\log (1 + c_1) - \log c_1}{\log t} =$$

$$= \frac{\log (1 + b + 2 a b c) - \log (2 a b c)}{\log [b (1 + b + 2 a c)] - \log (1 + b + 2 a b c)} \quad (53).$$

III. Die Spannungskurve ist steigend, wobei die EMKe den Ankerstromstärken proportional sind. Das ist bei reiner Hauptschlußerregung, bei ungesättigter Maschine und unter Vernachlässigung der Ankerrückwirkung möglich.

Wir haben hier:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1 (1 + c_1)}{V_2 (1 + c_2)} = \frac{I_1}{I_2} = b \quad \ldots (54).$$

Aus Gleichungen (33), (36) und (54) folgt dann:

$$b = d \cdot \frac{1 + c_1}{1 + c_1 \cdot \frac{d}{b}} = b \cdot \frac{d (1 + c_1)}{b + c_1 d} \quad (55)$$

Vergleichen wir die Gleichungen (41) und (55), so haben wir:

Digitized by Google

$$t_{III} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots (56)$$

und aus Gleichung (45) und (56):

$$m_{III} = \frac{\log\left(\frac{1+c_1}{c_1}\right)}{\log 1} = \infty \quad \ldots (57).$$

Die Stufenzahl wird hier unendlich groß, das heißt beide Widerstandsgeraden OA und OB fallen zusammen. Das regelmäßige Bremsverfahren mit einem Bremsmoment, das in bestimmten Grenzen gehalten wird, ist in diesem Falle undurchführbar.

Vergleichen wir alle drei beschriebenen Fälle, so sehen wir, daß der Stufungsfaktor sich wieder zwischen b und 1 ändert. Die Stufenzahl aber wächst dabei von m_I bis m_{III}, sodaß:

$$m_{III} > m > m_I \quad \ldots\ldots (58).$$

Die Stufenzahl wird desto größer, je mehr die Hauptschlußerregung der Maschine ausgesprochen ist. Im Gegensatz zum Anlaufverfahren, verlangt der Nebenschlußmotor, der als Bremsgenerator mit Netzerregung arbeitet, die kleinste Stufenzahl, also den einfachsten Anlasser, und die Hauptschlußmaschine mit Selbsterregung die größte Stufenzahl.

Der Beitrag des Stirnstreufeldes zur Reaktanzspannung der Stromwendung.

Von Dr. L. **Dreyfus**, Västerås.

(Schluß aus Heft 48, Seite 1113.)

III. Erweiterung und Anwendung der Theorie.

A) Berechnung der Reaktanzspannung für mehrere gleichzeitig kommutierende Windungen.

Bei Kommutatormaschinen überdeckt die Bürste in der Regel mehrere Lamellenteilungen. Es kommutieren also im allgemeinen mehrere benachbarte Windungen gleichzeitig und es ist vorauszusehen, daß der Beitrag des Stirnstreufeldes zur Reaktanzspannung je nach der Lage der Windung innerhalb des kommutierenden Leiterbündels verschieden groß ausfallen wird. Ich will in diesem Abschnitte die Theorie so erweitern, daß sie auch hierüber genauen Aufschluß gibt.

Betrachten wir sogleich den allgemeinen Fall, in welchem pro Pol n Windungen gleichzeitig kommutieren (Abb. 17), und definieren

$L_\sigma = \lambda_\sigma . 2l . 10^{-8}$ als die Selbstinduktanz einer einzelnen Stirnverbindung,

$M_{i,k} = (\lambda_\sigma - \mu_{i,k}) . 2l . 10^{-8}$ als die Wechselinduktanz zwischen den Stirnverbindungen „i“ und „k“,

$(L_{\sigma r})_1 = (\lambda_{\sigma r})_1 . 2l . 10^{-8}$ als die resultierende Induktanz einer Stirnverbindung „1“, berechnet für gleiche Änderungsgeschwindigkeit $\frac{di}{dt}$ der Ströme aller kurzgeschlossenen Windungen.

Dann beträgt die resultierende Reaktanzspannung des Stirnstreufeldes für diese Windung „1“:

$$e_{r1} = -(L_{\sigma r})_1 . \frac{di}{dt} =$$

$$= -[L_\sigma + M_{12} + M_{13} + \ldots M_{1n}] \frac{di}{dt} \quad (19)$$

und die resultierende Leitfähigkeit des Stirnstreufeldes gemäß obiger Definitionsgleichungen:

$$(\lambda_{\sigma r})_1 = n\left[\lambda_\sigma - \frac{\mu_{12} + \mu_{13} + \ldots \mu_{1n}}{n}\right] . \quad (20).$$

Um M bzw. μ zu bestimmen, denken wir uns zwei Stirnverbindungen „i“ und „k“ in Serie gegen einander geschaltet ($i_i = -i_k$). Die Induktanz dieser Stromschlinge ist mit den früheren Bezeichnungen

$$\Delta L_{ik} = 2(L_\sigma - M_{i,k}) = 2\mu_{i,k} . 2l . 10^{-8} \quad (21).$$

Andererseits kann man diese Gegenschaltung aber auch als eine Doppelleitung mit kleinem mittleren geometrischen Abstand der Hin- und Rückleitung auffassen und hiefür das bekannte Gesetz

$$\Delta L_{i,k} = 0{\cdot}4 \ln\left(\frac{g_{ik}}{g}\right) . 2l . 10^{-8} \quad \ldots (22).$$

Abb. 17. Zur Bestimmung der Reaktanzspannung der Stirnverbindungen bei n gleichzeitig kommutierenden Windungen.

anwenden. Wir erhalten somit aus Gleichung (21) und (22):

$$\mu_{i,k} = 0{\cdot}2 \ln\left(\frac{g_{i,k}}{g}\right) \quad \ldots . (23)$$

und aus Gleichung (20):

$$(\lambda_{\sigma r})_1 = \lambda_\sigma - \frac{0{\cdot}2}{n} \ln \frac{g_{12} g_{13} \ldots g_{1n}}{g^{n-1}} \quad (24).$$

Dies ist also die resultierende Leitfähigkeit des Streufeldes einer Stirnverbindung „1“ bezogen auf ein Leiterbündel von n gleichzeitig kommutierenden Windungen.

Zahlenbeispiel.

Ich will sogleich an einem Zahlenbeispiel die Anwendung dieser Formel erläutern. Für eine große Gleichstrommaschine beträgt (Abb. 18):

der Leiterquerschnitt $b \times h = 0{\cdot}8 \times 1{\cdot}5$ cm,
die Isolation zwischen den Leitern $i = 0{\cdot}3$ cm,
also der mittlere Leiterabstand $t = b + i = 1{\cdot}1$ cm
Die Länge einer Stirnverbindung sei $2l = 70$ cm
bei einem Außenwinkel $\alpha = 60°$.

Digitized by Google

Die Bürste überdecke 3 Lamellenteilungen, sodaß pro Pol stet $n = 3$ Windungen gleichzeitig kommutieren. Wir erhalten also

$$g = 0{\cdot}2235\,(b + h) = 0{\cdot}514,$$

$$\lambda_\sigma = 0{\cdot}2\left[\ln\frac{l}{g} - 2{\cdot}25 + 2{\cdot}29\,\frac{g}{l}\right]$$
$$= 0{\cdot}2\,[\ln 68 - 2{\cdot}25 + 0{\cdot}034]$$
$$= 0{\cdot}401,$$

das heißt, pro cm Stirnverbindungslänge erzeugt 1 Amp. 0·401 Kraftlinienverkettungen.

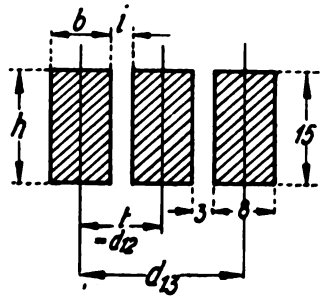


Abb. 18. Leiterquerschnitte des Zahlenbeispieles.

Um auch μ berechnen zu können, müssen wir zuerst die mittleren geometrischen Abstände der

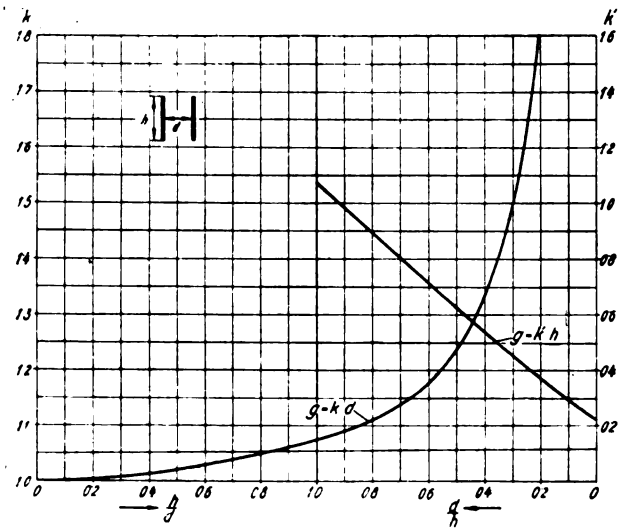


Abb. 19. Zur Berechnung des m. g. A. paralleler Schienen nach den Formeln: $g = k \cdot d$ und $g = k' h$.

3 Leiterquerschnitte von einander bestimmen. Ist die Leiterbreite b klein im Verhältnis zum mittleren Leiterabstand d, so läßt sich die Rechnung durch Anwendung von Abb. 19 umgehen. Ist dagegen wie im vorliegenden Falle die Leiterbreite von gleicher Größenordnung wie der Abstand unmittelbar benachbarter Leiter, so wendet man am besten folgende genaue Formel an[2]):

$$\ln g_{i,k} = \frac{1}{2}\left(\frac{d_{i,k}+b}{b}\right)^2 \ln g_{(d_{i,k}+b)} -$$
$$-\left(\frac{d_{i,k}}{b}\right)^2 \ln g_{d_{i,k}} + \frac{1}{2}\left(\frac{d_{i,k}-b}{b}\right)^2 \ln g_{(d_{i,k}-b)} \quad (25)$$
$$= \ln 0{\cdot}2235 + \frac{1}{2}\left(\frac{d_{ik}+b}{b}\right)^2 \ln (d_{ik}+b+h) -$$
$$-\left(\frac{d_{ik}}{b}\right)^2 \ln (d_{i,k}+h) +$$
$$+\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ik}-b}{b}\right)^2 \ln (d_{ik}-b+h) \quad . \quad (25a)$$

Hierin bedeuten g_{d+b}, g_d, g_{d-b} die mittleren geometrischen Abstände der Rechtecke mit den Höhen h und den Grundlinien $d+b$, d, $d-b$ von sich selbst. Wir berechnen demgemäß für 2 benachbarte Leiter:

$$\ln g_{12} = -3{\cdot}80 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1{\cdot}9}{0{\cdot}8}\right)^2 \ln 34 - \left(\frac{1{\cdot}1}{0{\cdot}8}\right)^2 \ln 26 -$$
$$+\frac{1}{2}\left(\frac{0{\cdot}3}{0{\cdot}8}\right)^2 \ln 18 = 0{\cdot}18,$$
$$g_{12} = 1{\cdot}2\text{ cm}.$$

Für den $m.g.A$ der nicht benachbarten Leiter 1 und 3 setzen wir genau genug

$$g_{13} = d_{13} = 2{\cdot}2\text{ cm}.$$

Damit treten wir in Gleichnug (24) ein und erhalten für Windung 1:

$$\frac{0{\cdot}2}{3}\ln\frac{g_{12}\,g_{13}}{g^2} = 0{\cdot}153$$

bzw. für Windung 2:

$$\frac{0{\cdot}4}{3}\ln\frac{g_{12}}{g} = 0{\cdot}113.$$

Für die beiden äußeren Windungen beträgt daher die resultierende Leitfähigkeit des Stirnstreufeldes

$$(\lambda_{\sigma r})_1 = 3\,.\,(0{\cdot}401 - 0{\cdot}153) = 0{\cdot}744.$$

Dagegen ist sie für die mittlere Windung etwas größer, nämlich

$$(\lambda_{\sigma r})_2 = 3\,(0{\cdot}401 - 0{\cdot}113) = 0{\cdot}864.$$

Bei der Berechnung der günstigsten Form des Kommutierungsfeldes kann auf diesen Unterschied eventuell Rücksicht genommen werden.

B) Erhöhung der Reaktanzspannung durch eiserne Stützringe.

Bei vielen Kommutatormaschinen, insbesondere bei großen Typen mit hoher Umfangsgeschwindigkeit werden die Stirnverbindungen mittels Bandagen gegen ringförmige, eventuell aus verschiedenen Segmenten zusammengesetzte Stahlgußstützen gepreßt. Es erhebt sich daher die Frage, ob diese magnetische Unterlage die Leitfähigkeit des Stirnstreufeldes wesentlich erhöht. Eine Untersuchung dieser Verhältnisse wird dadurch erschwert, daß in den Stützringen schwer zu berechnende Wirbelströme induziert werden. Doch wäre die Frage bereits ihrer Klärung näher gebracht, wenn man wenigstens angeben könnte, wie viel ohne diese Wirbelströmung die Leitfähigkeit des Stirnstreufeldes infolge der magnetischen Wicklungsträger zunehmen würde.

Hierfür wäre die Rechnung unter folgenden Voraussetzungen durchzuführen (Abb. 20): Die eisernen Wicklungsträger bilden eine neue spiegelnde Fläche, inbezug auf welche die Spiegelbilder „2" der wirklichen Stirnverbindungen „1" einzuführen sind. Die Wechselreaktanz zwischen Stirnverbindung und Spiegelbild ist M_{12}. Da außer-

[2]) Vgl. Orlich „Kapazität und Induktivität", Abschnitt 24.

Digitized by Google

dem beide denselben Strom in gleicher Richtung führen, ergibt sich für die Reaktanzspannung genau derselbe Ausdruck wie für 2 gleichzeitig kommutierende Windungen; also

$$e_r = -(L_\sigma + M_{12})\frac{di}{dt} = -\Lambda_\sigma . 2l . 10^{-8} . \frac{di}{dt} \quad (26)$$

mit

$$\Lambda_\sigma = 2\lambda_\sigma - \mu_{12} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

und

$$\mu_{12} = \frac{L_\sigma - M_{12}}{2l} . 10^8 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28).$$

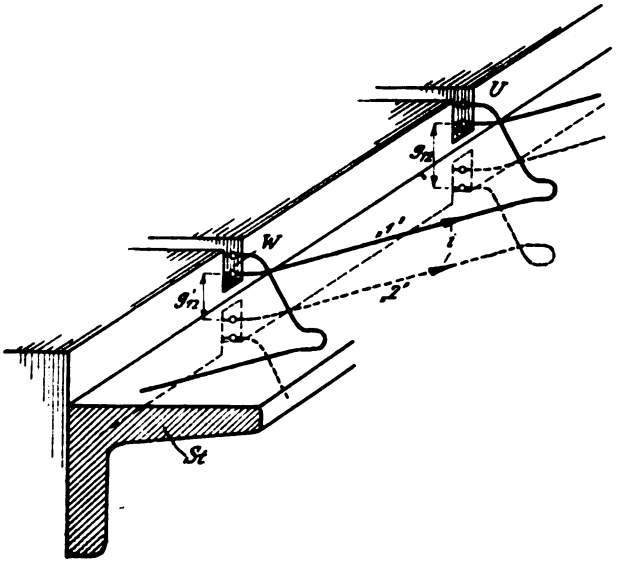


Abb. 20. Ersatz der eisernen Stützringfläche durch die Spiegelbilder „2" der Stirnverbindungen.

Unsere Aufgabe ist damit wieder auf die Berechnung der Differenz $L_\sigma - M_{12}$ zurückgeführt, die aber hier, wo die beiden Stirnverbindungen „1" und „2" in verschiedenen Ebenen liegen, eine besondere Untersuchung nötig macht. Die strenge Lösung würde eine Berechnung von M nach derselben Methode erfordern, wie wir sie seinerzeit zur Bestimmung von L_σ angewendet haben. Darauf gehe ich jedoch nicht ein, sondern beschränke mich auf die Herleitung einer Näherungslösung, die umso genauer stimmt, je kleiner die mittleren geometrischen Abstände g_{12} bzw. g_{12}' der Stirnverbindungen von einander im Verhältnis zur Leiterlänge l sind.

Betrachten wir zunächst eine Stirnverbindung $U_1 V_1 W_1$, deren Abschnitte in einer Ebene liegen (Abb. 21). Im Abstand g_{12} ist ihr Spiegelbild $U_2 V_2 W_2$ gezeichnet. Außerdem ist auch die Vertikalebene $U_1 U_2 W_2 W_1$ wie früher als spiegelnde Fläche aufzufassen. Beide Stirnverbindungen mögen in Serie und zwar gegeneinander geschaltet werden, so daß $i_1 = -i_2$. Dann verstehen wir unter

$$\Phi_{12} = i(L_\sigma - M_{12}) . 10^8 = i . \mu_{12} . 2l$$

denjenigen Fluß, welcher die Fläche $U_1 V_1 W_1$ durchsetzt.

Ist nun der $m . g . A . g_{12}$ klein gegen l, so kann man die Stirnverbindung $U_1 V_1 W_1$ als die Hinleitung und $W_2 V_2 U_2$ als die Rückleitung einer langen Doppelleitung auffassen und Φ_{12} demgemäß berechnen. In irgend einem Punkte P der Fläche $U_1 V_1 W_1$, der genügend weit von den

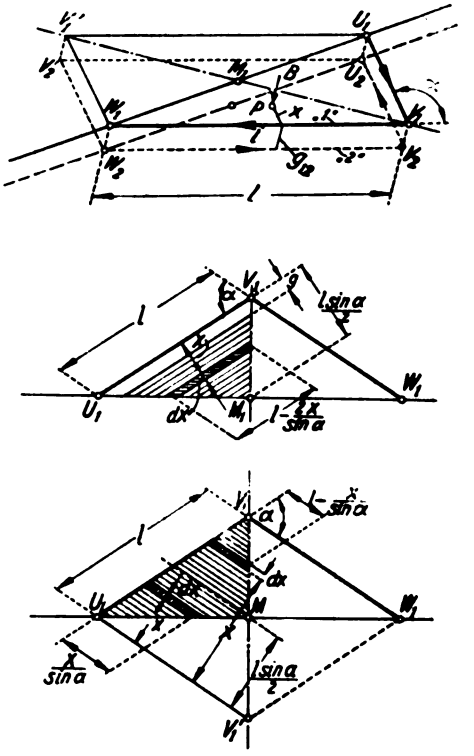


Abb. 21, 22, 23. Zur Berechnung der Wechselinduktion M_{12} zwischen der wirklichen Stirnverbindung „1" und ihrem parallelen Spiegelbild „2".

Leitungsenden und der Knickstelle V_1 entfernt ist, beträgt dann die Normalkomponente der Induktion

$$B = 0{\cdot}2\,i\left[\frac{1}{x} - \frac{x}{x^2 + g_{12}^2}\right] =$$

$$= 0{\cdot}2\,i\,\frac{g_{12}^2}{x(x^2 + g_{12}^2)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29).$$

Doch gilt diese Formel nur so lange, als auch der senkrechte Abstand x des Punktes P von der Hinleitung ($V_1 W_1$ in Abb. 21) klein gegen die Länge l der Doppelleitung ist.

Wir wollen nun diese einfache Formel in der Weise auf die in V geknickte Doppelleitung anwenden, daß wir den Fluß durch das Dreieck $U_1 V_1 M_1$ ganz allein der geraden Doppelleitung $U_1 V_1 V_2 U_2$ zuschreiben, und ebenso den Fluß durch das Dreieck $M_1 V_1 W_1$ ausschließlich auf die gerade Doppelleitung $V_1 W_1 W_2 V_2$ zurückführen. Das ist zwar sicherlich nicht richtig, aber wahrscheinlich auch nicht sehr verkehrt, da nach Gleichung (29) die Induktion ungefähr mit der dritten Potenz des Abstandes x abnimmt, der größte Teil Flusses sich also in nächster Nähe der Stirnverbindung zusammendrängt.

Digitized by Google

Nach dieser Annahme schätzen wir den Fluß den die Doppelleitung UV innerhalb der Fläche $U_1 V_1 M_1$ erzeugt (Abb. 22) auf:

$$\Phi_1 = 0{\cdot}2\, i g_{12}^2 \int_g^{\frac{l\sin\alpha}{2}} \frac{l - \frac{2x}{\sin\alpha}}{x(x^2+g_{12}^2)}\, dx$$

$$= 0{\cdot}2\, il \left[\ln \frac{x}{\sqrt{x^2+g_{12}^2}} - \frac{\operatorname{arc\,tg}\frac{x}{g_{12}}}{\frac{l\sin\alpha}{2g_{12}}} \right]_g^{\frac{l\sin\alpha}{2}}$$

$$= 0{\cdot}2\, il \left[\ln \frac{\sqrt{g_{12}^2+g^2}}{g} - \pi \frac{g_{12}}{l\sin\alpha} + 2\left(\frac{g_{12}}{l\sin\alpha}\right)^2 \right].$$

Dazu kommt der Fluß Φ_2, welchen das Spiegelbild UV' (Abb. 23) der Doppelleitung UV innerhalb der Fläche $U_1 V_1 M_1$ erregt:

$$\Phi_2 = -0{\cdot}2\, i g_{12}^2 \left[\frac{1}{\sin\alpha} \int_0^{\frac{l\sin\alpha}{2}} \frac{dx}{x^2+g_{12}^2} + \int_{\frac{l\sin\alpha}{2}}^{l\sin\alpha} \frac{l - \frac{x}{\sin\alpha}}{x(x^2+g_{12}^2)}\, dx \right]$$

$$= -0{\cdot}2\, il \left[\left(\frac{\operatorname{arctg}\frac{x}{g_{12}}}{\frac{l\sin\alpha}{g_{12}}} \right)_0^{\frac{l\sin\alpha}{2}} + \left(\ln \frac{x}{\sqrt{x^2+g_{12}^2}} - \frac{\operatorname{arctg}\frac{x}{g_{12}}}{\frac{l\sin\alpha}{g_{12}}} \right)_{\frac{l\sin\alpha}{2}}^{l\sin\alpha} \right]$$

$$= -0{\cdot}2\, il \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{g_{12}}{l\sin\alpha} - 1{\cdot}5 \left(\frac{g_{12}}{l\sin\alpha} \right)^2 \right].$$

Insgesamt ergibt sich also für den Fluß, den die geknickte Doppelleitung UVW innerhalb der Fläche $U_1 V_1 W_1$ erregt:

$$\Phi_{12} = 2(\Phi_1 + \Phi_2) = i\mu_{12} \cdot 2l$$

mit

$$\mu_{12} = 0{\cdot}2 \left[\ln \frac{\sqrt{g_{12}^2+g^2}}{g} - 1{\cdot}5\pi \frac{g_{12}}{l\sin\alpha} + 3{\cdot}5 \left(\frac{g_{12}}{l\sin\alpha} \right)^2 \right] \quad (30a)$$

oder wenn, wie in Abb. 20, die Abschnitte UV und VW der beiden Stirnverbindungen verschiedene $m \cdot g$ Abstände g_{12} und g_{12}' besitzen:

$$\mu_{12} = 0{\cdot}1 \left[\ln \frac{\sqrt{(g_{12}^2+g^2)(g_{12}'^2+g^2)}}{g^2} - 1{\cdot}5\pi \frac{g_{12}+g_{12}'}{l\sin\alpha} + 3{\cdot}5 \frac{g_{12}^2+g_{12}'^2}{l^2\sin^2\alpha} \right] \quad (30).$$

Damit ist die gestellte Aufgabe wenigstens näherungsweise gelöst.

Ich will nun an Hand unseres früheren Beispiels den Einfluß magnetischer Stützringe auch zahlenmäßig untersuchen. Die Lage der beiden Stirnverbindungsquerschnitte zur spiegelnden Stützringfläche zeigt Abb. 24. Wir setzen demgemäß:

$b = 1{\cdot}5$, $h = 0{\cdot}8$, $g = 0{\cdot}514$,
$l = 35$, $\alpha = 60^0$, $\lambda_\sigma = 0{\cdot}424$,
$g_{12} = d = 6{\cdot}9$ $d' = 2{\cdot}3$

und berechnen gemäß Gleichung (25)

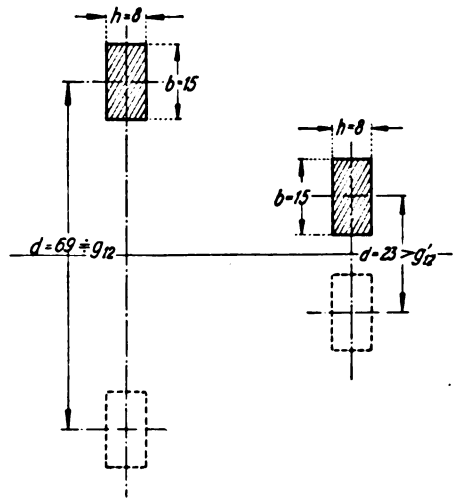


Abb. 24. Querschnitte und Abstände der beiden „Doppelleitungen" im Zahlenbeispiel.

$$\ln g_{12}' = \ln 0{\cdot}02235 + \frac{1}{2}\left(\frac{3{\cdot}8}{1{\cdot}5}\right)^2 \ln(0{\cdot}8+3{\cdot}8) - \left(\frac{2{\cdot}3}{1{\cdot}5}\right)^2 \ln(0{\cdot}8+2{\cdot}3) + \frac{1}{2}\left(\frac{0{\cdot}8}{1{\cdot}5}\right)^2 \ln(0{\cdot}8+0{\cdot}8)$$
$$= -3{\cdot}8 + 12{\cdot}29 - 8{\cdot}09 + 0{\cdot}39$$
$$= 0{\cdot}81,$$
$$g_{12}' = 2{\cdot}25.$$

Hiernach würde nach Gleichung (30a) für einen konstanten Abstand $g_{12} = 6{\cdot}9$ cm

$$\mu_{12} = 0{\cdot}2 \left[\ln \frac{6{\cdot}91}{0{\cdot}514} - 1{\cdot}5\pi \cdot \frac{6{\cdot}9}{35 \cdot 0{\cdot}866} + 3{\cdot}5 \left(\frac{6{\cdot}9}{35 \cdot 0{\cdot}866} \right)^2 \right] = 0{\cdot}52 - 0{\cdot}214 + 0{\cdot}036 = 0{\cdot}342$$

und für einen konstanten Abstand $g_{12} = 2{\cdot}25$ cm

$$\mu_{12} = 0{\cdot}2 \left[\ln \frac{2{\cdot}3}{0{\cdot}514} - 1{\cdot}5\pi \frac{2{\cdot}25}{35 \cdot 0{\cdot}866} + 3{\cdot}5 \left(\frac{2{\cdot}25}{35 \cdot 0{\cdot}866} \right)^2 \right] = 0{\cdot}300 - 0{\cdot}070 + 0{\cdot}004 = 0{\cdot}234.$$

Digitized by Google

In Wirklichkeit ist daher (Gleichung 30)

$$\mu_{12} = \frac{0{\cdot}342 + 0{\cdot}234}{2} = 0{\cdot}288$$

und

$$\Lambda_\sigma = 0{\cdot}802 - 0{\cdot}288 = 0{\cdot}514.$$

Die Eisennähe vergrößert also die Reaktanzspannung der Stirnstreuung höchstens im Verhältnis

$$\frac{\Lambda_\sigma}{\lambda_\sigma} = \frac{0{\cdot}514}{0{\cdot}401} = 1{\cdot}28$$

wahrscheinlich jedoch wegen der Wirbelstrombildung noch etwas weniger. Bestimmt man die Zunahme der Stirnstreuung für die beiden Abschnitte $U_1 V_1$ und $V_1 W_1$ (Abb. 20) getrennt, so ergibt sich für den vom Stützring weiterentfernten Abschnitt $U_1 V_1$ mit $g_{12} = 6{\cdot}9$ cm.

$$\frac{\Lambda_\sigma}{\lambda_\sigma} = \frac{0{\cdot}802 - 0{\cdot}342}{0{\cdot}401} = \frac{0{\cdot}460}{0{\cdot}401} = 1{\cdot}15$$

und für den näher gelegenen Abschnitt $V_1 W_1$ mit $g_{12}' = 2{\cdot}25$ cm.

$$\frac{\Lambda_\sigma}{\lambda_\sigma} = \frac{0{\cdot}802 - 0{\cdot}234}{0{\cdot}401} = \frac{0{\cdot}568}{0{\cdot}401} = 1{\cdot}42.$$

Der Einfluß der magnetischen Unterlage ist also für diejenigen Abschnitte, welche direkt auf dem Stützring liegen, beträchtlich.

IV. Experimentelle Kontrolle der Theorie.

Zwecks Kontrolle der abgeleiteten Formeln wurden im Versuchsfeld der ASEA einige Untersuchungen vorgenommen, über die hier in Kürze berichtet werden soll:

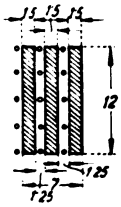


Abb. 25 *a*. Leiterquerschnitt u. Lage der Meßdrähte.

Drei unter 60° abgebogene Flachkupferleiter ($l = 30$ cm) wurden über lange, senkrechte Zuleitungen zu einer Stirnverbindung nach Abb. 25 in Reihe geschaltet. Querschnitt und Abstand der Einzelleiter zeigt Abb. 25a. Zur Messung der erzeugten Kraftlinienverkettungen innerhalb des Dreiecks UVW waren fünfzehn Windungen eines dünnen Meßdrahtes in der aus Abb. 25 und 25a ersichtlichen Weise eingewickelt. Durch ein gleichartiges „Spiegelbild" (doch ohne Meßdrähte) konnte die erste „Stirnverbindung" zu dem der Theorie zu Grunde gelegten eisenfreien Ersatzstromkreise ergänzt werden (Abb. 26).

Mit diesem Modell wurden folgende Werte der magnetischen Leitfähigkeit (bezogen auf eine Windung) gemessen:

1. Kraftlinienverkettungen der Stirnverbindung ohne Spiegelbild

$$\frac{\Phi_1}{i.2l} = 0{\cdot}518.$$

2. Beitrag des Spiegelbildes zu den resultierenden Kraftlinienverkettungen

$$\frac{\Phi_2}{i.2l} = -0{\cdot}116.$$

3. Resultierende Kraftlinienverkettungen der Stirnverbindung und ihres Spiegelbildes

$$\lambda_{12} = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{i.2l} = 0{\cdot}402.$$

Um diese Werte an Hand der entwickelten Theorie nachprüfen zu können, berechnen wir zuerst den mittleren Abstand der dreiteiligen Querschnittsfläche (Abb. 25a) von sich selbst, aus dem mittleren geometrischen Abstand der Teilfläche „1" von sich selbst (g_1) und von den beiden anderen Teilflächen (g_{12} bzw. g_{13}). Die hiefür anzuwendende Formel lautet:

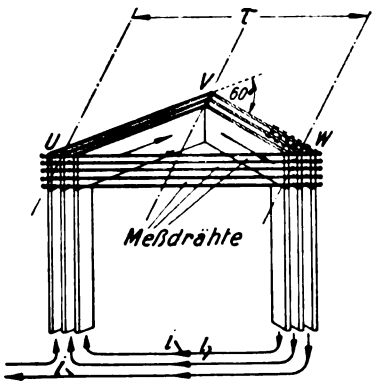


Abb. 25. Halbes Modell mit Meßdrähten.

$$\ln g = \frac{1}{3}\ln g_1 + \frac{4}{9}\ln g_{12} + \frac{2}{9}\ln g_{13} \quad . \quad (31).$$

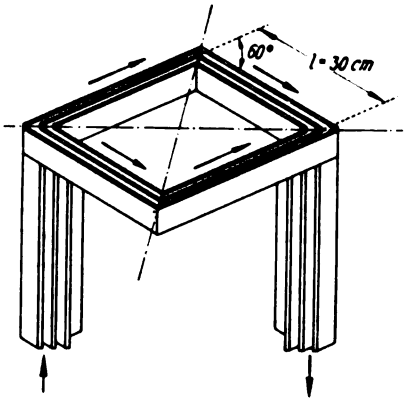


Abb. 26. Eisenfreies Modell zur experimentellen Untersuchung des Stirnstreufeldes.

Auf bekannte Weise finden wir:

$$g_1 = 0{\cdot}2235\,(1{\cdot}2 + 0{\cdot}15) = 0{\cdot}302,$$
$$g_{12} = 0{\cdot}466,$$
$$g_{13} = 0{\cdot}696,$$

und berechnen

$$g = 0{\cdot}445.$$

Mit diesem Werte für g und mit $a = 60°$, $l = 30$ cm, treten wir in die Gleichungen (11), (12) und (15) bzw. (15a) ein und erhalten

$$\frac{\Phi_1}{i.2l} = 0{\cdot}521,$$

$$\frac{\Phi_2}{i.2l} = -0{\cdot}136,$$

Digitized by Google

$$\lambda_{12} = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{i.2l} = 0{\cdot}385.$$

Die erzielte Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment kann als günstig bezeichnet werden.

Eine zweite Versuchsreihe diente dazu, die mit Rücksicht auf eiserne Stützringe angestellten Rechnungen zu kontrollieren. Es wurde hierbei, wie Abb. 27 zeigt, ein Flachkupferleiter zu dem Rhombus $U_2\,V_2\,W_2\,V_2$ (vergleiche auch Abb. 21) zusammen gebogen und mit senkrechten Zuleitungen versehen. Der durch diese Zuleitungen fließende Strom verteilt sich zu gleichen Teilen und in gleicher Richtung über die Abschnitte $U_2\,V_2\,W_2$ und $U_2\,V_2'\,W_2$. Der Leiterquerschnitt beträgt $12 \times 1{\cdot}5$ mm², die Länge einer Rhombusseite $l = 23{\cdot}4$ cm, der Außenwinkel $\alpha = 60^0$.

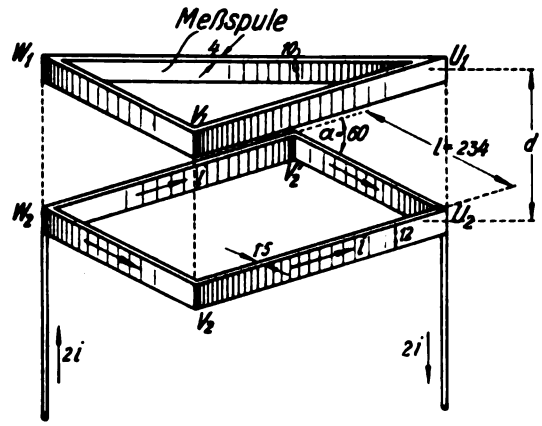


Abb. 27. Eisenfreies Modell zur Untersuchung der Verstärkung des Stirnstreufeldes durch einen Wicklungsträger.

Diesem Rhombus wurde im Abstand d eine feindrähtige dreieckförmige Meßspule $U_1\,V_1\,W_1$ gegenübergestellt, wobei $\Delta\,U_1V_1W_1 \cong \Delta\,U_2V_2W_2$.

Der Querschnitt dieser Meßspule betrug 10×4 mm². Bei Kommutierung des Stromes im Rhombus wird in der Meßspule eine Spannung induziert, aus welcher die gegenseitige Induktivität

$$M_{12} = (\lambda_\sigma - \mu_{12}).2l.10^{-8}$$

zwischen Rhombus und Meßschleife berechnet werden kann.

Gleichungen (15a) und (30a) liefern hierfür den Ausdruck

$$\lambda_\sigma - \mu_{12} = 0{\cdot}2\left[\ln\frac{l}{g_{12}} - f_1(\alpha) + 1{\cdot}5\,\pi\,\frac{g_{12}}{l\sin\alpha} - 3{\cdot}5\left(\frac{g_{12}}{l\sin\alpha}\right)^2\right] \quad (32),$$

wobei mit Rücksicht auf die nicht besonders große Genauigkeit des angewandten Rechenverfahrens $g_{12} = d$ gesetzt werden darf. In Abb. 28 sind die berechneten und gemessenen Werte als Funktion des (Schwerpunkts-) Abstandes d aufgetragen. Die Übereinstimmung ist nicht schlecht. Doch liegt die berechnete Kurve durchweg um zirka 0·02 zu hoch. Die Erhöhung der Reaktanzspannung durch eiserne Wicklungsträger ist also in Wirklichkeit noch etwas geringer, als es nach unserer Näherungstheorie scheinen will.

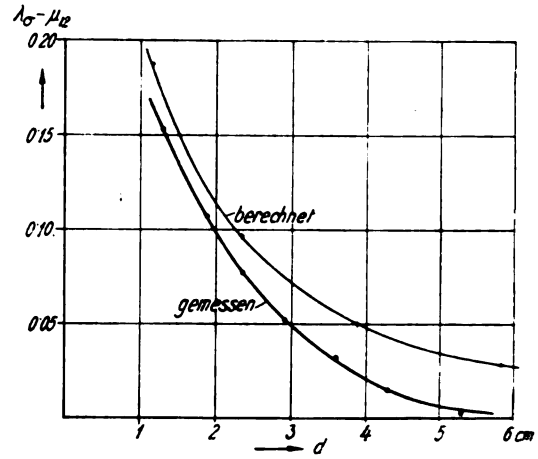


Abb. 28. Berechnete und gemessene Werte der gegenseitigen Induktivität beim Versuch nach Abb. 27.

Endlich wurde versucht, mit Hilfe oszillographischer Aufnahmen festzustellen, ob bei plötzlicher Kommutierung des Stromes in einer Stirnverbindung die Wirbelströme in den massiven eisernen Stützringen die Reaktanzspannung erniedrigen. Doch gaben diese, freilich nicht sehr genauen Untersuchungen ein negatives Resultat.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neuartige Wicklungen für Wechselstrommaschinen. Von J. Tittel. I. Zweistabwicklungen, bei denen der Spannungsunterschied zwischen zwei Stäben in der Nut nur eine Windungsspannung beträgt. Bei Ganzlochwicklungen kommt der erste und letzte Stab eines Stranges in ein und dieselbe Nut zu liegen, wenn die Zweistabwicklung, wie üblich, als Wellenwicklung ausgeführt wird. Zwischen diesen beiden Stäben herrscht also die volle Phasenspannung. Noch größer kann der Spannungsunterschied bei Bruchlochwicklungen werden. Der Verfasser gibt nun ein Wicklungselement für eine Zweistabwicklung an, das eine Wicklungsanordnung ermöglicht, wo der Spannungsunterschied zwischen den zwei Stäben in der Nut nur eine Windungsspannung beträgt. Abb. 1 zeigt zum Beispiel das Nutenbild für einen vierpoligen Drehstromgenerator mit 3½ Nuten je Pol und Phase: Im Ersatzbild sind die Nuten so zusammengeschoben, daß alle ungeradzahligen Nuten in die erste Reihe, und alle geradzahligen Nuten in die zweite Reihe zu liegen kommen. Man erkennt, daß sich die ganze Wicklung aus Einzelspulen gleicher Spulenweite zusammensetzen läßt. Als Einzelspule wird das Wicklungselement nach Abb. 2 verwendet. Die Verbindung der Einzelspulen im Schaltbilde geschieht wie bei jeder anderen Wellenwicklung. Die Generatoren des Kachletwerkes der Rhein-Main-

Digitized by Google

Donau-A.-G. bei Passau (8500 kVA, 6300 V, 75 U/min) sind mit solchen Wicklungen ausgerüstet.

II. Gesehnte einschichtige Bruchlochwicklungen. Mit Hilfe des vom Verfasser angegebenen Nutenbildes kann gezeigt werden, daß auch Wicklungen mit einer Einzelspulenseite je Nut gesehnt werden können.

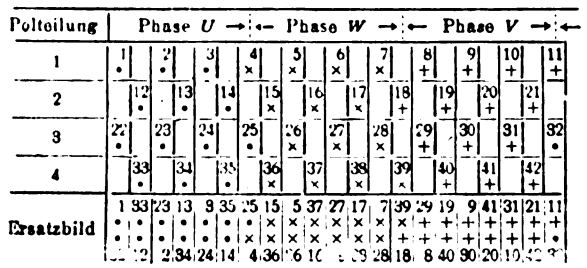


Abb. 1.

III. Umschaltung von Sechszonenwicklungen auf Dreizonenwicklungen. Die SSW haben eine Wicklungsumschaltung zum Patent angemeldet, die darin besteht, daß die Wicklungsbreite jedes Stranges verdoppelt wird. Aus der üblichen Sechszonenwicklung (sechs Stränge je Polpaar) wird dann eine Dreizonenwicklung. Dadurch ändert sich der Wicklungsfaktor der Grundwelle im Verhältnis $2/\sqrt{3}$. Diese Umschaltung kommt dann in Frage, wenn zum Beispiel verlangt wird, daß eine Drehstrommaschine zeitweise an ein Netz mit 42 Per/s, dann wieder an ein Netz mit 50 Per/s bei gleichbleibender Spannung angeschlossen werden soll. Die Umschaltung ist bei jeder Drehstromwicklung möglich. Die Vorteile dieser Umschaltung sind: die Ankerfelderregerkurve wird nicht verzerrt; im Falle

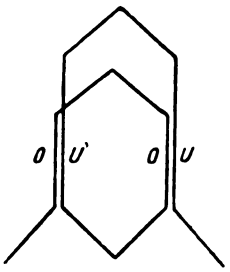


Abb. 2.

einer Erdung des in Stern geschalteten Generators tritt die dritte Oberwelle nicht auf, so daß die Generatorschutzeinrichtungen durch diese Oberwelle nicht gestört werden.

IV. Wicklungen für verschiedene Polzahlen. Es soll zum Beispiel eine 12-polige Drehstrommaschine mit zwei Nuten je Pol und Phase auf 14 Pole umgeschaltet werden. (Nutenzahl je Pol und Phase ist dann $2.^{12}/_{14}=^{12}/_{7}=1^{5}/_{7}$.) Die Verteilung der Spulen auf die drei Phasen bei 14 Polen erfolgt derart, daß man die erste Zweifachspule des Wicklungsbildes der 12-poligen Drehstrommaschine (Abb. 3) der Phase U zuteilt. Im Nutenbilde um 60° versetzt liegt dann die Zweifachspule der Phase *W*. Sie füllt die Nuten 13, 14, 19, 20 aus. Um weitere 60° versetzt liegt die Zweifachspule der Phase *V* (25, 26, 31, 32).

Trägt man die bereits erledigten Spulen in das Ersatzbild ein, so erkennt man, daß sich drei Zonen bilden, in die man nun auf gleiche Weise die übrigen Spulen einreihen wird. Aus dem Ersatzbilde kann man schon das Wicklungsbild zeichnen.

V. Doppelt gesehnte zweischichtige Bruchlochwicklungen. Wenn die Nutenzahl je Pol und Phase, in einen unechten Bruch verwandelt, im Zähler eine gerade Zahl ergibt, oder bei Ganzlochwicklungen gerade ist, dann ist eine doppelte Sehnung zur Unterdrückung der fünften und siebenten Oberwelle ausführbar. Man entwirft wie früher das bekannte Nutenbild und entfernt die Spulenseite der Unterschichte von den Spulenseiten der Oberschichte entsprechend einer Sehnung $^{4}/_{6}$. Zur Unterdrückung der 7. Oberwelle sehnt man auch noch die Zone jeder Phase.

Erwähnt sei schließlich, daß das Nutenbild des Verfasser dieWicklungsfaktoren selbst der schwierigsten Bruchlochwicklungen auf einfache Weise zu bestimmen ermöglicht. Squz.

(ETZ, Bd. 49, H. 30, 1928.)

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Ölschalterversuche und die Notwendigkeit einer einheitlichen internationalen Definition der Abschaltleistung. J. Kopeliowitsch tritt der von anderer Seite geäußerten Meinung[1]) entgegen, daß der Einbau von Löschkammern unbedingt eine außerordentliche Vergrößerung der Abschaltleistung bewirke. Er unterstützt seine Ansicht durch die von Ph. Sporn und H. P. St. Clair[2]) beschriebenen Schäden der Löschkammern von GEC-Schaltern für 750 000 kVA Abschaltleistung, die bereits bei 190 000 kVA auftraten. Neben den außerordentlichen Druckbeanspruchungen der Löschkammern sowie der Gefahr der Kontaktverschweißung sei der Ölkolbenbildung besonderes Augenmerk zuzuwenden. Versuche an Glasschaltern bei Aufnahme der Abschaltung mit der Zeitlupe[3]) ergäben, daß auch bei Verwendung von Löschkammern die Bildung eines Ölkolbens unvermeidlich ist[4]).

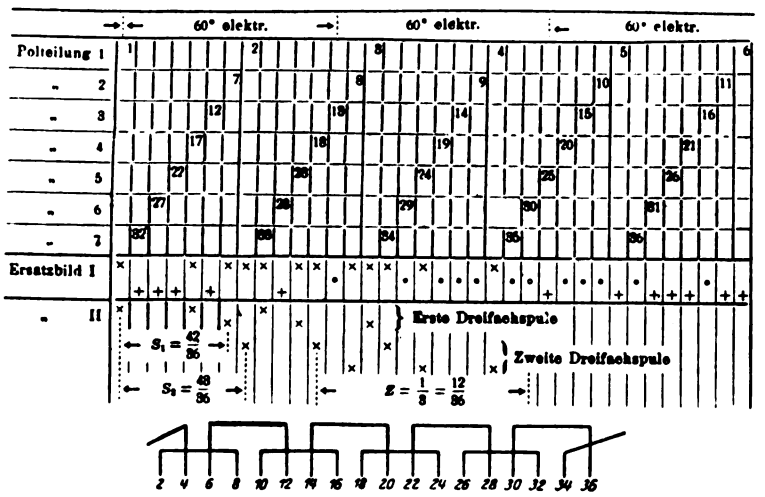


Abb. 3.

Große Unsicherheit besteht noch in der Bestimmung der Abschaltleistung. Die bezüglichen Vorschriften der einzelnen Staaten liefern daher auch Unterschiede bis zu 260 v.H. Es ist daher von größter Wichtigkeit, den Begriff der Abschaltleistung einheitlich zu definieren. Nach eingehenden Untersuchungen über die wiederkehrende Spannung, den Abschaltstrom und den Einfluß des asymmetrischen Stromverlaufes auf die Schalterarbeit, werden folgende Definitionen vorgeschlagen:

a) die Abschaltleistung ist das Produkt aus Abschaltstrom und Abschaltspannung, mit dem Zahlenfaktor der Stromart multipliziert (bei Drehstrom $\sqrt{3}$). Sie wird in kVA oder MVA angegeben;

b) die Abschaltspannung ist der Effektivwert der wiederkehrenden Spannung, welche bei der Abschaltung an der unter Spannung verbleibenden Leitung sofort nach der definitiven Löschung des Abschaltlichtbogens in allen Phasen auftritt;

c) der Abschaltstrom in A ist der Effektivwert des Wechselstromanteiles des Kurzschlußstromes, der bei der Abschaltung im Augenblick der Kontakttrennung durch den Schalter fließt.

[1]) J. Biermanns, ETZ 1927, S. 1137 u. 1181.

[2]) Journal A. I. E. E. Bd. 46, Juli 1927, S. 698.

[3]) Vgl. a. ETZ 1927, S. 1278 u. 1312; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 398.

[4]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 310.

Digitized by Google

Mehrere von der Gas- und El.-Co. in Canton angestellte Versuche an BBC- und GEC-Schaltern ergab außer einem besseren allgemeinen Verhalten auch geringere Lichtbogendauer der Schalter mit Vielfachunterbrechung gegenüber jenen mit Löschkammern. Hiebei wurden Abschaltleistungen von 675 000 und 725 000 kVA erzielt.

Eine besondere Untersuchung erfordern ferner die sogenannten Abhebungserscheinungen, die außer durch einen rein thermischen Vorgang, durch die entstehenden Felder sowie durch den auftretenden Flüssigkeitsdruck bestimmt sind. Zur Kompensation der Abhebekräfte werden vorzugsweise ringförmige Klotzkontakte verwendet, von denen jeder mit einem Solenoid versehen ist[1]). Die beiden Solenoide eines Kontaktpaares ziehen sich dann mit einer Kraft proportional dem Quadrat der Stromstärke an und kompensieren so die Abhebekräfte. Es ist auf diese Art möglich, Kurzschlußströme bis 80 000 A und darüber gefahrlos abzuschalten. G. O.

(ETZ, Jg. 49, H. 18, 1928 u. Bulletin d. SEV, Jg. 19, Nr. 9, 1928.)

Ein neuer Flüssigkeitsanlasser wurde von Brown-Boveri entwickelt. Seine wesentlichsten Vorteile sind: 1. Großer Unterschied zwischen Anfang- und Endwiderstand, 2. geringe Betätigungskraft infolge kleinen Gewichtes der bewegten Teile, 3. Beseitigung der Kalkablagerungen, 4. besonders günstiger Verlauf der Widerstandsänderung in Abhängigkeit vom Hub der beweglichen Elektroden, sind. Der Anlasser besteht aus einem großen Metallbehälter für den Elektrolyten, durch dessen Boden drei Tonzylinder zur Isolierung der Elektrodenpaare durchgeführt werden. In jeder Bodenöffnung ist ein Tonzylinder, in seinem untern Teil durch eine Metallscheibe abgeschlossen, auf welche eine der festen Elektroden befestigt wird, eingesetzt. Die oberen beweglichen der aus konzentrischen Bronzeringen hergestellten Elektroden bilden den Sternpunkt. Die Ringform ergibt eine günstige Kühlung und eine günstige Charakteristik der Widerstandsänderung. Die Verdampfung des Wassers ist gering, die Kühlung so eingerichtet, daß die Austrittstemperatur des Kühlwassers 40° C nicht überschreitet, so daß Abscheidungen nicht eintreten. Durch Zusetzen von Soda kann der Flüssigkeitswiderstand in weiten Grenzen verändert werden. Je nach der Größe wird der Anlasser ohne bzw. mit ein oder zwei Kühlern ausgerüstet. Bei zwei Kühlern kann dauernd eine Schlupfleistung von 600 kW abgeführt werden. Die höchstzulässige Betriebsspannung beträgt 3500 V, der Dauerstrom 1600 A, die maximale Anlaßleistung 4500 kW, die Kapazität 6000 kW/min. Wird der Anlasser nur zum Anlassen verwendet, so erhält er einen Schalter, der in der tiefsten Lage der Elektroden Kurzschluß zwischen den Klemmen herstellt. Die vorteilhafte Widerstandscharakteristik ermöglicht sanftes Anlassen ohne unzulässige Stromstöße, erfordert keinen Zusatzwiderstand zum Kurzschließen der Schleifringe und sichert bei Arbeiten des Motors mit Zusatzschlupf infolge des geringen Endwiderstandes einen hohen Wirkungsgrad. f. f.

(BBC-Mitteilungen-Baden, H. 6, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Ein Instrument zur Messung von Induktivitäten und Kapazitäten beschreibt A. Täuber-Gretler, Zürich. Dieses von der Firma Trüb, Täuber & Co, Zürich, ausgeführte Instrument ist ein eisengeschlossenes Induktionsdynamometer. Schickt man durch die Feldspule eines solchen Instrumentes einen Wechselstrom und ist die Drehspule über einen Widerstand geschlossen, der induktiv oder kapazitiv wirkt, so zeigt die Drehspule unter dem Einfluß der in ihr durch den Kraftfluß der Feldspule induzierten EMK bei überwiegender Induktivität das Bestreben, sich in eine solche Lage zu drehen, daß der sie durchsetzende resultierende Kraftfluß Null ist. Überwiegt die Kapazität, so strebt die Drehspule im Gegensatz zum ersten Falle einer Lage zu, in welcher sie vom größtmöglichen Kraftfluß der Feldspule durchsetzt wird. Offenbar liegt dazwischen ein Ausschlag Null dann, wenn Induktivität und Kapazität im Drehspulkreis in ihrer Wirkung sich gerade aufheben. Befinden sich im Stromkreis der Drehspule ein induktiver Widerstand L_S und eine Kapazität C mit parallel gelegtem ohmschen Widerstand r_c, so ergibt die Rechnung, daß das bewegliche System keine Ablenkung erfährt, wenn die Gleichung besteht:

$$L_D + L_S = \frac{r_c^2 C}{1 + (\omega C r_c)^2}.$$

Hierin bedeutet L_D den Selbstinduktionskoeffizient der Drehspule, der als in allen Lagen konstant angenommen wird, und ω die Kreisfrequenz des Wechselstromes. Nach erfolgter Nulleinstellung durch Verändern des Widerstandes r_c, wofür man sich eines induktionsfrei gewickelten Stöpsel- oder Kurbelwiderstandes bedient, kann eine der Größen L_D, L_S, oder C berechnet werden, sofern je die beiden anderen bekannt sind. Soll eine Kapazität gemessen werden, wird sie gegen L_D kompensiert; L_S verschwindet und durch weitere Vereinfachungen erhält man die Beziehung $C = \frac{L_D}{r_c^2}$. Zur Messung einer Selbstinduktion ist eine Hilfskapazität erforderlich, welche hinreichend groß sein muß, um die Selbstinduktivitäten L_D und L_S zu kompensieren. Die Schlußgleichung lautet dann $L_S = r_c^2 C_H - L_D$, wo C_H die Hilfskapazität bezeichnet.

Die Voraussetzung der konstanten Selbstinduktion der Drehspule in allen Lagen konnte in sinnreicher Weise durch Anordnung eines homogenen, ringsum geschlossenen Luftspaltes erfüllt werden, wobei die Feldspule auf einen inneren Kern in die Mitte verlegt wurde. Bei einem ausgeführten Instrument betrug die Meßempfindlichkeit bei Messung einer Kapazität von 0·1 μF $\pm$ 0·2 vH. Steht nur 50 periodiger Wechselstrom zur Verfügung, so können kleinere Kapazitäten als 0·01 μF nicht mehr gemessen werden. Verfügt man aber über Wechselstrom höherer Periodenzahl, so ist dies möglich. Bei 500 Per/s ist die Empfindlichkeit 100mal größer. Mit 50 periodigem Strom können Selbstinduktivitäten von 0·005 Henry mit einer relativen Genauigkeit von $\pm$ 1 vH gemessen werden, man braucht dazu aber eine Hilfskapazität von 1 bis 2 μF. C o.

(Bulletin des Schweiz. Elektrot. Ver. Jg. 19, Nr. 12, 1928.)

Das Transformatoren-Prüffeld des Städt. Elektrizitätswerkes Dresden. Von H. Mehlhorn und R. Bennewitz. Die Einrichtungen dieses im allgemeinen für Leistungen bis 150 kVA und Betriebsspannungen von 110 bis 20 000 V bestimmten Prüffeldes, das von Siemens & Halske ausgeführt wurde, weisen einige bemerkenswerte Einzelheiten auf. Das gesamte Prüffeld ist durch ein fünffeldriges Bedienungspult und ein Hochspannungsgitter in einen Meßraum und Prüfraum geteilt, die nur durch eine Tür verbunden und von der Werkstatt aus getrennt zugänglich sind. Im Meßraum sind die Bedienungs- und Meßeinrichtungen, im Prüfraum die Transformatoren und Apparate, sowie die zu prüfenden Transformatoren aufgestellt. Letztere werden durch Abnahmetafeln angeschlossen, die durch Traggerüste an der Decke befestigt sind, so daß alle Nieder- und Hochspannungsleitungen — diese einheitlich in vernickeltem 20 mm Messingrohr ausgeführt — von oben zugeführt sind, was sehr übersichtlich ist und freies Bewegen der Transformatoren gestattet. Das Prüffeld kann verdunkelt werden, wobei aber die Skalen der Schaltpultmeßgeräte durch kleine abschaltbare Lampen beleuchtet sind.

Alle Prüfeinrichtungen können sowohl vom Drehstromnetz 3×380/220 V als von einem Drehstrom-Drehstrom-Prüfumformer gespeist werden, dessen motorischer Teil, um die mit erhöhter Frequenz vorzunehmende Windungsprobe zu ermöglichen, ein Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotor ist, dessen Tourenregelung durch Bürstenverstellung ein vom Schaltpult mit Druckknopf gesteuerter Hilfsmotor vornimmt, der auch bei Abschalten des Kommutatormotors die Bürsten automatisch in die Anlaufstellung zurückführt. Die Frequenz des mit dem Kommutatormotor elastisch gekup-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 403.

Digitized by Google

pelten Synchrongenerators wird durch einen Ferntourenzähler am Bedienungspult gemessen.

Für die Isolationsprüfung erfolgt die Regelung der dem 150 kV-Hochspannungs-Prüftransformator zugeführten Spannung durch einen Regeltransformator, der in Verbindung mit einem Feinregler und Spezialschalter eine stufenlose Spannungseinstellung ermöglicht. Das zugehörige Voltmeter liegt unter Zwischenschaltung eines veränderlichen Vorwiderstandes (einer 8 V-Nitralampe) an einem kleinen Spannungswandler, wodurch der Watt-Meßverbrauch herabgesetzt und ein günstiger Skalenverlauf erzielt wird. Die gleiche Einrichtung ist bei den Voltmetern der Verlust-Prüfeinrichtung getroffen. Die Hochspannungs-Prüfeinrichtung für die Wicklungsprobe enthält auch im Schaltpult eingebaute Amperemeter mit umschaltbaren Stromwandlern. Als veränderliche Spannungsquelle für die Verlustmessungen dienen drei in Stern geschaltete Regeltransformatoren, die auch unabhängig voneinander verwendbar sind, so daß drei Einphasentransformatoren gleichzeitig geprüft werden können. Für den Bezug höherer Spannung werden die Regeltransformatoren mittels eines Walzenschalters auf einen Hochspannungstransformator geschaltet. Die Spannungsspulen der Wattmeter liegen über besondere Meßleitungen (bei Hochspannung noch über Wandler) unmittelbar an den Prüfklemmen, ihre Meßbereiche werden durch Vorwiderstände, die mittels Druckknopfschalter kurzgeschlossen werden können, erweitert, so daß die Einstellung des richtigen Meßbereiches erst nach der Strom- und Spannungseinstellung erfolgt. Die Spannungsmeßkreise können sowohl auf Nieder- als Hochspannung, sowohl in Stern als in Dreieck geschaltet werden. Für genaue Messungen dient eine besondere Meßstelle mit Präzisionsmeßgeräten, über welche alle Leitungen vom Schaltpult zu den Abnahmetafeln führen.

Die Messung des Übersetzungsverhältnis geschieht nach einem Kompensationsverfahren. Der zu prüfende Transformator und ein Vergleichstransformator werden mit der gleichen Spannung von 100 V erregt; an der Sekundärwicklung des Vergleichstransformators (4000 Windungen) läßt sich die Spannung mittels Windungsschalter von jeder beliebigen ganzzahligen Windungszahl abnehmen und über ein Nullvoltmeter zur Sekundärspannung des zu prüfenden Transformators gegenschalten: der Windungszahl 1 entspricht ein Volt (bei 100 V primär), man liest daher an den Windungsschaltern unmittelbar die Übersetzung ab. Da die Handräder, welche das Einschalten der Erregung besorgen, ständig mit beiden Händen gehalten werden müssen, — sonst würden sie ausschalten — ist ein Betätigen der Windungsschalter unter Spannung unmöglich. Durch einen Hilfstransformator kann der Meßbereich erweitert werden. Die gleiche Einrichtung wird auch zur Messung der Windungszahl von Spulen verwendet, indem letztere als Sekundärspule eines Transformators eingebaut werden, dessen primäre Windungszahl genau bekannt ist. Die Übersetzungsmessungen erfolgen an einer stehenden Schalttafel.

Die wichtigste Sicherheitseinrichtung besteht in der Druckknopf-Ein- und Ausschaltung der Hauptnetzschalter vom Schaltpult aus: Kontrollampen zeigen deren Stellung an. Die Hauptschalter aller Prüfeinrichtungen haben Überstromauslösung mit Spannungshaltespule: der Stromkreis der letzteren wird durch einen Druckknopf oder durch Öffnen der Prüffeldtüren unterbrochen und löst damit den Schalter aus. Warnungslampen über dem Schaltpult und über den Türen zeigen an, daß ein Hauptschalter eingelegt ist. Frd.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, H. 8, 1928.)

Ein Hochspannungs-Freiluft-Versuchsfeld für 1000 kV gegen Erde wurde von der Bergmann-Elektrizitäts-Werke-A.-G. errichtet und in Betrieb genommen. Drei Einzeltransformatoren erzeugen je $^1/_3$ Mill. V, wobei jeder Transformator den folgenden erregt. Die Gesamtleistung ist 1000 kVA. Die Transformatorenkästen stehen auf einem Aufbau aus Melalithisolatoren, sind mit dem Mittelpunkt des zugehörigen Transformators leitend verbunden und gegen Erde isoliert, und zwar der Reihe nach für $^1/_6$, $^1/_2$ und $^5/_6$ Mill. V, so daß zwischen den beiden äußersten (entferntesten) Durchführungen, deren eine an Erde liegt, ein Spannungsunterschied von 1 Mill. V herrscht. Die Ölkonservatoren sind flach gehalten und ebenso wie alle Isolatorkappen durch Blechwulste elektrisch abgeschirmt. Zum Ausgleich der Spannungsverteilung ist jeder Transformatorkessel mit den Isolierkappen und -sockeln des nächsthöheren Isolatorunterbaues durch einen Metallschlauch verbunden. Die Anlage, welche speziell die Untersuchung von Isolationsproblemen bei natürlicher Berechnung ermöglicht, hat sich gut bewährt. Versuche, bei denen das helle Tageslicht die Beobachtung von Vorentladungen erschwerte, mußten allerdings bei Nacht vorgenommen werden. Fr—r.

(Bergmann-Mitteilungen, Jg. 6, H. 3, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Vergleich der Betriebskosten bei Dampflokomotiven und Dieselelektrischen Triebwagen. O. Schläpfer berichtet über die Betriebsergebnisse auf dem Chemin de fer régional du Val de Travers (Schweiz), wo seit 1923 zwei Dieselelektrische Triebwagen von 200 PS und 64 t Eigengewicht mit einem Anhängegewicht von 80 t verkehren, deren elektrische Ausrüstung von der Brown Boveri u. Cie., Baden, geliefert wurden[1]). Außerdem sind in Verwendung: zwei Dampflokomotiven von etwa 24 t für Zugsgewichte von 390 t und eine Dampflokomotive von etwa 30 t für ein größtes Zugsgewicht von 500 t. Für die Jahre 1924 bis 1926 wurden die Betriebsergebnisse zusammengestellt und ergab sich auf ein Jahr bezogen:

	Dampflokomotiven	Dieselelektr Triebwagen.
mittlere Zugsleistung Br/tkm	$6{\cdot}8 \cdot 10^6$	$5{\cdot}2 \cdot 10^6$
Kosten für Brennstoff schw. Fr.	46 000	9500
„ „ Schmieröl „ „	2460	2040
„ „ Personal „ „	20 400	10 200
„ „ Revisionslöhne „ „	3900 (119 Tage)	850 (27 Tage)
„ „ Ersatzmaterial „ „	1100	1200
das heißt für 1000 Br/tkm „ „	10·85	4·58

Wl.

(BBC-Mitteilungen, H. 6, 1928.)

Die neuen Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auf den Strecken Halle—Leipzig und Halle—Magdeburg. Von Chr. Rusam, Berlin-Siemensstadt. Seit dem 20. Februar 1928 haben die Deutschen Reichsbahnen einen Nahverkehr zwischen den genannten Strecken aufgenommen und damit einerseits den immer steigenden Verkehr, andererseits aber auch dem Wettbewerb der Kraftwagenlinien Rechnung getragen. Die guten Erfahrungen mit Triebwagenzügen auf den schlesischen und bayrischen[2]) Strecken haben diesen Entschluß gefördert. Die Triebwagenzüge haben eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h und verkehren zwischen Halle und Leipzig 37·6 km mit 75 km/h Reisegeschwindigkeit mit einem Zwischenaufenthalt und mit 45·1 km/h bei sieben Zwischenaufenthalten zu je 1 min. Hiebei befördern zwei Triebwagen insgesamt 186 t. Es stehen derzeit fünf Triebwagen in Verwendung, die von SSW und der Waggonfabrik Wegmann u. Co., Kassel, gebaut wurden. Die Wagen sind 22·9 m lang und ruhen auf zwei zweiachsigen Drehgestellen von 3·2 m Achsstand mit 16 m Zapfenentfernung. Sie enthalten 16 Sitze II. Klasse und zwei Abteile III. Klasse mit 18 und 32 Sitzen. Einschließlich der Stehplätze können 110 Fahrgäste befördert werden. Der Triebwagen wiegt leer 62 t.

Auf den Innenachsen der Drehgestelle ist je ein Motor in Tramaufhängung eingebaut und mit beidseitigem Zahnradtrieb versehen. Er hat eine Dauerleistung mit Eigenkühlung von 140 kW bei 100 km/h und von 125 kW bei 60 km/h. Der nachträgliche Einbau einer Fremdlüftung ist vorgesehen. Dadurch wird die Dauerleistung auf 184 kW zwischen 60 und 100 km/h heraufgesetzt. Die Zahnradübersetzung ist 1 : 3·285 bei 10π-

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 620.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 645.

Digitized by Google

Teilung. Der Triebraddurchmesser beträgt 1 m. Die elektrische Ausrüstung ist durchwegs unter dem Wagen angeordnet. Die Wagen haben zwei Scherenstromabnehmer der Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn. Der als Manteltype mit Sparschaltung ausgebildete Transformator von 400 kVA Dauerleistung im Sommer und von 455 kVA im Winter hängt in der Mitte des Wagens. Er hat zwölf Anzapfungen für die Schaltschütze, von denen je zwei über eine Drosselspule mit den Motoren verbunden sind. Er ist für künstlichen Ölumlauf eingerichtet. Der Kasten hat seitliche Kühltaschen, durch die in der Fahrtrichtung Durchzugsrohre geführt sind. Der Ölschalter ist neben dem Transformator aufgehängt und für Einschaltung von Hand oder durch Druckluft eingerichtet. Im übrigen entspricht er der Einheitsbauart. Als Fahrtwender dienen zwei Sätze von je vier Schützen. Zwei Motorabschalter setzen die Steuerleitungen der zugehörigen Fahrtwenderschützen außer Spannung. Bei einer weiteren Stellung der Motorabschalter sind die Motoren vollkommen abgeschaltet und kann man alle Schützen mit Oberleitungsstrom zu Prüfzwecken durchschalten. Der Strom für Steuerung und Hilfsbetriebe wird einer 216-V-Anzapfung entnommen. Ein Umschalter ermöglicht deren Untersuchung mit Hilfsstrom in Schuppen. Die Stufenschütze sind durch Hilfskontakte gegenseitig verriegelt und werden durch Loslassen der Totmannkurbel oder Ausschalten des Hauptschalters stromlos gemacht. Die Beleuchtung erfolgt durch eine normale Dick-Zugsbeleuchtungsanlage. Deren Batterie speist auch die Nullspannungs-Auslösung des Ölschalters. Eine 19adrige Steuerstromkupplung ermöglicht Vielfachschaltung mehrerer Triebwagen. Bei dieser Anordnung werden sämtliche Luftpresser des Zugs durch den Druckregler des führenden Triebwagens geschaltet. Die Führerbügelventile in den Führerständen sind durch eine besondere, durch den Zug gehende Luftleitung verbunden und mittels eigener Steuerventile an die Bremsleitung angeschlossen. Dadurch können alle Stromabnehmer und Ölschalter vom ersten Führerstand aus gesteuert werden. Die Beiwagen sind mit dieser Luftleitung und den Steuerleitungen versehen und haben an einem Ende einen Führerstand, wodurch das Umsetzen des Triebwagens in den Endstationen überflüssig wird. Wl.

(Verkehrstechnik, H. 23, 1928.)

Fernmeldewesen.

Untersuchungen über Monotelephone hinsichtlich deren besonderer Eignung als Nullinstrument in der Wechselstrombrücke veröffentlichen R. Bauder und A. Ebinger. Es wurde daher weniger auf scharfe Resonanz als auf das Aussieben der Oberwellen durch das Monotelephon geachtet. Die mathematische Theorie von Membranschwingungen ergibt die Möglichkeit der Resonanzabstimmung durch Verändern der Membranmasse bei konstanten Elastizitätsverhältnissen, während eine Vergrößerung der Schwingungsamplitude am besten durch Verringerung der Dämpfung erreicht wird. Dieser Weg wurde auch bei der experimentellen Untersuchung beschritten und es zeigte sich, daß sowohl bei rund eingespannten als bei an drei Punkten eingespannten Membranen die Resonanzfrequenz proportional mit der Membrandicke wächst, wobei durch Aufbringen einer Zusatzmasse auch eine Feinabstimmung möglich ist; dabei wird auch das Dämpfungsdekrement kleiner, jedoch nur solange, als die Einspannstelle gegenüber der schwingenden Masse in Ruhe bleibt; deshalb muß man trachten, möglichst viel Masse an der Einspannstelle anzuhäufen. Die Amplitude der Membranschwingungen wurde als Funktion der Frequenz (Resonanzkurven) mit einer Anordnung aufgenommen, welche nach Art eines Oszillographen die photographische Aufnahme der Membranschwingungen gestattete (in der Arbeit nicht näher beschrieben), wobei als Stromquelle für die konstante Erregung eine Franke-Maschine diente. Die Resonanzkurven zeigten bei dreieckiger Einspannung der Membran den für den angestrebten Verwendungszweck des Monotelephons großen Nachteil, daß die Membran auch bei den Vielfachen der Grundfrequenz Resonanzlagen aufweist. Es wurde daher das Studium der Chladnischen Klangfiguren der Membran herangezogen, welches erkennen ließ, daß die Knotenlinien der Grundfrequenz in keiner Figur der höheren Harmonischen wiederkehren, daß also zum Aussieben der letzteren ein Festhalten des Knotenliniendreiecks genügt. Letzteres geschah durch Versteifung der Knotenlinien, und zwar durch Ausdrücken von Rippen. Auf solche Weise hergestellte Membranen dämpften die Obertöne sehr stark ab, allerdings war auch die Amplitude der ziemlich rein hervortretenden Grundschwingung erheblich kleiner als bei glatter Membran; dagegen hat ein solches Monotelephon als Nullinstrument den weiteren Vorteil, daß bei Verschieben aus der Nullage die Tonstärke nach beiden Seiten schneller zunimmt und dadurch eine schärfere Einstellung ermöglicht.

Frd.

(Zeitschrift f. techn. Physik. Jg. 9, H. 2, 1928.)

Baustoffe.

Oberflächenschutz von Aluminium. Von G. Kutscher. Während chemisch reines Aluminium gegen äußere Einwirkungen durch Bildung einer Oxydschichte sich selber schützt, ist dies bei kleinen Verunreinigungen und Beimengungen, wie sie im gewöhnlichen Gebrauch oft notwendig und üblich sind, nicht mehr der Fall. Die Oxydschicht wird zerstört und es treten Anfressungen auf. Schwierig gestaltet sich nun der Schutz der Oberfläche durch einen mit Leinölfirnis angemachten Farbanstrich, da auf der Oxydschicht die Farbe nicht haften bleibt, eine Entfernung dieser Schicht aber nicht völlig zu erreichen ist, da sie sich fortwährend neu bildet. Während aber geringe Rostrückstände am Eisen nicht mehr schaden, weil ihnen durch den Anstrich der Sauerstoff genommen wird, wodurch sie in ihrer Ausdehnung beschränkt bleiben, ist dies bei den Leichtmetallen nicht mehr der Fall. Jedes Stück Oxydschicht verhindert das Haften und weiters bleibt der Farbanstrich nicht dicht, wodurch Feuchtigkeit eindringt und die Weiterbildung der Schicht begünstigt. Die Nitrozelluloselacke hingegen zeichnen sich durch ihre geringe Haftfähigkeit, Empfindlichkeit gegen Luft und Kälte, und ungünstiges Verhalten gegen Alkalien aus. Da letztere aber sehr stark im Straßenstaub und Seeluft vertreten sind, scheiden die Lacke bei Fahr- und Flugzeugen aus. Nun ist es Jirotka in Berlin gelungen, einen vollkommenen Schutz dadurch zu erzielen, daß die betreffenden Gegenstände ohne besondere Vorbehandlung kurze Zeit in Metallösungen getaucht werden, die das Aluminium mit einer haftenden, dichten Schutzschicht überziehen[1]). Die Zusammensetzung der Lösung wechselt je nach dem Zweck und den Verhältnissen. Es finden hiebei lediglich chemische und keine elektrischen Vorgänge[2]) statt. Zwei große Versuchsreihen, eine an der Meeresküste, die andere im Versuchsraume, ergaben einwandfrei die Überlegenheit gegenüber den Farb- und Lackanstrichen. Die Ergiebigkeit des neuen Mittels ist dadurch gekennzeichnet, daß man durch Tauchen in rund 30 min bis 10 m² einseitige Fläche mit 1 Liter Tauchflüssigkeit geschützt werden, während mit fünfmaligem Anstrich nur rund 5 m², mit Farbspritzverfahren ebenfalls 5 m² gestrichen werden können. V. H.

(Verkehrstechnik, Heft 30, 1928.)

Energiewirtschaft.

Berliner städtische Elektrizitätswerke Akt.-Ges. (Bewag). Dem Jahresbericht der Betriebsdirektion der Bewag[3]) ist nunmehr der der Verkehrsdirektion gefolgt. Er ist zu einem Buch von 115 Seiten und 77 Abb. in prächtiger Ausstattung angewachsen[4]). Er darf wegen seines reichen, technischen und wirtschaftlichen Inhalts

[1]) Über Schutzschichten bei Al vgl. a. E. u. M. 1926, S. 769.

[2]) Über ein elektrolytisches Verfahren vgl. E. u. M. 1925, S. 74.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 33, S. 855.

[4]) Jahrbuch der Verkehrsdirektion. Veröffentlichung der BEWAG, Reihe II, Bd. 7.

Digitized by Google

Anspruch auf das größte Interesse der Fachkreise erheben[1]).

Der erste Abschnitt bringt die Entwicklung der Stromversorgung in Zahlen. Die nutzbar erzeugte und bezogene Arbeit ist seit 1926 von 809 Mill. auf 1025 Mill. kWh, die Spitzenleistung von 293 000 auf 348 000 kWh, die mittlere Benutzungsdauer von 31·5 auf 35·6 vH der Spitzenleistung, die Benutzungsdauer demgemäß von 2761 auf 3123 Std. gestiegen. Hauptsächlich durch die Inbetriebnahme des Klingenbergwerkes ist der Anteil der Eigenerzeugung von 51 auf 67 vH gestiegen. Die Niederspannungszähler haben sich um 103 000 auf 577 000, das ist um rund 22 vH vermehrt, ihr Meßbereich hat sich dagegen nur um 53 000 auf 505 000 kW vergrößert, was auf die vorwiegende Anschließung von Kleinabnehmern mit 0·5 kW im Durchschnitt zurückzuführen ist. Dem nächsten Abschnitt „Verkehr mit den Kunden", wird entnommen, daß 137 000 Prüfungen von Niederspannungsanlagen, 117 000 Revisionen und Nachprüfungen (also bei jeder vierten Anlage) vorgenommen worden sind. Es wurden 22 000 gegen 16 000 Störungen im Vorjahre behoben, und zwar im Dezember doppelt soviel als im Mai. Der dritte Abschnitt ist der „Werbung" gewidmet. Für jedes Monat des Jahres wurde ein eigener Werbegegenstand gewählt, für den durch viele verschiedenartige Plakate und Zeichnungen auf Rechnungszetteln, durch Leuchtbilder usw. geworben wurde. Neue Vorführungsräume wurden im Europahause im belebtesten Teile des vornehmen Geschäftsviertels von Berlin W und am Schiffbauerdamm im Verwaltungsgebäude der Bewag eröffnet. Im ersteren vermittelt die reichste Verwendung von Leuchten einen Anschauungsunterricht im Beleuchtungswesen, wozu die Beleuchtung der Räume mit Neonröhren, Lichtsäulen usw. beiträgt. In letzterem ist in den Schaufenstern eine wechselnde Ausstellung von elektrisch betriebenen Werkstätten im Betriebe zu sehen.

Im Abschnitte „Wirtschaftsfragen" wird eingangs ausgeführt, daß die Geltung des Nachttarifes von 20 bis 6 h auf 19 bis 7 h ausgedehnt worden ist. Die Tarife seien des großen Interesses halber, das sie verdienen, wiedergegeben: der Grundgebührentarif, der nunmehr ausschließlich gilt, sieht einen kWh-Preis von 0·16 Mk./kWh vor. Als Grundgebühr wird für einen Zählermeßbereich von 220 W ein Preis von Mk. 0·80 im Monat berechnet, für die nächsten Stufen von 440 und 660 W das Doppelte, bzw. Dreifache, für die weiteren Stufen von 1100 bis 285 450 W ein Vielfaches der letzten Zahl. Der Zählermeßbereich wird infolge verschiedener Schwierigkeiten nicht nach der Zählergröße, sondern nach den folgenden Grundsätzen festgestellt. Lichtanlagen werden bewertet: bei Lampen bis 15 W nach ihrer Wattaufnahme, bei solchen über 15 W bis 60 W mit 30 W, darüber hinaus mit der Wattaufnahme. Hausgeräte bis 1500 W werden mit 30 W, soweit sie aber gewerblichen Zwecken dienen, nach ihrer Leistung bewertet. Kraftanlagen werden für gleichzeitig voll ausgenützte Motoren für jedes PS mit 640 W, für gleichzeitig nicht voll ausgenutzte Motoren mit 400 W, in Einzelantrieb bei mindestens fünf Motoren 300 W je PS angenommen. Der Tarif II berechnet für bevorzugte Abnehmer einen reinen kWh-Preis von 40 Pfg. kWh. Als solche gelten Religionsgenossenschaften, wissenschaftliche Anstalten und Schulen, Prüffelder, Filmaufnahmen, landwirtschaftliche und gewerbliche Betriebe. Für die Nachtspeicherung wird ein Preis von 0·08 Mk./kWh berechnet. Die Einführung des Gedinge (Stück)-lohnes hatte namentliche Arbeitssteigerung zur Folge. So wurde bei der Zählereichung und -instandsetzung die Zeit je Zähler um 33 vH von 2 h 12 min auf 1 h 38 min herabgesetzt. Ähnliche Ersparnisse wurden bei der Zähleranbringung erzielt. Trotz der Stücklohnzuschläge von Mk. 30 000 wurden hier Mk. 15 000 an Löhnen erspart. Nicht in Zahlen ausdrückbar sind aber die Vorteile die in der verminderten Lagerhaltung, rascheren Anschlüssen der Kunden usw. bestehen.

Eine Untersuchung über die Belastungsverhältnisse zeigt, daß sich der Verbrauch der Lichtabnehmer fast genau dem Verlauf der Dunkelstunden während des Jahres anschmiegt. Die Industrie weist dagegen nur verhältnismäßig geringe, durch die Konjunkturänderung bedingte Belastungsschwankungen auf. Die Belastungsverhältnisse der Verkehrsunternehmungen schwanken nur in geringem Maße. Aufmerksamkeit verdient auch die Aufstellung einer Kondensatorenbatterie zur Verbesserung des cos φ für 6 kV und eine Leistung von 180 BkVA. Bei der Untersuchung der cos φ-Frage stellte sich heraus, daß die Verwendung von kompensierten Motoren infolge mangelhafter Wartung und Einstellung nicht den Erwartungen entsprach, daß sogar die Einstellung solcher Motoren unter 4 kW nicht zu empfehlen ist, weshalb der Gedanke der zwangweisen Einführung solcher Motoren nicht weiter verfolgt wurde. Gleichfalls untunlich erschien es bei Niederspannungsabnehmern eine cos φ-Klausel vorzuschreiben. Es zeigte sich nämlich, daß zur Belastungsspitze nur mehr etwa 20 vH der Motoren angeschlossen sind, von denen wieder wegen der obenerwähnten Beschränkung nur etwa 50 vH für den Austausch gegen kompensierte in Betracht kommen und der weitere Anteil des schlechten cos φ den Netztransformatoren zuzuschreiben ist. Die so erzielbaren Verbesserungen des Spannungsabfalles sind nun nicht mehr so groß, daß sie die Schwierigkeiten der Verrechnung, Überwachung usw. überwiegen würden. Eine Verbesserung des cos φ wird zu erreichen versucht durch Verwendung von Kurzschlußankermotoren und ihre richtige Bemessung im Verhältnis zur gebrauchten Leistung. Die im Zuge befindliche Umschaltung der Gleichstromversorgung auf Wechselstrom wird fortgesetzt. Das Zusammenarbeiten mit den Installateuren wurde im Berichtsjahre durch eine gemeinsam mit dem Installateurausschuß beschlossene Garantieverpflichtung gegenüber den Abnehmern der Bewag erweitert. Im letzten Abschnitt des Berichtes wird die Bearbeitung städtischer Angelegenheiten besprochen. Erwähnt sei hieraus die probeweise Einführung beleuchteter Hausnummerntafeln, die gleichzeitig den Hauseingang beleuchten. Auch eine Beleuchtung der Straßenschilder wird versucht. An Festtagen wurden hervorragende Gebäude mit Flutlicht angeleuchtet. Für die öffentliche Straßenbeleuchtung stehen 10 900 Lampen mit 2100 kW Anschlußwert zur Verfügung. V. H.

Die Hydroelectric Power Commission of Ontario besagt in ihrem 20. Bericht über das mit 31. Oktober 1927 endende Geschäftsjahr[1]), daß ihr die Leistung von 20 Wasserkraftwerken zur Verfügung steht. Während sich die Stromkosten in den Vereinigten Staaten im Mittel auf 7 Cent je kWh stellen, belaufen sich dieselben in Ontario auf nur 2 Cent. Die Höchstbelastung aller Werke stieg von 947 890 PS auf 1 000 252 PS, trotzdem im abgelaufenen Geschäftsjahr keine neuen Maschinen aufgestellt wurden. Das investierte Kapital betrug insgesamt 286 Mill. Doll., wovon 70 vH auf die Niagarawerke entfallen. Die Einnahmen beliefen sich auf 22·3 Mill. Doll., von denen 79 vH aus den Niagarawerken bezogen wurden. Der Reingewinn betrug 534 000 Doll. Im Berichtsjahre wurden 1450 km Fernleitungen errichtet. Die Gesamterzeugung betrug 3904·4 Mill. kWh, wovon auf das Queenstownwerk[2]) 2534·3 Mill., auf die Ontario Power Plant 729·3 Mill., auf die Canadian Niagara Power Company 201·8 Mill. entfallen. Im Bau begriffen ist das Thunder Bay Kraftwerk mit vorerst drei Maschinensätzen von je 18 000 PS. β.

(The Electrical Review, Bd. 103, Nr. 2645, 1928.)

Chronik.

Österreichischer Ausschuß für Metallschutz. Am 3. November l. J. hat im Bundesministerium für Handel und Verkehr unter Teilnahme der führenden Vertreter der Bundesbahnen und der Industrie die Gründung des österreichischen Ausschusses für Metallschutz stattgefunden. In das Präsidium wurden Sektionschef Ing. Gelse, Bundesbahndirektor Ing. Taussig und o.-ö. Professor Dr. Müller der Tech-

[1]) Vgl. Mayerzik. Die Entwicklung der Bewag. 1924, 1926 in E. u. M. 1927, S. 819 ff. und Rühle, E. u. M. 1926, S. 405.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, TWN, S. 5.

[2]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 482.

Digitized by Google

nischen Hochschule Wien entsendet und als Geschäftsführer Dr. Nemere bestellt. Der Ausschuß hat den Antrag des Zentraldirektors Ing. Pollak angenommen, wonach mit möglichster Beschleunigung ein Arbeitsausschuß einzusetzen ist, an dessen Arbeiten alle österreichischen Forscher sowie Praktiker auf dem Gebiete des Metallschutzes teilnehmen sollen. Die Einladungen zu dem Beitritt zu diesem Arbeitsausschuß werden in der nächsten Zeit zur Aussendung gelangen.

Die Aufgabe des Ausschusses wird es nunmehr sein, gemeinsam mit dem Reichsausschuß für Metallschutz in Berlin die Bestrebungen auf dem Gebiete der Korrosionsforschung und der Rostverhinderung zusammenzufassen und zu diesem Behufe sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch die wirtschaftliche Auswertung der Forschungsergebnisse zum Nutzen der Betriebswirtschaft der an diesen Fragen interessierten Industrien zu fördern.

Da in Übereinstimmung mit der Begriffsbestimmung des deutschen Reichsausschusses unter Korrosion jegliche chemische Zerstörung des Metalls verstanden ist, also nicht nur das Rosten im landläufigen Sinne, werden der Forschungsarbeit auf wissenschaftlichem Gebiete weite Grenzen gesteckt sein. Es sei nur daran erinnert, daß die wissenschaftliche Arbeit die Frage der Legierungen, der metallischen und nichtmetallischen Überzüge, der chemischen Änderung der Oberfläche, der elektrolytischen Vorgänge bei der Zerstörung des Materials usw. umfaßt. Es steht zu hoffen, daß die Nutzanwendung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung, die insbesondere durch Abhaltung von Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften weiten Kreisen bekannt gemacht werden soll, auch zu befriedigenden wirtschaftlichen Ergebnissen führen wird.

Min.-Rat Ing. Alfred Deinlein.

Literaturberichte.

3751 **Kesselanlagen für Großkraftwerke.** Betrachtungen und Richtlinien. Von Dr.-Ing. Friedrich Münzinger. 176 Seiten mit 282 Abb. im Text und auf 2 Tafeln und 8 Zahlentafeln. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, 1928. Preis: geb. Mk. 19·—.

Das Buch schildert an Hand der als Ausführungsbeispiel beschriebenen Kesselanlage des Großkraftwerkes Klingenberg die zahlreichen Fragen technischer und nichttechnischer Natur, die bei einem solchen Bau auftreten und deren Lösung. Dieses Buch ist für den Fachmann überaus wertvoll weil es nicht nur angibt „was" gemacht wurde, sondern auch „warum" es so gemacht wurde. Gerade das Letztere, die Berücksichtigung der vielen Erwägungen die der planende Ingenieur beim Bau eines solchen Werkes anstellen muß, ist das Wichtige und doch wird leider gerade darüber sehr selten etwas veröffentlicht.

Ausgehend von der Vorgeschichte des Baues wird die Vergebung und Ausführung der Aufträge, die Prüfung der Baustoffe, die Montage der Kessel sowie die Ausführung der Nebenanlagen eingehend besprochen. Im zweiten Teil des Buches werden allgemeine, mit der Entwicklung des Kesselbaues zusammenhängende Fragen erörtert und die Richtlinien für den Bau von Großkesselanlagen festgelegt. Schließlich entwickelt der Verfasser seine Ansichten über die Zukunftsfragen des Kesselbaues.

Das Buch nimmt zu allen Tagesfragen des Kraftwerksbaues in einer Art und Weise Stellung, die allseits nur vollste Anerkennung finden wird. Stipernitz.

3718 **Schaltungen für Hebezeuge.** Ein Hilfsbuch für den Montagegebrauch und zum Selbstunterricht. Von Dipl.-Ing. Georg Esper; 182 S. mit 123 Abb. Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig. Preis Mk. 9·50.

Der Verfasser hat sich der dankenswerten Aufgabe unterzogen, eine Übersicht der wichtigsten Schaltungen von Kranen, Hebezeugen und Aufzügen, sowie Fördermaschinen zu geben. Ein einleitendes Kapitel schildert Aufbau und Wirkungsweise der in der Hebezeugtechnik verwendeten Motoren. Wenngleich das Buch dem Fachmann nicht viel Neues bringt, so ist es doch sehr gut geeignet, dem Betriebsmanne, der mit Hebezeugen zu tun hat, das Verständnis der elektrischen Vorgänge zu vermitteln. Darstellung, ebenso wie Ausstattung des Buches sind gut. Ellmann.

Eingelaufene Bücher.

586 Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Taschenbuch. Von Obering. H. Pohl, 14. neu bearbeitet Aufl. (Bibliothek der gesamten Technik, Band 1), Leipzig, 1927. Verlag Dr. Max Jänecke. Preis: Mk. 3·90.

Es muß im allgemeinen anerkannt werden, daß das Buch für den Praktiker wertvolle Ratschläge erteilt, sich bemüht, in leicht verständlicher Form seinem Leserkreis zu dienen; umso bedauerlicher ist es aber, daß die vielen Flüchtigkeiten, von denen ja die gröbsten in einer früheren Besprechung bereits aufgezeigt wurden[1]), nicht verbessert wurden. Ci.

Druckschriften und Preislisten.

25 Jahre J. M. Voith, St. Pölten. Einer anläßlich des 25jährigen Bestandes herausgegebenen, sowohl hinsichtlich des Textes und der Abbildungen, als auch der äußeren Ausstattung vorbildlichen Denkschrift sind interessante Einzelheiten über das Werk und seine Arbeitsgebiete zu entnehmen. Am 6. Juli 1903 wurde mit dem Bau dieser österreichischen Zweigfabrik der schon damals im Turbinen- und Holzschleifer-Papiermaschinenbaue an erster Stelle stehenden Württembergischen Maschinenfabrik J. M. Voith in Heidenheim begonnen. Heute umfaßt das ganz modern eingerichtete St. Pöltner Werk einschließlich der großen Gießerei eine Grundfläche von 354 000 m², es beschäftigt rund 1300 Arbeiter und Angestellte und ist damit zu einem Unternehmen herangewachsen, das für das Wirtschaftsleben Österreichs von Bedeutung ist, umsomehr als etwa 1/3 der gesamten Erzeugung ausgeführt wurde. Von den 1000 Wasserturbinen mit rund 6 Mill. PS Gesamtleistung, welche beide Werke der Firma Voith bisher erzeugten, wurden in St. Pölten 2615 gebaut, darunter Maschinen für das Teigitschwerk, das Partensteinwerk, die Werke Opponitz und Gaming, das Ruetz- Mallnitz-, Stubach-, Sill- und Achenseewerk. In letzter Zeit wurde auch der Bau von Kaplanturbinen aufgenommen, wobei die Lieferungen für die Anlagen Siebenbrunn und Gratwein hervorzuheben sind. Aus kleinen Anfängen hat sich schließlich noch die Transmissions- und Zahnräderabteilung sehr stark entwickelt.

Siemens-Schuckert-Werke.

Kleine und mittlere Transformatoren. Eisenkörper, Wicklung, Anzapfungen, Gestell und Kessel, Öl, Konservator, Überlastungstabellen für Öltransformatoren.

Preislisten: M 6. Kleine Drehstrom-Motoren Type R für Leistungen bis 7·5 kW. — M 7. II. Teil. (Vorläufig.) Offene und geschützte Drehstrom-Motoren für Leistungen bis 250 kW. — M 7. V. Teil. Anlaßwalzen mit Ölkühlung zum Anbau an Drehstrom-Motoren mit Schleifringläufer. — EM 3 *a*. Ersatzteile für kleine Drehstrom-Motoren der 1er Reihe für Leistungen bis 6 kW. — P 1. Elmo-Pumpen für Flüssigkeits-Förderung.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft. Berlin

AEG-Fernsprechkabel. Zusammenstellung der Lieferungen und ausgeführten Anlagen von 1921 bis Anfang 1928. — Tragbare Vergütungszähler (zwischen Steckdosen und Verbrauchsapparat einschaltbare Unterzähler für Sondertarif.) — Errechnung des wirtschaftlichen Erfolges durch Erhöhung der Einschmelzspannung bei Elektrostahlöfen. Von S. Schey. (Sonderabdruck aus „Centralblatt der Hütten- und Walzwerke", 32. Jg.) — Selbsttätige Regelung von Feuerungen für Dampfkessel. Von H. Treitel. (Sonderabdruck aus „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen", 9. Jg. Neben anderen Verfahren wird besonders die AEG-Askania-Regelung besprochen.)

Scheiber & Kraussler, G. m. b. H., Wien XIII/1

Listen, Ausgabe 1928: M 1. Schmelzsicherungen bis 1000 A, Überspannungsableiter und Durchschlags-

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, TWN, S. 210.

Digitized by Google

sicherungen. — M 2. Aus- und Umschalter bis 350 A. — M 6. Steckvorrichtungen und Leitungskupplungen bis 60 A. — M 8. Gekapseltes Schaltmaterial (Schaltkästen und Sicherungskästen bis 600 A, Sterndreieckschalter bis 25 A). — M 9. Druckknöpfe und Druckknopftafeln, Türkontakte, Endausschalter usw.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Über die Leistungen der Elektrotechnik in England gibt der Tätigkeitsbericht für 1927 der Metropolitan-Vickers-Electrical Co. ein anschauliches Bild. Die größten im Bau befindlichen Dampfturbinen haben Leistungen von 41 000 und 45 000 kW; geliefert wurden zwei 35 000-kW-Turbinen und eine größere Zahl mit Leistungen von 10 000 bis 20 000 kW, vorwiegend für 3000 U/min. Die größten in Arbeit befindlichen Turbogeneratoren sind für Leistungen von 55 000, 50 000 und 43 750 kVA bestimmt; eine 30 770/38 000-kVA-Maschine mit 3000 U/min wurde dem Betriebe übergeben, sie konnte bei den Versuchen dauernd mit 40 000 kVA belastet werden. Die Gesamtleistung aller im Jahre 1927 in Auftrag genommenen Turbogeneratoren ist 450 000 kVA. Ferner sind drei 13 300 kVA 250 U/min Stromerzeuger mit lotrechter Achse für ein Kraftwerk in Chile in Arbeit, die mit Peltonrädern gekuppelt werden, sowie zwei 20 000-kVA-Stromerzeuger für ein selbsttätiges Wasserkraftwerk in Neuseeland. Für die Stromversorgung einer indischen Bahn wurden 16 1250-kW-Einankerumformer mit den zugehörigen Speisekabeln und Apparaten geliefert, ferner vier 2000-kW-Umformer für Buenos-Aires. Für die gleiche Stadt sind noch ein 3000-kW- und zehn 1500-kW-Einankerumformer mit Gleichstrom-Spannungsregelung von 440- bis 580 V (Licht- und Bahnstrom) ersterer mit Fernsteuerung im Bau. Angeführt werden ein Auftrag auf drei Motorgeneratoren zur Stromlieferung für Aluminiumöfen, bestehend je aus einem 8000-PS-Induktionsmotor und zwei 2760 kW, 400/325-V-Gleichstromerzeugern. Die größten Transformatoren sind vier 54 000 kVA 13·6/28·6 kV, 50 Per/s Drehstrom-Sätze für Buenos-Aires, die höchste Spannung, die zur Anwendung kommt ist 110 kV bei zwei 20 000-kVA-Drehstromtransformatoren für Neuseeland. Schalter wurden für Schalt-Leistungen bis 1·5 Mill. kVA ausgeführt. An Phasenschiebern wurden sieben Stück, mit 200-PS-Motoren gekuppelt, für Indien gebaut. Auf dem Gebiete der Bahnelektrisierung ist der bedeutendste Auftrag der auf 41 Stück 2600 PS, 120 t, Güterzugslokomotiven für die Great Indian Peninsular Railway, für die auch eine 2160 PS, 135 km/h Schnellzugslokomotive gebaut wurde. Für die Untergrundbahn in Sydney wurden 105 Motorwagen- und 100 Anhängewagenausrüstungen, erstere mit 360-PS-Motoren in Vielfachsteuerung geliefert, außerdem sollen 100 Motorwagen in solche mit Führerstand umgebaut werden. Auf dem Gebiete der Industrieanlagen ist außer der fortschreitenden Elektrisierung der Bergwerke, besonders der Förderanlagen, die zunehmende Verwendung des elektrischen Antriebes in Walzwerken zu erwähnen. So wurden zwei 6000/15 300-PS-Motoren mit von Null bis 100 U/min in beiden Richtungen regelbarer Drehzahl geliefert, zur Stromerzeugung dienen dabei fünf 1500-kW-Gasdynamos. Für Eisen- und Stahlwerke wurden auch mehrere Getriebe-Gleichstrom-Turbosätze für Leistungen bis 2000 kW geliefert, ebenso auch für die Textilindustrie. Für Haushaltungskochgeräte wurde ein besonderes Heizelement entwickelt, welches aus einem Stahlrohre besteht, in welchem der Heizdraht in Magnesiumoxyd eingebettet ist. Für das Studium der Bearbeitung seltener Metalle wurde ein Feinwalzwerk aufgestellt, mit welchem bereits Kupfer auf 0·003 mm und Molybdän auf 0·07 mm Stärke ausgewalzt wurde.

(The Metropolitan-Vickers Gazette, Bd. 10, Nr. 178 u. 179, 1928.)

Vereins-Nachrichten.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Sondervorschriften für Röntgenanlagen.

Im Regulativkomitee des Elektrotechnischen Vereines in Wien — dem die Bearbeitung des gesamten Vorschriftenwesens der Elektrotechnik obliegt — wurde die Anregung gegeben, für die Ausführung und den Betrieb von Röntgenanlagen als Ergänzung der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" Sondervorschriften aufzustellen. Die Bestimmungen der Sicherheitsvorschriften können wohl für den Anschluß und für die Niederspannungsseite der Röntgenanlagen ohne weiteres angewendet werden, nicht aber allgemein für die Hochspannungsseite; hiefür erfordert die Eigenart der Apparate und der Einrichtungen Sonderbestimmungen, die in den Sicherheitsvorschriften nicht berücksichtigt sein können. Die Notwendigkeit dieser Sondervorschriften ist umsomehr geboten, als es sich bei Röntgenanlagen um die Anwendung sehr hoher Spannungen handelt und daher die Gefahr bei unsachgemäß ausgeführten Anlagen und Einrichtungen sowohl für den Arzt und das ärztliche Personal, wie auch für den Patienten sehr groß ist.

Über Einladung des Elektrotechnischen Vereines in Wien hat vor einiger Zeit unter dem Vorsitze seines Präsidenten Direktor Ing. Kallir eine Besprechung stattgefunden, an welcher die an solchen Sondervorschriften vor allem interessierten Kreise — Elektrotechniker, Ärzte, Physiker und ausführende Firmen — teilgenommen haben; bei dieser Besprechung wurde der Beschluß des Vereines zur Bearbeitung der elektrotechnischen Sondervorschriften allgemein begrüßt, von den Ärzten jedoch die Notwendigkeit der gleichzeitigen Aufstellung von Vorschriften zur Verhütung von Schädigungen durch die Röntgenstrahlen betont und als wünschenswert bezeichnet, daß auch diese Vorschriften, die doch in einem gewissen sachlichen Zusammenhange mit den elektrotechnischen Vorschriften stehen, vom Elektrotechnischen Verein behandelt und bearbeitet werden mögen. Auf die Erklärung des Präsidenten Direktor Ing. Kallir, daß der Elektrotechnische Verein diesem Wunsche gerne Rechnung trägt, wurde die Frage der Organisation der Arbeiten erörtert und der Beschluß gefaßt, zwei Ausschüsse einzusetzen und zwar einen Ausschuß für elektrotechnische Vorschriften und einen zweiten Ausschuß für strahlentechnische Vorschriften der Röntgentechnik. Die sodann vorgenommene Konstituierung der beiden Ausschüsse hatte folgendes Ergebnis:

Ausschuß für elektrotechnische Vorschriften der Röntgentechnik.

Hiecke Dr. Richard, Direktionsrat (Obmann); Lechner Ing. Friedrich, Direktor der Siemens & Halske A. G. (Obmann-Stellvertreter); Marx Ing. Anton, Oberbaurat, (Schriftführer) und die Mitglieder: Grünhut Ing. Alfred, Hofrat, Schriftleiter der „E. u. M."; Haudeck Dr. Martin, Priv.-Dozent; Hausmann Dr. Walter, Univ.-Prof., Hofrat im Bundesministerium für soziale Verwaltung; Helmer Dipl. Ing. Hans, Direktor der A. G. für elektrischen Bedarf; Holzknecht Dr. Guido, Univ.-Prof., Vorstand des Zentral-Röntgen-Institutes; Jellinek Dr. Stefan, Univ.-Prof.; Jona Dr. phil. Mario, Koch & Sterzel, Elektrotechnische Apparate Ges. m. b. H.; Kienböck Dr. Robert, Univ.-Prof.; Luger Dr. Alfred, Priv. Dozent; Neudeck Ing. Richard, Min.-Rat des Bundesministerium für soziale Verwaltung; Painsipp Dr. Josef, Siemens & Halske A. G.; Reich Dr. Leo; Schleyer Leo, Min.-Sekretär im Bundesministerium für soziale Verwaltung; Schlögl Ing. Heinrich, Oberstadtbaurat im Stadtbauamt; Schönbauer Dr. Franz, Hofrat, Direktor des Wilhelminen-Spitals; Schönfeld Dr. August, Primarius, Leiter des Röntgen-Institutes am Jubiläums-Spital der Stadt Wien; Schüller Dr. Artur,

Digitized by Google

Univ.-Prof.; Schulmeister Ing. Ludwig, Fabrik für röntgen- und elektro-medizinische Apparate; Sommer Otto, Ing. der Otto Sommer A. G., Fabrik elektro-mechanischer Apparate; Spiegler Dr. Gottfried, Röntgentechnische Versuchsanstalt in Wien; Wollmarker Ludwig, Ing. der Firma F. Reiner & Co.; Zakovsky Jaroslav, Ing. der Röntgentechnischen Versuchsanstalt in Wien.

Ausschuß für strahlentechnische Vorschriften der Röntgentechnik.

Holzknecht Dr. Guido, Univ.-Prof., Vorstand des Zentral-Röntgen-Institutes (Obmann); Lechner Ing. Friedrich, Direktor der Siemens & Halske A. G. (Obmann-Stellvertreter); Marx Ing. Anton, Oberbaurat, (Schriftführer) und die Mitglieder: Grühut Ing. Alfred, Hofrat, Schriftleiter der „E. u. M."; Haudek Dr. Martin, Privat-Dozent; Hausmann Dr. Walter, Univ.-Prof., Hofrat im Bundesministerium für soziale Verwaltung; Helmer Hans, Dipl.-Ing., Direktor d. A.-G. für elektrischen Bedarf; Hiecke Dr. Richard, Direktionsrat; Jellinek Dr. Stefan, Univ.-Professor; Jona Dr. phil. Mario, Koch & Sterzel, Elektrotechnische Apparate Ges. m. b. H.; Kienböck Dr. Robert, Univ.-Professor; Luger Dr. Alfred, Priv.-Dozent; Neudeck Ing. Richard, Ministerialrat im Bundesministerium für soziale Verwaltung; Painsipp Dr. Josef, Siemens & Halske A. G.; Reich Dr. Leo; Schleyer Leo, Ministerialsekretär im Bundesministerium für soziale Verwaltung; Schlögl Ing. Heinrich, Oberstadtbaurat im Stadbauamt; Schönbauer Dr. Franz, Hofrat, Direktor d. Wilhelminen-Spitals; Schönfeld Dr. August, Primarius, Leiter d. Röntgentechnischen Institutes am Jubiläums-Spital d. Stadt Wien; Schüller Dr. Artur, Univ.-Professor; Schulmeister Ing. Ludwig, Fabrik für röntgen- u. elektromed. Apparate; Sommer Otto, Ing. d. Otto Sommer A. G., Fabrik elektro-mechanischer Apparate; Spiegler Dr. Gottfried, Röntgentechnische Versuchsanstalt in Wien; Wollmarker Ludwig, Ing. der Firma Reiner & Co.; Zakovsky Jaroslav, Ing. d. Röntgentechnischen Versuchsanstalt in Wien.

Jeder Ausschuß hat sodann einen zugehörigen Arbeitsausschuß für die Vorberatung und Aufstellung der Vorschriftenentwürfe eingesetzt, welche wie folgt gebildet sind.

Zugehöriger Arbeitsausschuß für elektrotechnische Vorschriften der Röntgentechnik.

Hiecke Dr., Direktionsrat (Obmann); Lechner Ing. (Obmann-Stellvertreter; Marx Ing. (Schriftführer) und die Mitglieder: Grünhut Ing.; Holzknecht Dr., Univ.-Prof.; Jellinek Dr., Univ.-Prof; Jona Dr.; Schlögl Ing., Oberstadtbaurat; Schönfeld Dr., Primarius; Schulmeister Ing.; Sommer Ing.; Zakovsky Ing.

Zugehöriger Arbeitsausschuß für strahlentechnische Vorschriften der Röntgentechnik.

Holzknecht Dr., Univ.-Prof. (Obmann); Lechner Ing. (Obmann-Stellvertreter); Marx Ing. (Schriftführer) und die Mitglieder: Hausmann Dr. Univ.-Prof.; Jona Dr.; Reich Dr.; Schönfeld Dr., Primarius; Spiegler Dr.

Der Arbeitsausschuß für elektrotechnische Vorschriften hat seine Arbeiten bereits begonnen. Da in Deutschland — wo die Angelegenheit der Röntgenvorschriften bei den Fachverbänden schon seit längerer Zeit in Behandlung steht — die Bearbeitung schon zu einem ersten Entwurf der elektrotechnischen Vorschriften geführt hat, wurde beschlossen, diesen Entwurf vorerst zur Grundlage der Beratungen zu nehmen. Der Arbeitsausschuß wird den deutschen Stellen das Ergebnis seiner Beratungen, bzw. die Änderungen und Ergänzungen zu dem Entwurfe, die er von seinem Standpunkt wünschenswert findet, seinerzeit bekanntgeben. Schon die bisherigen Beratungen haben gezeigt, daß sich die österr. Fachleute der Röntgenologie und der Röntgentechnik schon seit Jahren mit den Fragen der Schutzvorschriften beschäftigen und dem Arbeitsausschusse reiches auf Grund langjähriger Erfahrungen gesammeltes Material zur Verfügung stellen können.

Der Arbeitsausschuß für strahlentechnische Vorschriften mußte den Beginn seiner Arbeiten verschieben, bis die Beratungen des Arbeitsausschusses für elektrotechnische Vorschriften bis zu einem gewissen Maße fortgeschritten und damit für die Gesamtvorschriften wichtige grundsätzliche Fragen geklärt sein werden.

Die Arbeitsausschüsse werden die ausgearbeiteten Entwürfe in unserer Vereinszeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau", wie auch in maßgebenden medizinischen Fachzeitschriften zur Veröffentlichung bringen, damit die Interessenten zu den Entwürfen Stellung nehmen können.

Im Auftrage der Vereinsleitung:
Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 5. Dezember d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Gottfried Spiegler (Wien) über: **„Die modernen Röntgenapparate und der Einfluß ihrer Schaltungen auf die Qualität des Röntgenlichtes bei Photographie und Durchleuchtung."** (Mit Lichtbildern und experimentellen Vorführungen). Inhaltsangabe: Prinzipielles über Eigenschaften und Entstehung der Röntgenstrahlung. Die moderne Art ihrer Erzeugung. Die Coolidgeröhre und der Transformator. Schärfe und Gradation des Röntgenbildes und die Faktoren, von denen sie abhängen. Der Einfluß von Spannung, Strom und Röhre auf die Bildgebung. Die Schaltungen: Halbwellenapparat mit und ohne Glühventil; der rotierende Gleichrichter; der Gleichspannungsapparat; der Drehstromapparat; der Vier-Ventilapparat. Der Einfluß dieser Schaltungen auf Expositionsdauer (Strahlenintensität), Gradation des Röntgenbildes auf Platte, Film und Durchleuchtungsschirm. Zur Messung der Strahlenquantität und Strahlenqualität (Gradation). Folgerungen für die Anwendungstechnik. Die Vereinsleitung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	19. XI. 1928	22. XI. 1928	23. XI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebars) prompt cif Hambg, Bremen od. Rotterdamm	151¾	151¾	151½

Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz oder Drahtbarren 99 vH	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	84–87	84–87	84–87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 23. November 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa	68	5	0	68	6	3
Standard 3 Monate	68	11	3	68	12	6
Zinn:						
Engl. Ingots	233	15	0	234	5	0
Standard Kassa	235	5	0	235	7	6
Standard 3 Monate	231	17	6	232	2	6
Blei:						
Engl. pig common	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	25	1	3	25	5	0
Remelted	25	0	0	—	—	—
English Swansea	25	11	3	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grühut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 9. Dezember 1928 | Heft 50

Die Lokomotiven der Bauart Bo+Bo, Reihe 1170 der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ing. L. **Mandich**, Wien.

Übersicht: Die Lokomotive wird hinsichtlich der mechanischen und elektrischen Ausführung eingehend beschrieben und die bisher erzielten Betriebserfahrungen werden bekanntgegeben.

Dem Bedürfnisse nach einer leichteren Güterzugs- und Personenzugslokomotive mit guter Kurvenbeweglichkeit entsprechend haben sich die Österreichischen Bundesbahnen entschlossen, eine Drehgestellokomotive mit zwei zweiachsigen Drehgestellen und Einzelachsenantrieb zu bauen. Diese Lokomotivtype sollte hauptsächlich auf der kurvenreichen Strecke der Mittenwaldbahn, welche überdies noch Steilrampen mit 36·5 vH (ausschließlich Kurven) hat, und der Strecke Attnang—Puchheim—Stainach—Irdning verkehren. Da gerade diese Strecken zur Zeit der Bestellung einen Oberbau für einen höchsten Achsdruck elektrischer Lokomotiven von 15 t bei abgenützten Radreifen, bzw. 15·3 t bei neuen Radreifen mit Ausrüstung hatten, durften die Lokomotiven nicht schwerer als 60 t gebaut werden. Zur Schonung des Oberbaues wurde eine vollständig gefederte Befestigung des Motors in den Drehgestellen gewählt, wobei als Antrieb der Federantrieb, System Sécheron, zur Übertragung des Drehmomentes vom Motor auf die Triebräder gewählt wurde.

Das Gewicht von 60 t erscheint mit Rücksicht auf die Leistungen gering; dies bereitet sowohl den Bauanstalten des mechanischen Teiles wie auch des elektrischen Teiles große Schwierigkeiten, da nur äußerste Gewichtsökonomie die Unterbringung der notwendigen Einrichtungen ermöglichte.

Die wichtigsten Daten der Lokomotive sind:

Mechanischer Teil.

Achsfolge	Bo+Bo
Gewicht	60 000 kg
Dienstgewicht	61 200 kg
Gewicht des mechanischen Teiles (einschließlich des Hohlwellenantriebes mit 5 t)	32 000 kg
Triebachsdruck (max. 15·3 t bei neuen Radreifen)	15 t
Anzahl der Bremsklötze	8
Bremsdruck bei 52 cm Vakuum (bei den Lokomotiven mit Vakuumbremse) oder 4 at. Druck (bei den Lokomotiven mit Druckluftbremse)	42 000 kg
Länge zwischen den Puffern	10 300 mm
Gesamter Radstand	7 100 mm
Fester Radstand	2 300 mm
Drehzapfenentfernung (geführte Länge)	4 800 mm
Raddurchmesser bei neuen Radreifen	1 300 mm
Gewicht pro laufenden Meter	5 825 t/m
Größte Fahrgeschwindigkeit	60 km/h
Kleinster Bogenhalbmesser	90 m

Bremsausrüstung:
Automatische Vakuumbremse bei den Lok. R. 1170.01-10 bezw. Westinghousebremse f. d. ganzen Zug u. Henrybremse bei den Lok. R. 1170.11-14, Handspindelbremse, elektrische Widerstandsbremse.

Elektrischer Teil.

Stromart . . . . . Einphasenwechselstrom	16⅔ Per/s
Fahrdrahtsppannung	15 000 V
Gewicht des elektrischen Teiles	28 t
4 Einphasenserienmotoren TM 310 mit Fremdlüftung, Dauerleistung der 4 Motoren am Triebrade bei 40 km/h	1 100 PS
Einstundenleistung der Motoren am Triebrade bei 35 km/h	1 360 PS
Vierzigminutenleistung der 4 Motoren am Radumfange	1 860 PS
Fünfzehnminutenleistung der 4 Motoren am Radumfange	2 000 PS
Öltransformator mit Fremdlüftung Dauerleistung des Transformators*)	850 kVA
Einstundenleistung des Transformators	1 100 kVA
Vierzigminutenleistung des Transformators	1 250 kVA
Fünfzehnminutenleistung des Transformators	1 450 kVA
Zugkraft am Radumfange bei 35 km/h bei Stundenleistung	10 490 kg
Zugkraft am Radumfange bei 35 km/h bei Dauerleistung	8 480 kg
Zugkraft am Radumfange bei 40 km/h bei Dauerleistung	7 420 kg
Anfahrzugkraft	16 000 kg
Übersetzungsverhältnis	1:5·87
Elektropneumatische Hüpfersteuerung mit 15 Fahrstufen und 9 Bremsstufen.	
Elektrische Widerstandsbremsung.	

*) Die Werte der Leistungen des Transformators sind garantierte Werte. In Wirklichkeit ist die Transformatordauerleistung reichlich 1100 kVA, die übrigen sind entsprechend höher.

Der äußere Aufbau der Lokomotive ist aus der Abb. 1, weitere Einzelheiten sind aus der Abb. 2 ersichtlich.

Die Lokomotiven wurden von der „Elin" A. G. für elektrische Industrie Wien geliefert, der mechanische Teil der Lokomotiven 1170.01 bis 1170.10 stammt von der A. G. der Lokomotiv-

Digitized by Google

fabrik vorm. G. Sigl in Wiener-Neustadt, der der Lokomotiven 1170.11 bis 1170.14 von der Wiener Lokomotivfabriks-A. G., Wien — Floridsdorf.

A. Mechanischer Teil.

Der Entwurf des mechanischen Teiles stellte die Lokomotivbauanstalt vor die schwere Aufgabe, mit einem Gewichte von 32 t für den mechanischen Teil, wobei 5 t auf den Hohlwellenantrieb allein entfallen, das Auslangen zu finden. Nur durch äußerste Baustoffwirtschaft konnte diese Aufgabe gelöst werden, um so mehr, als Drehgestellokomotiven schwerer werden als Rahmenlokomotiven.

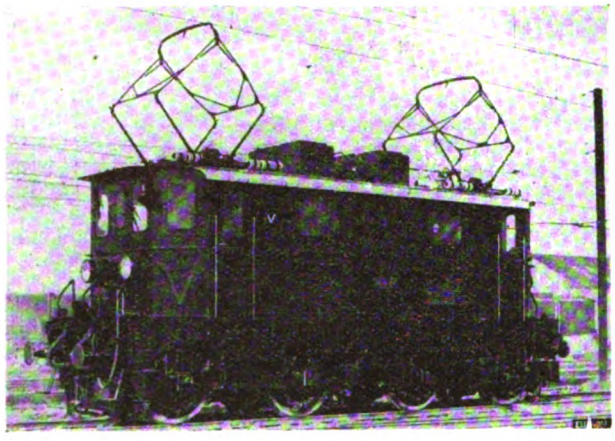


Abb. 1. Ansicht der Lokomotive.

Der Kasten ruht mittels zweier Kugelzapfen, die ungefedert und nicht seitenverschiebbar sind, und mittels zweimal zwei Seitenstützfedern auf der mittleren Querverbindung der Drehgestelle auf, die mit den Rahmenplatten fest zusammengebaut ist. Die Drehgestelle Abb. 3, in welche die Einzelachsmotoren eingebaut sind, haben besondere Träger zur Aufnahme der einen Seite der Motorbefestigung, während die andere Seite an der erwähnten Querverbindung befestigt ist.

Die Übertragung der Zugkraft des Drehgestelles auf den Lokomotivkasten erfolgt durch den Drehzapfen, da die Zug- und Stoßvorrichtung an dem Lokomotivkasten befestigt ist. Eine Kurzkupplung der Drehgestelle untereinander ist nicht vorgesehen. An den Drehgestellen können Schneepflüge befestigt werden.

Die Übertragung des Drehmomentes vom Triebmotor zur Triebachse erfolgt über Zahnräder und den Hohlwellenantrieb, System Sécheron[1]). Das Motorgehäse, welches im Drehgestellrahmen festgelagert ist, enthält auch zwei Lager für die Hohlwelle. Auf zwei den Triebrädern benachbarten Scheiben der Hohlwelle, Abb. 4, sind die zwei Zahnkränze aufgeschrumpft, die im Eingriff mit den beiden Ritzeln des Motors stehen. Die Verzahnung ist eine Schrägverzahnung mit Rücksicht auf den doppelseitigen Antrieb. Der Sécheronantrieb besteht aus drei Doppelfederelementen (6 Federn). An den Hohlwellen sitzen Federträger, in welchen 2 Federn eingeschraubt und geklemmt sind; das andere Ende jeder Feder ist in einem Federträger befestigt, welcher am Radkörper angeschraubt ist. Es wird somit durch diese Federn, welche ohne Vorspannung eingebaut sind, das Drehmoment von der Hohlwelle auf das Triebrad übertragen, wobei die eine Hälfte der Feder gezogen, die andere gedrückt wird. Der Antrieb stellt eine Verbesserung des ähnlichen Westinghouseantriebes dar, indem er einige Vorteile bietet[2]), und zwar die Verwendung kleinerer Triebraddurchmesser (1300 gegen 1600 mm), die geringere Beanspruchung der Federn bei gleichen Triebraddurchmessern und eine vereinfachte Konstruktion, indem an der Hohlwelle nur je 3 statt je 6 Träger an jeder Seite verwendet werden.

Die Achslager sind geschlossen; sie haben Polsterschmierung und Preßschmierung mittels Schmierpumpen, System Friedmann.

Der Wagenkasten hat als Tragkonstruktion zwei seitliche Bleche mit 8 mm Stärke und zwei durchlaufenden T-Eisen. An den Pufferbrüsten sind die Zug- und Stoßvorrichtungen angebracht. Die Seitenwände haben außer den Fenstern Lüftungsöffnungen für die Zufuhr der Frischluft, zur Kühlung der elektrischen Apparate. Der Mittelteil des Daches ist samt dem Ölschalter abhebbar, um den Transformator ein- und ausbauen zu können. Die zwei Führerstände sind bequem und enthalten einen Tisch, der bei Einmannbetrieb als Tisch für den Zugführer dienen könnte.

Die Bremsung von zehn Lokomotiven erfolgt mit der automatischen Vakuumbremse System Hardy, die von vier Lokomotiven mit der automtischen Druckluftbremse (Westinghouse) und der Lokomotivzusatzbremse (Henry). Vom Lokomotivgewicht werden 70 vH der ruhenden Belastung mittels der pneumatischen Bremse abgebremst, während mittels der Handbremse 30 vH des ruhenden Gewichtes abgebremst werden.

Die letztere wirkt nämlich immer nur von jedem Führerstande aus auf das zugehörige Drehgestell. Die Lokomotiven haben pneumatische Sandstreuvorrichtungen.

B. Elektrischer Teil.

Einen Überblick über die elektrische Ausrüstung gewährt das Schaltungsschema Abb. 5.

Hochspannungs-Einrichtungen: Jede Lokomotive erhält zwei Stromabnehmer mit Druckluftbetätigung nach der zur Zeit der Bestellung normalisierten Bauart der Österreichischen Bundesbahnen. Bei den zehn Lokomotiven mit Vakuumbremsung erhalten sie außer dem normalen breiten Schleifstück ein zweites schmales Schleifstück, das für die Tunnels bestimmt ist. Durch die Bauart des Stromabnehmers wird erreicht, daß bei normalen Fahrdrahtlagen nur das breite Schleifstück am Fahrdraht aufliegt, während bei anderen Fahrdrahtlagen, wie sie in den Tunnels vorkom-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 582, 767.

[2]) G. L. Mayfarth, El. Bahnen, 1917.

Digitized by Google

men, das breite Schleifstück abgehoben und das schmale Schleifstück zum Anliegen gebracht wird. Die Betätigung des Stromabnehmers erfolgt in üblicher Weise. Die Anordnung der Apparate zeigt Abb. 6. Der Strom gelangt von den Stromabnehmern in den Hochspannungsölschalter *a*; dieser ist ebenfalls elektropneumatisch gesteuert und mit Vielfachunterbrechung ausgestattet. Vom Ölschalter gelangt der Hochspannungsstrom mittels einer Durchführung in den sonst zugänglichen

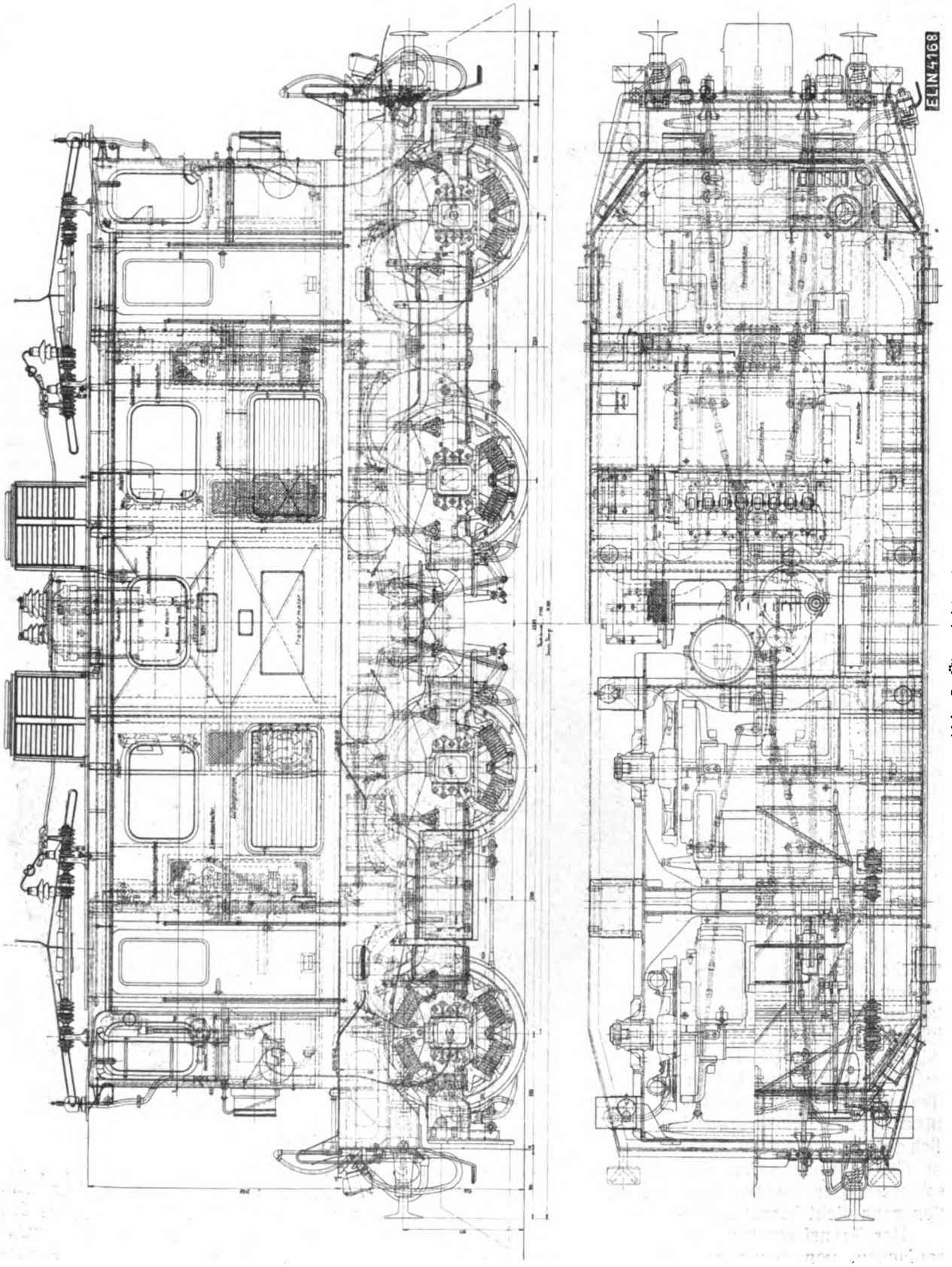


Abb. 2. Übersichtszeichnung.

Digitized by Google

Maschinenraum, welche vom Dachdurchführungsisolator direkt zum Einführungsisolator des Transformators führt und durch ein geerdetes Blechschutzrohr *b* geschützt ist, zur Hochspannungswicklung des Transformators *f*, weiters zu einem Stromwandler *d* und von dort über die Niederspannungswicklung des Transformators zur Erde. Für den elektropneumatischen Antrieb *c* des Ölschalters wird genau das gleiche Ventil wie für alle anderen elektropneumatischen Antriebe verwendet. Der Ölschalter kann vom Seitengange aus mittels aufsteckbarer Handkurbel eingeschaltet und von jedem Führerstande aus auch mechanisch ausgeschaltet werden.

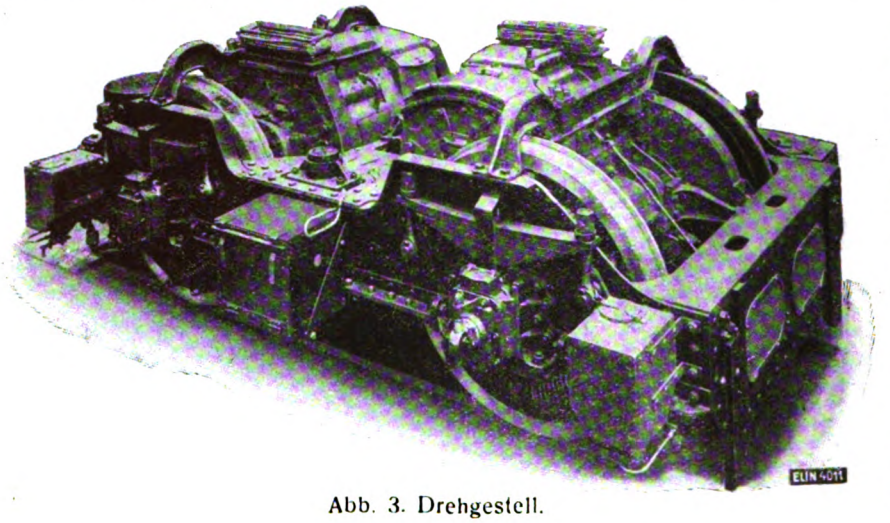


Abb. 3. Drehgestell.

Transformator. Wie bei Einphasenlokomotiven üblich, erfolgt die Geschwindigkeitregelung durch Änderung der Klemmenspannung mit Hilfe eines Stufentransformators, der die Fahrdrahtspannung von im Mittel 15 000 V auf die regelbare Motorklemmenspannung übersetzt. Als Transformator wurde ein Öltransformator in Sparschaltung gewählt, bei dem das Öl mittels Kühlluft, welche durch ein Röhrensystem ins Innere des Ölkastens geführt wird, gekühlt wird (Patent Sécheron, Abb. 7). Dadurch ist es möglich, das Gewicht des Transformators im Verhältnis zur Leistung außerordentlich gering zu gestalten. Auch ist ein Ausrinnen des Öles vollständig ausgeschlossen. Der Ölkessel kann bei dieser Konstruktion ganz dicht hergestellt werden.

Der Transformator erhält sekundär zehn Anzapfungen, von denen acht für die Motorstromkreise bestimmt sind. Die höchste der Motoranzapfungen ist für 360 V. Die zwei weiteren Anzapfungen gehören zur Zugheizung und besitzen eine Spannung von 800 bezw. 1000 V. Der Transformator ist als Einphasenkerntransformator in liegender Ausführung ausgebildet (Abb. 8). Zur Verringerung des Leerlaufstromes sind die Bleche überlappt angeordnet. Die Spulen des Transformators sind zur Distanzierung mit Hartpapierbandagen (Patent Elin) ausgebildet. Nach der angewendeten Bauart werden die zur Abstützung notwendigen Distanzstücke auf die Spulen selbst als Hartpapierbandagen aufgebracht, die mit der Spule ein untrennbares Ganzes bilden und der Wicklung eine außerordentlich hohe Festigkeit verleihen.

Triebstromkreis. In üblicher Weise wird der Fahrstrom von zwei oder drei benachbarten Anzapfungen abgenommen und auf den normalen Fahrstufen durch je vier elektropneumatische Einzelschalter (Schaltschützen) über die Schaltdrosselspulen mit Luftisolation und über die vier Wendeschalter den Triebmotoren zugeführt, wie aus dem Schaltschema (Abb. 5) zu ersehen ist.

Die Wendeschalter (Abb. 9) haben zu zweit einen elektropneumatischen Antrieb, von welchem sie mechanisch in der Nullstellung abgetrennt und belassen werden können. Dies dient zur Abtrennung eines defekten Motors. Außer den Starkstromwalzen und Fingern hat der Wendeschalter noch eine Verriegelungswalze für verschiedene Steuerstromkreise.

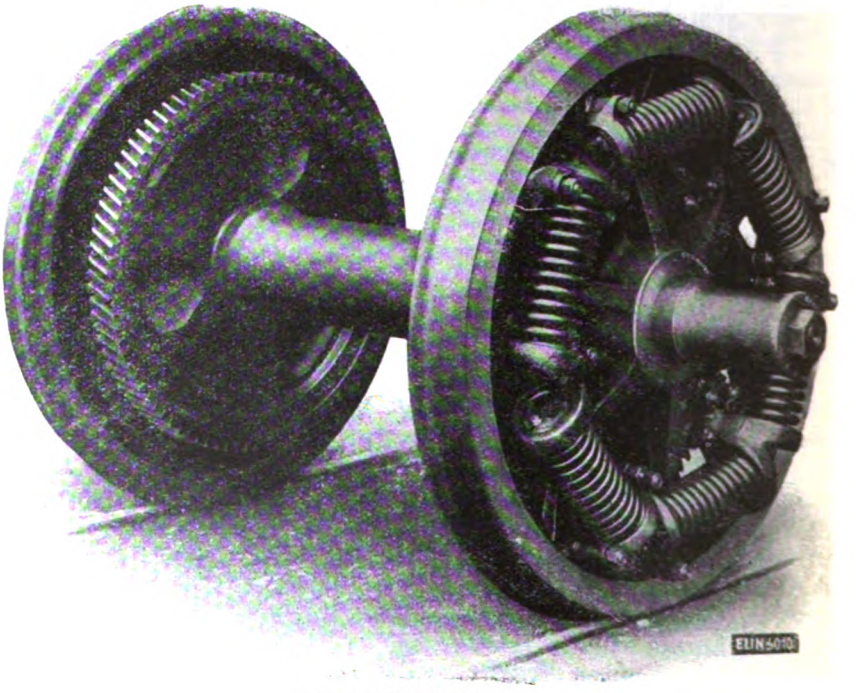


Abb. 4. Triebradsatz.

Digitized by Google

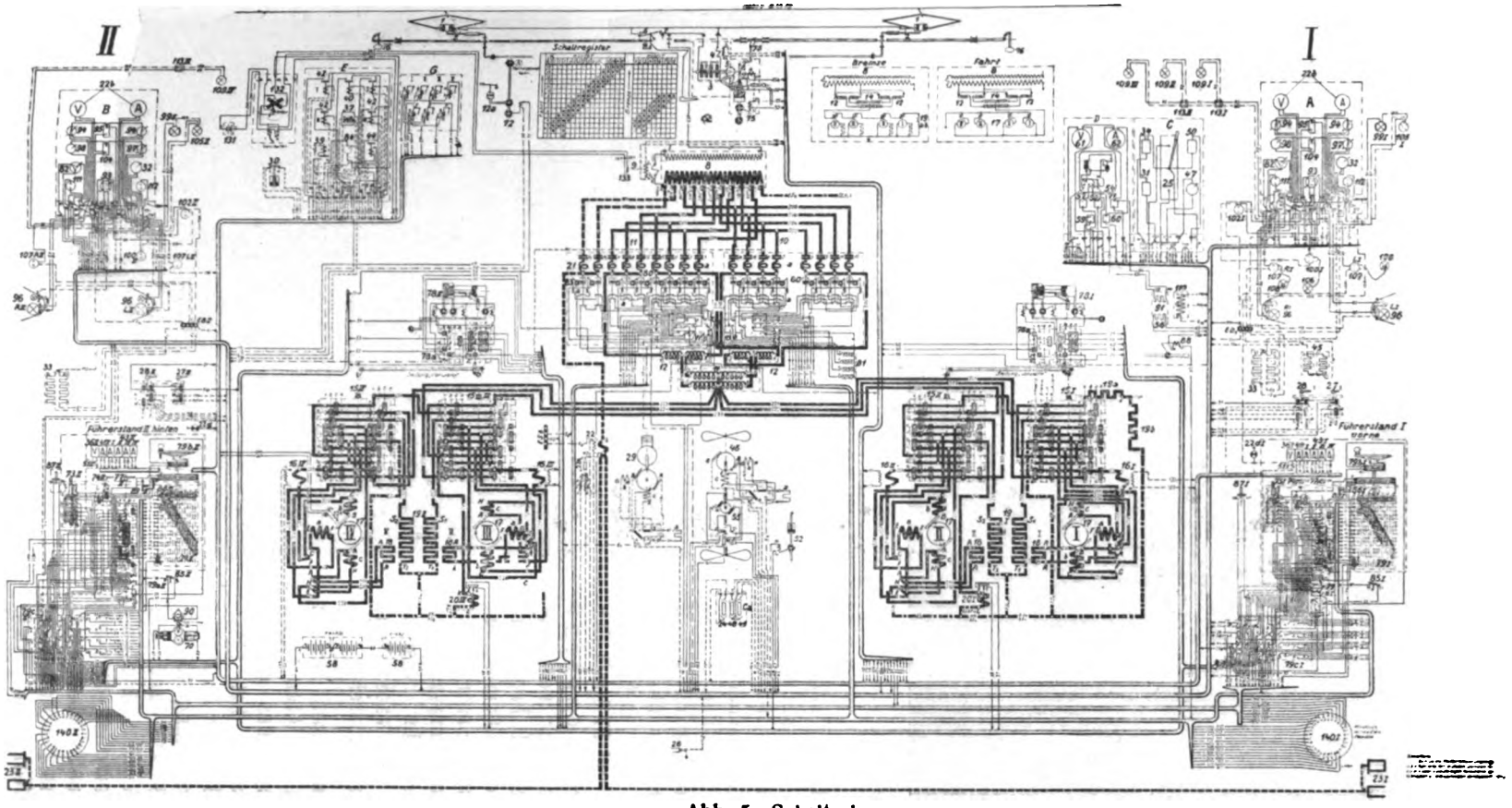


Abb. 5. Schaltschema.

I. Schalttafeln

A Lichtschalttafel Führerstand I . . . (A)
B Lichtschalttafel Führerstand II . . . (B)
C Wechselstromschalttafel
Ca Schalttafel für hochamperige Sicherungen
D Gleichstromschalttafel
E Relaisschalttafel

II. Hauptstrom-Hochspannungs-Kreis

1 Scherenstromabnehmer
2 Trennschalter
3 Hauptölschalter
4 Stromwandler im Ölschalter
5 Oelschalterantrieb
6 Erdungsschalter
7 Durchführungsisolator
8 Stufentransformator
9 Stromwandler für Primärstrom

III. Triebmotorenstromkreis

10 Stufenhüpfer vorne
11 „ hinten
10 u. 11a Blasspulen
10 u. 11b Klemmbrett an den Hüpferbatterien
12 Kleine Überschaltdrosselspule
14 Große „ „
15 Wendeschalter
16 Stromwandler f. Triebmotoren
17 Triebmotoren
17a Erregerwicklung
17b Kompensationswicklung
17c Wendepolwicklung
18 Shunts
19 Widerstände für Bremsung
19a u. b Ohmwiderstand im Erregerstromkreis für Bremsung
20 Beschleunigungsrelais

IV. Generator-Batterie-Stromkreis

54 Umschaltapparat Generator-Batterie
55 Gleichstromgenerator
56 Feldwiderstand
57 U. S. Schalter f. Gleichstromgenerator
58 Akkumulatorenbatterie (12 Zellen in 3 Trögen)
59 U. S. Schalter f. Batterie
60 U. S. Schalter f Batterie
61 Voltmeter f. Batterie
62 Amperemeter f. Batterie

V. Steuerstromkreis

70 Verriegelungspumpe
71 U. S. Schalter f. Steuerstrom
72 Bügelventil
72a Handpumpe f. Stromabnehmer
73 Fernbetätigungsschalter für Stromabnehmer
74 Fernbetätigungsschalter des Hauptölschalters
75 Elektr.-pneum. Antrieb des Hauptölschalters
75a Ausschaltspule
75b Verriegelungskontakt
76 Handausschalter mit 2 Handgriffen
77 Fernbetätigung f. d. Wendeschalter
78 Elektropneum. Antrieb d. Wendeschalters
78a Verriegelungswalze
79 Fahrschalter (Fernbetätigung d. Stufenhüpfer)
79a Klemmbrett am Fahrschalter
79b Totmannhandrad
79c Gesamtklemmbrett am Fahrschalter
80 Elektr. pneu. Antrieb d. Stufenhüpfer
80a Verriegelungskontakte
81 Dämpfungsdrosselspule
82 Fernbetätigung d. Heizhüpfer
83 Elektropneum. Antrieb d. Heizhüpfer
83a Verriegelungskontakte
84 Umgehungsschalter f. Nullspannungsrelais
85 Sicherheitspedal
86 Sperrmagnet
87 Schnellauslösedruckknopf
88 Notbremsventil
89 Fortschalthebel auf Steigung
90 Zentrifugalschalter
G Fallklappenschrank

Digitized by Google

Die Motoren (Abb. 10) sind zu viert parallel geschaltet und werden nur in der Nullstellung des Wendeschalters voneinander elektrisch abgetrennt.

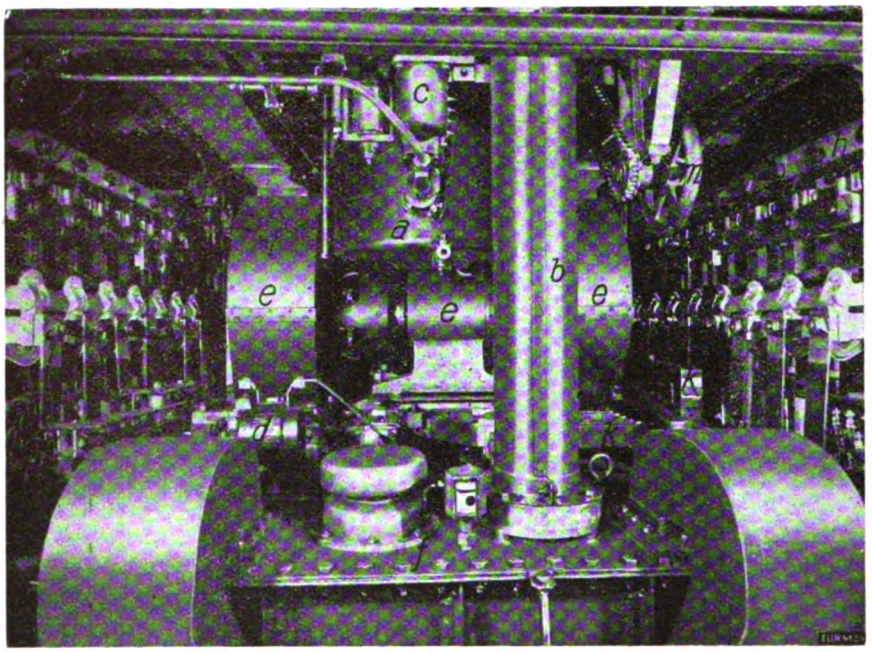


Abb. 6. Maschinenraum, Mitte.

Der Motor ist ein achtpoliger Einphasenserienmotor mit Kompensations- und geshunteter Wendepolwicklung. Der nützliche Kraftlinienfluß pro Pol ist herabgesetzt, um die Funkenspannung zu verhindern; sie beträgt beim maximalen Anfahrstrom 3·3 V und bleibt über den größten Teil des Betriebsbereiches der Lokomotive überhaupt unter 2 V. Beachtenswert ist, daß auf einen weiten Bereich zwischen 13 km/h und 37 km/h der vom Standpunkt der Kommutierung dauernd zulässige Motorstrom größer ist, als der maximale Anfahrstrom von 2000A. Zwischen 11 km/h und 56/h also auf 75 vH des Geschwindigkeitsbereiches der gesamten Lokomotive (Höchstgeschwindigkeit 60 km/h) ist der aus Kommutierungsgründen dauernd zulässige Strom größer als der Einstundenstrom. Zur Verminderung von Schwachstromstörungen sind die Ankernuten schräg gestellt.

Die charakteristischen Kurven dieses Motors für verschiedene Spannungen sind aus Abb. 11 zu entnehmen. Die Einstundenleistung eines Motors beträgt 350 PS an der Motorwelle bei einer Klemmenspannung von 257 V und einer Drehzahl von 840 U/min, die Vierzigminutenleistung 433 PS, die Fünfzehnminutenleistung 515 PS und die Dauerleistung des Motors 283 PS bei 960 U/min. Ein besonderer Vorteil der Lokomotive ist die Möglichkeit, den Motor sowohl nach oben nach Abheben des Kastens wie auch nach unten samt dem Radsatze auszubauen. Der Kollektor, sowie die Ankerlagerung und Zahnräder sind durch Fußbodenklappen aus bequem zugänglich.

Bemerkenswert is die hohe Schleuderdrehzahl von 2000 U/min bei 460 mm Kollektor- und 60 mm Ankerdurchmesser, sowie die Lüftungen der Verbindungen der Lamellen mit den Ankerstäben durch zwischenstreichende Luft.

Da jede Achse einzeln angetrieben wird, ist es erforderlich, alle vier Motoren parallel zu schalten. Bei Serienschaltung sind bei eintretendem Gleiten der Räder Schädigungen der Motoren zu befürchten, da der gleitende Motor volle Spannung gegen Erde erhält und leicht überschlägt. Die Gefahr des Gleitens bei Zugkräften über 13 000 kg ist zweifellos vorhanden. Dies bedingt große Stromstärken an der Steuerung, so daß eine sehr schwere Type von Einzelhüpfern verwendet werden muß. Die Veränderung der den Motoren aufgedrückten Spannung erfolgt durch Kombination von 15 Einzelschaltern.

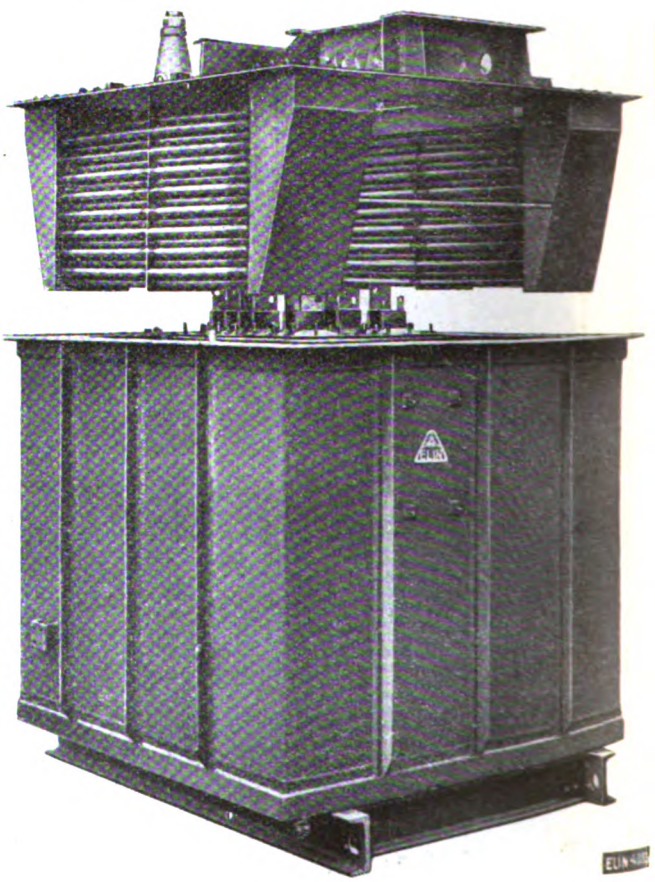


Abb. 7. Öltransformator.

Bremsung. Die Lokomotiven sind mit einer elektrischen Widerstandsbremse ausgerüstet, nach welcher (Abb. 5) die Felder der Triebmotoren vom

Digitized by Google

Transformator aus erregt werden, während die Anker der Motoren auf je einem gesonderten Bremswiderstand arbeiten. Die Schaltung ist daher derart getroffen, daß die Feldwicklungen der vier

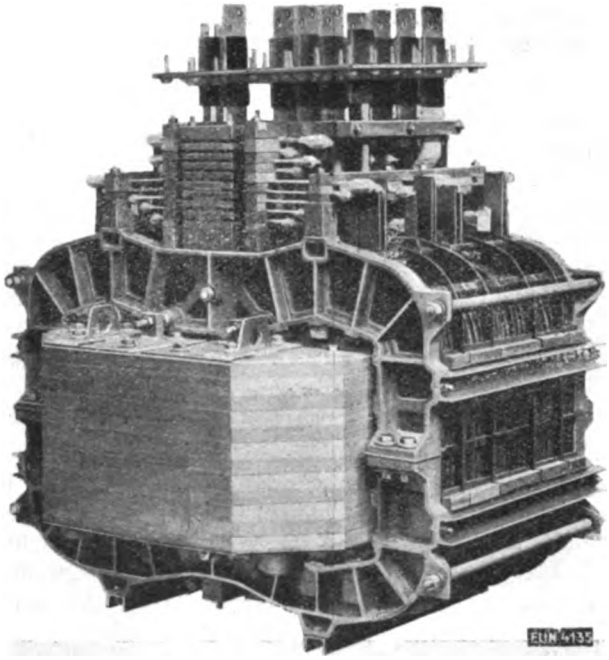


Abb. 8. Transformatorkern mit Wicklungen.

Motoren und der Erregerwiderstand in Serie an die verschiedenen Transformatoranzapfungen über Hüpfer und Überschaltdrosselspulen geschaltet werden. Die Motoren arbeiten dann als Einpha-

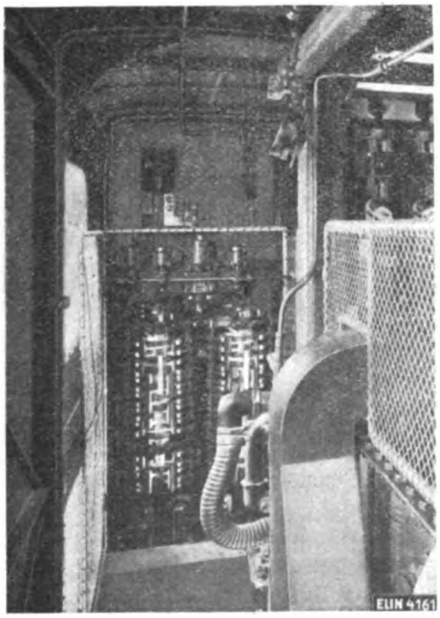


Abb. 9. Wendeschalter.

senseriengeneratoren auf die Bremswiderstände. Die Bremswiderstände bestehen aus einzelnen Elementen aus Spezialgußeisen und sind samt dem Erregerwiderstand in zwei Gerüsten auf dem Dache der Lokomotive untergebracht. Die Bemessung der Widerstände erfolgt für dauernde Bremsung des Lokomotivgewichtes; in besonderen Notfällen können noch höhere Bremskräfte kurzzeitig ausgeübt werden. Das Gewicht der Bremsausrüstung ist ein äußerst geringes (700 kg).

Steuerung. Als Steuerung ist die elektropneumatische Einzelschaltsteuerung, System Sécheron, vorgesehen. Sie bietet außer anderem den großen Vorteil der Möglichkeit, zwei Lokomotiven vielfach zu steuern. Die Steuerung der Triebmotoren erfolgt durch 15 pneumatisch gesteuerte Einzelschalter, welche die Verbindung der verschiedenen Spannungsstufen des Transformators

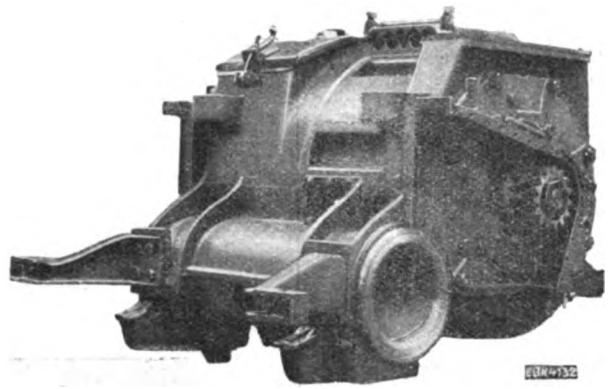


Abb. 10. Triebmotor.

mit den Motorklemmen bewirken. Das Hauptelement der elektropneumatischen Steuerung ist der elektropneumatische Einzelschütz. Dieser besteht bekanntlich aus einem elektrisch erregten Druckluftventil, einem Druckluftzylinder mit Kolben, aus einem an der Kolbenstange beweglich angebauten unteren Kontakt, aus dem oberen festen Kontakt mit Blasspule und schließlich dem Funkenkamin (Abb. 12). Die Hüpfer sind in zwei Rahmen vereinigt und durch wegklappbare Deckel aus Aluminiumblech vom Bedienungsraum getrennt. Die Funkenkamine sind aufklappbar. Hüpfer, die nicht gleichzeitig eingeschaltet sein dürfen, sind durch Hilfskontakte verriegelt.

Die mechanische Ausführung der Hüpfer ist einfach und kräftig. Durch sorgfältige Ausbildung der Schaltkontakte *a* wird dafür gesorgt, daß auch beim Schalten von Kurzschlüssen keine Anbrennungen der Kontakte oder Absonderungen von Schmelzperlen an den Anlageflächen vorkommen; *b* sind Verriegelungsfinger. Besonders wichtig ist die Abschaltung des unteren Kontaktes. Der Strom wird nie an der Anlagefläche, sondern wesentlich weiter voraus unterbrochen; Perlen von kräftigen Kurzschlüssen herrührend, werden an den Kontakthörnern abgestoßen. Nur die Kontakthörner unterliegen dem Abbrand, während die Anlagefläche wie poliert verbleibt. Der Lichtbogen wird durch eine kräftige magnetische Funkenlöschung wegeblasen.

Die elektromagnetisch betätigten Ventile *c* haben einen Doppelsitz. Der eine Sitz sperrt ent-

Digitized by Google

weder die Druckluft vom Ventilinnern ab, oder aber läßt sie ins Innere ein, während der zweite Sitz das Ventilinnere mit der Außenluft in Verbindung setzt oder dagegen absperrt. In letzterem Falle dringt die Druckluft in den Zylinder, da das

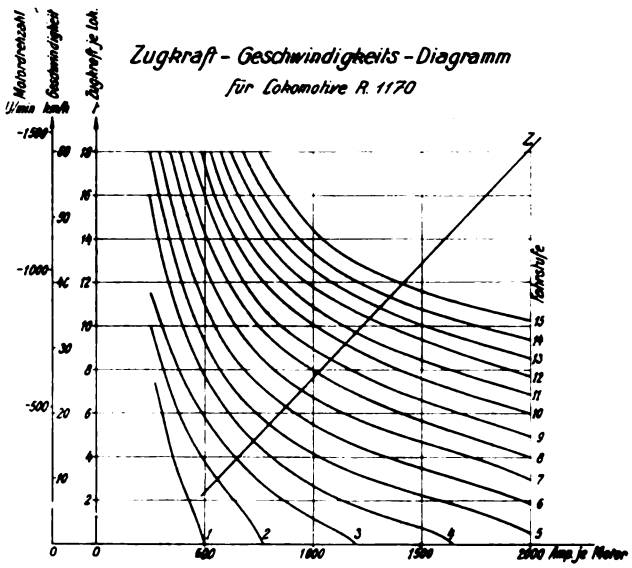


Abb. 11. Motorkurven.

Ventilinnere mit dem Zylinder verbunden ist und schaltet den Schützen ein. Die Ventile sind ganz unempfindlich gegen Staub und andere Verunreinigungen.

Die Steuerung erfolgt in bekannter Weise derart, daß mit Hilfe des Steuerkontrollers die Spulen der Druckluftventile erregt, die Ventile betätigt und damit die Schützen eingeschaltet werden, indem die Druckluft in den Zylinder unter die Kolben der Schützen gelangt und über ein Gestänge die Kontakte kräftig zusammenpreßt (mindestens 40 kg). Beim Ausschalten verbinden die Ventile die Zylinder mit der Außenluft und eine starke Feder (40 kg) reißt die Kontakte auseinander. Durch diese Anordnung wird ein kräftiges Ein- und Ausschalten der Hüpfer beim Drehen der Hauptwalze des Steuerkontrollors erzielt. Etwaige, auch starke Spannungsschwankungen des Steuerstromes sind ohne Einfluß. Oszillogramme erweisen, daß das Schalten der elektropneumatischen Schützen, trotz der mehrfachen Übertragung des Impulses, viel schneller vor sich geht, als jener aller elektromagnetischen Einrichtungen gleicher Art. Die Schaltgeschwindigkeit kann nach Bedarf gewählt bzw. gedämpft werden. Die Erregung der Ventilspulen der Schützen erfolgt durch Gleichstrom von 24 bis 30 V, die Betätigung der Druckzylinder durch Druckluft von 4·5 bis 7 at.

Der Steuerstrom (24 bis 30 V) wird von einem Generator geliefert, welcher am Ventilatormotor angebracht ist. Parallel zu ihm ist ein Akkumulatorenbatterie geschaltet.

Die Steuerung der Motoren kann sowohl „nichtautomatisch" als auch „automatisch" betrieben werden. Demzufolge ist am Steuerkontroller (Fahrschalter) (Abb. 13) ein besonderer Schaltmechanismus vorgesehen. Die Vorbereitung für den einen oder anderen Betrieb erfolgt durch Umstellen eines Hebels auf der Deckplatte des Steuerkontrollers. Bei der „nicht automatischen" Steuerung geschieht die Betätigung der Fahrkurbel nach dem Gefühl des Fahrers. Dementsprechend soll diese Art der Steuerung mehr bei außergewöhnlichen Fahrten, wie Verschieben etc. verwendet werden.

Das Prinzip der automatischen Steuerung besteht darin, daß der Führer die Fahrkurbel beim Anfahren unmittelbar in die der gewünschten Fahrgeschwindigkeit entsprechende Stellung bringt, wodurch ein Schaltapparat in Bewegung

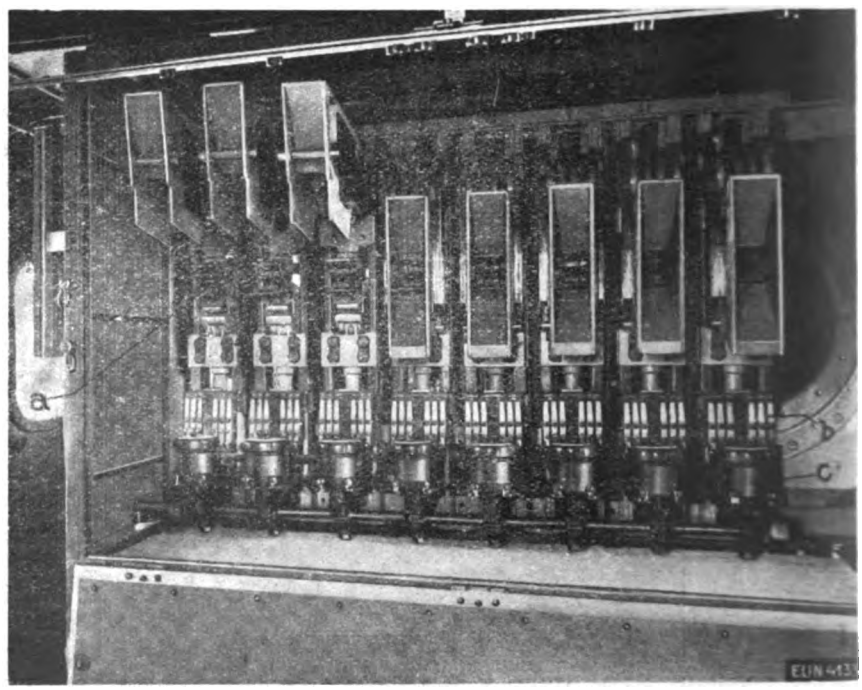


Abb. 12. Schaltschützen.

gesetzt wird, der über ein Klinkenwerk die Steuerwalze stufenweise im Sinne des Aufschaltens dreht, so lange bis die Steuerwalze in der durch die Fahrkurbel festgelegten Endstellung angelangt ist. Die Wirkungsweise des Schaltapparates (Abb. 14) ist hiebei die folgende:

Bei der automatischen Steuerung sind die Welle der Kontrollerhauptschaltwalze *a* und die Welle des Handrades *b* nicht miteinander fest, sondern durch eine Spiralfeder *c* von annähernd

Digitized by Google

konstant bleibender Spannung miteinander verbunden. Wird das Handrad *b* gedreht, so folgt die Steuerwalze nicht sofort deren Bewegung, sondern sie wird durch eine Sperrklinke *d* festgehalten. Die Spiralfeder, die durch das Handrad etwas stärker gespannt wird, sucht die Steuerwalze in der Richtung der beabsichtigten Bewegung zu drehen. Das Fortschalten der Schaltwalze um eine Stellung erfolgt nun derart, daß die Sperr-

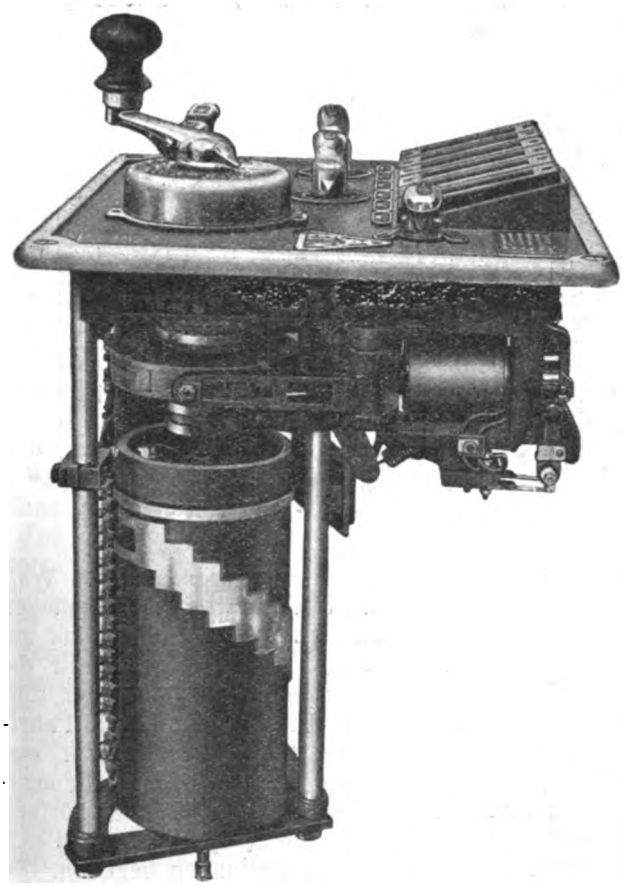


Abb 13. Fahrschalter.

klinke durch einen Schaltmagneten *e* abgedrängt wird und die Steuerwalze einen Moment freigibt. Die Schließung des Stromkreises dieses Schaltmagneten erfolgt unter dem Einfluß von Stromwächtern *f* der Beschleunigungsrelais. Diese sind in den Motorstromkreis geschaltet und unterbrechen den Stromkreis des Schaltmagneten mit ihrem Steuerstromkontakt so lange, bis der Motorstrom nach dem anfänglichen Stromstoß auf einen bestimmten einstellbaren Wert zurückgesunken ist. Wenn dies eingetreten ist, schließt das Relais, die Schaltwalze wird einen Augenblick freigegeben und um eine Stufe weitergedreht. Das Fortschalten wiederholt sich automatisch so oft, bis die Stellung der Steuerwalze mit der des Handrades übereinstimmt. Eine gemessene Anfahrt ist auf Abb. 15 dargestellt.

Die automatische Steuerungseinrichtung gestattet somit unabhängig vom Gefühl des Führers ein möglichst rationelles Anfahren bei automatisch begrenzter Beanspruchung der Triebmotoren auf den zulässigen Schaltstrom, gestattet daher einerseits die Lokomotive möglichst auszunützen und andererseits die Motoren vor Überlastung unbedingt zu schützen. Ferner bietet sie den großen Vorteil, daß der Führer durch den Anfahrvorgang nur in geringem Maße in Anspruch genommen wird und daher der Beobachtung der Signale und Weichen die volle Aufmerksamkeit widmen kann. Um zu ermöglichen, daß der Führer bei schweren Anfahrten mit größerer Zugkraft arbeiten läßt, kann unter stärkerer Inanspruchnahme der Motoren das Weiterschalten bereits auf die Weise zu einem früheren Zeitpunkt erfolgen, daß mit Hilfe eines auf der Deckplatte des Kontrollers ange-

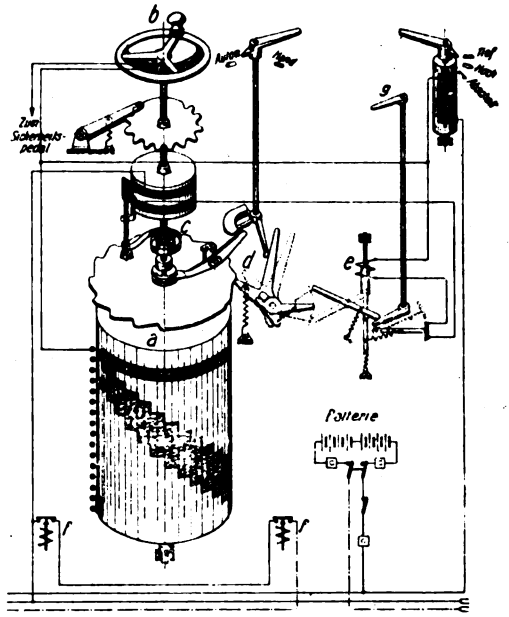


Abb. 14. Automatik des Fahrschalters.

brachten Hebels *g* (Abb. 14) unabhängig von der automatischen Steuerung die Hauptwalze des Kontrollers um eine Stufe weitergeschaltet wird.

Für den Fall, daß einmännig gefahren wird, sind die Lokomotiven mit einer Totmannsteuerungseinrichtung ausgestattet, indem die Fahrkurbel als Totmannhandrad ausgebildet ist. Überdies ist auf jedem Führerstand ein Sicherheitspedal vorgesehen. Der Führer muß entweder den Knopf des Handrades hinunterdrücken oder das Pedal niedertreten. Läßt er beide gleichzeitig los, was bei einem plötzlichen Unwohlsein des Führers geschehen würde, so wird ein elektrisch betätigtes Notbremsventil zum Ansprechen gebracht und gleichzeitig der Hauptölschalter der Lokomotive ausgeschaltet. Eine Einrichtung setzt bei geringer Geschwindigkeit (bis zirka 12 km) die Sicherheitseinrichtung außer Wirksamkeit, so daß der Führer bei den Verschubbewegungen unter der genannten Geschwindigkeit Totmannhandrad und Pedal gleichzeitig auslassen kann. Die Betätigungsströme für die Bremseinrichtung und die Abschaltung des Ölschalters sind nämlich über einen Zentrifugalschalter geführt, welcher erst bei der genannten Geschwindigkeit geschlossen wird. Der Apparat

Digitized by Google

wird von der Welle des Geschwindigkeitsmessers angetrieben. Bei normaler Fahrt über der Grenzgeschwindigkeit betätigt der Führer nach Belieben das Handrad oder das Pedal.

Alle in den Steuerungsapparaten vorkommenden Kontaktstellen der Steuerstromkreise sind unter Verwendung einer einzigen Stahlfedertype ausgebildet. Erst durch diese besonders ausgebildete Feder ist es möglich geworden, 10 bis 12 Kontaktstellen hintereinander zu schalten, ohne daß Unterbrechungen eintreten.

Der Steuerstrom für die Hüpfer wird über Verriegelungskontakte auf der Verriegelungswalze des Wendeschalters geführt, so daß die Schützen nur Steuerstrom erhalten können, wenn die Wendeschalter zur Gänze in einer Schaltstellung halten. Hiebei können einzelne Wendeschalter in der Nullstellung stehen, was der Fall ist, wenn nicht mit allen Motoren gefahren werden kann. Die Anordnung ist so getroffen, daß bei unbeabsichtigtem Verstellen des Wendeschaltergriffes während der Fahrt der Stromunterbruch im Triebmotorenstromkreis nicht am Wendeschalter entsteht, wodurch dieser beschädigt wird, sondern daß zuerst die Schützen abgeschaltet werden.

Die bei den verschiedenen Bahnverwaltungen gesammelten Erfahrungen beweisen, daß in vereinzelten Fällen irrtümlich oder auch unversehens Wendeschalter während der Fahrt auf die entgegengesetzte Fahrtrichtungsstellung gebracht wurden, wobei infolge der Remanenz der Triebmotoren Selbsterregung entstand, deren Wirkung verheerender und gefährlicher Natur war. Die Motoren arbeiten dann als Gleichstromseriengeneratoren und stellen über die Drosselspulen und die Sekundärwicklung des Transformators, die für Gleichstrom einen verschwindenden Widerstand besitzen, einen satten Kurzschluß her. Noch schwerwiegender ist es, wenn nach Schaltung des Fahrtwenders auch noch aufgeschaltet wurde. Um die Umschaltung des Wendeschalters in die entgegengesetzte Fahrtrichtung, solange das Fahrzeug läuft, zu verhindern, wurde eine Verriegelungspumpe vorgesehen, die von der Geschwindigkeitsmesserwelle angetrieben wird. Dreht sie sich in einem Sinne entsprechend der Fahrtrichtung, so wird ein Kontakt im Erregerstromkreise jenes Ventiles am Wender unterbrochen, welches die Umschaltung des Wenders für die Gegenrichtung bewirkt.

Die Steuerung der Bügelstromabnehmer, des Hochspannungsölschalters, der Fahrtwender und der Motoreinzelschalter ist im Fahrschalter zusammengefaßt. Sämtliche Handgriffe desselben sind in bekannter Weise entweder elektrisch oder mechanisch derart verriegelt, daß fehlerhafte Manipulationen seitens des Führers ausgeschlossen sind.

Der Ölschalterbetätigungsschalter geht durch Federkraft immer wieder in seine „Null"-Stellung zurück; der Ölschalter wird dabei durch eine Klinke in seiner „Ein"-Lage festgehalten. Die Einklinkung kann sowohl elektromagnetisch als auch von Hand von jedem Führerstande aus gelöst werden. Die elektromagnetische Ausschaltung kann erfolgen durch die „Aus"-Stellung des Ölschalterbetätigungsschalters oder durch die Maximalstromrelais der Triebmotoren, des Primärstromes, des Heizstromes, des Nullspannungsrelais, die Totmanneinrichtungen oder durch den Schnellauslösedruckknopf; die mechanische Ausschaltung erfolgt durch die mechanische Ausklinkevorrichtung.

Am Fahrschalter (Abb. 13) ist eine Trommel aus Hartpapierrohr angebracht, auf welcher La-

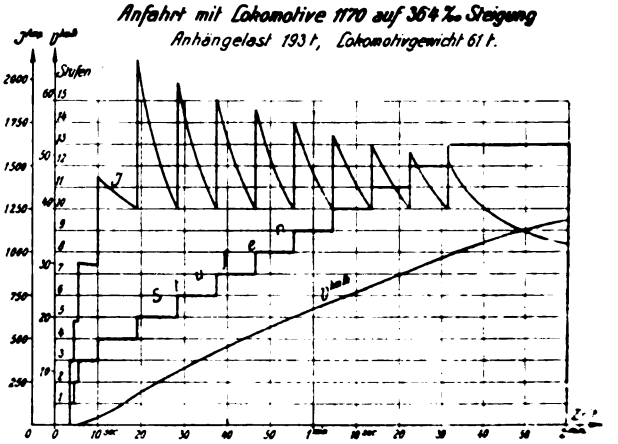


Abb. 13. Anfahrkurven.

mellen befestigt sind. Durch Verdrehen der Walzen kommen immer andere Lamellen zum Anliegen an die zugehörigen Finger, welche über das am Fahrschalter angebrachte Klemmbrett durch die Kabel mit den betreffenden Ventilspulen der Einzelhüpfer verbunden sind. Die Walze hat 15 Fahrtstellungen entsprechend den 15 Fahrstufen und eine „Aus"-Stellung. Die Fahrtwenderbetätigungswalze legt je nach ihrer Stellung die zugehörigen Ventile der Fahrtwender an Spannung, so daß sich diese in die gewünschten Stellungen begeben. Die Stromabnehmer werden elektropneumatisch gehoben und gesenkt, während der Ölschalter mittels Kontakten und Fingern eines Betätigungsschalters am Fahrschalter elektropneumatisch eingeschaltet und elektromagnetisch ausgelöst wird. Der Ölschalter kann auch bei Versagen des elektropneumatischen Antriebes von Hand aus eingeschaltet werden. Auf der Fahrschalterdeckplatte sind auch die Instrumente untergebracht (1 Voltmeter für die Fahrdrahtspannung, 5 Amperemeter, davon eines für den Primärstrom, 4 Stück für die Triebmotoren).

Zur raschen Abschaltung der Lokomotive ist am Führertisch neben dem Kontroller ein Schnellauslösedruckknopf vorgesehen, durch den der Ölschalter rasch abgeschaltet und die Lokomotive spannungslos gemacht werden kann.

Die Lokomotive hat wie erwähnt vier Fahrtwendeschalter. In die normalen drei Stellungen gelangen die Wender durch die Kolben eines Differentialluftzylinders. Je nachdem welche Spulen der drei Luftventile erregt werden, gehen die Kolben in eine der drei Lagen und schalten die ange-

Digitized by Google

hängten Wendeschalter in die zugehörige Stellung. In der Vorwärts- und Rückwärtsstellung werden die Erregungen der Motoren umgekehrt, in der Bremsstellung werden die Erregungen an die Schützen und damit an den Transformator angelegt, während die Ankerstromkreise über die Bremswiderstände geschlossen werden. Die drei Luftventile sind genau so ausgebildet wie die Ventile der Einzelschützen. Werden sie erregt, so lassen sie die Luft in den Zylinder an zutreffender Stelle ein. In der Nullstellung sind die Klemmen aller Motorwicklungen abgeschaltet; bei Bremsung bewirkt eine einzige Lamelle die Umgehung der Erregerwicklung des defekten Motors zu den in Serie geschalteten Erregerwicklungen der übrigen Motoren.

Der Wendeschalterantrieb hat auch eine Verriegelungswalze, welche verhindert, daß bei Schaltungen der Wender Fahrstrom durch die Kontakte der Hauptwalzen fließt. Es ist dies nötig, um bei Gewaltanwendung an der Wendebetätigungswalze des Fahrschalters und Überdrehen trotz Verriegelung Fehlschaltungen zu verhindern.

Nebenbetriebe. Die Nebenbetriebe werden in normalisierter Weise mit Einphasenstrom 200 V betrieben. Diese Spannung wird einer Anzapfung des Öltransformators entnommen.

Zur Lüftung der Motoren und des Transformators dient ein Doppelmotorventilator (*e* in Abb. 6). Dieser besteht aus einem Einphasenserienmotor von 22 PS Dauerleistung bei 1700 U/min auf dessen Welle rechts und links ein doppelseitig saugendes Flügelrad angeordnet ist. Die Ventilatoren fördern eine Luftmenge von 360 m³/min bei einer Gesamtpressung von 145 mm Wassersäule. Die Ventilatoren saugen die Kühlluft aus dem Lokomotivraum an und drücken sie in den seitlich verlegten Luftkanal, von welchen sie den beiden Transformatorkühlern und durch Faltenbälge den Triebmotoren zugeführt wird. Außerdem ist im Ventilatorgehäuse noch eine Klappe versenkt, die zu einem Luftkanal zu den Bremswiderständen am Dach führt. Bei Bremsstellung der Wendeschalterbetätigungswalze wird die Klappe durch eine Druckluftzylinder geöffnet, der durch ein elektropneumatisches Ventil gesteuert wird, so daß die Bremswiderstände mit Kühlluft versorgt werden.

In das Gehäuse des Ventilatormotors ist ein kleiner Gleichstromgenerator für den Steuerstrom und die Beleuchtung von rund 1 kW Dauerleistung bei 30 V eingebaut. Überdies ist eine Batterie vorgesehen mit einem Regler mit üblicher Wirkungsweise.

Die Lokomotiven mit Druckluftbremse erhalten zur Erzeugung der Druckluft einen Verbundrotationsmotorkompressor, Bauart Lokomotivfabrik Winterthur. Die Lokomotiven für Vakuumbremse erhalten zwei Vakuumpumpen und die übliche Bremsausrüstung der Gebrüder Hardy und auch einen kleinen Motorkompressor zur Erzeugung der Druckluft für die pneumatischen Apparate.

Für elektrische Zugheizung ist der Lokomotivtransformator mit Spannungen von 800 und 1000 V ausgerüstet. Das an den beiden Enden der Lokomotive mit Kupplungen der Einheitsbauart des Verbandes Deutscher Eisenbahnverwaltungen versehene Heizkabel wird von zwei elektrisch gegeneinander verriegelten elektropneumatischen Heizhüpfern an die entsprechenden Stufen des Öltransformators angeschlossen.

Für die Schaltung der Nebenbetriebe sind fünf Schalttafeln vorhanden, die nichts bemerkenswertes bieten. Nach Möglichkeit wurden kleine Schaltautomaten Type US von Voigt & Haeffner verwendet.

Meß- und Schutzeinrichtungen. Zur Messung des Stromes der Triebmotoren, des Primärstromes und der Primärspannung sind in der Kontrollerdeckplatte sechs Profilinstrumente eingebaut (Abb. 13), welche an die entsprechenden Meßwandler angeschlossen sind. Überdies sind in jeden Führerstand ein Amperemeter und ein Voltmeter zur Überwachung des Heizstromes vorgesehen. Weiters sind sechs Maximalstromrelais (Triebmotorenströme, Primärstrom und Heizstrom- und ein Nullspannungsrelais auf einer der erwähnten Schalttafeln aufgebaut. Das Primärstromrelais hat Zeiteinstellung. Alle bewirken die Ausschaltung des Ölschalters.

Auf einem Führerstand jeder Lokomotive sind elektrische Meßinstrumente vorgesehen, die die Temperatur eines Ständereisens eines Triebmotors, sowie des Transformatoröles durch Messung mit Widerstandselementen abzulesen gestatten.

Allgemeiner Aufbau der elektrischen Ausrüstung. In der Mitte des Lokomotivkastens befindet sich — wie Abb. 6 zeigt — der Transformator *f*. Vor und hinter diesem befinden sich die Schützengerüste *g* und *h*. Auf dem Transformator ist der Ventilator *e* und die Schienen *i* und *k* zwischen Schützen und Transformatorunterspannungsausführungen, Lüftungsklappen 1, der Ölschalter *a*, dessen Antrieb *c* und die Ölkesselsenkvorrichtung *m* eingebaut. Unter einer der Schützengruppen (Abb. 12) sind die 3 Drosselspulen unter der anderen entweder die große Vakuumpumpe oder der Rotationskompressor untergebracht. In den vier Ecken des Lokomotivinnenraumes stehen die zwei Wendeschalter, die kleine Vakuumpumpe und andere Apparate. Ober den Wendeschaltern befinden sich die Beschleunigungsrelais für die automatische Anfahrt.

Die beiden Führerstände in den Führerkabinen sind in Abb. 16 ersichtlich. Es ist dies der Führerstand einer Lokomotive mit Vakuumbremse. Es stellen *a* den Kontroller mit Totmannhandrad *b*, *c* den Bremsschiebeschalter, *d* die Profilmeßinstrumente, *e* den Geschwindigkeitsmesser, *f* den Druckluftmesser, *g* den Vakuummesser, *h* den Pfeifenhandgriff und *i* die Ölschalterhandauslösung dar.

C. Betriebsergebnisse.

Ein Teil der Lokomotiven ist nunmehr länger als ein Jahr im Betriebe, so daß auch ein vor-

Digitized by Google

läufiges Urteil über die Lokomotive abgegeben werden kann. Die Abb. 17 zeigt eine Lokomotive an der Strecke längs des Hallstätter Sees.

Die elektrische Ausrüstung scheint sich gut zu bewähren. An der Steuerung und an den Schützen (Einzelschaltern) zeigten sich gar keine Anstände. Die Triebmotoren bewähren sich nach einer geringfügigen Änderung der Kohlenbürsten-

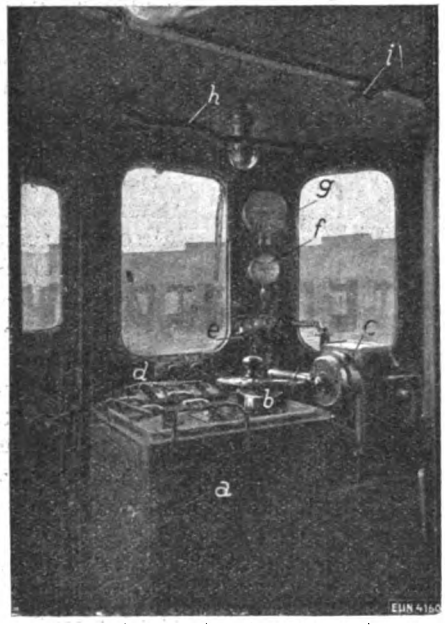


Abb. 16. Führerstand.

kappen sehr gut, ebenso auch die Transformatoren. Auch die Nebenbetriebe haben zu keinen ernsten Störungen Anlaß gegeben.

Wie erwähnt standen die Lokomotivbauanstalten beim Entwurfe des mechanischen Teiles vor einer sehr schweren Aufgabe, nämlich mit 32 t einen widerstandsfähigen mechanischen Teil herzustellen, wobei noch 5 t für den Federantrieb allein abgehen. Der mechanische Teil ist etwas zu leicht für die große elektrische Leistung, die in die Maschine eingebaut ist und welche die oben angegebenen Pflichtdaten überschreitet. Die Abfederung zwischen Lokomotivkasten und dem Drehgestell wird bei Neuausführung weicher zu gestalten sein. Der Lauf der Lokomotive, der in Kurven recht gut ist, wird bei der Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h etwas unruhig, besonders auf schwächeren Oberbau. Bei Verwendung von mehr Gewicht für den mechanischen Teil wird eine Verbesserung des Laufes durch Vergrößerung des Radstandes in den Drehgestellen und Vergrößerung des Abstandes der Drehzapfen möglich sein. Ähnliche Erfahrungen mußten auch ausländische Gesellschaften mit Lokomotiven Bauart Bo+Bo machen. Für die Leistungsgeschwindigkeiten, die um 40 km/h liegen, ist der Lauf der Lokomotive ein guter und daher ganz befriedigender.

Die Zugkraftleistungen der Lokomotive, die auf der Mittenwaldbahn auf Steigungen von 36·5 vH seitens der Elektrisierungsdirektion der Österreichischen Bundesbahnen festgestellt wurden sind außerordentlich günstige. (vgl. Diagramm Abb. 18). Die Lokomotive hatte einen Zug von 245 t am Zughaken. Die größte Zugkraft von 16 000 kg am Haken, die einer Zugkraft an den Rädern von 20 t entspricht, wurde bei der auf dem Diagramme ersichtlichen Anfahrt auf der größten Steigung erreicht. Man sieht, daß keinerlei Rädergleiten eintrat, trotzdem der mittlere Reibungskoeffizient 1 : 3·05 (20 t gegen 61 t) der pro Achse gerechnet sogar nur 1 : 2·45 (5 t gegen 12·5 t) beträgt, da durch die Hakenzugkraft ein Aufschwenken der Drehgestelle und eine Entlastung der vorderen Achsen derselben um 3 t eintritt. Diese außerordentlich günstigen Reibungsziffern, die bei mittlerem Schienenzustande erreicht wurden, sind teilweise dem Federantriebe, Patent Sécheron, zuzuschreiben. Geraten die Räder ins Schleudern, so greifen sie bei diesem Antriebe nach ganz kurzem Gleiten immer wieder an den Schienen, so daß es zu einem Durchschleudern nicht kommt und die Zugkraft erhalten bleibt.

Es ist bemerkenswert, daß bisher Brüche an den Antriebsfedern nicht vorgekommen sind. Es ist zwar auf diesen Umstand kein besonderer Wert zu legen, da die Federbrüche, wenigstens nach den Schweizer Erfahrungen, immer einzeln auftreten, so daß die Lokomotive nicht aus dem Betrieb gezogen wird. Erst beim regelmäßigen längeren Aufenthalt in der Zugförderungsanstalt

Abb. 17. Lokomotive am Zuge.

wird der Austausch der Federn vorgenommen. Die Federbrüche wären somit lediglich eine Preisfrage, bezüglich welcher ruhig behauptet werden kann, daß sie keine Rolle spielt. Nach den Erfahrungen ist nicht anzunehmen, daß alle Federn einer Lokomotive vor dem Ablaufe von 4 Jahren brechen. Die diesbezüglichen Kosten würden einschließlich Einbau S 1800.— bestimmt nicht überschreiten. Dafür entfällt vollständig die Ausgabe für Öl zur Schmierung des Antriebes, da bei diesem keine wälzenden oder gleitenden Teile vorhanden sind. Es ist anzunehmen, daß die Ölkasten von Antrieben, die dem gleichen Zwecke dienen, in 4 Jahren

Digitized by Google

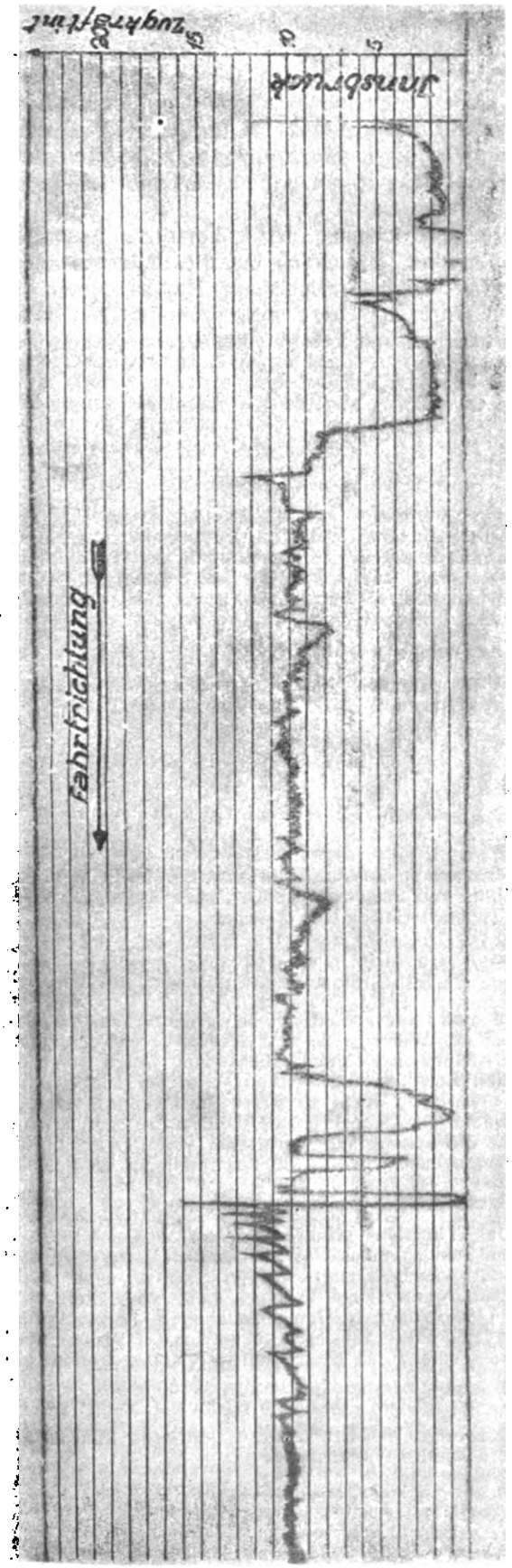


Abb. 18. Dynamometer-Diagramm einer Fahrt Innsbruck – Seefeld mit 245 t am Haken auf 36·5‰ (1. Teil).

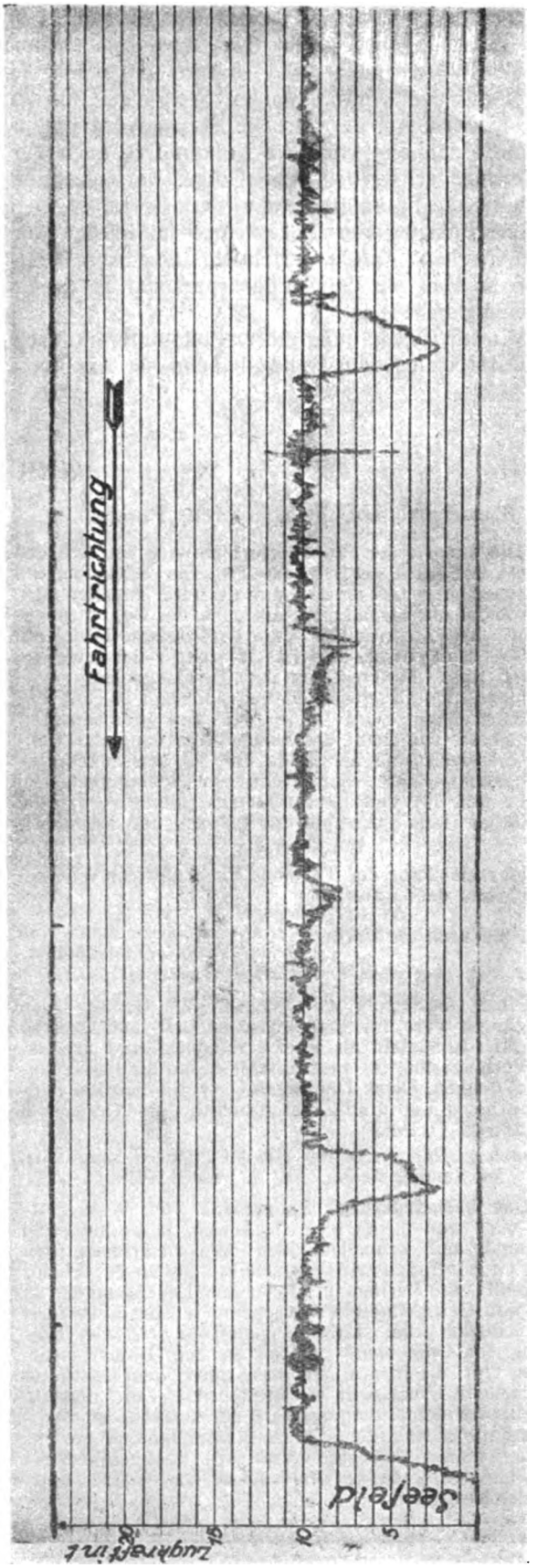


Abb. 18. Dynamometer-Diagramm einer Fahrt Innsbruck—Seefeld mit 245 t am Haken auf 36·5‰ (2. Teil).

Digitized by Google

wesentlich mehr als die oben bezeichnete Summe betragen.

Die Lokomotive wurde auf der Strecke Kufstein-Wörgl-Innsbruck für den schweren Güterzugsdienst verwendet und konnte Züge bis zu 1500 t auf den vorkommenden Steigungen bis zu 4 vT fördern. Auf der Strecke Stainach-Irdning — Attnang-Puchheim wird die Lokomotive auch zur Förderung schwerer Schnellzüge herangezogen und kann die Fahrzeiten einhalten.

Die Führung der Lokomotive ist infolge der automatischen Anfahrvorrichtung eine sehr einfache, so daß sie beim Führerpersonal in dieser Beziehung beliebt ist.

Mit der Beschaffung dieser Lokomotiven durch die Österreichischen Bundesbahnen ist ein weiterer Schritt der Einbürgerung von Einzelachslokomotiven erfolgt. Die Einwände, die meist gegen Einzelachsantriebslokomotiven vorgebracht werden, sind die angeblich zu geringe Adhäsion und Nichteignung für den Güterzugdienst. Diese sind nicht stichhältig wie aus dem oberwähnten Zugkraftdiagramm (Abb. 18) für jeden Fachmann zu entnehmen ist. Die Reibungskoeffizienten dürften von Lokomotiven mit Stangenantrieb kaum erreicht werden.

Die gute Eignung der Lokomotive besonders in elektrischer Beziehung hat die Elektrisierungsdirektion der Österreichischen Bundesbahnen bestimmt, vorerst weitere sechs Lokomotiven dieser Bauart, jedoch mit verstärktem mechanischen Teil, zu bestellen.

Rundschau.

Wasserturbinen, Windmotoren, Pumpen.

Die Theorie der Propellerturbine wird von Otogoro Miyagi, Sendai, entwickelt. Für die Strömung im Spalt zwischen Leit- und Laufrad wird angenommen, daß sowohl die Stromlinien, als auch die Begrenzungswände des Spaltraumes der Prášilschen Gleichung $r^2 z = \text{konst}$ zu entsprechen haben, wenn r der jeweilige Abstand eines Punktes von der Turbinenachse, z die Tieferlage unter dem oberen Leitraddeckel ist. Die Arbeitsübertragung wird ganz auf den Flächensatz[1]) $r\,c_u = \text{konst}$. aufgebaut. Ist r_0 die Entfernung der Leitradaustrittstelle von der Radachse, c_{u0} die zugehörige Umfangskomponente der Wassergeschwindigkeit, so rechnet sich für den Laufradeintrittshalbmesser r_1 die zugehörige Umfangskomponente c_{u1} aus der Beziehung

$$r_1\, c_{u1} = r_0\, c_{u0}$$

Die Hauptgleichung der Turbinen für drallfreien Wasseraustritt aus dem Laufrade

$$u_1\, c_{u1} = g\,\eta\, H$$

nimmt hiedurch die Form

$$u_1\, c_{u0}\, \frac{r_0}{r_1} = g\eta\, H$$

an. (Diese Überlegung wäre vollkommen richtig, wenn es angängig wäre, im Spalt zwischen Leit- und Laufrad die Laufradschaufeln als fiktive reibungs- und arbeitsfreie Verlängerung bis zum Anschlusse an die Leitschaufeln zu denken. Diese Überlegung versagt bei den Propellerturbinen mit drallfreiem Eintritte des Wassers in das Laufrad. D. Ref.) *β.*

(Technology Reports of the Tôhoku Imperial University of Sendai, Japan, Ed. 7, Nr. 3, 1928.)

Das höchstzulässige Sauggefälle von Wasserturbinen wird von J. Ackeret, Zürich, beleuchtet. Bei den modernen schnellaufenden Wasserturbinen, bei denen im Laufradaustrittsquerschnitte bis zu 50 vH der insgesamt zur Verfügung stehenden Energiemenge in Form von Geschwindigkeit erscheint, würde es verfehlt sein, lediglich die statische Saughöhe H_s, die Entfernung von Unterkante Laufrad bis zum Unterwasserspiegel, für die Ermittlung des unter dem Laufrade herrschenden Druckes zu verwenden. Ist c_2 die absolute Laufradaustrittsgeschwindigkeit, B der herrschende Barometerstand, ausgedrückt in m Wassersäule, so ergibt sich der höchst zulässige Wert des Sauggefälles bei Vernachlässigung des Dampfdruckes des Wassers aus der Gleichung

$$0 = B - H_s - \frac{c_2^2}{2g}.$$

Würde man nach dieser dynamischen Beziehung allein rechnen, so könnten sich Fehlschläge ergeben, da es nicht ausgemacht ist, daß der Druck unmittelbar hinter dem Laufrade der tiefste überhaupt in der Turbine auftretende Druck ist. Ist w_2 die relative Laufradaustrittsgeschwindigkeit, so wird es eine Stelle an der Schaufelrückseite geben, wo der Druck um $\lambda \frac{w_2^2}{2g}$ tiefer ist als hinter dem Laufrade. Diese Stelle wird den Kavitationsbeginn[1]) kennzeichnen. Hierfür gilt

$$0 = B - H_s - \frac{c_2^2}{2g} - \lambda\, \frac{w_2^2}{2g},$$

wobei

$$\sigma = \frac{c_2^2}{2g\,H} + \lambda\, \frac{w_2^2}{2g\,H}$$

den sogenannten Kavitationsbeiwert darstellt. Ist φ das Verhältnis von Schaufellänge zu Schaufelteilung, so ergibt sich nach Göttinger Versuchen:

$\varphi =$	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·1	1·2	1·3
$\lambda =$	0·55	0·43	0·35	0·30	0·26	0·24	0·22	0·21	0·20
$\sigma =$	2·0	1·6	1·3	1·2	1·1	1·0	0·98	0·96	0·95

Normal- und Langsamläufer haben größere Werte φ, daher kleinere Werte λ, so daß dessen Vernachlässigung kleine schlimmen Folgen haben kann. Auch zeigt es sich, daß Leistung und Wirkungsgrad bei eintretender Kavitation lange nicht so stark zurückgehen wie bei Schnelläufern. Hingegen ist die dann auftretende Korrosion für die Lebensdauer der Räder von Belang. Es ist daher auch dort wichtig, die Kavitation zu vermeiden. *β*

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 91, Nr. 11, 1928.)

Das Titrationsverfahren[2]) ist nach D. Thoma, München, ein ungenaues Wassermeßverfahren, weil die Mischung von Salz mit Wasser, selbst nach dem Durchgange durch die Turbine, nicht vollständig ist. Werden sekundlich z Gewichtseinheiten Salz in das Wasser eingeführt, passieren sekundlich $Q\,l$ Wasser den Meßquerschnitt F, so ist die mittlere Konzentration

$$k_m = \frac{1}{F} \int k\, dF.$$

Die zugehörige, auf Grund dieser mittleren Konzentration berechnete Wassermenge

$$Q_r = \frac{l\, z}{\int k\, dF},$$

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 427.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 262; 1925, S. 535, 1037; 1926, S. 234, 493; 1927, S. 545.

[2]) Vgl. E. u. M. 1921, S. 636.

Digitized by Google

wobei mit v als Strömungsgeschwindigkeit des Wassers und γ als spezifischem Gewicht der Salzlösung

$$z = \frac{\gamma}{k_m + 1} \int k\, v\, dF.$$

Eine Vereinigung vorstehender Gleichungen führt zu

$$Q_r = \frac{F\gamma}{k_m + 1} \cdot \frac{\int k\, v\, dF}{\int k\, dF}.$$

Dieses Q_r ist jedoch mit Q nicht identisch, es rechnet sich vielmehr

$$Q = \frac{\gamma}{k_m + 1} \int v\, dF.$$

Der verhältnismäßige Fehler durch das Titrationsverfahren ist daher $\frac{Q_r - Q}{Q}$. Dieser Fehler kann, wie an einem Zahlenbeispiel gezeigt wird, bis zu $\pm$ 6·25 vH betragen. Das Titrationsverfahren bleibt aber doch wertvoll, weil bei Wildbächen zum Beispiel, in denen eine Flügelmessung unmöglich ist, eine gute Mischung erzielt wird. β.

(Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 23. Jg., H. 15, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Zahnsättigung und Hauptabmessungen des Nutenankers. Von L. Gebauer. Um langwierige Rechnungen zu vermeiden, wird ein graphisches Verfahren zur Ermittlung einer passenden Kombination von Durchmesser D und ideeller Länge l_i des Ankers bei festgelegter, gewünschter Zahnsättigung $B_{z\,max}$ angegeben. Durch Festhalten der Durchflutung $J_s \cdot S$ wird

$$B_l \cdot D \cdot l_i = \text{konst} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 1),$$

dasheißt, die magnetische Beaufschlagung des Ankers bleibt unverändert (B_l = Liniendichte im Luftspalt). Weiters wird

$$B_l \cdot D \cdot l_i = B_{z\,max}\,(D - a)\, l_i = \text{konst} \quad \ldots 2),$$

$$\text{wobei } a = \frac{b_n \cdot Z_n}{\pi} + 2h$$

(Nutabmessungen: $b_n \times h$, Nutenzahl Z_n) und $\frac{l_i}{l_e} = \text{konst.}$ angenommen its; kleine Abweichungen von dieser Bedingung beeinflussen das Ergebnis kaum. Geometrisch entspricht G. (1) einer Hyperbelschar

$$D\, l_i = \frac{\text{konst}}{B_l} = c_1$$

mit den Koordinatenachsen als Asymptoten, Gl. (2) einer Schar

$$(D - a)\, l_i = \frac{\text{konst}}{B_{z\,max}} = c_2$$

mit der D-Achse und einer im Abstand a zur l_i-Achse Parallelen als Asymptoten. Beide Scharen werden zu einem Nomogramm superponiert, ihre Schnittpunkte liefern für ein gewähltes B_l und $B_{z\,max}$ die Hauptdimensionen D und l_i. Man kann auch mittels der bekannten Konstruktionsmethode von Hyperbeln von einem gewählten ersten Entwurf (D_o, l_{io}, $B_{z\,max_o}$) aus die Größen D, l_i für die richtige Zahnsättigung $B_{z\,max}$ graphisch ermitteln. Ein Beispiel (Straßenbahnmotor 20 kW, 640 U/min, 550 V) zeigt die Anwendung. Sch.

(ETZ, Bd. 49, H. 35, 1928.)

Der Nutungsfaktor in elektrischen Maschinen. Als Nutungsfaktor bezeichnet man bekanntlich das Verhältnis der mittleren Induktion eines genuteten Ankers zur ideellen Induktion desselben Ankers ohne Nuten. Die Flußverminderung, die durch die Nutung eintritt, hat man auf verschiedene Weise zu berechnen gesucht, und frühzeitig viele empirische Formeln aufgestellt, sowie die mathematische Methode der konformen Abbildung angewendet. E. Weber untersucht zunächst kritisch, wie weit die konforme Abbildung auch praktisch verwertbare Formeln liefert und findet, daß nur die ideellsten Annahmen unendlicher Nutteilung und unendlicher Nuttiefe, wie sie von F. W. Carter[1]) vorausgesetzt wurden, praktisch genügend einfache Formeln ergeben. Gerade die Annahme der unendlichen Nutteilung jedoch muß bei der Berechnung des Nutungsfaktors in Fällen sehr kleiner Luftspalte unsichere Werte zur Folge haben und außerdem ist die Aussage über das Nutungsfeld, das ist der Feldverlauf über Zahn und Nut, unrichtig. Aus diesem Grunde schlägt der Autor einen neuen Weg ein, indem er von einem willkürlichen analytischen Ansatz für das Nutungsfeld ausgeht

$$B_n = \overline{B}_n \cdot \sin^{2n}\left(\frac{x\pi}{t}\right), \qquad (1).$$

der jedoch infolge der Periodizität der trigonometrischen Funktion sich einwandfrei der endlichen Nutteilung anpaßt.

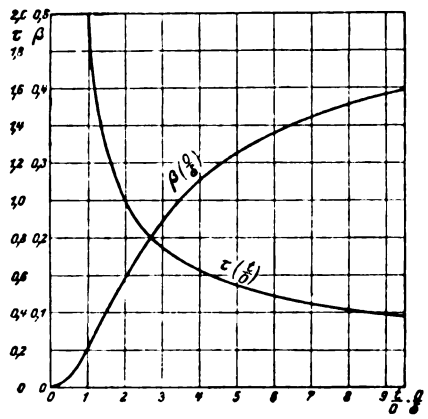


Abb. 1.

Die Amplitude ist dieselbe geblieben, wie Carter sie errechnet,

$$\overline{B}_n = 2\beta \cdot B_{max},$$

wobei β eine reine Funktion des Verhältnisses von Nutöffnung o zu Luftspalt δ darstellt (Abb. 1), und B_{max} die ideelle Luftinduktion des ungenuteten Ankers ist. Der Exponent $2n$ der trigonometrischen Funktion ist selbst aber wieder eine lineare Funktion des Verhältnisses von Nutteilung t zu Nutöffnung o

$$n = (t/o - 1).$$

Der Ansatz (1) liefert für verschiedene Werte von n bei gleicher Amplitude Kurven (Abb. 2), die ganz den Charakter des Nutungsfeldes aufweisen.

Die Berechnung des Nutungsfaktors läßt sich hier leicht durch eine einfache Integration erzielen, und das Ergebnis ist

$$k = \frac{1}{1 - \tau \cdot \beta} \qquad (2).$$

τ ist eine reine Funktion des Verhältnisses von Nutteilung t zu Nutöffnung o und neben β in Abb. 1 aufgetragen.

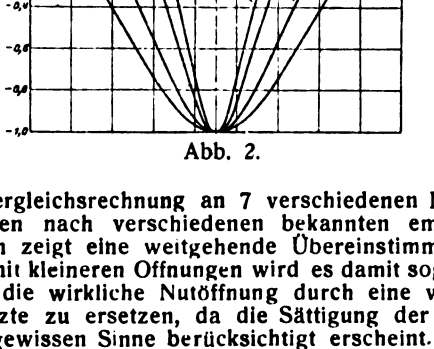


Abb. 2.

Eine Vergleichsrechnung an 7 verschiedenen Nutenverhältnissen nach verschiedenen bekannten empirischen Formeln zeigt eine weitgehende Übereinstimmung. Für Nuten mit kleineren Öffnungen wird es damit sogar überflüssig, die wirkliche Nutöffnung durch eine willkürlich geschätzte zu ersetzen, da die Sättigung der Stege in einem gewissen Sinne berücksichtigt erscheint. Ist etwa für eine Nut $t = 80$ mm, $o = 40$ mm, $\delta = 20$ mm gegeben, so wird $t/o = 2$, und daher nach Abb. 1 $\tau\,(t/o) = 1{\cdot}0$ und $o/\delta = 2$, daher $\beta\,(o/\delta) = 0{\cdot}1464$, also

$$k = 1/(1 - 0{\cdot}1464) = 1{\cdot}173,$$

[1]) Journal Inst. of El. Eng., Bd. 29, S. 925.

Digitized by Google

während die Cartersche Formel 1·164 liefert und die empirische Formel von Rezelmann[1]) 1·172 ergibt.

Für ganz geschlossene Nuten wird eine äquivalente Nutöffnung schätzungsweise angegeben nach

$$o = \frac{0{\cdot}3}{s} \cdot \frac{0{\cdot}3}{\delta},$$

wenn s die Stegdicke in Nutmitte in mm bedeutet. Für doppelte Nutung (im Ständer und im Läufer) ist als resultierender Nutungsfaktor das Produkt der Einzelfaktoren für Ständer und Läufer nach (2) $k = k_1 \cdot k_2$ anzusehen. Dr. W.

(ETZ, Bd. 49, H. 23, 1928.)

Elektrische Meßkunde.

Über die Feuersicherheit von elektrischen Isolierstoffen und ein neues Verfahren zu ihrer Bestimmung berichten W. Schramm und W. Zebrowski. Die Prüfung der Feuersicherheit[2]) nach den geltenden Vorschriften des VDE geschieht derart, daß ein Normalstab von 15 × 10 × 120 mm in wagrechter Lage 1 min lang einer Bunsenbrenner-Flamme von bestimmter Größe ausgesetzt wird. Als Maß für die Klasseneinteilung gilt die Zeit, die das Material nach Wegnahme des Bunsenbrenners weiter brennt. Diese Methode muß als unzulänglich angesehen werden, da sie nur eine grobe Trennung zwischen nicht brennbaren und leicht brennbaren Stoffen ermöglicht. Die schwer brennbaren Stoffe, wie die Bakelite, werden schlecht erfaßt. Man hat erkannt, daß für die Beurteilung der Feuersicherheit hauptsächlich die Widerstandsfähigkeit gegen örtlich begrenzte Erwärmung durch hohe Temperaturen (Lichtbogen, glühender Draht) maßgebend ist. Dieser Forderung der Praxis paßt sich die neue Prüfmethode an, die in der Material-Prüfstelle, Abt. Gummiwerke der SSW, Berlin, ausgearbeitet wurde. Ein Silitstab wird durch den elektrischen Strom bis auf 1000° erwärmt. An den glühenden Silitstab wird der zu prüfende Normalstab angeschoben. Die Methode gibt Werte für die Entflammbarkeit, den Gewichtsverlust und die Flammenausbreitung. Der Gewichtsverlust wurde derart bestimmt, daß der Glühstab von einer schwarzen Temperatur von 950° dem vorher abgewogenen Probestab durch drei min anlag. Nach dieser Zeit wurde die Flamme gelöscht und durch Wägung der Gewichtverlust bestimmt. Unter Flammenausbreitung wird der von der Flamme auf dem Stab der Länge nach zurückgelegte Weg verstanden. Multipliziert man die für Gewichtsverlust und Flammenausbreitung erhaltenen Werte miteinander, so ergibt sich eine Reihe von Zahlen, die vom Zementasbest bis zum Zelluloid nach den Zehnerpotenzen 0 bis 5 ansteigt, wonach eine Einteilung nach Klassen leicht erfolgen kann. Mit der baldigen Einführung des Apparates zur Bestimmung der Feuersicherheit ist zu rechnen. Co.

(ETZ, Bd. 49, H. 16, 1928.)

Gleichrichter.

Gleichrichtung von Einphasen-Wechselstrom der Frequenz 16 ²/₃. M. Schenkel beschreibt ein neues Anwendungsgebiet für Gleichrichter, welches sich auf die Umformung von Bahnbetriebsstrom bezieht. Der Einphasenstrom bedingt, daß die Gleichspannung eine große Oberschwingung doppelter Frequenz aufweist. Würde der Strom die gleiche Form wie die Spannung aufweisen, so hätten Gleichstrommotoren große Zusatzverluste und Funkenbildung am Kollektor, Beleuchtungskörper würden flimmern. Dem kann man entweder durch Unterdrückung der starken Schwankungen des Stromes oder der Welligkeit der Spannung begegnen. Bei Anwendung des ersten Mittels sieht man eine Kathodendrossel vor. Dieses Verfahren ergibt für viele Zwecke, zum Beispiel für den Betrieb von Motoren, eventuell auch für die Ladung von Batterien, für Beleuchtungsanlagen mit Batterie usw. schon eine genügend reine Stromkurve. Die Anwendung der Drosselspule hat aber zwei Nachteile: Sie kann die Spannung niemals vollkommen ausglätten, und außerdem versagt sie bei kleinen Stromstärken. Will man daher die Spannungswelle vollkommen glätten, so muß die Welligkeit der Spannung direkt bekämpft werden. Dies wird erreicht, wenn man hinter die Drosselspule noch einen, auf die überlagerte Wechselstromkomponente abgestimmten Schwingungskreis, bestehend aus in Serie liegender Selbstinduktion und Kapazität, dem Gleichstromnetz parallel legt. Die Drosselspule führt hierbei zunächst eine gewisse Glättung der Spannungswelle herbei, der Schwingungskreis besorgt dann den Rest der Glättung. Die Anwendung eines solchen Schwingungskreises hat allerdings zur Folge, daß sich bei Leerlauf des Netzes die Kapazität des Schwingungskreises mangels Gelegenheit zur Rückentladung auf die Schwingungsweite der gelieferten Spannung hinter dem Gleichrichter einstellt, wodurch das Netz unter eine Spannung käme, für welche die Isolation im allgemeinen nicht ausreicht (beispielsweise bei 220 V auf 340 V). Man nimmt daher der Kapazität durch eine kleine Grundlast (2·5 vH) die Möglichkeit, sich bei Leerlauf des Netzes aufzuladen.

Der Verfasser beschreibt abschließend eine neue Anwendungsmöglichkeit der Umformung von einphasigem Wechselstrom mit 16²/₃ Per/s in Gleichstrom für Kontrollfahrzeuge zur Untersuchung von Isolatoren an Fahrleitungsstrecken. Die guten Erfahrungen, welche mit derartigen Gleichrichterfahrzeugen gemacht wurden, führten schließlich zum Bau von elektrischen Verschiebelokomotiven, die außer einer Batterie auch je zwei Glasgleichrichter besitzen, die normalerweise während der Fahrt parallel mit der Batterie die Antriebsmotoren speisen. Dr. Vel.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, H. 3, 1928.)

Elektrochemie.

Zur Darstellung chemisch reiner Salzsäure in großen Mengen durch Destillation der technischen konzentrierten Salzsäure HCl hat C. M. Hoff ein kontinuierliches Verfahren mit elektrischer Heizung ausgearbeitet, worüber er der Hauptversammlung der American Elektrochemical Society in Bridgeport, April 1928, berichtet[1]). Ein Strom roher HCl von regulierbarer Stärke fließt in eine Granitretorte. Durch die in der Retorte befindliche Flüssigkeit wird ein Wechselstrom geschickt, der ihre Erwärmung und Destillation bewirkt. In Kondensationsröhren, die mit kleinen Glasrohrstücken und unten mit Glaswolle beschickt sind, wird das Destillat kondensiert und die zuerst entweichende HCl absorbiert. Das Kondensat fließt durch ein Gefäß, in dem Temperatur und spezifisches Gewicht bestimmt werden, woraus sofort die Stärke der Säure bestimmt werden kann. Eine Änderung der Stärke wird durch Regulieren der Zuflußgeschwindigkeit der rohen Säure bewirkt. Die schwache Säure, die den Destillationsrückstand bildet, fließt in ein besonderes Gefäß ab. Damit den an die chemisch reine HCl gestellten Anforderungen entsprochen wird, soll mindestens ein Teil Rückstandssäure auf sieben Teile Destillat kommen. Die Form der Retorte ist nach innen einspringend, damit der innere Widerstand erhöht und die Stromdichte verringert werden, weil bei hoher Stromdichte die Entstehung von Chlor durch Elektrolyse beobachtet wurde. Die mit dieser Apparatur erhaltenen Ausbeuten betragen 50 bis 60 kg je Stunde. Hzg.

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Unvollkommene Dielektrika. Michel G. Malti faßt die wichtigsten und am meisten sichergestellten theoretischen und experimentellen Ergebnisse auf diesem Gebiete einheitlich zusammen, wobei er drei Sorten von Elektronen im Dielektrikum unterscheidet: die am leichtesten gebundenen „freien" Elektronen, welche für den Isolationsstrom verantwortlich sind, die am starrsten gebundenen, „elastisch" gebundenen Elektronen, welche für die dielektrischen Polarisierungserscheinungen maßgebend sind, und schließlich die „Reibungs"-

[1]) in E. Arnold: Die Gleichstrommaschine, J. Springer Berlin, 1919, Bd. 1, S. 136.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1927, S. 1073.

[1]) Papers, Nr. 26.

Digitized by Google

Elektronen, welche zwischen den beiden Vorgenannten liegende Eigenschaften aufweisen. Wird eine Spannung an die Elektroden eines Kondensators angelegt, dessen Dielektrikum unvollständig ist, dann benehmen sich die Reibungselektronen im ersten Augenblick so wie die elastisch gebundenen, das heißt sie tragen zunächst zum Verschiebungsstrom bei. Nach einer gewissen Zeit der Einwirkung jedoch haben sie ihre ursprüngliche Ruhelage verändert. Durch die Einwirkung von Temperatur, Spannungen, Strahlungen, etc. können die den verschiedenen Sorten angehörenden Elektronen in einander übergeführt werden, und zwar geschieht das so, daß beim Übergang von gewissen Zustandsbereichen in benachbarte, zum Beispiel beim Steigern der Feldstärke über eine gewisse Größe hinaus, ein plötzlicher Übergang stattfindet. Man kann daher jeden Parameter in Bereiche einteilen, innerhalb welcher wesentlich die gleichen Gesetze gelten, bei deren Überschreitung jedoch diskontinuierliche Änderungen des Verhaltens des Dielektrikums auftreten.

Legt man an die Elektroden eines Kondensators mit unvollkommenem Dielektrikum eine Spannung E, so wird sich durch die Verschiebung der Reibungselektronen eine Gegenpolarisation einstellen, welche schematisch dargestellt werden kann durch eine an jede der beiden Elektroden wirkende Gegenspannung E_p: es wird sich also nach hinreichend langer Zeit t_r ein Strom I_r einstellen, welcher zunächst zur Definition des Isolationswiderstandes R des Dielektrikums bei Gleichspannung führt:

$$R = \lim_{t=t_r} (E - 2E_p)/I_r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

In dieser Definitionsgleichung können alle rechts stehenden Größen gemessen werden (E_p. indem zuerst E eine Zeit hindurch angelegt wird, und sodann rasch so lange reduziert wird, bis weder in die eine noch in die andere Richtung ein Strom fließt). Für Wechselströme wird der gleiche Widerstand wie für Gleichstrom vorausgesetzt. Dann ergibt sich der Wechselstromverlust W bei Anlegung der Spannung $E_t = g(t_r)$ zufolge des Isolationswiderstandes zu

$$W = \int_0^t i_{RA}^2 \cdot R\, dt = R \int_0^t i_{RA}^2\, dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

wo i_{RA} den bei der Gleichspannung E_t gemessenen Strom bedeutet. Nimmt die Spannung E_t sehr großen Wert an, dann ergeben sich, wie oben erwähnt, verschiedene Bereiche und damit verschiedene Gesetzmäßigkeiten, so daß sich der gesamte Verlust zusammengesetzt aus den Summanden

$$W_{R,1} = R_A \int_0^{t_1} i_{RA}^2\, dt; \quad W_{R,2} = R_B \int_{t_1}^{t_2} i_{RB}^2 dt \ldots$$

$$\ldots W_{R,n} = R_N \int_{t_{n-1}}^{t_n} i_{RN}^2\, dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2\,a).$$

Hiebei bezieht sich i_{RA} und R_1 auf die Zeit $t = 0$ bis $t = t_1$, während welcher das Dielektrikum im ersten Zustand vorhanden ist, während bei $t = t_1$ der Übergang von diesem Zustand in den nächsten erfolgt. Mit einigen Vernachlässigungen läßt sich dann nach (2) der „effektive" Wechselstromwiderstand errechnen zu

$$R_A = \frac{4\,W}{I_{RA}^2 \cdot T} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

wobei W den wahren Leitungsverlust während der Zeitdauer $T/4$ einer Viertelperiode bei einem Effektivwerte der Stromkomponente I_{RA} bedeutet. Ist die angewendete Spannung so groß, daß Teile des Vorganges sich nicht immer im ersten Bereich abspielen, dann wird die Gleichung (3) entsprechend der Gleichung (2 a) komplizierter. Damit ist das Verhalten des Dielektrikums in Bezug auf Isolationsstrom charakterisiert. Den Ladestrom bei Gleichstrom erhält man, indem man vom Strom i zur Zeit t den Isolationsstrom I_r abzieht, welcher nach abgelaufenem Ladevorgange noch immer das Dielektrikum durchsetzt. Im allgemeinen ergibt sich ein zuerst ziemlich stark ansteigender Strom i, der zur Zeit t_m ein Maximum i_m erreicht, und sodann langsam gegen den Wert I_r abfällt, den er nach der Zeit t_r erreicht.

Während t_m vom Widerstand der Induktivität und der Kapazität abhängt, welche in den Kreis geschaltet sind, hängt der Wert i_m auch in starkem Maße von Dielektrikum und Versuchsumständen (Temperatur, Feldstärke, usw.) ab. Der Verlauf der Stromkurve nach Erreichung des Maximums i_m gibt über die Zahl der Reibungselektronen und über den Grad ihrer Gleichheit oder Verschiedenheit Auskunft, indem ein rascher und steiler Abfall nach t_m auf eine geringe Zahl von Reibungselektronen schließen läßt, ein steiler aber verhältnismäßig später Abfall auf gleichartige aber stark viskose Elektronen usw. Der Ladestrom bei Wechselstrom wird im Sinne des Curieschen Superpositionsgesetzes als Überlagerung der Ladeströme zufolge der in den Zeitelementen zwischen t und $t + \omega dt$ wirkenden Teilspannungen E_t definiert, wobei die Isolationsströme I_r immer in Abzug kommen (wenn die Spitzenspannung E über den ersten Bereich hinausreicht, sind entsprechend verallgemeinerte Definitionen nötig):

$$i_c = \int_0^{\tau} f(\tau - t) \sin \omega t \,.\, \omega \; dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und die während einer Viertelperiode im Kondensator zugeführte „Ladung"

$$Q = \int_0^{T/4} \left[\int_0^{T/4} f(\tau - t) \sin \omega t \,.\, \omega\, dt \right] d\tau \quad . \quad . \quad . \quad (5),$$

wobei $f\,(t - \tau)$ den Strom bedeutet, welcher zur Zeit τ entstehen würde, wenn die Spitzenspannung E zur Zeit t bis $t + d^n t$ gewirkt hätte. Durch den Vergleich mit dem idealen Kondensator läßt sich aus diesen Definitionen eine dielektrische Konstante für das unvollkommene Dielektrikum definieren durch

$$K_1 = \frac{\int_0^t (i - I_R)\, dt}{E\, K\, a\, d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6) \text{ bei Gleichstrom und}$$

$$K_2 = \frac{Q \text{ nach Gleichung } (5)}{2\, K\, a\, E\, m/d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7) \text{ bei Wechselstrom.}$$

Hierbei beziehen sich die Zähler jeweils auf die Ladungen, welche das unvollkommene Dielektrikum, die Nenner auf die Ladungen, welche ein vollkommenes Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstante K aufnimmt, wenn die beiden verglichenen Kondensatoren ganz gleiche Dimensionen (a = Fläche der Elektroden, d = = Abstand derselben) aufweisen; E bzw. E_m bedeuten die angelegte, bzw. die Spitzenspannung. Auf ähnliche Weise kann man natürlich an Stelle der uns vom idealen Kondensator her geläufigen Kapazität eine „Kapazitanz" und als reziproker Wert die „Elastanz" eines unvollkommenen Kondensators eingeführt werden, der letztere in „Daraf" (reziproken Farad) gemessen. Auch läßt sich eine den obigen Definitionen angepaßte Formulierung der Ladeenergie festlegen. Bezüglich des Energieverlustes wird gezeigt, daß die elastisch gebundenen Elektronen keinen solchen hervorbringen, die Reibungselektronen hingegen einem reinen Widerstand entsprechenden; die unvollkommen elastisch gebundenen können hysteresisartige Verluste verursachen. Während der Hysteresisverlust von der Geschwindigkeit abhängt, mit welcher sich die Vorgänge abspielen (Frequenz des Wechselstromes) ist der Reibungsverlust hiervon ganz unabhängig. Steigert man also die Periodenzahl immer mehr, dann nimmt der Verlust pro Schwingung immer mehr ab, bis der reine Reibungsverlust übrig bleibt, wodurch die beiden Verlustanteile getrennt werden können.

Für die elektrische Festigkeit ergibt sich, daß die Durchbruchstärke G_s bei Anlegung der Spannung E_s an einen der dicken Plattenkondensatoren gegeben ist durch (siehe Gleichung 1):

$$G_s = (E_s - 2E_p')/l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Digitized by Google

Bezüglich der Abhängigkeit der Durchbruchsstärke von der Zeitdauer der Beanspruchung ist zu erwarten, daß E_p stets zunimmt, das heißt, daß G_s mit der Zeitdauer zunimmt (?), was nur dann der Fall sein könnte, wenn der Durchschlag bei höher angelegten Spannungen auch länger dauern würde. Da dies der Erfahrung widerspricht, wird man annehmen, daß die Gleichung (8) nicht bis zur Durchbruchfeldstärke gilt, sondern daß bei steigender Spannung E_s neue Zustände der Elektronenverteilung und damit andere Werte E_p in Geltung kommen. Ähnliche Überlegungen gelten natürlich für die Abhängigkeit der Durchschlagsspannung vom Tempo der Spannungssteigerung. Bezüglich der Abhängigkeit der Durchbruchsspannung E_s von der Dicke d des Plattenkondensators läßt sich aus (8) entnehmen, daß

$$E_s = G_s d + 2 E_p \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

schwächer als proportional der Plattenstärke wächst, was mit der Erfahrung in Übereinstimmung steht. Für Wechselstrom läßt sich analog der Gleichung (8) erwarten:

$$G_s \sin \omega t = [F_s \sin (\omega t + \Theta) \quad 2 E_p \sin (\omega t + \varphi)]/d \ldots (10),$$

wobei Θ und φ von den Versuchsumständen abhängen. Bei hoher Spannung zeigt es sich jedoch, daß die Gegenpolarisation E_p praktisch konstant ist, also die Richtung und Größe nicht ändert, so daß der maximale errechenbare Wert der Feldstärke

$$G_s = [F_s + 2 E_p] d \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

ist. Ein Vergleich zwischen 8 und 11 ergibt die mit der Beobachtung übereinstimmende Tatsache, daß die Gleichstrom-Durchschlagsspannungen im allgemeinen höher sind als die bei Wechselstrom. Eine allgemeine Gültigkeit der wärmeelektrischen Theorie hält der Autor nicht für möglich, weil in vielen Fällen der Durchschlag so rasch vor sich geht, daß es zu einer merklichen Erwärmung des Dielektrikums nicht kommen kann, und weil auch nur ganz niedrige Erwärmungen beobachtet wurden. Wahrscheinlich ist der Durchschlag in den meisten Fällen, insbesonders aber bei geschichteten Materialien eine Aneinanderreihung von Randentladungen.

Dr. Konst.

(Journal A. I. E. E., Bd. 46, Nr. 9, 1927.)

Literaturberichte.

3743 **Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Dr. techn. Milan Vidmar. 451 Seiten mit 352 Textabb. Verlag J. Springer, Berlin, 1928. Preis: Mk. 15·—, geb. Mk. 16·50.

Es ist heute beinahe schon eine undankbare Sache, ein Buch über die Grundlagen der Elektrotechnik zu schreiben. Trotzdem wird sich der vorliegende Band nicht nur bestens durchsetzen, sondern eine Lücke ausfüllen, die eigentlich trotz der vielen einschlägigen Lehrbücher bestand. Der Verfasser hat es nämlich mit seinem bekannten pädagogischen Talent verstanden, den Stoff in eine derartige Form zu bringen, daß alle behandelten Teilgebiete im engsten Zusammenhang bleiben, und jedes Problem sich wie von selbst aus den einfacheren Grundlagen entwickelt. Er erreicht dies auch durch eine ganz neuartige Anordnung des Stoffes, indem von Kapiteln und Abschnitten ganz abgesehen und das ganze Gebiet in 34 Vorlesungen zusammengefaßt wird, die, vom Einfachen zum Schwierigen aufsteigend, wohl in sich möglichst abgeschlossen sind, dennoch den Zusammenhang aller Teilgebiete erkennen lassen. Damit erhält man ein wirkliches Lehrbuch, das vor allem dem Verständnis entgegenkommt. Dies ist Vidmar in vollem Maße gelungen, wozu auch die häufig eingestreuten Vergleiche mit analogen, mechanischen Vorgängen wesentlich beitragen.

Die neuartige Anordnung des Stoffes veranlaßte den Verfasser auch zu einer bisher nicht gepflogenen Einteilung der Teilgebiete. So beginnt das Buch mit der Erläuterung des elektrischen Feldes und dringt über die Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre zu den Gesetzen der elektrischen Strömung und zur Theorie des allgemeinen Transformators vor. Von diesem werden dann alle übrigen elektrischen Maschinen als Sonderfälle abgeleitet. Besonders zu werten ist, daß schließlich auch die Grundlagen der Ausgleichs- und Schwingungserscheinungen, sowie die wichtigsten Fragen über Elektronenröhren behandelt werden. Dabei ist es Vidmar gelungen, auch diese Erscheinungen in das Gesamtbild einzuordnen, dies hauptsächlich durch die Betrachtung der Zeit als Variable, wodurch eine Einteilung in von der Zeit unabhängige bis zu den sich in allerkleinsten Zeitintervallen abspielenden Vorgänge möglich wurde.

Wenn an dem Buche etwas auszusetzen ist, so sind dies vielleicht einige etwas unklare Stellen in der zweiten Vorlesung, wie etwa das plötzliche Erscheinen der Dielektrizitätskonstante in der ersten Gleichung auf Seite 21 sowie einige Unklarheiten in der zweiundzweiundzwanzigsten Vorlesung, die bei einer zweiten Auflage des Buches bei etwas eingehenderen Behandlung der bezüglichen Fragen beseitigt werden könnten. Weiters ist gegen die Behauptung auf Seite 256, daß die Stromkurven für veränderliche Wechselstromkreise immer Kreislinien seien, Stellung zu nehmen. Die Unrichtigkeit dieser Behauptung ist bereits von Bloch[1]) nachgewiesen worden. Dieser für die Grundlagen ja nicht so sehr ins Gewicht fallende Fehler kann jedoch nicht den außerordentlichen Wert des Buches schmälern, das nicht nur dem Studierenden, sondern auch dem Praktiker wärmstens empfohlen werden kann.

Dr. G. Oberdorfer.

3745 **Wechselstrom-Kommutatormaschinen.** Von Ing. Karl Baudisch. 104 Seiten, 62 Figuren, 20 Abb. auf 12 Tafeln. Bd. 992 der Sammlung Göschen. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig. Preis in Leinen geb. S 2·60.

Ausgehend von den Eigenschaften der Asynchronmaschine bei Verwendung eines Kommutatorankers behandelt der Verfasser die physikalischen Grundlagen sowie die speziellen Eigenschaften der Einphasen- und Drehstrom-Kommutatormotoren, ferner das Verhalten der Maschine als Generator. Die Eigenschaften werden an Hand von Vektordiagrammen erläutert und durch eine Reihe von Kennlinien veranschaulicht. Im Schlußabschnitt bespricht der Verfasser einige Anwendungsgebiete, ohne die in den letzten Jahren entwickelten elektrischen Kaskaden näher zu behandeln. Der vorliegende Band bildet eine willkommene Ergänzung des an dieser Stelle bereits besprochenen[2]) Buches von Prof. Niethammer und kann bestens empfohlen werden. Druck und Ausstattung sind gut. F. Fritz.

3744 **Hochspannungstechnik.** Von Dr. Ing. Arnold Roth. VIII und 534 Seiten mit 437 Abb. im Text und auf drei Tafeln sowie 75 Tabellen. Verlag von J. Springer, Berlin, 1927. Preis: geb. Mk. 31·50.

Außer dem grundlegenden, jedoch seit einer Reihe von Jahren vergriffenen und bisher nicht neu aufgelegten bekannten Lehrbuch von Petersen, war bis zum Erscheinen des vorliegenden Buches keine geschlossene umfaßende deutsche Darstellung der Hochspannungstechnik vorhanden. Das Rothsche Lehrbuch füllt eine bereits sehr merkbar gewesene empfindliche Lücke in der denkbar besten Weise aus. Dabei entspricht nicht nur der Inhalt den neuesten Anschauungen, sondern zugleich ist auch die Darstellung didaktisch gut gelungen und die Anlage des Buches einwandfrei systematisch. Auf ein einleitendes Kapitel über die klassischen Grundlagen des elektrischen Feldes folgen die den festen Isoliermaterialien, dem Öl und der Luft gewidmeten Abschnitte, sowie die über das Zusammenwirken von Luft und Öl mit festen Baustoffen; daran schließt sich die Behandlung elektromagnetischer Schwingungs- und Stoßvorgänge und die praktische Anwendung dieser Probleme im Prüffeld und bei Schalt- und Störungsvorgängen im Betriebe. Im Zusammenhang damit werden dann die Lichtbogenvorgänge und Kurzschlußerscheinungen be-

[1]) O. Bloch: Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik 1917. Verlag Rascher.

[2]) E. u. M. 1928, H. 20, S. 462.

Digitized by Google

sprochen und der Aufbau von Hochspannungsschaltanlagen und deren Elementen in den Grundzügen erläutert. Den Abschluß bildet ein sehr umfangreiches Literaturverzeichnis, mit dessen Hilfe es leicht wird, die für Vertiefung der durch das Buch vermittelten Kenntnisse maßgebenden Arbeiten zu finden.

Das Rothsche Buch ist infolge seiner Anlage und der engen Verquickung von Praxis und Theorie eine sehr weitgehende Einführung in die Hochspannungstechnik allgemein, zugleich aber wegen der zahlreichen Hinweise auf noch ungeklärte oder zu wenig erforschte Erscheinungen ein Wegweiser für weitere Untersuchungen. E. Groß.

Eingelaufene Bücher.

3560 Anleitung für den Gebrauch der AWF-Maschinenkarten (AWF-Schrift 300). 3., erweiterte Auflage. 25 Seiten. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin o. J. (1928). Preis Mk. 1·—.

Die Neuausgabe beschränkt sich auf die Erläuterung der Vordrucke, die verwiegend für die metallverarbeitenden Betriebe in Frage kommen, und zwar für Bearbeitungsmaschinen mit drehender und hin- und hergehender Bewegung, für Elektromotoren und für Fördermittel.

2882 Technisches Hilfsbuch. Herausgegeben von Schuchardt & Schütte A.-G. 526 S. mit 500 Abb. Verlag von J. Springer, Berlin, 1928. Preis geb. Mk. 8·—.

Bei wenig verändertem Umfange gegenüber der sechsten Auflage[1]) weist die Neuauflage besonders in dem Teile Werkstattkunde eine ganze Reihe von Ergänzungen auf, die durch die Fortschritte auf dem Gebiete der Fertigung und der Normung in den letzten Jahren bedingt sind. Durch die überaus sorgfältige Bearbeitung und den großen Umfang der allgemeinen Abschnitte Rechnen, Maßeinheiten und Vergleichswerte sowie Stoffkunde bildet das Hilfsbuch auch für den Ingenieur, der sich nicht gerade mit der Metallbearbeitung befaßt, ein sehr wertvolles Nachschlagewerk. — k.

Industrie-Compaß 1928/29. Compaß-Verlag, Wien 1928. Das neue dreibändige bekannte Nachschlagewerk umfaßt wieder, wie in den früheren Jahrgängen[2]) die Staaten Österreich, Tschechoslovakei, Jugoslavien und Ungarn. Die bewährte Einteilung wurde beibehalten und wenn auch — wie es bei einem solchen Nachschlagewerk wohl fast unvermeidlich ist — fehlerhafte Einschaltungen zu verzeichnen sind, bildet das Werk doch eine wertvolle Hilfe für Industrie und Handel. Der österreichische Band hat — wie in den letzten Jahren — auch im neuen Jahrgang eine Verringerung erfahren, die in der Wirtschaftskrise, in deren Zeichen Österreich nun schon seit Jahren steht, ihre Ursache hat. Das Bezugsquellenverzeichnis der erzeugenden Firmen ist — wie immer — gut durchgearbeitet. Kdl.

Chronik.

Außeninstitut der Technischen Hochschule. Das Außeninstitut veranstaltet im Wintersemester 1928/29 die folgenden technisch-wissenschaftlichen Vorträge und Kurse[3]). I. Energiewirtschaft, 1. Teil: Wärmewirtschaft (gemeinsam mit der Gesellschaft für Wärmewirtschaft veranstaltet). 11 Doppelstunden v. 7. Jänner bis 14. März 1929. Inhalt: Brennstoff- und Feuerungskunde; Wärmebilanzen; Dampfkessel; Wärmewirtschaft bei Dampfmaschinen; Wärmeschutz; Wärmetechnische Messungen; Verbrennungsmotoren; Dampfspeicheranlagen. Vortragende: Generaldir. Ing. F. Brock, o. ö. Prof. W. J. Müller, Dr. Hiller, Ing. K. Joklik, Dr. P. Zwiauer, o. ö. Prof. Dr. Ing. F. Lösel, Prof. Dr. G. Hofbauer, Ing. J. Köstler. — II. Einführung in die Theorie und Praxis des Rostschutzes. 3 Doppelstunden, vom 11. bis 25. Jänner 1929. Vortragende: o. ö. Prof. H. Pawek, Privatdoz. Dr. H. Salvaterra. — III. Schmiermittel, ihre Eigenschaften und die Verwendung in der Praxis, 2 Doppelstunden, 14. und 21. Jänner 1929. Vortragender: Dir. Dr. G. Urban. — IV. Partielle Differentialgleichungen, 5 Doppelstunden, vom 28. Jänner bis 25. Februar 1929. Vortragender: o. ö. Prof. Dr. techn. E. Kruppa. — V. Lichttechnik, 6 Doppelstunden vom 1. Februar bis 8. März 1929. Inhalt: Allgemeines; Leuchttechnik; Leuchtmittel; Lichtmeßtechnik; Projektierung von Beleuchtungsanlagen; Praxis der Beleuchtungstechnik; Straßenbeleuchtung. Vortragende: o. ö. Prof. Dr. J. Teichmüller, Dr. E. Bausenwein, Dir. Dr. R. Hiecke, Dr. techn. J. Ondracek, Oberstadtbaurat Ing. H. Schlögl. — Eintrittskarten sind ab Mitte Dezember bei der Geschäftsstelle, IV., Gußhausstraße 25 (Torwart), beim Ingenieur- und Architektenverein, VI., Eschenbachgasse 9, bei der Gesellschaft für Wärmewirtschaft, III., Lothringerstraße 12 und in der Buchhandlung Minerva, I., Kärntnerstraße 30 erhältlich.

Lehrstuhl für Elektrizitätswirtschaft. Die Montanistische Hochschule in Leoben hat als erste Hochschule in Österreich eine Dozentur für Elektrizitätswirtschaft errichtet und mit der Abhaltung der Vorlesungen Direktor Dipl.-Ing. Ernst Schobert der Städt. Gas- und Elektrizitätswerke Graz betraut. Die Antrittsvorlesung fand am 16. November d. J. statt.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Der elektrotechnische Außenhandel der Tschechoslowakei im Jahre 1927. Nach einem Berichte in „The Electrical Review" vom 28. Sept. ist sowohl die Einfuhr als auch die Ausfuhr im ganzen nicht unbeträchtlich gestiegen. Haupteinfuhrländer sind Deutschland, Österreich, die Schweiz, Schweden und Holland, ausgeführt wurde in erster Linie nach Deutschland, Österreich, Jugoslavien, Rußland, Italien, Polen, Großbritannien, den Ver. Staaten und Rumänien. Die wichtigsten Zahlen (in Mill. č.-sl. Kr.) sind bei der Einfuhr: Maschinen aller Art und Transformatoren 24·2 (gegen 20·9 i. Vj.), davon 12·8 aus Deutschland und 7·4 aus Österreich, verschiedene nicht näher bezeichnete, mit Zollbegünstigung eingeführte Waren 28·1 (13·5), davon 2 aus Österreich, Anlasser und Lichtmaschinen für Motorwagen 11·7 (12·4), vorwiegend aus Deutschland und der Schweiz, Telephonapparate 32·7 (25), davon 24·5 aus Österreich, Rundfunkapparate 31·6 (39·9), aus Deutschland, Österreich (3) und Holland in erster Linie, Meßgeräte und Zähler 15·9 (14·3) aus Deutschland, Österreich (1·4) und der Schweiz, Glühlampen (auf Grund von Sonderverträgen) 22 (15) aus Holland, Österreich (3·7) Deutschland und Ungarn, Apparate für Motorfahrzeuge (offenbar Magnete, Zündkerzen und dergleichen) 11·6 (11·7) aus Deutschland und der Schweiz und schließlich andere nicht genannte elektrische Apparate und Waren 51·7 (24·3), aus Deutschland, Österreich (3·3), den Ver. Staaten, Frankreich, Belgien und England. Bei der Ausfuhr sind zu erwähnen: Maschinen und Transformatoren 15·1 (12·5), und zwar nach Deutschland, Österreich (3), Jugoslavien, Rußland und Italien, Glühlampen 25·4 (13·5) nach Übersee, Deutschland, den Ver. Staaten und Großbritannien, verschiedene Apparate 9·1 (5·8) nach Österreich (1·1), Deutschland und England und endlich Drähte und Kabel 11·7 (5·8) nach Polen, Rumänien, Jugoslavien, England und Deutschland.

Hamburgische Elektrizitäts-Werke A.-G. (Aus dem Bericht über das 34. Geschäftsjahr 1927—28.) Die Stromabgabe stieg auf 308 Mill. kWh (250 Mill. im Jahre 1926/27 und 220 Mill. im Jahre 1925/26); davon entfallen

[1]) Vgl. E. u. M. 1923, Anz. S. 55.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 919.

[3]) Ausführliche Vortragsverzeichnisse werden einem späteren Heft beigelegt werden.

Digitized by Google

wie in den früheren Jahren rund $^2/_3$ auf Großverbraucher, der Rest auf Kleinabnehmer (Beleuchtung und Kraft) und auf Straßenbahnen. Ferner stiegen der Anschlußwert auf 473 396 kW (414 990, bzw. 370 691). Von den durch den gesteigerten Stromabsatz bedingten Erweiterungen der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen sind zu erwähnen: Der Auftrag auf zwei Turbosätze von je 34 000 kW für das Kraftwerk Neuhof, das damit einschließlich des 15 000-PS-Dieselsatzes[1]) über 130 500 kW Maschinenleistung verfügen wird. Die Leistung der Umspannwerke erhöhte sich um 46 000 kVA, die der Unterwerke um 4200 kW. Am Schlusse des Berichtsjahres (30. Juni 1928) war die gesamte eingebaute Maschinenleistung der Kraftwerke 162 930 kW, die Transformatorenleistung der Umspannwerke 187 200 kVA, die Leistung der Drehstrom-Gleichstromumformer in den Unterwerken und Kraftwerken 87 324 kW, die Leistung der Wandlerstellen 25 838 kVA und die Leistung der Akkumulatorenbatterien 15 945 kW. Das Kabelnetz umfaßte 2609 km und das Freileitungsnetz 640 km.

Auf das Aktienkapital von 66 Mill. Mark, das noch im Berichtsjahre auf 88 Mill. erhöht wurde, werden 10 vH Gewinnanteil aus dem Reingewinn von 13·2 Mill. Mark verteilt. In der Bilanz sind die Anlagen mit 155 Mill. Mk. bewertet, an noch nicht getilgten Anleihen werden 40 Mill. Mk. ausgewiesen. —k.

Bank für elektrische Unternehmungen in Zürich. (Aus dem Bericht über das 33. Geschäftsjahr vom 1. Juli 1927 bis 30. Juni 1928.)

Von den Ländern, in welchen eine besonders rege Tätigkeit auf dem Gebiete der Elektrotechnik entwickelt wird und die zum Interessengebiete des Unternehmens gehören, sind in erster Linie Frankreich und Spanien zu nennen, wo unter dem Schutze staatlicher Förderungsmaßnahmen ein großzügiges Elektrifizierungsprogramm durchgeführt wird. Ebenso ist der Ausbau der italienischen Wasserkraftanlagen in hohem Maße den sehr praktischen und weitsichtigen staatlichen Subventionen und Unterstützungen zu verdanken. Aber auch in anderen Ländern mit bereits hohen Verbrauchsziffern je Kopf der Bevölkerung, wie der Schweiz und Deutschland, geht die Entwicklung noch immer rüstig weiter. Doch macht sich in diesen Ländern leider eine zunehmende Tendenz bemerkbar die Elektrizitätsversorgung ganz oder teilweise unter staatlichen Einfluß zu bringen. Zu den von der Bank kontrollierten Unternehmungen gehören Elektrizitätswerke in Deutschland (u. a. die Lechwerke); in der Schweiz (Kraftwerk Laufenburg, 340 Mill. kWh Jahreserzeugung, die Zentralschweizerischen Kraftwerke, 106 Mill. kWh und die Kraftwerke Rheinfelden), Italien (Società Adriatica di Elettricità Venedig, 615 Mill. kWh), Spanien, Südamerika (Compania Hispano Americana de Electricidad-Chade mit Kraftwerken von 261 000 kW und 499 Mill. kWh Jahreserzeugung), Österreich (Oweag, Tiwag, El.- u. Straßenbahnges. Linz, Stern & Hafferl) und Frankreich (Electricité de Strasbourg mit 77 800 kW und 107 Mill. kWh, Forces Motrices du Haut-Rhin mit 207 Mill. kWh u. a.), ferner eine elektrochemische Fabrik, zwei Transportunternehmungen sowie Finanzierungsgesellschaften in der Schweiz (Watt in Glarus), Frankreich, Italien, Deutschland (El.-Lief.-Ges. und E. A. G. vorm. Lahmeyer & Co.) und Belgien. Alle diese Gesellschaften haben mit Erfolg gearbeitet und zum überwiegenden Teile für 1927 bzw. 1927/28 Gewinnanteile von 6 bis 14 vH ausgeschüttet. Erwähnenswert sind die neu gegründeten Finanzierungsgesellschaften, u. zw. Elektrotrust Ltd., London, Société Générale D'Exploitations Electriques de Lodz et Extensions in Brüssel und die Elektroanlagen A.-G. Basel, welch letztere besonders Interessen in Rußland vertreten soll. Die Bilanz der Bank für elektrische Unternehmungen per 30. Juni 1928 weist in Mill. Schweizer Fr. aus: Aktienkapital A nach der Erhöhung im Berichtsjahre 70·5, A.-Kapital B 4·5 Mill. Fr., Reservefonds zusammen 13·6. Aktien und Stammanteile anderer Unternehmungen 40·4 (weit unter dem Nennwerte der Beteiligungen eingesetzt), Kontokorrentvorschüsse an verschiedene Unternehmungen 19·9, Syndikatsbeteiligungen 10·8, diverse Effekten 12·5 und schließlich Bankguthaben 21·3. Der Ertrag der statutengemäßen Anlagen (Aktien, Kontokorrentvorschüsse und Syndikatsbeteiligungen) mit zusammen 71·1 Mill. war 9·5 Mill., jener der diversen Effekten 663 078 Fr. und jener der Bankguthaben 531 000 Fr. Aus dem Reingewinn von 9·66 Mill. Fr. einschließlich Gewinnvortrag vom Vorjahre werden 10 vH Gewinnanteil verteilt und 1·4 Mill. dem Reservefonds zugewiesen.

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567.

Berichtigung.

XXI. Internationaler Kongreß des internationalen Verbandes der Straßenbahnen, Lokalbahnen und öffentlichen Kraftfahrunternehmungen. E. u. M. 1928, Heft 48, S. 1120. Berichtigend wird mitgeteilt, daß Herr Min.-R. Ing. E. Kaan als Vertreter der Bundesregierung an dem Kongreß teilgenommen hat. D. S.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	26. XI. 1928	28. XI. 1928	29 XI. 1928
Elektrolytkupfer (wirebares), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdamm	151½	151½	151½

Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin. 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz oder Drahtbarren 99 vH-	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	351
Antimon-Regulus	84–87	84–87	84–87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 30. November 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	68	12	6	68	13	9
Standard 3 Monate .	69	1	3	69	2	6
Zinn:						
Engl. Ingots	238	15	0	239	5	0
Standard Kassa . .	239	17	6	240	0	0
Standard 3 Monate .	238	5	0	238	10	0
Blei:						
Engl. pig common .	23	0	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	7	6	26	12	6
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	26	17	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 14 sh 15, Pf. 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Großhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12 — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 16. Dezember 1928 | Heft 51

Arbeitsdiagramm der Asynchronmaschine[1]).

Von Dr. E. **Grünwald**, Prag.

Über das Kreisdiagramm der Asynchronmaschine — besonders der Asynchronmaschine ohne Eisen — ist schon sehr viel geschrieben worden[2]). Dieser Umstand zeigt aber gerade deutlich, daß eine endgültige, befriedigende Lösung dieser Aufgabe bisher nicht gefunden wurde. Und tatsächlich bestehen noch Unklarheiten auf diesem Gebiete, und es mangelt beim Resultat oft an Einfachheit.

Die bisherigen Betrachtungen erwecken den Anschein, als ob es zwei dem Wesen nach verschiedene Behandlungsweisen bei der Darstellung des Arbeitens elektrischer Maschinen gäbe, nämlich die eine — meist von den Theoretikern benutzt —, die mit totalen Reaktanzen arbeitet, und die andere — meist von den Praktikern benutzt —, die für gemeinsame Kraftröhren die Amperewindungen zusammensetzt; eine Versinnlichung der totalen Streureaktanz X_t ist nicht gegeben, was wohl mit als Grund für die Fehler anzusehen ist, die bei der Angabe der Größe der Leerlaufkomponente des Primärstromes — das heißt bei der Angabe der Reduktionsfaktoren — in der Literatur unterliefen. Ebenso vermißt man in den Diagrammen die eigentlichen Diagrammvektoren und Flüsse mit Maßstabangabe: so zum Beispiel die Auffindung des Netzspannungsvektors E und damit die genaue Bestimmung des Voltmaßstabes, sowie die Bestimmung von X_t; weiter fehlen die R_1-Vektoren (R_1 = Ohmscher Widerstand der Primärphase), die die Auffindung des Punktes unendlicher Drehzahl A auch im ganz allgemeinen Falle einfach gestaltet; wir vermissen ferner die Auffindung des R_x-Vektors (R_x = variabler Sekundärwiderstand des ruhend gedachten Sekundärteils), mit dessen Hilfe wir den Sekundärwiderstand ermitteln können, den die Leerlauf- und Kurzschlußmessung in das Diagramm eingeführt haben. Schließlich lassen sich, wie im folgenden gezeigt wird, Moment und Leistung (wie auch Schlüpfung) einheitlich (für Moment und Leistung), genau und dabei sehr einfach darstellen. Von Interesse ist vielleicht auch die Erwähnung, daß sich die Bezugslinien für Moment, Leistung, primäre Kupferverluste u. a. als Ellipsen ergeben.

Im folgenden sollen deshalb einige Resultate der Arbeit des Verfassers über „Gründbetrachtungen an Vektordiagrammen" in ihrer Anwendung auf das Arbeitsdiagramm der Asynchronmaschine ohne Ableitung in Form eines Rezeptes für den praktischen Gebrauch gegeben werden und zwar für den ganz allgemeinen Fall der Asynchronmaschine mit Berücksichtigung der Eisenverluste, getrennt für Nutzfelder und Streufelder. Die Methode, die bei der Arbeit benützt wurde, ist fast rein graphisch. Sie erfordert keine vorherige Kenntnis von Resultaten und führt fast ohne Rechnung mit ganz einfachen Mitteln zum Ziele, im Gegensatz zu den meist angewandten analytischen Methoden, die zwar die graphischen Methoden beweisen, aber wohl schwer entwickeln können. Dabei steht der Weg zur Bildung analytischer Ausdrücke immer offen.

Den ersten Schritt bei der Betrachtung der Asynchronmaschine bildet der Übergang vom rotierenden zu einem ruhend gedachten Sekundärteil, die Frequenzreduktion. Sie erfolgt einfach durch Multiplikation der tatsächlichen sekundären Spannungsgrößen mit dem Faktor f/f_s (f = Netzperiodenzahl, f_s = Schlupfperiodenzahl). Doch muß man bei der Aufstellung des Ausdruckes für die sich ergebende variable Sekundärlast des ruhend gedachten Sekundärteiles acht geben, daß die Deckung der Rotorverluste tatsächlich vom Rotor aus erfolgt. Die meist von den Theoretikern gewählte Behandlungsweise arbeitet mit folgenden Größen:

Reaktanzen pro Phase:

Im Primärteil:
X_{s1} = Streureaktanz,
X_{11} = Nutz-Reaktanz (hervorgerufen durch die primären Ampere-Windungen, abzüglich der primären Streufelder.)

Im Sekundärteil:
X_{s2} und X_{12} analog.
X_{12} = gegenseitige Induktion. } (1).

[1]) Die Arbeit ist Ende 1927 am elektrotechnischen Institut der Deutschen Technischen Hochschule in Prag entstanden, angeregt durch den Institutsvorstand Herrn Prof. Dr. Friedrich Niethammer.

[2]) Vgl. zum Beispiel E. u. M. 1922, S. 1 ff.; 1926, S. 453; 1928, H. 9, S. 189.

Digitized by Google

Da nun die Koeffizienten im Ausdruck für die induzierte Spannung und für die Bildung der Amperewindungen bei der gleichen Wicklung sich nur durch eine von den Motordaten unabhängige konstante Zahl unterscheiden, so gilt:

$$\frac{X_{11}}{X_{12}} = \frac{X_{21}}{X_{22}} \text{ oder } X_{11} \cdot X_{22} = X_{12}^2 \quad . \quad (2).$$

Widerstände pro Phase:

R_1 = primärer Widerstand; R_x = sekundärer variabler Widerstand des ruhend gedachten Sekundärteiles.

Die meist von den Praktikern benützte Behandlungsweise arbeitet mit — auf gleiche Windungszahl und Wicklungsanordnung — reduzierten Sekundärgrößen; der jeweilige Reduktionsfaktor wird dabei bei den Sekundärgrößen nicht geschrieben, sondern durch einen Strich rechts oben angedeutet (zum Beispiel I_2', R_x', . . .). Die Reduktionsfaktoren sind im folgenden zu sehen

$$\left.\begin{aligned}
&\text{reduz. Sekundärspannung} = \\
&\quad = \text{Sek.-Spannung} \cdot \frac{X_{11}}{X_{12}} = \\
&\qquad = \text{Sek.-Spannung}' \\
&\text{reduz. Sekundärleistung} = \\
&\quad = \text{Sek.-Leistung} \cdot 1 = \\
&\qquad = \text{Sek.-Leistung}' \\
&\text{reduz. Sekundärstrom} = \\
&\quad = \text{Sek.-Strom} \cdot \frac{X_{12}}{X_{11}} = \\
&\qquad = \text{Sek.-Strom}' \\
&\text{reduz. Sek.-}\left\{\begin{matrix}\text{Widerstand oder}\\ \text{Reaktanz}\end{matrix}\right\} = \\
&\quad = \text{Sek.-Widerstand} \cdot \frac{X_{11}^2}{X_{12}^2} = \\
&= \text{Sek.-Widerstand} \cdot \frac{X_{11}}{X_{22}} = \text{Sek.-Widerstand}'
\end{aligned}\right\} \quad (3).$$

folge des Verzögerungswinkels δ eine Verlustkomponente — in Richtung von I — von der Größe $I \cdot X \cdot \sin \delta$.

Der Verlust ist

$$I^2 \cdot X \cdot \sin \delta = (I \cdot X)^2 \cdot \frac{\sin \delta}{X} \quad . \quad . \quad . \quad (4);$$

Der Verlust ist also proportional dem Quadrate der Reaktanzspannung oder dem Quadrate der Induktion, demnach für die Berücksichtigung von Eisenverlusten am Platze.

Der Nacheilwinkel beim Nutzfluß heiße ν, der beim Streufluß μ. Die Theoretiker geben den Nacheilwinkel den entsprechenden Reaktanzspannungen gegenüber dem Strome; die Praktiker geben ihn weiters auch der nutzflußerzeugenden Leerlaufkomponente gegenüber dem Nutzfluß.

Theoretiker und Praktiker kommen trotz dieser scheinbar so verschiedenen Wege, die sich aber bei der graphischen Darstellung als sich deckend erweisen, natürlich zu identischen Resultaten. Wenn auch manchmal die äußere Form sehr verschieden ist, so ist doch immer die Überführung der einen Form in die andere mit Hilfe der Gleichungen (3) möglich. Die totale Streureaktanz X_t oder die bezogene τ kommt sowohl bei den Theoretikern als auch bei den Praktikern vor. Man sieht aber im zweiten Falle deutlich, daß X_t die primäre Reaktanz eines Ersatztransformators ist, der im Sekundärteil nur Ohmschen Widerstand und keine Streuung hat, aber doch die gleichen Werte wie der tatsächlich vorhandene Motor liefert: für Primärstrom I_1, primären Phasenwinkel φ_1, Sekundärstrom I_2 (nicht I_2'!), Leistung, Moment, primäre und sekundäre Kupferverluste, nicht aber Eisenverluste, sobald diese in der Form I_0^2-Konstante (I_0 = Leerlaufkomponente des Primärstromes) dargestellt sind. Man muß sich also bei der An-

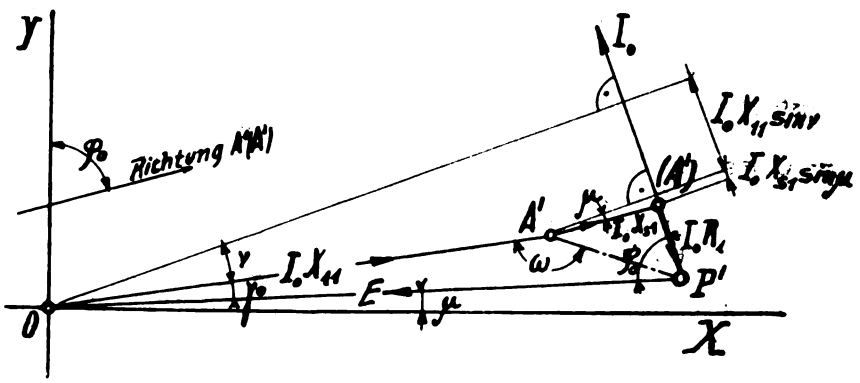


Abb. 1. Leerlaufvektorenbild.

Die Praktiker verwenden demnach die Größen:

$$X_{s1},\ X_{11};\ X_{s2}',\ (X_{22}' = X_{11});\ R_1,\ R_x'$$

(X_{12} ist schon in den Reduktionsfaktoren enthalten).

Die Eisenverluste werden durch Einführung von Verzögerungswinkeln δ berücksichtigt. Die Reaktanzspannung $I \cdot X$ steht nicht zeitlich senkrecht auf I (I = Strom), sondern hat in-

gabe der Reduktionen vom Primär- auf den Sekundärteil und bei der Betrachtung der Eisenverluste vom Ersatztransformator loslösen, da er zu Fehlern verleiten kann.

Nun kann das Rezept für den Gebrauch folgen: Grundlegend sind wieder der Leerlaufversuch, oder besser gesagt alle Versuche, die sich mit der Ermittlung des Leer-

Digitized by Google

lauf-Vektorbildes (Abb. 1) befassen, und dann der Kurzschlußversuch. Im Leerlaufe (Abb. 1) wird der Netzspannung $E = OP'$ (Phasenspannung) das Gleichgewicht gehalten: durch den Ohmschen Abfall $I_0 R_1 = (A')P'$, durch den Streuabfall $I_0 X_{s1} = A'(A')$ mit der Verlustkomponente I_0. $X_{s1} \sin\mu$ und dem Verlust $I_0^2 X_{s1} \sin\mu$ und schließlich durch den Abfall des Nutzfeldes $I_0 X_{11} = OA'$ mit der Verlustkomponente $I_0 X_{11} \sin\nu$ und dem Verlust $I_0^2 X_{11} \sin\nu$. Es schließen also $I_0 X_{s1}$ und $I_0 X_{11}$ mit dem Lote auf I_0 die Winkel μ bezw. ν ein. Der Winkel zwischen I_0 und E ist φ_0, und will man diesen Winkel auch zwischen der Richtung von $I_0 X_{s1} = A'(A')$ und der Y-Achse haben, so muß man $E = OP'$ unter dem Winkel μ gegen die X-Achse neigen. Ferner sind für das folgende die Bezeichnungen wichtig:

γ_0 = Winkel zwischen E und $I_0 X_{11}$
ω = Winkel zwischen $I_0 X_{11}$ und $A'P'$
v = das Verhältnis $\frac{A'P'}{A'O}$ } (5).
$OA'P'$ soll das Leerlaufdreieck heißen.

Wir wählen zunächst einen Strommaßstab i in A/mm; dann ist der Watt- oder Volt-Amperemaßstab beim Drehstrommotor mit der Phasenspannung E:

$$W = 3.E \text{ (in V)} .i \text{ (in A/mm) in VA/mm} \quad (6)$$

Aus den Strömen und Leistungen des Leerlaufes und Kurzschlusses können mit Hilfe der angeführten Maßstäbe in Abb. 2 der Leerlaufpunkt A_0 und der Kurzschlußpunkt A_K im Koordinatensystem XOY gezeichnet werden. Den Mittelpunkt M des Stromkreises K_1 finden wir als Schnittpunkt der Streckensymmetrale von $A_0 A_K$ mit einem Strahl durch den Punkt A_0, der mit der X-Achse den Winkel $2\gamma_0$ einschließt. Der Stromkreis K_1 kann nun gezeichnet werden. Der Vollständigkeit halber seien noch die Koordinaten des Kreismittelpunktes M nämlich ξ und η sowie der Radius ϱ analytisch ausgedrückt:

$$\xi = \frac{E}{2} \cdot \frac{2(X_{s2}\cos\mu + X_{12}\cos\nu)(X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu) - X_{12}^2 \cos 2\nu}{N} \text{ bzw.}$$

$$= \frac{E}{2} \cdot \frac{2(X_{s2}'\cos\mu + X_{11}\cos\nu)(X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu) - X_{11}^2\cos 2\nu}{N'}$$

$$\eta = \frac{E}{2} \cdot \frac{2(X_{s2}\cos\mu + X_{12}\cos\nu)(X_{s1}\sin\mu + X_{11}\sin\nu + R_1) - X_{12}^2 \sin 2\nu}{N} = \ldots$$

$$\varrho = \frac{E}{2} \cdot \frac{X_{12}^2}{N} = \frac{E}{2}\frac{X_{11}^2}{N'}, \text{ wenn} \quad (7).$$

$$N = (X_{s2}\cos\mu + X_{12}\cos\nu)[(X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu)^2 + (X_{s1}\sin\mu + X_{11}\sin\nu + R_1)^2] -$$
$$- X_{12}^2[\cos 2\nu (X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu) + \sin 2\nu (X_{s1}\sin\mu + X_{11}\sin\nu + R_1)]$$

bzw. $N' = (X_{s2}'\cos\mu + X_{11}\cos\nu)[(X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu)^2 + (X_{s1}\sin\mu + X_{11}\sin\nu + R_1)^2] -$
$- X_{11}^2[\cos 2\nu (X_{s1}\cos\mu + X_{11}\cos\nu) + \sin 2\nu (X_{s1}\sin\mu + X_{11}\sin\nu + R_1)]$

Diese Ausdrücke benötigen wir aber nicht bei der graphischen Darstellung.

Es soll nun zur Ermittlung des Kreises K_0 übergegangen werden, der vom Endpunkt der Leerlaufkomponente des Primärstromes Oa, nämlich vom Punkte a beschrieben wird. Zu diesem Zwecke zeichnen wir zunächst den der Y-Achse nächstgelegenen Punkt F des Stromkreises K_1 mit der gleichen Ordinate wie der Kreismittelpunkt M (MF parallel OX, so daß der Winkel $A_0 MF = 2\gamma_0$ wird). Der kleine Kreis K_0 muß nun durch die Punkte A_0 und F gehen, sein Mittelpunkt m liegt also auf der Symmetralen von $A_0 F$, nämlich $m M_F M$, die unter dem Winkel γ_0 gegen die X-Achse geneigt ist. Der Kreismittelpunkt m selbst ist dann aus der Bedingung zu finden:

$\triangle MA_0 m$ oder auch $\triangle MFm$ ist ähnlich dem Leerlaufdreieck $OA'P'$ (Abb. 1).

Der analytische Ausdruck für die Koordinaten des Kreismittelpunktes m, nämlich ξ' und η' und den Kreisradius ϱ' des K_0-Kreises lautet:

$$\xi' = \xi - \varrho(1 + v.C), \quad \eta' = \eta - \varrho.v.S, \quad \varrho' = \varrho.v.$$

Dabei ist v aus Gl. (5) bekannt und

$$C = \frac{\cos\nu}{\cos\mu} \text{ und } S = \sin\nu\left(1 - \frac{\operatorname{tg}\mu}{\operatorname{tg}\nu}\right) \quad (8).$$

Für einen beliebigen Punkt A des Stromkreises (in Abb. 2 für $A = A_K$ gezeichnet) finden wir den zugehörigen — mit der Lage des Punktes A variablen — Punkt a am K_0-Kreise mit Hilfe des Strahles AFa. Wir sehen so:

$OA = I_1$ im Strommaßstabe i
$Oa = I_0$ im Strommaßstabe i } (9).
$aA = I_2'$ im Strommaßstabe i

Nun schreiten wir an die Ermittlung der Diagrammvektoren und zunächst des Netzspannungs-Vektors E im Voltmaßstabe $= OP = E\frac{X_{s1}}{X_t}$:

Der Winkel $XOP = \mu$

und damit kennen wir den Strahl durch O, auf welchem P liegt. Wir zeichnen darauf den Kreispunkt $\bar{F}$ mit Hilfe der Angabe:

Winkel $MF\bar{F} = \mu$;

weiter wissen wir, daß die Gerade $\bar{F}P$ gegen OF ebenso liegt[3]) wie in Abb. 1 die Gerade $(A')P' = I_0 R_1$ gegen $A'(A') = I_0 X_{s1}$.

[3]) Der von beiden Geraden eingeschlossene Winkel ist $90^0 + \mu$.

Digitized by Google

Wir haben nun den Punkt P gefunden und damit den Spannungsmaßstab:

$$e = \frac{E \text{ in V}}{OP \text{ in mm}}.$$

Da $OA = I_1 X_t \cdot \frac{X_{s1}}{X_t}$ im Strommaßstabe i gleich ist I_1 (Primärstrom), im Spannungsmaßstabe e aber gleich $I_1 X_t$, so gilt:

$$X_t = \frac{e \text{ (in V/mm)}}{i \text{ (in A/mm)}} \text{ in V/A} \quad (10)$$

X_t, welches wir schon als primäre Reaktanz eines Ersatztransformators ohne Streufelder im Sekundärteil kennen gelernt haben, ist gegeben durch den Ausdruck:

$$X_t = X_{s1} + X_{s2}' \cdot \frac{X_{11} \cdot C}{X_{11} C + X_{s2}'} = \quad [C \text{ ist aus Gl. (8) bekannt}]$$

$$= X_t = (X_{11} \cdot C + X_{s1}) \left(1 - \frac{X_{12}^2 \cdot C^2}{(X_{11} \cdot C + X_{s1})(X_{11} C + X_{s2})}\right) \quad (11).$$

Die erste Form ist die Form der Praktiker, die zweite die der Theoretiker. Von Identität kann man sich mit Hilfe der Gleichungen (3) überzeugen. Interessant ist vielleicht der Spezialfall $\mu = \nu = 0$; dort ist:

$$X_t = X_{s1} + X_{s2}' \cdot \frac{X_{11}}{X_{11} + X_{s2}'} \equiv X_t =$$

$$= X_1 \left(1 - \frac{X_{12}^2}{X_1 X_2}\right) = X_1 \left(1 - \frac{M^2}{L_1 L_2}\right) = X_1 \tau.$$

(Worin: $X_1 = X_{s1} + X_{11}$, $X_2 = X_{s2} + X_{22}$, $M = \frac{X_{12}}{\omega}$, $L_1 = \frac{X_1}{\omega}$, $L_2 = \frac{X_2}{\omega}$, ω = Kreisfrequenz.)

Es sind noch alle R-Kreise zu zeichnen.

Wir beginnen mit dem R_0-Kreis. Zunächst suchen wir den Punkt $\bar{A}^0$ auf. Er liegt auf der

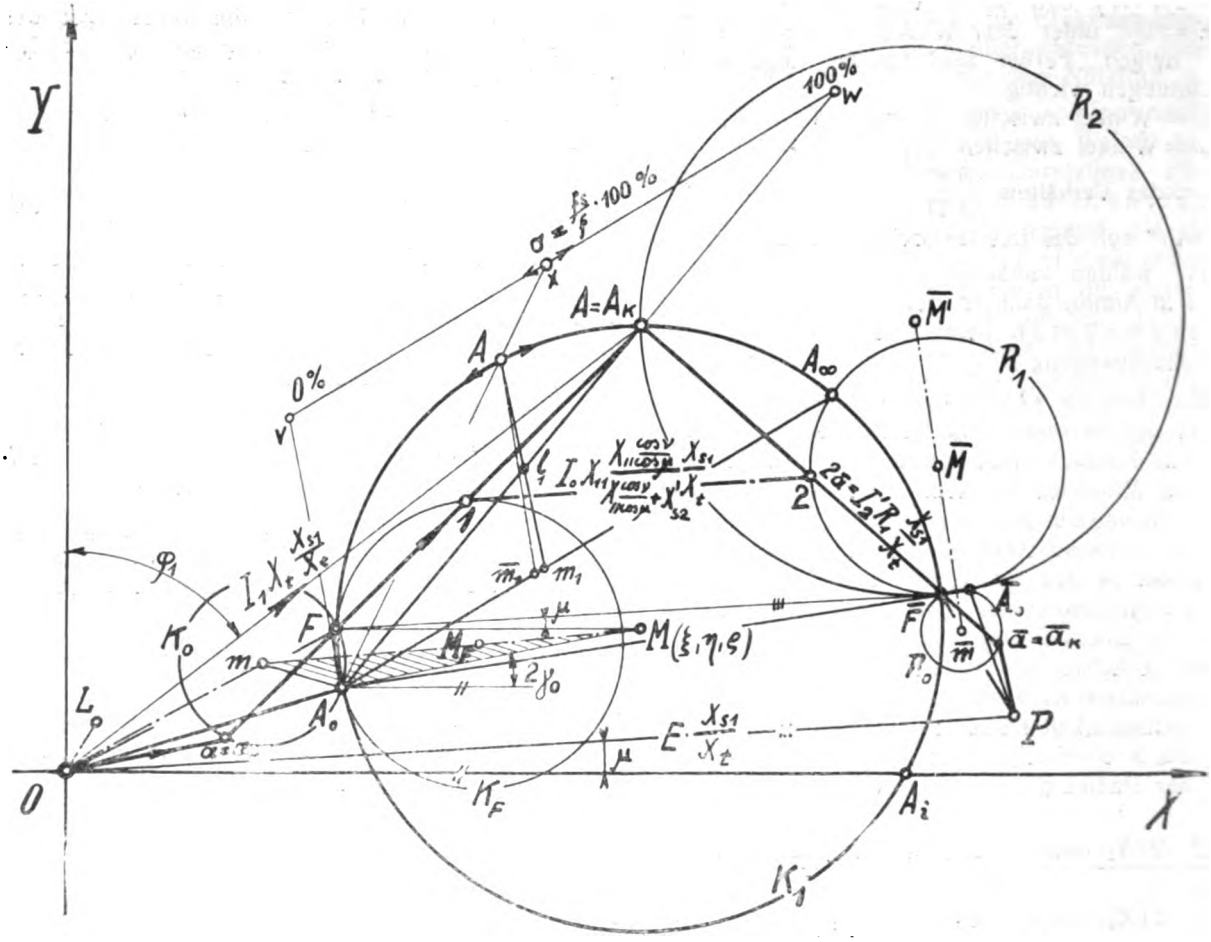


Abb. 2. Arbeitsdiagramm der Asynchronmaschine (mit den Nacheilwinkeln μ und ν).

Geraden $A_0 \bar{F}$ und weiters ist wieder $P\bar{A}_0$ gegen OA_0 so geneigt, wie in Abb. 1 $I_0 R_i = (A')P'$ gegen $I_0 X_{s1} = A'(A')$ geneigt ist. Die Zentrale aller R-Kreise $\bar{m}\bar{M}\bar{M}'$ ist die Streckensymmetrale von $\bar{F}\bar{A}_0$, sie steht also senkrecht zu der Geraden $A_0 \bar{F} \bar{A}_0$. Um den Mittelpunkt $\bar{m}$ des R_0-Kreises zu finden, bestimme man den zugehörigen Kreisradius aus der Gleichung:

$$\text{Radius des } R_0\text{-Kreises} =$$

$$= \text{Radius des } K_0\text{-Kreises}\,(\varrho') \cdot \frac{P\bar{F}}{OF} \left(\text{oder} \cdot \frac{P\bar{A}_0}{OA_0}\right).$$

Mit Hilfe der R_0-Kreiszentralen, des Radius und des Umstandes, daß alle R-Kreise durch die Punkte $\bar{F}\ \bar{A}_0$ gehen, ist der R_0-Kreis gefunden.

Digitized by Google

Zur Auffindung des R_1-Kreises, der zur Bestimmung des Punktes unendlicher Drehzahl A_∞ führt, fehlt noch die Angabe eines Kreispunktes, z. B. des Punktes 2. Er liegt auf der Geraden $A2\,\bar{F}\,\bar{a}$ (oder wie in Abb. 2 gezeichnet $A_k\,2\,\bar{F}\,\bar{a}_k$) und die Länge der Strecke $\bar{a}\,2$ finden wir aus:

$$\bar{a}\,2 = a\,A\,\frac{R_1}{X_t}\left(\text{Abb. } 2: \bar{a}_k 2 = a_k A_k \frac{R_1}{X_t}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Mit Auffindung des R_1-Kreises ist aber auch der Punkt A_∞ ermittelt, als — neben F — noch auftretender zweiter Schnittpunkt von K_1 und R.

Zur Bestimmung des R_2-Kreises fehlt nichts mehr, denn wir kennen ja den Punkt A_k, durch den der R_2-Kreis gehen muß. Wir haben nun so für einen beliebigen Punkt A (in Abb. 2 im Spezialfall $A = A_k$ gezeichnet) die Diagrammvektoren gefunden:

$$\left.\begin{aligned}
&OP = E\,\frac{X_{s1}}{X_t} = E \text{ im Maßstabe } e\\
&\left\{\begin{aligned}
&Oa = I_0 X_t \,.\, \frac{X_{s1}}{X_t} = I_0 X_t \text{ im Maßstabe } e\\
&aA = I_2' X_t \,.\, \frac{X_{s1}}{X_t} = I_2' X_t \text{ im Maßstabe } e\\
&OA = I_1 X_t \,.\, \frac{X_{s1}}{X_t} = I_1 X_t \text{ im Maßstabe } e
\end{aligned}\right.\\
&A2 = I_2' R_x' \,\frac{X_{11}C}{X_{11}C + X_{s'2}} \,.\, \frac{X_{s1}}{X_t} = I_2' R'_x \text{ im Maßstabe } e \,.\, \frac{X_{11}C + X_{s'2}}{X_{11}\,.\,C}\\
&\bar{2a} = I_2' R_1 \,\frac{X_{s1}}{X_t} = I_2' R'_1 \text{ im Maßstabe } e\\
&\bar{a}P = I_0 R_1 \,.\, z \,.\, \frac{X_{s1}}{X_t} = I_0 R_1 \text{ im Maßstabe } e\,\frac{1}{z};\\
&\text{dabei ist } z = R_1 + X_{s'2}\,\frac{X_{11}S}{X_{11}C + X_{s'2}}
\end{aligned}\right\} (13).$$

(C u. S sind aus Gleichung [8] bekannt).

R_x ist der variable Ohmsche reduzierte Sekundärwiderstand des ruhend gedachten Sekundärteiles und ergibt sich, wenn man berücksichtigt, daß die Rotorverluste vom Rotor ausgedeckt werden, mit

$$\left.\begin{aligned}
R'_x = \frac{f}{f_s}\Big(&R_2' + \frac{R_2'^2}{X_{11}}\sin\nu + \frac{X_{s'2}^2}{X_{11}}\,.\,\sin\nu +\\
&+ 2\,\frac{R_2' X_{s1}\sin\mu}{X_{11}}\sin\nu\Big) = \frac{f}{f_s}\,.\,R_{II}
\end{aligned}\right| (14).$$

Im Kurzschlußfalle A = A_k, (Abb. 2) ist $f_s = f$ und wir können aus der Länge der Strecke $2\,A_k$ die Werte von R_{II} und R_2 finden[4]).

[4]) Es sei erwähnt, daß bei der Berücksichtigung der Rotoreisenverluste eine Vernachlässigung gemacht wurde, die aber bloß zwecks Vereinfachung der Konstruktion zugelassen wurde. Es wurde zwar berücksichtigt, daß die Rotoreisenverluste vom Rotor aus gedeckt werden und dem Quadrate der Induktion proportional sind, aber die eingeführte Abhängigkeit der Rotoreisenverluste von der Rotorfrequenz wurde wieder fallen gelassen. Dadurch wurden die Bezugslinien für Leistung, Moment und Verluste zu Ellipsen, während die Bezugslinien bei Berücksichtigung der genannten Frequenzabhängigkeit — deren Ermittlung durch Auflösen kubischer Gleichungen punktweise möglich ist — in den Punkten unendlicher Drehzahl unendlich große Ordinaten aufweisen und die Form von kubischen Ellipsen annehmen, die zunächst bei kleinem Schlupf sehr nahe neben unseren Ellipsen verlaufen und sich mit wachsendem Schlupf immer mehr von den Ellipsen entfernen (sich anschmiegend an die durch A_∞ gelegte Parallele zur Y-Achse), bis die Entfernung beim Punkte unendlicher Drehzahl unendlich groß wird. Führen wir die Eisenverluste (was allerdings dem Wesen der Verluste widerspricht) nicht als abhängig von $(f:f_s)^2$ sondern von $(f:f_s)$ein, so bleibt ein restliches, mechanisch aufzubringendes Moment übrig, so daß die Leistungslinie trotzdem bei unendlicher Drehzahl ins Unendliche geht. Die vom Netz gedeckte Leistung bleibt in diesem Falle endlich, aber die nötige mechanisch aufzubringende Leistung wird unendlich groß. Auch die übliche so einfache Konstruktion der Schlüpfung müßte bei Berücksichtigung dieser Frequenzabhängigkeit fallen. Doch sind die Unterschiede nicht so groß, wie man zunächst zu denken geneigt ist, denn die Gebiete nennenswerter Abweichung, das heißt die Gebiete in der Nähe unendlicher Drehzahl, interessieren uns nur insofern, als wir A_∞ als Konstruktionspunkt brauchen.

Für die Darstellung des den Primär- mit dem Sekundärteil verkettenden Flusses müssen wir noch einen Kreis K_F zeichnen, der dem Kreisbüschel $K_0\,K_1\,K_F$ mit den Grundpunkten A_0 und F angehört und durch den mit A variablen Punkt 1 geht: der Punkt 1 ist bestimmt durch:

$$\frac{a\,1}{1\,A} = \frac{\bar{a}\,2}{2\,A} = \frac{X_{s1}}{X_{s'}\,.\,\dfrac{X_{11}C}{X_{11}C + X_{s'2}}}$$

Die Strecke $12 = I_0 X_{11}\,\dfrac{X_{11}C}{X_{11}C + X_{s'2}}$ stellt uns den gesuchten Fluss dar im Maßstabe:

$$\frac{\text{Leerlauffluß in Gauss.}}{A_0\bar{A}_0 \text{ in mm}}$$

Man sieht in Abb. 2 deutlich, daß das Lot auf I_0 oder $I_0 R_1$ mit dem Fluß 12 den Nacheilwinkel ν einschließt.

Es fehlt nur noch die Ermittlung von Moment, Nutzleistung und Schlüpfung: Wollen wir Moment und Leistung im gleichen Maßstabe darstellen, so müssen wir vom beliebigen Punkt A (Abb. 2) ein Lot auf den durch den Punkt A_0 gehenden Stromkreis-Durchmesser A_0M fällen. Als Schnittpunkt dieses Lotes mit den Stromkreis-Sehnen $A_0\,A_k$ und $A_0\,A_\infty$ erhalten wir die Punkte l_1 und m_1. Wir haben die Strecken

$$\left.\begin{matrix}Al_1\\ Am_1\end{matrix}\right\} \text{ senkrecht auf } A_0M \left(\begin{matrix}\text{proportional der Nutz-}\\ \text{Leistung, bzw.}\\ \text{proportional dem Mo-}\\ \text{ment in Synchronwatt.}\end{matrix}\right)$$

im gleichen Masstabe.

Zur Auffindung des Maßstabes wollen wir zunächst einen Punkt L in der Nähe von 0 bestimmen, und zwar aus den Angaben:

$$\left\{\begin{aligned}
&\overline{OL} = \overline{Om}\,.\,\nu\,.\,\frac{X_{11}\sin\nu}{R_1 + X_{s1}\sin\mu}\\
&\text{Winkel } mOL = 180 - \omega \text{ (siehe Gl. 5)}
\end{aligned}\right|$$

Fällen wir vom Punkte A ein Lot auf die Richtung LM und bringen dieses zum Schnitt mit der Sehne $A_0\,A_\infty$, so erhalten wir den Punkt $\bar{m}_1$; und es ist:

Ordinate von A — Ordinate von $\bar{m}_1$ = Moment in Synchronwatt im Wattmaßstabe w.

Digitized by Google

Wir wiederholen:

Al_1 mißt die Nutzleistung
Am_1 mißt das Moment in S. W. } im Maßstabe
$W \cdot \frac{\text{Ordinatendifferenz der Punkte } A \text{ und } \bar{m}_1}{Am_1}$;

dabei ist $A\,l_1$ senkrecht $A_0\,M$ und $A\,\bar{m}_1$ senkrecht $L\,M$. Die einfache allgemein bekannte, in der Abb. 2 eingezeichnete Schlüpfungskonstruktion bleibt bestehen. Die Bezugslinien für Leistung, Moment = auf den Rotor übertragene Leistung = (zugeführte Leistung — primärer Kupferverlust — primärer Eisenverlust) und primären Kupferverlust sind lauter Ellipsen, die man leicht als perspektivaffine Bilder des Stromkreises K_1 zeichnen kann, mit $A_0\,A_k$, $A_0\,A_\infty$ bzw. einer leicht zu ermittelnden dritten Kreissehne als Affinitätsachse und je einem Paare entsprechender Punkte. Doch sind die Ellipsen nur zur Veranschaulichung des Verlaufes der einzelnen Größen brauchbar, aber zur Entnahme der Größen Leistung, Moment... nicht nötig, was wir durch Einführung eines besonderen Maßstabes für diese Größen gezeigt haben.

Dem Leser sei es überlassen, die Spezialfälle aus den Abb. 1 und 2 abzulesen, zum Beispiel $\mu = 0$ für nicht mehr ganz kleine Motoren und $\mu = \nu = 0$ und Eisenverluste = konstant (nachträglich addiert) für ganz große Motoren.

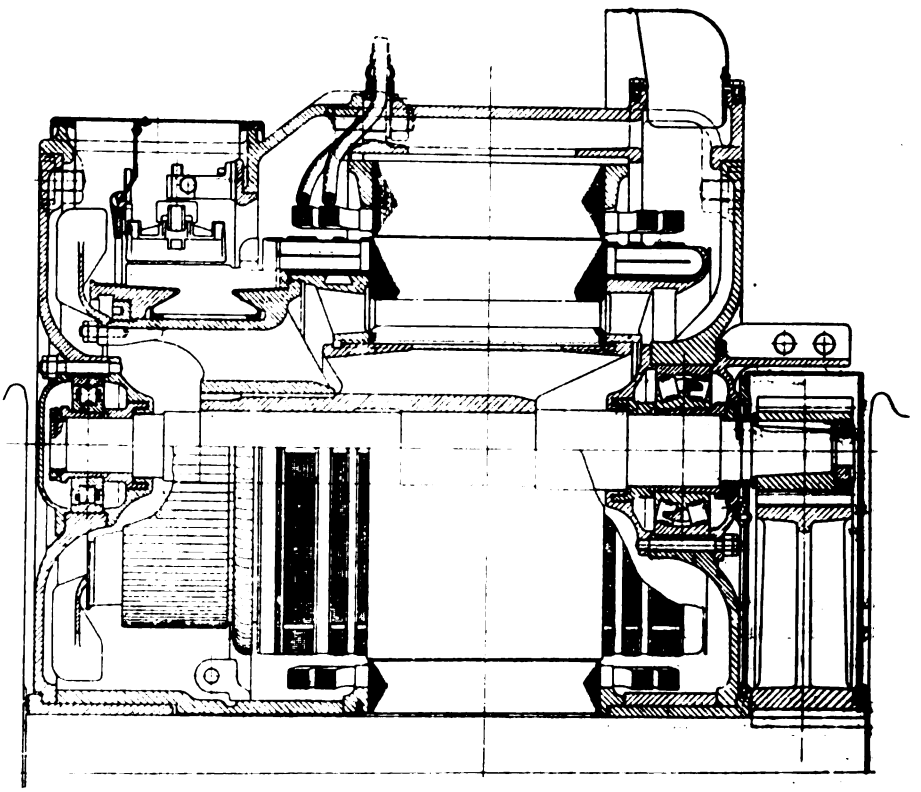
Der Verfasser möchte zum Schluß noch bemerken, daß er mindestens das gleiche Gewicht auf die verwendete Methode wie auf die hier angeführten Resultate legt, da sich diese Methode auf viele andere elektrische Maschinen mit Vorteil anwenden läßt und die physikalische Durchsichtigkeit beim Aufbau des Diagrammes an keiner Stelle verloren geht.

---

25 Jahre Stubaitalbahn.

Von Dr. Iwan Döry, Wien.

Vor rund 25 Jahren ist die Bahn ins Stubaital eröffnet worden. Sie ist für die Wechselstromzugförderung von doppeltem Interesse: Als älteste Wechselstrombahn Österreichs und als 50 Perioden-Bahn, die die Licht- und Industriefrequenz für Zwecke der elektrischen Traktion verwendet.



Seit der Eröffnung der Stubaitalbahn hat die Wechselstromzugförderung viele Hauptbahnlinien des Kontinents erobert. Aber vor 25 Jahren stand sie noch am Ausgangspunkt ihrer Entwicklung. Die Versuchsfahrten in Spindlersfelde waren damals kaum abgeschlossen. Betriebserfahrungen mit dem Wechselstrommotor lagen noch nicht vor. Daß er sich für die Zugförderung eignen werde, war eine Zukunftshoffnung, gegründet auf die Zuversicht der Ingenieure, die ihn geschaffen und zum erstenmal in Österreich angewendet haben. Was die AEG und AEG-Union und ihre Pioniere der elektrischen Traktion Pforr, Seefehlner und Eichberg damals planten und voraussahen, ist heute Gemeingut der Nationen.

So unvollkommen der alte Stubaitalmotor

Digitized by Google

auch erscheint, wenn man ihn nach 25 Jahren im Lichte des inzwischen vom Einphasenbahnmotor erreichten Fortschritts betrachtet, umso bemerkenswerter nur ist der Erfolg, den die Stubaitalbahn und ihre Erbauer mit ihm errungen haben: Ein Vierteljahrhundert hat der Motor der Stubaitalbahn ohne Erneuerung wesentlicher Teile und ohne Unterbrechung des Betriebes rund 4 Mill. Fahrkilometer, 40 Mill. Personenkilometer und über 50 Mill. Tonnenkilometer geleistet. Im Jahre 1911 allein wurden rund 250 000 Fahrkilometer erreicht. Die Lebensdauer der großen Zahnräder betrug 23 Jahre.

In den letzten Monaten ist der alte Motor gegen einen Motor moderner Bauart ausgewechselt worden. Während der alte Motor nach jeder Fahrt Kühlpausen nötig hatte, vermag der neue Motor trotz gleicher Einbaumaße und trotz geringeren Gewichtes ein um 10 vH höheres Zuggewicht (50 t auf 45 vT Steigung) ohne Unterbrechung dauernd zu fördern.

Die Dauerleistung des neuen Motors beträgt 40 PS bei 600 U/min, die Stundenleistung etwa 50 PS bei der gleichen Drehzahl. Der Motor hat sechs Pole, einen Ankerdurchmesser von 466 mm, also eine Polteilung von rund 240 mm. Die Blechbreite beträgt 270 mm.

Bemerkenswert ist die hohe Transformatorspannung von rund 7 V. Ihr Verhältnis zur Polteilung beträgt 7/2·4 = 2·9 V/dm. Dieser große Wert des Feldbelags, der zu großer Einbauleistung führt, ist bei Motoren mit niedriger Netzfrequenz ($16^2/_3$ Per/s) nur durch hohen Übersynchronismus zu erreichen. Motoren aber, die wie die Stubaitalbahn mit 50 Per/s gespeist werden, arbeiten sogar im Untersynchronismus (600 U/min) mit hoher Ankerfrequenz (30 Per/s) und deshalb hohem Ankerdrehschub[1]). Ein moderner Einphasenbahnmotor für $16^2/_3$ Per/s erreicht erst bei doppeltem Übersynchronismus die Ankerfrequenz von 33 Per/s. Sein Feldbelag schwankt etwa zwischen 1·5 bis 2 V/dm[2]).

Der Motor kommutiert trotz der hohen Transformatorspannung und trotzdem keine Wendepole für die Gleichstromkommutierung vorgesehen sind, praktisch funkenfrei. Die Ankerwicklung ist eine symmetrische Reihenparallelwicklung, die sich für Einphasenbahnmotoren besonders bewährt hat. In 49 Ankernuten liegen je 10 Leiter, die mit je einer Ankerwindung an 245 Kollektorsegmente angeschlossen sind. Der Kollektordurchmesser beträgt 400 mm. Die Bürsten überdecken rund 2 Segmente.

Die Abbildung, die den neuen Motor im Schnitt darstellt, läßt die Lüftung und die Ankerlagerung vermittels Rollen erkennen. Das Zahnradvorgelege hat die Übersetzung 1 : 5·07, die Zähnezahlen des großen Rades und des Ritzels sind 14 : 71, Modul 8·5, Laufraddurchmesser 800 mm. Das Gewicht des Motors beträgt 1380 kg mit Vorgelege und 1200 kg ohne dieses.

Mit dem neuen Motor ist die Stubaitalbahn nach 25jährigem Betrieb in die Reihe der modernen Wechselstrombahnen eingetreten. Sie hat ihre Linie an eine Phase der großen Kraftwerke, die Drehstrom von 50 Per/s erzeugen, angeschlossen und damit gerade in Innsbruck, im Brennpunkt der elektrischen Zugförderung der Österreichischen Bundesbahnen, die ihre Strecken mit Wechselstrom von $16^2/_3$ Per/s speisen, auch dem Anschluß einer Neben- oder Industriebahn an 50 Per/s ein bemerkenswertes Beispiel gegeben.

[1]) **Emde**, ETZ 1922, Heft 48.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, Seite 61.

Die Tätigkeit der Physikalisch - Technischen Reichsanstalt auf elektro-physikalischem Gebiete im Jahre 1927[1]).

Die diesjährigen Arbeiten betrafen zum großen Teil Untersuchungen der elektrischen und wärmetechnischen Eigenschaften von Materialien, besonders von Metallen. Die Untersuchungen konnten sich auch auf die niedrigsten Temperaturen erstrecken, dank der Vollkommenheit des neuen Kältelaboratoriums[2]) mit seinen Einrichtungen zur Verflüssigung von N, O, H und He. Das Helium, dessen Vorrat auf 3000 l erhöht wurde, wird erzeugt sowohl durch Trennung von Neon-Helium-Gemisch als auch aus Rohhelium mit etwa 70 vH Helium, das durch Glühen von Monazit-Sand erhalten wird, nach Reinigung mit Hilfe von glühendem Kupferoxyd, flüssiger Luft und flüssigem H_2. Zunächst muß allerdings erst ein Weg gefunden werden, um das flüssige He aus dem Verflüssiger abzuheben. Die Messungen der spezifischen Wärme des gasförmigen Heliums bei 4 Grad abs. mittels Vakuumkalorimeter wurden wieder aufgenommen.

Von den Materialuntersuchungen sind hervorzuheben: Messung des Widerstandes von Metallen im Temperaturgebiet des flüssigen He. Für Kupferkristalle ergaben sich die Werte der folgenden Tabelle:

abs Temperatur °C	R/R_0 für	
	Cu - Johnsen	Cu — Schott
273·20	1	1
82·20		0.148
81·63	0·144	
20·42	$7{\cdot}8.10^{-4}$	$8{\cdot}6.10^{-4}$
4·20	$2{\cdot}9.10^{-4}$	
4·18		$3{\cdot}4.10^{-4}$
2·42		$3{\cdot}8.10^{-4}$
1·97	$2{\cdot}8.10^{-4}$	
1·32	$2{\cdot}9.10^{-4}$	$3{\cdot}5.10^{-4}$

Man sieht, daß von den untersuchten Proben keine supraleitend wurde.

Für die Beziehung zwischen dem Wärmewiderstand w eines regulär kristallisierenden Metalls und seinem elektrischen Widerstand ϱ bei der absoluten Temperatur T wurde gefunden $w = w_l + \frac{\varrho}{ZT}$.

Die Prüfung dieser Beziehung erfolgte an Proben von Al, Au, Cu, Fe, Pt, W, deren elektrischer und

[1]) Aus dem Tätigkeitsbericht der PTR in Z. f. Instrumentenkunde 1928, Heft 4, 5, 6.

[2]) Vgl. den Bericht v. J. 1926, E. u M. 1927, S. 927.

Digitized by Google

Wärmewiderstand bei — 190° und — 253° gemessen wurde. Die Proben hatten verschiedenen Reinheitsgrad und Verfestigungszustand. w_l wird als der vom Festkörperzustand, $\frac{0}{ZT}$ als der durch Elektronenleitung bedingte Anteil des gesamten Wärmewiderstandes angesehen. Die für die Zahl Z erhaltenen Werte stimmen bei — 253° annähernd mit der Wiedemann-Franz-Lorenzschen Zahl ($2{\cdot}22 \cdot 10^{-8}$) überein.

Die Abhängigkeit des Elastizitäts- und Torsionsmoduls von Metallkristallen von der Temperatur konnte mittels einer besonderen Anordnung, die bis zu tiefsten Temperaturen brauchbar ist, auf wenige Prozent genau bestimmt werden. Auf den Enden des zu untersuchenden zylindrischen Kristallstabes sind zwei H-förmige Zusatzmassen aufgelötet. Die Längsbalken der oberen bilden zwei Magnete von gleicher Polstärke, die auf einer Seite in zwei hochohmige Telephonspulen freischwebend eintauchen. Der Stab ist bifilar aufgehängt. Durch leichten Schlag mit einem Hämmerchen wird das System zu Torsions- und Transversalschwingungen erregt, wodurch in den Spulen Wechselspannungen induziert werden. Je nach Art der Hintereinanderschaltung der Spulen kann eine Schwingungsart verstärkt, die andere kompensiert werden und umgekehrt. Durch Widerstandsverstärker und Telephon wurden die Schwingungen als gut hörbare Tonfrequenzen wahrgenommen und durch Überlagerung mit einem Normaltonsender nach Grüneisen und Merkel gemessen. Der Apparat befand sich in einer mit Wasserstoff gefüllten Hülle und konnte durch Einsenken in ein Wasserbad, in flüssigen Stickstoff und flüssigen Wasserstoff auf + 18°, — 195° und — 253° gebracht werden. Beobachtet wurde die Änderung der Frequenz jeder Schwingungsart in Abhängigkeit von der Temperatur. Bei einer Reihe von Zink-Einkristallen betrug die prozentuale Zunahme des Torsionsmoduls zwischen + 18° und — 195° je nach der kristallographischen Orientierung $5 - 7 \cdot 10^{-4}$/ Grad, zwischen — 195° und — 253° etwa $4 \cdot 10^{-4}$/ Grad. Die Absolutwerte des Torsionsmoduls bei + 18° stimmten mit früheren, aus statischen Versuchen gewonnenen Werten gut überein.

Zur Wärmeübertragung zwischen sich berührenden Metallen im Vakuum ist folgendes zu sagen: Bei Gasentladung wird häufig die Kühlung einer Elektrode dadurch angestrebt, daß sie auf eine gekühlte Metallfläche aufgelegt wird. Diese bei Gasen von Atmosphärendruck sehr wirksame Kühlung nimmt stark ab, sobald der Druck unter einige mm Hg sinkt. Eine unmittelbare Berührung der aufeinander liegenden Metalle findet nur in wenigen Punkten statt. An allen übrigen Punkten befindet sich eine dünne Gasschicht dazwischen, die wegen ihrer außerordentlich geringen Dicke einen genügenden Wärmestrom durchleitet, solange nicht die freie Weglänge der Gasmoleküle mit der Dicke der Gasschicht vergleichbar wird. Sobald dies durch fortgesetzte Verdünnung eintritt, wird der Wärmetransport mehr und mehr eingeschränkt und hört schließlich ganz auf, da schließlich nur die Wärmeleitung durch die unmittelbar sich berührenden Punkte übrig bleibt.

Von Kobalt, dessen physikalische Eigenschaften bisher wenig bekannt sind, wurden spezifischer Widerstand, dessen Temperaturkoeffizient, die Thermokraft und thermische Ausdehnung bestimmt. Für reinstes Kobalt wurde ein spezifischer Widerstand von $6{\cdot}36 \cdot 10^{-6}$ bei 20° C gefunden, ein viel kleinerer Wert, als bisher bekannt war. Aus den Kurven für den elektrischen Widerstand, die Thermokraft und Ausdehnung oberhalb 400° C ergab sich der Umwandlungspunkt des Kobalt, bei dem er aus dem hexagonalen in den flächenzentrierten kubischen Zustand übergeht. Bei Aluminium wurde festgestellt, daß dieses zwischen 500 und 660 Grad keinen Umwandlungspunkt besitzt. Vielmehr sind im diesem Bereich beobachtete Knickpunkte nur auf Verunreinigungen zurückzuführen.

Untersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit, dem Temperaturkoeffizienten, der Magnetostriktion, der thermischen Ausdehnung und Thermokraft wurden an Monel-Metall, an den Legierungen Kobalt-Eisen und Kobalt-Nickel bei tiefen Temperaturen vorgenommen; für Kobalt-Eisen ergab sich das Vorhandensein von drei Verbindungen Fe_2CO, FeCO und $FeCO_3$, die untereinander und mit den reinen Metallen vollständige Mischkristallreihen bilden. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Kobalt-Nickel-Legierungen.

Die Untersuchungen über Magnetostriktion wurden fortgesetzt[3]). Für reines Eisen wurde bei kleinen äußeren Magnetfeldern eine Verlängerung beobachtet, die ein Maximum hatte und später wieder Null wurde, um bei höheren Feldstärken negativ zu werden. Der Punkt, in dem die Magnetostriktion Null wird, liegt bei um so höheren Feldstärken, je unreiner das Material ist. Bei Nickel besitzt das reinste Metall die größte Kontraktion, Kobalt eine kleinere. Fünfzehn untersuchte Eisen-Nickel-Legierungen mit 1 bis 2 v. H. Manganzusatz zeigten teils Verlängerungen, teils Verkürzungen. Für die bekannte Legierung Permalloy[4]) (81 vH Ni) konnte gezeigt werden, daß ein direkter Zusammenhang zwischen der Magnetostriktion und der Permeabilität nicht besteht. Auch Co-Fe, Co-Ni, Fe-Al, Fe-Si, Fe-Mn und Ni-Cu, Ni-W und Monelmetall wurden untersucht. Ein Wismutstab zeigte keine Magnetostriktion bis zu hohen Magnetfeldern, woraus folgt, daß die Änderung des elektrischen Widerstandes von Wismut im Magnetfeld in keinem Zusammenhang mit der Magnetostriktion steht.

Im Zuge der internationalen Vereinheitlichung der Röntgen-Einheit[5]) ergab der Vergleich der deutschen Einheit (Behnken) mit der französischen (Solomon), daß eine deutsche R.-Einheit 2·25 französischen Einheiten entspricht. Die Abweichungen lagen innerhalb 3 vH, es besteht also bei den Dosismessern von Behnken eine für die Praxis hinreichende Genauigkeit. Weiter ergab sich, daß Dosismesser, die für den Transport der Einheit bestimmt sind, mit Kontrolleinrichtungen versehen sein müssen, die die Feststellung und Eliminierung etwaiger Veränderungen gestatten. Hiefür eignen sich eingebaute Stromnormale in Gestalt von Luftkondensatoren, deren Platten mit Uranoxyd überzogen sind. — Ebenfalls auf der Verwendung von Uranstandards beruht eine Kompensationsmethode zur Messung von Ionisationsströmen und lichtelektrischen Strömen, die mit Erfolg ausgearbeitet werden konnte[6]).

Preßgaskondensatoren, wie sie als verlustfreie Vergleichskapazitäten zur Messung des dielektrischen Verlustwinkels bei Hochspannung Anwendung finden, waren bisher in Metallgehäuse eingebaut, wobei die Spannung mittels Durchführungsisolator eingeführt werden mußte. Bei 150 KV werden diese Durchführungen teuer und groß, ihre Abdichtung bei 10 atü schwierig. Es wurde ein abgeschützter Kondensator in ein 2 m langes Hartpapierrohr eingebaut, wodurch sich der Durchführungsisolator erübrigt. Dieser Kondensator konnte bis 300 kV einwandfrei benützt werden.

Auf Anregung der Isolierstoffkommission des VDE wurde der Schneidenapparat zur Bestimmung des Oberflächenwiderstandes von Isolierstoffen[7]) für höhere Temperaturen (bis 130° C) verwendbar eingerichtet. Statt der Hartgummiisolation wurde Bakelit verwendet.

Bei stroboskopischen Messungen muß die Frequenz der Glimmlampe stets im Gleichtakt mit der Frequenz des zu beobachtenden Vorganges, etwa der Umdrehung einer Motorwelle gehalten sein. Hiefür wurde eine Einrichtung angegeben, wobei ein auf der Welle sitzender Stabmagnet in der Spule eines gegenüber angebrachten Eisenjoches Spannungen von der Frequenz der Drehbewegung induziert. Im Kreise der Spule liegt die Lampe mit parallel geschaltetem Kondensator. Durch Regelung des Kondensators oder eines Widerstandes kann die Blinkfrequenz der Lampe mit der Frequenz des Magneten in Tritt gebracht werden, wodurch eine dauernde Übereinstimmung der Frequenzen erzielt wird.

---

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 508; 1928, S. 201.
[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 23, 52, 164, 621.
[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 138, 602.
[6]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 46, S. 1083.
[7]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 35.

Digitized by Google

Von den magnetischen Untersuchungen sind zu erwähnen: vergleichende Untersuchungen an Epsteinproben des Berner Institutes zur Aufklärung von Unstimmigkeiten ausgeführt. Um die ballistische Meßmethode zu verbessern, wurden die Versuche über Spannungsverstärkung durch Erhöhung der Steilheit von Elektronenröhren fortgesetzt. Es zeigte sich, daß eine praktische Grenze der Verstärkung durch Schwankungen des Heizstromes erreicht wird, die sich in sehr fühlbarer Weise auf den Anodenstrom übertragen. Bei Akkumulatoren lagern sich dauernd kleine Stöße übereinander, die wahrscheinlich auf das Ablösen von Gasperlen zurückzuführen sind. Die Versuche über Materialien mit hoher Anfangspermeabilität wurden fortgesetzt und dabei eine Gesetzmäßigkeit zwischen Koerzitivkraft und dem Anstieg der Permeabilität gefunden; während reines Eisen nur eine Anfangspermeabilität von 600 bis 700 aufweist, steigt diese durch geringen Zusatz von Si (etwa 0·5 vH) wesentlich an (bis 2000). Ähnliches gilt bei geringen Zusätzen von Al und Mn. Eine große Zahl von Fe-Ni-Legierungen wurde auf spezifischen Widerstand, Anfangspermeabilität, Sättigungswert und Koerzitivkraft nach verschiedenen thermischen Vorbehandlungen untersucht. Es gelang, Fe-Ni-Legierungen herzustellen, die Anfangspermeabilitäten bis etwa 14 000 und Koerzitivkräfte bis herunter zu 0·018 Gauß zeigten. Neu aufgenommen wurden Untersuchungen der Heuslerschen Al-Cu-Mn-Legierungen. Es konnte gezeigt werden, daß die Koerzitivkraftveränderungen im Laufe der Alterung durch das Auftreten und Wiederverschwinden von Eigenspannungen in oder zwischen Kristalliten hervorgerufen werden.

Die Prüftätigkeit der Reichsanstalt war auch im Berichtsjahre eine sehr umfangreiche, wodurch die wissenschaftliche Arbeit behindert wurde. Einige Ziffern sind vielleicht von Interesse. Geprüft wurden 195 internationale Westonelemente, 187 Induktivitäten von Spulen, 1192 Kapazitäten und Kondensatoren, 461 Verlustwinkel, 474 Wellenlängen, 29 Quarzresonatoren, 85 Röntgendosismesser, 184 Strom- und Spannungswandler, 65 Kondensatoren für Hochspannung und Kondensatordurchführungen, 196 feste Isoliermaterialien, 37 Öle, 142 Proben Dynamo- und Transformatorenbleche. Von den elektrischen Prüfämtern war wieder das in München am stärksten beschäftigt. In München betrug die Zahl der zur Eichung eingebrachten Zähler 28 354. Hievon wurden 449 wegen Unzulässigkeit der Bauart, 2606 wegen Überschreitung der Verkehrsfehlergrenzen zurückgewiesen. In München wurden weiters 18 734 Tarifuhren, Zeitzähler und andere Tarifgeräte geprüft, woraus die stets steigende Zahl von allerhand Tarifapparaten ersichtlich ist. Die Bearbeitung von Leitungsnormen für Aluminium wurde zum Abschluß gebracht. An 94 Proben harten und weichen Materiales wurde die elektrische Leitfähigkeit, an fünf Proben der Temperaturkoeffizient des Widerstandes und an neun Proben das spezifische Gewicht bestimmt. Die Ergebnisse wurden zusammen mit den Befunden des Materialprüfungsamtes über Zerreißfestigkeit zu einem Bericht verarbeitet, der der I. E. C. vorgelegt werden wird. Conrad.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Die Entwicklung der Pfalzwerke. Die Pfalzwerke A.-G. Ludwigshafen wurden auf Grund eines Gutachtens Oskar v. Millers im Jahre 1912 von dem Kreis Pfalz, der Rheinischen Schuckertgesellschaft, welche in der Pfalz bereits einige Elektrizitätswerke betrieb, der Stadt Ludwigshafen und mehreren anderen Städten und Gemeinden zum Zwecke einer einheitlichen Stromversorgung gegründet. Kraftwerke wurden von Ludwigshafen (3300 kW), Schuckert (1200 kW) und der Stadt Homburg (370 kW) eingebracht, die zunächst zusammen mit Fremdstrombezug den Bedarf deckten. Gleichzeitig wurde aber der Bau eines neuen Werkes in Homburg begonnen, das 1914 mit 2 × 5000 kW in Betrieb kam und 1919 um 10 000 kW erweitert wurde. Das Werk Ludwigshafen wurde auf 6000 kW vergrößert. Es dient heute nur noch als Reserve und gibt Frischdampf an das Fernheizwerk Ludwigshafen-Süd ab. Die übrigen Werke wurden bereits stillgelegt. Im Jahre 1921 wurde, gemeinsam mit der Stadt Mannheim, dem Badenwerk und der Neckar-A.-G. das Großkraftwerk Mannheim errichtet. Es steht mit 3×12 500 kW seit 1923 in Betrieb, wurde im Jahre 1927 um einen 20 000-Satz erweitert und wird derzeit durch den Bau einer 100-at-Anlage mit Vorschaltturbinen auf rund 70 000 kW Maschinenleistung gebracht. Zusammen mit dem Werk Homburg liefert es heute den überwiegenden Teil des Stromes für die Palzwerke. Die beiden Kraftwerke sind durch eine 100-kV-Leitung mit den Umspannwerken Ludwigshafen und Kaiserslautern verbunden, von dem ersteren Umspannwerke wird eine 100-kV-Leitung nach Landau errichtet. In der Rheinpfalz versorgten die Pfalzwerke Ende 1927 durch 339 Konzessions- und Pachtnetze etwa 313 000 Einwohner und durch 282 Netze im Eigentum der Gemeinden rund 548 000 Einwohner. Der Ausbau der Stromversorgungsanlagen ist praktisch vollendet, weil rund 96 vH aller Gemeinden des Gebietes und 93 vH aller Einwohner über Strom verfügen. Die Saarpfalz mit 56 Gemeinden und 90 000 versorgten Einwohnern bezieht den Strom ausschließlich aus Homburg. An Anlagen für die Umformung und Weiterleitung des Stromes waren Ende 1927 vorhanden: Zwei Bahnumformerwerke mit zusammen 1000 kW, zwei 100/20-kV-Umspannwerke mit 24 000 kW, fünf Schaltstationen, 639 Transformatorenstationen mit 50 751 kW, 132 km 100-kV-, 1473 km 20-kV- und 104 km 3/5-kV-Leitungen. Dazu kommen noch für das Gebiet des Kraftwerkes Homburg 1 100/20-kV-Umspannwerk mit 8000 kW 57 Transformatorenstationen mit 9141 kW und 6·7 km 100-kV- sowie 157 km 20-kV-Leitungen. Im Jahre 1927 wurden von den Pfalzwerken an die eigenen Konsumenten und an fremde Werke rund 83 Mill. kWh verkauft, vom Werke Homburg 22·4 Mill. kWh. J.

Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel.

Über die Einrichtung und den Betrieb des Gould Street Werkes der Consolidated Gas, Electric & Power Co. wurde auf der Tagung des A. I. E. E. in Baltimore berichtet. Das Werk kam anfangs 1927 in Betrieb und stellt die Erweiterung einer alten, vor zwanzig Jahren erbauten Anlage dar. Dieses Werk, bei dem der Grundsatz, ein Kessel je Turbine, zum erstenmal durchgeführt wurde, hat vier Rateau-Turbinen je 36 000 kW, die zur Wasseranwärmung viermal angezapft sind. Jeder Kessel leistet 235 000 kg Dampf/St. bei einer Heizflächenbelastung von rund 75 kg/m². Der Dampfdruck beträgt 31 atü, die Dampftemperatur 385° C. Drei Seiten der Brennkammer werden nach dem Murraysystem[1]) mit Wasser gekühlt, dagegen die vordere Wand mit Luft. In der ersten Betriebszeit traten fünf Rohrdurchbrenner an der Rückwand der Brennkammer, und zwar fast alle an derselben Stelle auf, nämlich am oberen Krümmer der nächst den Seitenwänden stehenden Rohre. Die Schuld liegt vermutlich an einer ungleichen Wasserzirkulation. Der Hauptkondensator, dessen Kühlrohre beiderseits in die Rohrböden eingewalzt sind, hat bisher sehr wenig Undichtheiten gezeigt. Infolge der ungewöhnlich langen Wasserrohre des Kessels (7·2 m) wurde oft Wasser vom Dampf mitgerissen. Man hat aber diesen Übelstand durch den Einbau besonders geformter Lenkwände in den Dampfsammler behoben. Die Erfahrungen mit der Kohlenmahlanlage weisen darauf hin, daß der Sommer für die Inbetriebnahme einer Anlage bedeutend günstiger ist als der Winter. Es wurde auch hervorgehoben, daß einer Erhöhung der Dampftemperatur auf 425 bis 450° keine Materialschwierigkeiten mehr entgegenstehen. Stip.

(Power, Bd. 67, Nr. 17, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 235.

Digitized by Google

Die Hochdruckdampfanlage „Gotlands Kraftwerk" in Slite auf Gotland umfaßt drei alte Niederdruckkessel und zwei neue Hochdruckkessel der Firma Stal in Finsporg (der bekannten Erbauerin der Ljungströmturbinen) für 45 ata von je 210 m² Heizfläche und je 10 t/h Höchstleistung mit Speisewasservorwärmern von 82 m², Luftvorwärmern von 730 m² und je einem Hochdruck- und Zwischenüberhitzer für 400°. Außer zwei älteren Ljungström-Kondensationsturbinen für 14 ata von 400 kW, die ebenso wie die Niederdruckkessel in Bereitschaft stehen, sind noch eine Hochdruckturbine von 1000 kW für das Gefälle von 40 auf 10 ata und eine Niederdruckturbine von 3000 kW für das Gefälle von 9·5 ata bis 0·025 ata vorhanden. Der Abdampf der Hochdruckturbine strömt durch die Zwischenüberhitzer und erst dann zur Niederdruckturbine. Die Turbinen, gleichfalls der Bauart Stal-Ljungström[1]), sind elektrisch so geschaltet, daß sie wie eine einzige Maschine arbeiten. Im allgemeinen ist nur der Regler der Hochdruckturbine in Tätigkeit, während jener der Niederdruckturbine so eingestellt ist, daß er lediglich bei plötzlicher Entlastung eingreift. Mit den beiden Turbinenscheiben sind Drehstrommaschinen für 525 V bei 50 Per/s unmittelbar gekuppelt. Zur Wasseraufbereitung wird das Kondensat zunächst in den Ölkühler gefördert, dann strömt es durch den Kondensator für die Dampfejektoren und den Stopfbüchsendampf und schließlich in den Luftabscheider, wo die Luft durch Abdampf ausgekocht und durch einen Ejektor weggeführt wird. Das nunmehr entgaste Wasser von etwa 80° wird im Niederdruckvorwärmer durch Anzapfdampf der Hochdruckturbine auf 150° und schließlich im Rauchgasvorwärmer auf etwa 185° erwärmt. Als Zusatzwasser (bei Nennlast etwa 2 vH der umlaufenden Wassermenge) wird in einem Verdampfer vorher gereinigtes Meerwasser benutzt, das auch als Kühlwasser dient. Die seit Ende Juli 1927 in Betrieb stehende Hochdruckanlage verbraucht im Mittel 0·54 kg/kWh von 7500 kcal je kWh = 4080 kcal/kWh. Der Gesamtwirkungsgrad ist 21 vH. Der Einbau der Hochdruckanlage hat sich im vorliegenden Fall als besonders wirtschaftlich erwiesen, weil das Werk, dessen Stromabnehmer fast nur Zementfabriken sind, mit hohem Belastungsfaktor (75 vH) arbeitet und überdies die Kohle sehr teuer ist (20 Kr./t). (ZVDI. Bd. 72, 1928, Nr. 26 nach Arch. f. Wärmewirtschaft.)

Spitzendeckung und Lastausgleich durch Speicherung in Verbindung mit elastischer Rostfeuerung. Von C. Günther. Aus den in letzter Zeit bekannt gewordenen günstigen Ergebnissen der Stokerfeuerungen zieht der Verfasser den Schluß, daß bei Mitverwendung von Speisewasserspeichern die Spitzenausgleichsfrage vollkommen befriedigend gelöst werden kann. Liegt das Werk im Versorgungsgebiet, so muß zum Beispiel beim Ausfall einer Fernleitung das Werk sofort die Belastung übernehmen; wenn aber das Werk im Erzeugungsgebiet liegt, so muß bei Fortfall der Belastung für die Unterbringung des überschüssig gewordenen Dampfes gesorgt werden. Dieser Anforderung müßte zunächst die Feuerung entsprechen. Es zeigt sich aber, daß eine Belastungssteigerung zwar in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich ist, eine Verminderung hingegen nicht, und zwar wegen der Trägheit der Feuerungen, insbesonders der Wanderroste. Deshalb ist die Verbindung mit einer Gleichdruckspeicheranlage sehr günstig, weil sie imstande ist, bei Belastungsrückgang oder -ausfall den überschüssigen Dampf aufzunehmen. An dem Beispiel der Speicheranlage der Opelwerke in Rüsselsheim wird gezeigt, wie diesen Anforderungen entsprochen werden kann. Der Speicher mit 75 m³ Inhalt reicht aus, den anfallenden Dampf während der Frühstückspause, etwa 12 t/h, aufzunehmen, und dabei eine Reserve von 50 bis 60 vH bereit zu halten. Die Feuer werden so geführt, daß die Kessel schon vor Einsetzen der Last hochgefahren werden, wobei dem Speicher 15 t/h zugeführt werden. Beim Einsetzen der Last, die etwa 30 t/h erfordert, führt der Speicher dem Betriebe die aufgenommene Dampfmenge wieder zu. In der Mittagspause sinkt der Dampfverbrauch auf 14 t/h, die Feuer werden abgedämpft, so daß der Speicher nur zu einem Drittel bis zur Hälfte aufgeladen wird. Gegen Ende der Pause werden die Feuer hochgebracht und der Speicher voll geladen, um bei Einsetzen der Vollast wieder Dampf abzugeben. Am Abend werden die Feuer unter Aufladen des Speichers mit etwa 9 t/h abgedämpft. Obgleich die mit dem Speicher erzielbare Steigerung der Dampfabgaben nur 12 vH beträgt, wird durch den Speicher doch eine weitgehende Anpassung erzielt. Die erzielten Vorteile sind größer, als man nach der üblichen Beurteilung der Speicher nach der möglichen Mehrleistung vermuten könnte. Durch eine selbsttätige Regelung vermag der Speicher auch bei kleinen Lastschwankungen einzugreifen, und zwar um so wirksamer, je plötzlicher die Änderung erfolgt. Denn obwohl die Kessel mit selbsttätigen Reglern versehen sind, werden die Stöße erst in zweiter Linie von der Feuerung infolge ihrer Trägheit aufgenommen.

Wesentlich besser als die Wanderroste passen sich die amerikanischen Stokerroste dem Dampfbedarf an. So kann die Dampfabgabe eines unter gedämpften Feuer liegenden Kessels innerhalb von 4 min von Null auf 50 kg/m² und Stunde gesteigert werden. In den Spitzenwerken St. Ouen und Genevilliers bei Paris[2]) sind Riley-Stoker in Betrieb. In St. Ouen sind Spitzen von 100 000 kW und am Abend von 200 000 kW gegenüber einer Nachtbelastung von 16 000 kW zu bewältigen, denen die Feuerungen ausgezeichnet folgen können. Im zweiten Werk können die noch vorhandenen Wanderroste und die Staubfeuerung nur Schwankungen zwischen 60 und 80 t/h aufnehmen, während die Stoker im Bereich von Null bis 110 t/h arbeiten. Bei plötzlichem Anhalten des Stokers und Absperrung des Unterwindes geht die Feuerung augenblicklich stark zurück, doch gibt die am Rost befindliche hochgeschichtete Kohle bis zu ihrem Schwarzwerden noch Wärme ab, die in ausgezeichneter Weise von einem Gleichdruckspeicher aufgenommen werden kann. Was die Bauart der Feuerung betrifft, so sind bedeutende Vergrößerungen der Ausmaße in der letzten Zeit festzustellen. Die Rostlängen sind bis 4 m angewachsen, die Windpressung von 50 auf 150 mm, die Belastung in Frankreich auf 275, in Amerika auf 375 kg/m² und Stunde gestiegen. Abschließend kann gesagt werden, daß sich Stoker und Speicher in der Weise ergänzen, daß bei Belastungssteigerung der Stoß in der Hauptsache von der Feuerung aufgenommen wird, während bei Belastungsrückgang der überschüssige Dampf der Speicheranlage zugeführt wird. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 27, H. 460, 1928.)

Verbrennungskraftmaschinen.

M.A.N.-Großdieselmotoren von 11 700 PSe. Zur Spitzendeckung in Großkraftwerken werden bekanntlich immer mehr Dieselmotoren eingestellt. Der Dieselmotor hat für diese Betriebsart den großen Vorteil, daß er aus dem kalten Zustand jeden Augenblick in Betrieb gesetzt werden und sofort Leistung abgeben kann; nach Abstellen verbraucht er keinerlei Betriebsstoff mehr im Gegensatz zum Beispiel zu den Dampfanlagen, bei denen das Anheizen und das Aufbänken der Dampfkessel erhebliche Verluste an Brennstoff verursachen. Auch als jederzeit betriebsbereite Reserve ist der Dieselmotor als die gegebene Maschine anzusehen[2]). Außer einer Reihe von Großkraftwerken, darunter auch Hamburg, wo ein Dieselmotor von 15 000 PSe nach System und Bauart M.A.N. schon seit mehreren Jahren mit bestem Erfolg in Betrieb ist[3]), bringt nun auch das Märkische Elektrizitätswerk Berlin für seine Zentrale in Henniksdorf zwei doppeltwirkende Großdieselmotoren von je 11 700 PSe zur Aufstellung, die zur Spitzenleistung und als Reserve dienen werden. Die Maschinen haben je 10 Zylinder von 600 mm Durchmesser und 900 mm Kolbenhub und geben die genannte Leistung bei 215 U/min ab. Sie sind von

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 31.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 21, S. 471.

[2]) Vgl. E. u .M. 1927, S. 871.

[3]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 567; 1927, S. 389.

Digitized by Google

der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. gebaut worden, arbeiten im doppeltwirkenden Zweitakt und nach dem bekannten M.A.N.-Spülverfahren (Umkehrspülung). Besonders bemerkenswert ist, daß sie kompressorlos, also mit luftloser Einspritzung des Brennstoffes ausgeführt sind. Sie sind die größten Dieselmotoren dieser Art, die bisher gebaut wurden.[1]) Jeder Motor ist mit einem Drehstromgenerator für 6000 V Spannung gekuppelt. Die Generatoren liefern die SSW, die Gebläse und die dazugehörigen Elektromotoren die A.E.G. Besondere Einrichtungen ermöglichen ein Inbetriebsetzen und Aufschalten auf das Netz in allerkürzester Zeit. Die M.A.N. und ihre Lizenznehmer haben in kurzer Zeit an doppeltwirkenden Zweitakt-Dieselmotoren für ortsfeste und für Schiffsanlagen über ¼ Mill. PSe geliefert und in Arbeit.

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Untersuchung der Überspannungserscheinungen im 140 kV-Netz der Consumers Power Company. J. S. Hemstreet und J. R. Eaton berichten über die Ergebnisse der im Sommer 1927 angestellten Versuche im 140 kV-Netz. Es hat sich ergeben, daß die durch Blitzschläge hervorgerufenen Überspannungen die Höhe von 1100 kV erreichten. Die Überspannungen zeigten ferner kein Vorherrschen einer bestimmten Polarität. Die durch Blitz verursachten Überspannungen waren durch drei besondere Bildformen gekennzeichnet: stark, mittelstark und schwach gedämpft. Die durch mittelstark gedämpfte Formen dargestellten Überspannungen wiesen nur geringe Wertunterschiede in den einzelnen Stationen auf und standen häufig in Beziehung zu Erdschlüssen und Schaltvorgängen. Durch Vergleich gleichzeitig auftretender stark und schwach gedämpfter Überspannungen konnte die Spannungsverminderung von Station zu Station mit 50 kV/Meile festgestellt werden. Ein Erdseil schützt gegen Blitzstörungen. Dagegen scheint die Höhe der Leiter ohne Einfluß auf die Größe der Überspannung zu sein. Überspannungswellen, die ein Auslösen von Schaltern bewirkten, gingen häufig nicht über 400 kV, obwohl zweifellos an entfernteren Stellen höhere Spannungen auftraten. Wurde jedoch kein Auslösen von Schaltern verursacht, so waren die Wellen räumlich eng begrenzt und erreichten eine Höhe von 800—1100 kV. Bei Blitzschlägen traten in der Hälfte der Spannweiten Spannungen von 35 kV auf, ohne daß an den Hauptleitungen besonders hohe Überspannungen erschienen. Die normalen Schaltvorgänge riefen nur unbedeutende Überspannungswellen hervor. Einige der aufgenommenen Überspannungen konnten weder Blitzen noch Schaltvorgängen zugeschrieben werden. Ihre Höhen waren jedoch vergleichsweise gering (650 kV). G. O.

(Journal Am. I. E. E., Bd. 47, Nr. 6, 1928.)

Ölschalter mit Vorkontaktwiderständen. R. Marchand untersucht die Frage, ob es notwendig ist, Schalter in modernen Anlagen mit Vorkontaktwiderständen auszustatten[2]). Die Widerstände haben bekanntlich die Aufgabe, Stromstöße beim Einschalten und Überspannungen beim Ein- und Ausschalten zu dämpfen. Die erste Forderung kann die Anwendung der Schutzwiderstände nicht rechtfertigen, da jeder moderne Transformator einem direkten sekundären Kurzschluß standhalten muß, der ihn wesentlich stärker beansprucht als der Stromstoß beim Einschalten im Leerlauf. Nur jene Transformatoren, die täglich oder noch öfter eingeschaltet werden, sollen Schutzschalter erhalten. Die beim Ein- und besonders beim Ausschalten auftretenden Überspannungen können wohl theoretisch beträchtliche Werte erreichen, doch sind solche Fälle bisher selten vorgekommen. Die amerikanische Praxis zeigt im Gegenteil, daß auch ohne die Schutzwiderstände ein befriedigender Betrieb geführt werden kann. Nur für Kabelnetze mit über 30 kV Betriebsspannung sollen sie noch verwendet werden. Was die Größe der Widerstände betrifft, so gelangt der Verfasser zu dem Schlusse, daß eine genügende Herabsetzung des Einschaltstromstoßes, wie auch gleichmäßige Verteilung der Spannungsstöße über beide Schaltstufen erreicht werden kann, wenn der Widerstand nach der Formel

$$R = 0{\cdot}6\,\frac{E}{J_m}$$

bestimmt wird, worin E die Betriebsspannung bedeutet und J_m den Magnetisierungsstrom. A. Fr.

(Bulletin S. E. V., Bd. XIX. H. 11, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 106, 660, 900, 918; 1927, S. 212, 930.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1926, S. 770, 832; 1928, S. 15, 159.

Leitungen und Leitungsbau.

Zur Herstellung von Höchstspannungskabeln. P. Junius berichtet über Anwendungen seiner in einer früheren Arbeit[1]) dargestellten Trocknungs- und Tränk-Methode. So zeigte es sich, daß 30 kV-Gürtel-Kabel, deren Zwickel aus Jute bestehen, selbst nach längerer Trocknung unter Hochspannung nicht jene geringen Verlustwinkel aufweisen wie Kabel mit Papierzwickel. Aus dieser Tatsache zieht der Autor den Schluß, daß die Jute sich nicht so rasch und gut trocknen läßt als das Papier, und schlägt vor, die Jutebeiläufe durch die teureren Papierzwickel zu ersetzen; er meint sogar, daß die günstigeren elektrischen Eigenschaften von Einleiter- oder H-Kabeln auf das Fehlen elektrisch beanspruchter, nicht gut austrockenbarer Jute zurückzuführen seien. (Dieser Schluß erscheint nicht zwingend. Der höhere Verlustwinkel des Jutekabels zum Beispiel könnte ebenso auf die elektrischen Eigenschaften der vollständig getrockneten Jute zurückgehen. So weit dem Referenten bekannt, ist dies sogar die herrschende Ansicht und man verwendet aus diesem Grunde bei Gürtelkabeln für höhere Spannung Papier als Beilauf. Die besseren elektrischen Eigenschaften von Einleiter- oder H-Kabeln gehen auf die günstigere Beanspruchung des Dielektrikums zurück[2]). Der Ber.) Eine zweite sehr interessante Anwendung läßt die durch den Verfasser beobachtete Tatsache zu, daß die nach erfolgter Trocknung im Vakuum gemessenen Kapazitätswerte beim Öffnen des Imprägnierungskessels sich umsoweniger vergrößern, je vollkommener die Tränkung war. Offenbar nehmen noch vorhandene Luftreste unter äußerem Vakuum ein ziemlich beträchtliches Volumen ein; wird jedoch beim Öffnen des Kessels wieder Druck auf das Kabel gegeben, dann werden diese Luftblasen zusammengedrückt und die Kapazität des Kabels steigt auf jenen Wert, den das Kabel bei vollkommener Imprägnierung auch unter Vakuum haben würde. In der Differenz zwischen diesem, aus den Dielektrizitätskonstanten für das getränkte Papier errechenbaren, Grenzwert und dem unter Vakuum gemessenen Wert wird ein Maßstab für die Güte der Imprägnierung erblickt. An dem Beispiel eines Kabels für 30 kV Betriebsspannung, welches nach dem erwähnten Maßstab gemessen durchaus nicht befriedigend imprägniert war, wird gezeigt, daß dasselbe einen horizontalen Verlauf der Verlustwinkelkurve aufweist und es wird daraus geschlossen, daß das neue Kriterium Spuren von Lufteinschlüssen dort noch nachweisen kann, wo die Verlustkurve bereits versagt. Auf Grund der gewöhnlichen Anschauung über den Trocken- und Imprägniervorgang, wird der Vorgang, die Kabelenden zwecks Feststellung des Imprägnierungsgrades aus der Tränkmasse herausragen zu lassen, abgelehnt; ebenso das Unterdrucksetzen des Kabels im Imprägnierkessel, es sei denn, daß man das Kabel unter Druck erkalten läßt. An Stelle des heute üblichen Verfahrens und an Stelle des Tränkverfahrens, welches beim Pirelli-Kabel[3]) Anwendung findet, wird ein neues Verfahren vorgeschlagen, welches im Grunde genommen eine Kombination der beiden ist und wodurch ermöglicht wird, daß die Enden des zu imprägnierenden Kabels masse- und vakuumdicht abgeschlossen werden. Dr. Konst.

(ETZ Bd. 49, H. 16, 1928.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 17, S. 388.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 873.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 39, S. 947.

Digitized by Google

Elektrizität in der Landwirtschaft.

Fortschritte in der Elektrosilo-Futterbereitung[1]) wurden nach A. Petri dadurch erzielt, daß alle drei Phasen gleichzeitig in einem einzigen Turme verwendet werden können, während man bisher für Drehstrom drei Türme benötigte. Um die für die Werke so unangenehmen Schwankungen des Stromdurchflusses, der gegen Ende der Aufbereitung gegenüber dem Anfang einen sehr hohen Wert erreicht, auszugleichen, wurde ein Niederspannungstransformator zwischengeschaltet, der den vom Haupttransformator gelieferten niedergespannten Strom von 220 V je nach Bedarf auf 728, 572, 240 V umwandelt. Es steht dann zu Beginn eine höhere Spannung und damit eine höhere Stromstärke zur Verfügung. Hiedurch wird die Erwärmung des Futters beschleunigt und die Dauer eines Arbeitsganges verkürzt und so ermöglicht, daß man mit einer Schicht in einer einzigen Nacht fertig werden kann. V. H.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 27, H. 458, 1928.)

Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

Dieselelektrische Lokomotive auf den tunesischen Bahnen. Bis auf die regelspurige Strecke von Tunis nach Algier ist das Netz der tunesischen Bahnen meterspurig und wird seit dem Kriege von der Compagnie Fermière des Chemins de fer Tunisiens in Pacht betrieben. Es verkehren hauptsächlich Schnellzüge längs der Küste, Erzzüge von den Eisen-, Phosphat-, Blei- und Zinkminen im Inneren des Landes und Touristenzüge, die von Tunis aus eine Rundfahrt durch das Land anstellen und über das Gebirge eine Seehöhe von 800 m erreichen. Diese Fahrt dauert im ganzen sechs Tage, wofür sich die Lokomotiven mit Brennstoff und Wasser versehen mußten. O. Schläpfer beschreibt die Dieselelektrische Lokomotive, welche im Jahre 1926 von Gebr. Sulzer u. Cie., Winterthur, die Cie Electro-Mécanique, Paris, die A.-G. Brown, Boveri u. Cie., Baden, und die Cie Française de Matériel de Chemin de fer in Maubeuge, geliefert wurde. Die Drehgestellokomotive hat eine Gesamtlänge von 9·36 m bei 2·8 m Kastenbreite. Der Dieselmotor hat eine Dauerleistung von 250 PS bei 550 U/min. Die vier gelüfteten Motoren haben eine Zahnradübersetzung von 1 : 4·43 bei 840 mm Raddurchmesser und entwickeln am Radumfang eine Zugkraft von 1520 kg bei 34 km/h dauernd, 2300 kg bei 21·5 km/h einstündig, und 4400 kg Höchstzugkraft bei 11·5 km/h. Die größte Geschwindigkeit beträgt 65 km/h und das normale Anhängegewicht 80 t. Von dem Dienstgewicht der Lokomotive von 39 t entfallen: auf die elektrische Ausrüstung 8·1 t, auf die Anwurfbatterie von 90 Zellen Eisen-Nickel mit 160 Ah 1·2 t, auf den Dieselmotor samt Zubehör 7·8 t, auf den mechanischen Teil 19·4 t und auf die Betriebsstoffe für sechs Tage 3·5 t. Die elektrische Ausrüstung ist im Wesentlichen die gleiche wie in dem Triebwagen der S. B. B.[2]). Für die Bremse wird eine elektrisch angetriebene Vakuumpumpe verwendet, die während der Fahrt von der Erregermaschine und während des Stillstands aus der Batterie gespeist wird, wenn der Dieselmotor abgestellt wird. Bei der Erprobung wurde die Lokomotive sehr genauen Messungen unterzogen, bei denen die gewährleisteten Zahlen für die Geschwindigkeiten und Betriebsstoffverbrauche wesentlich unterschritten wurden. An Stelle des vorgeschriebenen Brennstoffverbrauches von 9 g/tkm Zugsgesamtgewicht wurde 7·2 g/tkm erreicht. Wl.

(BBC-Mitteilungen-Baden, H. 6, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über die zeitliche Verzögerung von freien Funken und Gleitfunken stellte Matsunosuke Iwatake Versuche an. Die Verzögerung wurde durch die Verspätung der Spannungwelle auf dem Wege über die Funkenstrecke gegenüber ihrer Ankunft auf einem ununterbrochenen Parallelwege von gleicher Länge bestimmt. Die Ankunft der beiden Spannungswellen markierte sich durch positive Lichtenbergsche Figuren auf photographischen Platten oder Filmen. Zur Messung der Zeitunterschiede von der Ordnung 10^{-8} sec diente die Verschiebung der Grenzlinie zwischen den Lichtenbergschen Figuren zweier auf einer photographischen Platte benachbart aufgesetzten Elektroden, von denen jede mit einem der beiden Parallelwege in Verbindung stand. Die einem gegebenen Zeitunterschiede entsprechende lineare Verschiebung der Grenzlinie wurde ermittelt, indem die Spannungswelle über zwei Parallelwege verschiedener Länge, jedoch ohne Funkenstrecke zu den beiden Eektroden geleitet wurde. War L der Längenunterschied der beiden Parallelwege in cm, so wurde der entsprechende Zeitunterschied $t = L/3 \cdot 10^{10}$ sec angenommen. Zeitunterschiede von 10^{-4} bis 10^{-8} sec wurden mit einer Vorrichtung gemessen, bei der die spitzen Enden der beiden Parallelwege, von denen der eine wieder die Funkenstrecke enthielt, ein und dieselbe Erzeugende eines auf einem umlaufenden Zylinder befestigten photographischen Films berührten. Die Anfangspunkte der beiden Lichtenbergschen Figuren zeigten sich in Folge der Fortbewegung des Films unter den Spitzen gegeneinander verschoben, und zwar entsprach nach den gewählten Verhältnissen einer Verschiebung von 1 mm ein Zeitunterschied von $7{\cdot}62\ 10^{-8}$ sec. Die freien Funken wurden zwischen verschiedenen Elektroden, wie Spitzen, Kugeln und Platten mit abgerundeten Kanten erzeugt. Als Elektroden für die Gleitfunken dienten auf eine photographische Schicht aufgelegte halbierte Nadel- oder Kugelelektroden, oder auch zwei rechtwinklig abgebogene Rundstäbe, die mit einem geebneten, zur Achse senkrechten Querschnitte auf der Platte auflagen. Es wurden auch freie und Gleitfunken

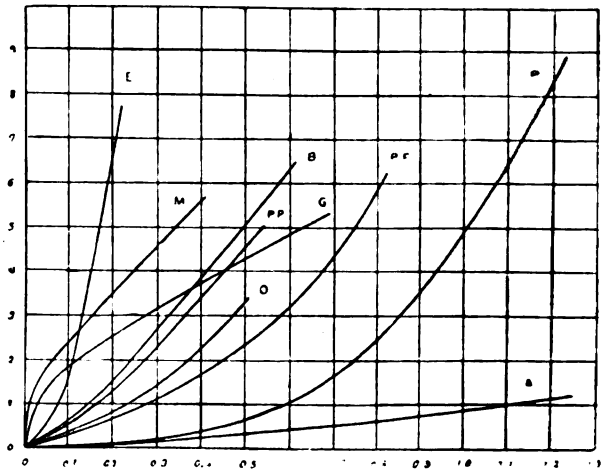


Abb. 1.

unter Öl, sowie freie Funken in festen Isolatoren untersucht. Bezeichnet man mit l die Länge der Funkenstrecke, so entspricht die Funkenverzögerung bei den meisten Stoffen der Formel $t = a \cdot l^2$ (a = Konstante), wie das auch von der Wagnerschen Theorie des Wärmedurchschlages gefordert wird[1]) Nur Glas und Glimmer folgen einem anderen Gesetze, das durch die Formel $t = b \cdot l^{1/2}$ ausgedrückt wird. Tabelle 1 zeigt die Versuchsergebnisse bei kurzen Funkenstrecken.

Tabelle 1.

Funkenweg in	Elektroden	Konstanten a oder b für t in 10^{-8} s, l in mm	Geltungsbereich der empirischen Formel in mm
Luft	Kugeln	$a = 2{\cdot}32$	$l = 0 - 1{\cdot}5$
„	Nadeln	0·26	0 — 4·5
„	Platten	0·93	0 — 1·0
Oel	Kugeln	2·86	0 — 1·3
„	Nadeln	210·5	0 — 0·13
„	Platten	14·9	0 — 0·43
Ebonit	„	173·9	0 — 0·20
Paraffin	„	10·0	0 — 0·75
Papier	„	3·23	0 — 0·75
Glimmer	„	$b = 8{\cdot}33$	0 — 0·30
Glas	„	$b = 5{\cdot}95$	0 — 0·60
Gleitfunken in Luft	Halbkugeln	$a = 0{\cdot}48$	0 — 2·45
	Halbnadeln	0·14	0 — 4·2
	Rundstäbe	0·41	0 — 3·6

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 429.

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, Das El.-Werk, S. 320; E. u. M. 1926, S. 898, TWN, S. 29.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 620.

Digitized by Google

Abb. 1 stellt die zwischen Platten erhaltenen Ergebnisse in Schaulinien dar, deren Abszissen die Funkenlängen in mm und deren Ordinaten die Verzögerung in 10^{-8} sec angeben. Die Bezeichnungen der Kurven entsprechen folgenden Stoffen: E = Ebonit; M = Glimmer; B = Bienenwachs; PP = Preßspan; G = Glas; PF = Paraffin; O = Öl; A = Luft. Die vorstehenden Ergebnisse wurden mit der zuerst angeführten Grenzlinienmethode erhalten. Vereinzelte Messungen wurden auch nach der Methode des rotierenden Films bei etwa $t = 10^{-4}$ sec vorgenommen. Hiebe zeigte sich ausnahmslos eine weitaus größere Verzögerung als man nach den oben angeführten Formeln erwarten würde. Der Verzögerung $t = 10^{-4}$ sec entsprechen ungefähr die Funkenlängen nach Tab. 2.

Tabelle 2.

Funkenweg	Elektroden	l in mm	Funkenweg	Elektroden	l in mm
Gleitfunken in Luft	Halbnadeln	14·0	Gleitfunken in Öl	Halbnadeln	0·57
"	Halbkugeln	8·0	"	Halbkugeln	0·57
"	Rundstäbe	8·0	Freie Funken in Luft	Nadeln	14·0
			"	Kugeln 2 und 3 cm	4·6

Bemerkenswert ist, daß die Verzögerung in Luft bei Kugelelektroden wesentlich größer ist, als bei Nadelelektroden, während in Öl die umgekehrte Erscheinung auftritt. Gleitfunken in Luft verhalten sich hierin ähnlich wie die freien Funken; dagegen besteht unter Öl kein Unterschied zwischen Nadel und Kugelelektroden.

R. H.

(The Technology Reports of the Tohoku Imperial University, Sendai Japan, Bd. VII, Nr. 1, 1927.)

Beitrag zur allgemeinen Theorie der elektrostatischen und elektromagnetischen Kopplung zwischen Starkstrom- (Hochspannungs-) und Fernmeldeleitungen im stationären Zustand. G. Eggeling ersetzt die bisher übliche getrennte rechnerische Behandlung der elektrostatischen und elektromagnetischen Kopplungsvorgänge beim Parallelverlauf von Starkstrom- und FM-Leitungen durch eine gleichzeitige. Zur Behandlung gelangt nur der stationäre Zustand. Bezeichnet $\mathfrak{E}_0$ die Spannung, $\mathfrak{J}_0$ den Strom des Hochspannungssystems, ferner $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{J}_1$ die Spannung bzw. den Strom im FM-System und R_1, L_1, C_1, G_1 die auf die Längeneinheit 1 km bezogenen Werte des Widerstandes, der Selbstinduktivität, der Kapazität und der Ableitung des Systems 1, endlich C_{01} den Koeffizienten der kapazitiven Kopplung und M_{01} die kilometrische Gegeninduktivität der beiden Systeme, so sind nach L. Lichtenstein[1]) die allgemeinen Differentialgleichungen für Spannungs- und Stromverteilung auf der FM bei Vernachlässigung der Kopplung durch die Ableitung zwischen beiden Systemen:

$$-\frac{d\mathfrak{E}_1}{dx} = \mathfrak{J}_1 (R_1 + i\omega L_1) + i\omega M_{01}\mathfrak{J}_0 \quad . \quad (2a),$$

$$-\frac{d\mathfrak{J}_1}{dx} = \mathfrak{E}_1 (G_1 + i\omega C_1) + i\omega C_{01}\mathfrak{E}_0 \quad . \quad (2b).$$

Der Verf. setzt nun nach dem Vorgang von H. Pleijel[2])

$$\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}' - \mathfrak{k}\mathfrak{J}_0, \quad \frac{d\mathfrak{J}_1}{dx} = \frac{d\mathfrak{J}'}{dx}, \text{ wobei } \mathfrak{k} = \frac{i\omega M_{01}}{R_1 + i\omega L_1} \quad (3a)$$

den komplexen Kopplungs-Koeffizienten des magnetischen Feldes bedeutet, führt aber außerdem

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{E}' - \mathfrak{p}\mathfrak{E}_0; \quad \frac{d\mathfrak{E}_1}{dx} = \frac{d\mathfrak{E}'}{dx}$$

in die Gleichungen ein, wobei er mit

$$\mathfrak{p} = \frac{i\omega C_{01}}{G_1 + i\omega C_1}$$

einen neuen komplexen Koeffizienten definiert, welcher der Kopplung durch das elektrische Feld Rechnung trägt. Auf diese Weise ergibt sich das Gleichungspaar

$$-\frac{d\mathfrak{E}'}{dx} = (R_1 + i\omega L_1)\mathfrak{J}' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4a),$$

$$-\frac{d\mathfrak{J}'}{dx} = (G_1 + i\omega C_1)\mathfrak{E}' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4b),$$

dessen Integration in bekannter Weise vorgenommen werden kann[1]).

Durch Einführung der Grenzbedingungen in die Lösungen ergeben sich für alle wichtigen, Betriebs- bezw. Störungsfällen, entsprechenden Schaltungen der FM-Leitung Gleichungen für die Spannungs- und Stromverteilung längs der Parallelstrecke. Jede enthält die Komponenten beider Felder, so daß die Phasenlage ermittelt werden kann. Die strengen, wenig handlichen Lösungen werden zu Näherungsformeln vereinfacht, deren Genauigkeit für die praktische Anwendung als völlig ausreichend nachgewiesen wird.

Die Kopplungskoeffizienten $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{k}$ sind von Fall zu Fall verschieden. Sie hängen von den jeweiligen Betriebsbedingungen beider Leitungssysteme sowie von den Lagebeziehungen sämtlicher Leiter ab. An sieben Beispielen von praktisch vorkommenden Parallelverläufen werden für alle heute wichtigen Fälle die jeweils erforderlichen Koeffizienten hergeleitet bzw. der vorhandenen Literatur entnommen. Dabei wird unterschieden zwischen solchen Näherungen, welche zwischen Freileitungssystemen bestehen, und solchen, bei denen eines oder beide Systeme verkabelt sind. Für die zweite Gruppe fällt die kapazitive Kopplung fort; dafür treten als weitere, in die Berechnung einzubeziehende Leitungssysteme die aus den metallischen Hüllen und Erde gebildeten Stromkreise hinzu. Der Verfasser erörtert auch den Fall, bei welchem beide Systeme verkabelt sind und somit auch der Bleimantel des induzierenden Starkstromkabels dämpfend wirkt.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 5, H. 8, 1928.)

[1]) „Über das Nebensprechen in kombinierten Fernsprechkreisen", Berlin 1919.

[2]) Untersuchungen über Schwachstromstörungen bei Einphasenwechselstrombahnen: „Spannung und Strom in der Schienenleitung". München und Berlin 1920, S. 50.

Patentbericht.

Elektrische Gasreinigungsanlagen.

Betriebsverfahren.

Es ist bereits bekannt, die Abscheidungen an den Elektroden durch besondere Wärme- oder Kühlmittel zu temperieren, um den ungünstigen Einfluß der abgeschiedenen Schwebekörper auf die elektrischen Entladungen oder schädliche Temperaturwirkungen des zu behandelnden Fluidums zu beseitigen. Nach einer Erfindung von Erwin Möller in Brackwede i. W. wird als Temperiermittel Dampf unter einem geeigneten, häufig von dem atmosphärischen abweichenden Druck verwendet, und zwar entstehender Dampf als Kühlmittel oder kondensierender Dampf als Heizmittel. Je nach der Arbeitstemperatur der Elektroden kommt als Stoff für den Dampf nicht nur Wasser, sondern auch Benzol, Kohlensäure und anderes in Betracht. Der entstehende bzw. kondensierte Dampf kann nach seinem Entweichen aus dem Temperiermantel wieder regeneriert und im Kreislauf von neuem verwendet werden.

(Ö. P. Nr. 103160.)

Nach einer Erfindung der Firma Metallbank und Metallurgische Ges. in Frankfurt a. M. befindet sich die Sprühelektrode außerhalb der Niederschlagsrohre, das zu reinigende Gas umspült die Rohre von außen, wobei also die Außenwände der Rohre als Niederschlagsflächen dienen, während durch das Innere der Rohre, die ein zusammenhängendes Rohrsystem bilden, eine Temperierflüssigkeit geleitet werden kann. Es ergibt sich so die Möglichkeit, zum Beispiel die Wasserrohre von Dampfkesseln, Vorwärmern und dergleichen als Niederschlagselektroden in den zu reinigenden Gasstrom zu hängen und die Gaswärme nutzbar zu verwerten.

(D. R. P. Nr. 459961.)

[1]) Vgl. z. B. Wissenschaftl. Veröff. a. d. Siemens Konzern, Bd. II, 1922, S. 422.

Digitized by Google

Bei der Speisung von Gasreinigungsanlagen über mechanische Gleichrichter oder Ventilröhren werden die Elektroden mit einer pulsierenden Gleichstromhochspannung gespeist und zu den Elektroden Kondensatoren parallel geschaltet. Nach einer Erfindung der SSW (Dr. R. Rüdenberg) werden die Kondensatoren derart groß bemessen, daß die Elektrodenspannung in keinem Augenblick die Ionisierungsspannung wesentlich unterschreitet; (der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Spannung in der Kammer soll zweckmäßig nicht mehr als etwa 10 vH der Gesamtspannung betragen) zum Zwecke, eine bessere Reinigungswirkung in der Kammer zu erreichen, und die nicht mehr stoßweise beanspruchten Isolatoren schwächer halten zu können. Die Kondensatoren und die Höhe der angelegten Spannung sollen nach einer weiteren Erfindung so bemessen werden, daß die kleinste Spannung an den Elektroden die Ionisierungsspannung noch um mindestens 20 vH überschreitet, zum Zwecke der Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlage. (D. R. P. Nr. 426149 u. 448034.)

Bei einer Erfindung derselben Firma (Ing. K. Hahn) wird in bekannter Weise den Elektroden der Gasreinigungskammer über einen mechanischen Gleichrichter stets nur ein und dieselbe Wellenhälfte der Wechselspannung zugeführt, weil es sich gezeigt hat, daß die Abscheidewirkung der Elektroden nicht geringer ist, als wenn die Speisung mit beiden gleichgerichteten Wellenhälften erfolgt, trotzdem der Stromverbrauch nur etwa die Hälfte beträgt. Erfindungsgemäß werden die Niederschlagselektroden zweier Kammern mit der Mitte der Hochspannungswicklung des Transformators und die äußeren Enden der Hochspannungswicklung über einen mechanischen Gleichrichter mit den Hochspannungselektroden der beiden Gasreinigungskammern verbunden. (D. R. P. Nr. 456405.)

Bei dem Verfahren der Lurgi Apparatebau G. m. b. H. in Frankfurt a. M. werden in dem durch gegenpolige Sprüh- und Niederschlagselektroden gebildeten elektrischen Felde beide Elektrodenarten in Bewegung gehalten. Gemäß der Erfindung erfolgt die Bewegung der Niederschlagselektroden — wie bereits bekannt — und der Sprühelektroden mit der gleichen oder nahezu der gleichen Geschwindigkeit. Die Gasgeschwindigkeit kann dann entsprechend der Bewegungsmöglichkeit der Elektroden beliebig hoch gesteigert werden, ohne daß der Gasstrom die Teilchen am Absetzen an der Niederschlagselektrode hindert, bzw. sie von dort wieder abreißt.
(D. R. P. Nr. 443671.)

Eine Erfindung der A.-G. Metrum und von H. Loosli in Wallisellen bei Zürich, betrifft ein Verfahren zur Abscheidung von festen oder flüssigen Teilchen aus Gasen oder Dämpfen unter Verwendung von zwei- oder mehrphasigem Wechselstrom, also unter Vermeidung der empfindlichen Hochspannungsgleichrichter. Der vorzugsweise niedrigperiodische Mehrphasenstrom wird symmetrisch angeordneten Abscheidedrähten, die isoliert in dem Abscheiderohr hängen, zugeführt, so daß zwischen den Drähten ein elektrostatisches Drehfeld entsteht, in welchem die Teilchen zur Rotation gebracht und je nach ihren elektrischen Eigenschaften zur Wandung oder in die Mitte des Feldes getrieben werden. (Schweizer P. Nr. 114909.)

Durch eine Erfindung der Firma Lurgi Apparatebau G. m. b. H. (W. Deutsch) in Frankfurt a. M. wird es ermöglicht, die Leistung eines Transformators, der je über einen umlaufenden Hochspannungsgleichrichter mehrere Verbraucher speist, gleichmäßig auf verschiedene untereinander gleiche Gasreiniger zu verteilen. Um die Stromstärke in den einzelnen Verbrauchskreisen unter sich gleich oder nahezu gleich zu halten, werden in die Zuleitung vom Gleichrichter zum Verbraucher Widerstände eingeschaltet, die eine den Funkenwiderstand der Gleichrichter stark überragende Größe haben.
(D. R. P. Nr. 424677.)

Nach einer Erfindung von Dr. H. Rohmann in Saarbrücken und der Firma Elektrische Gasreinigungs G. m. b. H. in Charlottenburg, wird eine Abscheidevorrichtung unter Verwendung von Wechselspannung dadurch verbessert, daß die Anordnung mit getrennten Auflade- und Abscheidungsfeldern ausgestattet wird. Beide werden mit Wechselspannungen betrieben und es wird durch an sich bekannte Mittel der einen Wechselspannung eine derartige Phasenverschiebung gegenüber der anderen gegeben, daß der im Aufladefeld jeweils aufgeladene Staub in das Abscheidefeld zu einer Zeit gelangt, wo dort die Feldstärke am größten ist und jedenfalls keinen Richtungswechsel erleidet. Die Größe der Phasenverschiebung muß je nach der Entfernung zwischen Auflade- und Abscheidefeld und nach der Gasgeschwindigkeit eingestellt werden. (D. R. P. Nr. 425026.)

Nach einer Erfindung der SSW (Ing. W. Dreyheller) werden parallel zu einem Höchststromschalter, der bei unzulässigem Überschreiten der Stromstärke in dem Elektrofilter die Stromzuführung unterbricht, Widerstände von solcher Größe angeordnet, daß beim Ansprechen des Höchststromschalters noch ein das plötzliche Herabfallen des Staubes — zufolge des sonst bei Stromunterbrechung plötzlich verschwindenden Feldes — verhütender Strom durch das Filter fließt. Die Staubteilchen bleiben also hängen und fallen wie sonst im normalen Betrieb in zusammengeballten Flocken herab. (D. R. P. Nr. 450444.)

Bei einer Anordnung derselben Firma (J. Fischer und Ing. F. Müller) wird bei einem Funkenüberschlag in der Kammer eine Vorrichtung zur Anzeige des Funkenüberganges oder zur Abschaltung oder Erniedrigung der elektrischen Spannung betätigt. Erfindungsgemäß wird die Sicherheitsvorrichtung von den beim Funkenüberschlag auftretenden elektrischen Wellen betätigt und es kommt zu diesem Zweck ein Fritter oder eine beliebige andere Vorrichtung in Betracht, die auf elektromagnetische Wellen anspricht. Zum Beispiel kann man in der Kammer einen als Antenne wirkenden Draht vorsehen, der eine als Relais wirkende Verstärkerröhre betätigt. Die Empfangsvorrichtung wird auf diejenige Wellenlänge abgestimmt, die beim Funkenübergang hauptsächlich auftritt. Die wellenempfindliche Einrichtung wird gegen die Wellen, die vom Gleichrichter oder ähnlichen Sendern ausgehen, abgeschirmt. Bei einer Gasreinigungsanlage mit metallischer Kammerwanderung ist dies bereits durch Anbringen der wellenempfindlichen Anordnung innerhalb der Kammer erreicht. (D. R. P. Nr. 450392.)

Gemäß der Erfindung der SSW (Ing. F. Müller) werden Explosionen in Gasreinigungsanlagen dadurch verhindert, daß Vorrichtungen durch die Auswirkungen eines eventuellen Brandes betätigt werden, die den Abfluß des abgeschiedenen Staubes aus der Reinigungskammer nach der Abfuhrstelle verhindern, zum Beispiel ein Kontaktthermometer, welches bei zunehmender Erwärmung infolge eines Brandes das Abschalten des Betriebsstromes der Schnecke bewirkt, oder eine Selenzelle, welche auf die beim Brande auftretenden Lichterscheinungen anspricht.
(D. R. P. Nr. 455872.)

Isolatoren.

Nach einer Erfindung der Elektrischen Gasreinigungs G. m. b. H. in Berlin-Charlottenburg wird der Durchführungsisolator zur Einführung der Hochspannungsleitung ganz innerhalb des durch die Wandungen der Gaskammer abgegrenzten Raum angeordnet, zum Beispiel in einem besonderen Gehäuse untergebracht, welches an einer der Wände des Abscheideraumes so angebracht ist, daß es von dem warmen Gas umspült wird. In dem der Außenwand näher liegenden Teil des Gehäuses kann noch eine Heizschlange angebracht werden, mit deren Hilfe die Erhitzung auf die Gastemperatur bewirkt werden kann. Auf diese Weise wird der Isolator im ganzen auf gleicher Temperatur gehalten und Zerstörungen zufolge Temperaturverschiedenheit einzelner Teile derselben vermieden. (D. R. P. Nr. 460072.)

Digitized by Google

Zum Schutze des Isolators gegen leitende Abscheidungen aus dem Gas sieht die Firma Metallbank und Metallurgische Gesellschaft Akt. Ges. in Frankfurt a. M. einen siphonartigen Kanal vor, welcher in beiden Schenkeln mit Öl oder dergleichen gefüllt gehalten wird, und dessen einer Schenkel an seinem oberen Ende den festen Isolator trägt, während der andere Schenkel an den Gasraum des elektrischen Reinigers anschließt und so die Einführung des durch das Öl oder dergleichen hindurchgeleiteten Hochspannungsleiters in den Niederschlagsraum gestattet. (D. R. P. Nr. 424128.)

Nach einer Erfindung des Dr. Ing. O. Kurz in Gelsenkirchen und der Firma Elektrische Gasreinigungs G. m. b. H. in Charlottenburg, wird der Staubdurchtritt an der Öffnung durch die die Hochspannungsleitung durch eine Metallwand hindurchgeführt wird, dadurch vermieden, daß die Hochspannungsleitung an einer oder an beiden Seiten der Durchtrittsöffnung mit Verdickungen versehen wird, die die Öffnung mehr oder weniger abdecken und die Öffnung selbst so geformt wird, daß der Durchlaß verhältnismäßig eng und gewunden ist und in ihm ein starkes elektrisches Feld entsteht, ohne daß Sprühwirkungen auftreten. (D. R. P. Nr. 424128.)

Abreinigung der Elektroden.

Der Staub wird auf den Niederschlagselektroden zum Teil auch durch elektrostatische Kräfte festgehalten. Es fällt daher ein großer Teil des Staubes ab, wenn man die Betriebsgleichspannung des elektrischen Reinigers abschaltet. Nach einer Erfindung der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft Akt. Ges. in Frankfurt a. M. (Dr.-Ing. E. Hueter) werden diese elektrostatischen Kräfte zur Abreinigung der Elektroden nutzbar gemacht. Es wird die Betriebsgleichspannung abgeschaltet und die dann noch durch Adhäsion und andere Kräfte anhaftenden Staubteilchen durch Anlegen von Wechselspannung an die Sprühelektrode entfernt. (D. R. P. Nr. 443019.)

Die insbesondere netz- oder siebförmigen, oder ketten- oder drahtförmig oder auch in Form eines gelochten Bleches oder in ähnlicher Weise ausgebildeten Niederschlagselektroden, welche von dem Gas quer durchstrichen werden, werden nach einer Erfindung der SSW (Ing. G. Schwalm) dadurch vom anhaftenden Staub befreit, daß mehrere, innerhalb einer Niederschlagselektrode dicht aneinander liegende Netze oder dergleichen derart gegeneinander verschoben werden, daß die gegenseitige Überdeckung der Maschen oder Löcher der einzelnen Elektrodenteile sich ändert. Dadurch findet eine Abstreichung des an den einzelnen Elektrodenteilen sich absetzenden Staubes statt.

(D. R. P. Nr. 428539.)

Elektroden.

Nach einer Erfindung der SSW (Ing. R. Heinrich) kann die Sprühwirkung der Sprühelektroden durch die Verwendung von Metallegierungen, die gegenüber den aus einfachen reinen Metallen bestehenden Sprühelektroden die Eigenschaft einer erhöhten Elektronenemission besitzen verbessert werden. Als besonders zweckmäßig haben sich in dieser Hinsicht Legierungen der bisher für Sprühelektroden verwendeten Metalle, wie Eisen, Kupfer, Bronze, Messing, Nickel, Wolfram und dergleichen, mit einem Zusatz von etwa 0·5 bis 3 vH Thorium erwiesen. (D. R. P. Nr. 442644.)

Eine weitere Erfindung derselben Firma betrifft die besondere Ausbildung von Sprühelektroden als Gitter aus sogenanntem Streckmetall. (Bleche werden in bestimmter Weise eingeschnitten und dann in Richtung ihrer Ebene quer zu den Einschnitten gestreckt, das Blech wird so zu einem System von Maschen auseinandergezogen, die von schmalen Blechstreifen gebildet werden.) Diese Gitter besitzen sehr scharfe Kanten, die günstige Ausstrahlmöglichkeiten für die Elektrizität geben und weisen große Stabilität gegen Verbiegungen durch Kräfte senkrecht zur Gitterebene auf. (D. R. P. Nr. 449046.)

Eine kastenförmig ausgebildete Niederschlagselektrode, welche an den zum Gasstrom parallelen, wirksamen Niederschlagsflächen des Kastens Schlitze oder dergleichen zum Abführen des Staubes in das Kasteninnere besitzt, wird nach einem Vorschlag der SSW (Ing. R. Heinrich) dadurch verbessert, daß die durch die Begrenzungskanten gebildeten Durchgangsöffnungen bzw. Durchgangsflächen quer zur Gasströmung angeordnet werden, so daß die längs der Elektrodenfläche verlaufende Gasströmung den sich abscheidenden Staub in die Durchgangsöffnungen hineintreibt. Der Staub gelangt dadurch in das Innere der Kastenelektrode in einen von der Gasstromung unberührten Raum, von wo er in irgend einer Weise in den Bunkenraum abgeführt werden kann, ohne von der Gasströmung wieder mitgerissen zu werden. Die beiden wirksamen Elektrodenflächen im Innern des Kastens können durch eine Zwischenwand getrennt werden.

(D. R. P. Nr. 438972 u. 453989.)

Nach einer Erfindung des Dipl.-Ing. Dr. Erich Oppen und der Firma Kirchhoff & Co. in Hannover, werden die Drahtbrüche der Sprühelektroden mit Sicherheit dadurch verhindert, daß der Draht ungespannt angeordnet und aus einem Stoff mit sehr unelastischen Eigenschaften hergestellt wird. Hierfür kommen hauptsächlich unelastische Bleilegierungen, Nickelin, oder sich ähnlich verhaltende Legierungen in Frage. Temperaturveränderungen haben auf den unelastischen Draht keinen Einfluß, während der gespannte Draht dadurch eine Überanstrengung erfahren kann.

(D. R. P. Nr. 441423.)

Nach einer Erfindung der Firma Elektrische Gasreinigungs G. m. b. H. in Berlin-Charlottenburg, wird eine Abscheideelektrode aus in gewissen Abständen voneinander angeordneten Profileisen zusammen gesetzt, die im Querschnitt so profiliert und gestellt sind, daß der Gasstrom zunächst annähernd senkrecht auf sie auftrifft und dann, an ihnen entlang streichend eine derartige Richtungsänderung erfährt, daß er die Elektroden in einer für die Weiterbehandlung günstigen Richtung verläßt. (D. R. P. Nr. 451041.)

Sicherheitseinrichtungen.

Eine Erfindung der Lurgi Apparatebau G. m. b. H. (W. Deutsch) in Frankfurt a. M., betrifft ein Verfahren zur Strombegrenzung beim Betriebe elektrischer Gasreiniger. Gemäß der Erfindung wird die Eigenschaft der Glühkathodenröhren, bei einer bestimmten Heizstromstärke unabhängig von der Anodenspannung nur einen bestimmten Sättigungsstrom hindurch zu lassen, in der Weise benutzt, daß eine Glühkathodenröhre in den Stromkreis der elektrischen Niederschlagsanlage eingeschaltet und ihr Heizstrom so geregelt wird, daß die Röhre nur von einem Strom durchflossen werden kann, der eine Funkenentladung bzw. eine Lichtbogen bildung im elektrischen Niederschlagsraum ausschließt. Neben ihrer Wirkung als Strombegrenzer kann die Glühkathodenröhre in bekannter Weise zugleich als Gleichrichter von hochgespanntem Wechselstrom verwendet werden, wobei die zu diesem Zweck bekannten Schaltungen, zum Beispiel die Graetz'sche Schaltung, benutzt werden. (D. R. P. Nr. 455103.)

Nach einer Erfindung der Metallwaren- und Metallurgischen Gesellschaft Akt. Ges. (Ing. F. Lechler) in Frankfurt a. M., wird die Feuchtigkeit aus dem Gas, nachdem es den Gasreiniger verlassen hat, als Kondensat niedergeschlagen und dessen elektrische Leitfähigkeit gemessen. Da das elektrische Leitvermögen des Kondensats sich mit dem Gehalt an fremden Beimengungen, zum Beispiel Säuren, ändert, so läßt sich ohne weiteres aus dem Ergebnis der elektrischen Messung auf die Reinheit des Gases schließen.

(D. R. P. Nr. 442556.)

Nach einer Erfindung der Firma Kirchhoff & Co. in Hannover, kann bei der Reinigung von Kohlenstaub enthaltenden Gasen jede Brennmöglichkeit dadurch verhütet werden, daß der niederschlagende Staub vom Gas getrennt wird. Gemäß der Erfindung wird der Staub von der anhaftenden Luft dadurch befreit, daß er

Digitized by Google

zusammengepreßt wird, in dem unterhalb der Niederschlagsplatten des Ausscheideapparates durch Federdruck aneinander gepreßte Walzen angeordnet sind, die den niederfallenden Staub sofort erfassen und zusammenpressen. Den Walzen können verschiedene Umlaufgeschwindigkeit erteilt werden.

(D. R. P. Nr. 439288.)

Nach einer Erfindung der SSW wird für eine aus mehreren Kammern oder Gruppen von Kammern bestehende Anlage ein eigenes, gesondert regelbares Aggregat für die Erzeugung der Hochspannung vorgesehen. Soll eine einzelne Kammer oder eine Gruppe an die anderen angeschlossen werden, dann ist es nicht notwendig, die ganze Anlage stillzusetzen, sondern man schließt die einzelne Kammer an das Sonderaggregat an, setzt sie allmählich unter Spannung und schaltet sie dann an die Gesamtanlage an. Das Sonderaggregat besteht aus einem eigenen Regeltransformator mit Gleichrichter, kann aber auch ein regelbarer Vorschaltwiderstand sein, über den die anzuschließende Kammer an die gemeinsame Hochspannung gelegt wird.

(D. R. P. Nr. 448884.)

Literaturberichte.

2990 **Hochspannungsanlagen.** Von F. Weickert, Leipzig. 2., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. 320 Seiten mit 266 Abb. Verlag von Dr. Max Jännecke, Leipzig, 1928. Preis: geh. Mk. 12·—, geb. Mk. 13·50.

Gegenüber der ersten Auflage[1]) zeigt das Buch nunmehr eine beträchtliche Erweiterung. Das Buch ist — wie früher — in 26 Abschnitte eingeteilt, sonst aber einer gründlichen Änderung unterworfen worden. Einzelne Kapitel, wie Isolatoren und Schaltanlagen sind neu eingefügt worden. Eine Abhandlung über Transformatoren und Öle beschließt das Buch. Die zahlreichen den Text begleitenden Abbildungen sind gut gewählt.

Die Ausführungen sind das Ergebnis einer langen und reichen Betriebserfahrung, die daraus geschöpften Richtlinien geben sehr klar und eindrucksvoll an, worauf es bei einer guten Planung einer Schaltanlage und ihrer Ausrüstung ankommt. Wie es bei dem noch im Flusse befindlichen Gebiete natürlich ist, werden keine einseitigen abschließenden Urteile über die einzelnen Ausführungsarten der Anlagen abgegeben, sie werden jede in ihren kennzeichnenden Merkmale sine ira et studio vorgeführt. Wie im Vorworte gesagt wird, wendet sich das Buch zuerst an den jungen Techniker und Bauleiter. Dem Fachmanne auf dem Sondergebiete der Hochspannungsanlagen viel Neues zu bringen, erschwert der große Umfang des Gebietes und der kleine des Buches. Wohl aber wird der erfahrene Techniker der Nachbargebiete, und seien es auch fernere wie der Hochbau, viele Anregungen daraus schöpfen und manche nicht gleich verstandene Anforderung des Elektrotechnikers begreifen können. Das Buch ist ein volles, harmonisch aufgebautes Werk und sei somit Allen angelegentlichst anempfohlen. Ing. V. Horwatitsch.

3750 **Taschenbuch für Schiffsingenieure und Seemaschinisten.** Von Obering. E. Ludwig und Mitwirkung von Obering. W. Brose und Ing. Ziem. Mit einem Beitrag über Nautik von Prof. Steppes, Direktor der Seefahrtschule in Hamburg, nach Angabe von Prof. Dr. G. Bauer, Direktor der Deutschen Schiff- und Maschinenbau A.-G. 4. Aufl. 588 Seiten, 495 Abb., 8°. Verlag Oldenburg, 1928. In Leinen geb. Mk. 12·—.

Nach mehrjähriger Pause, in welche der Tiefstand des deutschen Seewesens nach dem Kriege fiel, ist eine neue Auflage dieses verbreiteten Nachschlagewerkes erschienen, in welchem die große Entwicklung des Schiffswesens in den letzten Jahren aufgenommen ist. Auf die klar und sorgfältig ausgearbeiteten Kapitel über Nautik kann hier nicht näher eingegangen werden, vielmehr soll bloß die Abteilung „Elektrotechnische Einrichtungen an Bord" kurz besprochen werden. In ihr werden die elementaren Begriffe und Gesetze der Elektrotechnik, die Gleichstrommaschinen, die Beleuchtung, Meßinstrumente und die Akkumulatoren in klarer und allgemein verständlicher Weise dargestellt. Immerhin erscheint der Raum, welcher der Elektrotechnik eingeräumt ist, etwa 1/13 des ganzen Werkes, in Anbetracht ihrer Wichtigkeit und Verbreitung im Schiffbau recht knapp. Es fehlt zum Beispiel die Erläuterung der Installation der Licht- und Kraftnetze mit ihren den Verhältnissen am Schiff angepaßten Eigentümlichkeiten, ebenso wären die Schalt- und Steuerapparate einer besonderen Behandlung wert. Es ist auch nicht genügend instruktiv, wenn als einzige Schaltanlage für Schiffszentralen eine Anordnung mit drei Dynamos und vier Sammelschienen angegeben wird, welche erst für größere Schiffe Bedeutung hat. Irreführend für den Nichtelektriker ist es ferner, wenn auf Seite 410 die Bürstenverschiebung bei Laständerung als notwendig dargestellt wird, ohne Hinweis darauf, daß einige Seiten später die Wendepole und die Kompensationswicklung in ihrer Wirkung auf die Bürstenverschiebung ganz richtig dargestellt werden. Auffallend ist ferner, daß unter den Mitteln zur Drehzahlregelung einer Hauptstromdynamo die Bürstenverschiebung angegeben wird, ein Verfahren, welches wohl recht selten angewendet wird. Wenn als Wesen der Leonardschaltung lediglich die Möglichkeit angegeben wird, die Motordrehzahl rasch ändern zu können und dieses Verfahren deshalb als „Schnellregelung" bezeichnet wird, so kann diese Darstellung nicht glücklich genannt werden. Die erwähnten Mängel werden in einer Neuauflage gewiß leicht behoben werden können. Im übrigen ist die Darstellung dem ins Auge gefaßten Leserkreis durchaus angemessen und wird ihm gute Dienste leisten. Dr. Horschitz.

3707 **Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.** Von Alfred Bothe, mit einem Geleitwort von Dr. Kemmann. 164 Seiten mit 116 Textabb. und 18 Tafeln. Verlag von Julius Springer. Berlin, 1928. Preis: Mk. 32·—.

Es lag für den Verfasser keine leichte Aufgabe vor, als er auf Anraten Kemmanns vor etwa 16 Jahren die ersten selbsttätigen Signale englisch-amerikanischer Bauart auf der Berliner Hochbahn einbaute. Wenn auch zu diesem Zeitpunkt im Auslande ausreichende Erfahrungen mit selbsttätigen Signaleinrichtungen gemacht worden waren, so lag doch die Schwierigkeit der neuen Aufgaben für die Betriebsverhältnisse deutscher Schnellbahnen darin, die ausländischen Erfahrungen so wirksam auf das eigene Bahnnetz zu übertragen, daß das Fahr- und Blockpersonal nach genügender Kenntnis der Einrichtungen und ihrer Wirkungsweise zu sicherer Handhabung und Unterhaltung aller Teile im Betriebe in verhältnismäßig kurzer Zeit umgestellt werden mußte.

Der Übergang vom handbedienten Block zum selbsttätigen bringt überall anfangs betriebliche Unbequemlichkeiten mit sich, da einmal der Verkehr durch den Umbau nicht gestört werden darf und andererseits mit dem Einsetzen des verdichteten Zugumlaufes die Signal- und Streckenblockeinrichtungen den erhöhten Beanspruchungen voll gewachsen sein müssen. Es bedarf keiner besonderen Begründung, daß zur Lösung der oben gekennzeichneten Aufgaben zähe und aufopferungsvolle Arbeit notwendig gewesen ist. Auf dem Liniennetz der Berliner Hochbahngesellschaft ist diese Arbeit unter Bothes Leitung in besonderer Weise geleistet worden. Die betrieblichen Erfahrungen mit selbsttätigen Signalen entsprechen voll den Erwartungen. Viele Schnellbahnen sind in der Verwendung selbsttätiger Signaleinrichtungen an Stelle handbedienter dem Beispiel der Berliner Hochbahngesellschaft gefolgt.

Seit der Einführung selbsttätiger Signale auf der Berliner Hochbahn ist die technische Entwicklung und Verbesserung der Einrichtungen nicht stehen geblieben. So kam es, daß in verhältnismäßig kurzer Zeit mancher neue Grundsatz Gestalt gewinnen, mancher Bestandteil in verständnisvoller Zusammenarbeit von Theorie und Praxis vorteilhaft durchgebildet werden konnte.

[1]) Besprochen in E. u. M. 1924, S. 343.

Digitized by Google

Dieser Weiterentwicklung gibt der Verfasser in seinem vorliegenden Buche, an frühere Veröffentlichungen anschließend, in gediegener und ausführlicher Weise Ausdruck.

Das ein wenig spröde Gebiet der Durchbildung der mit Wechselstrom als Blockstrom gespeisten Gleisstromkreise ist in einem mit mehreren einfachen und doppelten Kreuzungsweichen ausgerüsteten Stellwerksbahnhof grundsätzlich veranschaulicht. Die zweckmäßigste Art der Einteilung und Durchbildung der Gleisstromkreise eines solchen Bahnhofs zeigt einen sehr wichtigen und interessanten Bestandteil der gesamten Sicherungsanlage. Guter Übersicht wegen hat der Verfasser die einzelnen Gleisstromkreise gegeneinander durch Farbe hervorgehoben. Die Stromläufe selbsttätiger Signale bei freier und besetzter Strecke und alle Bestandteile, wie Blockrelais nebst ihren Kontakten, Transformatoren, Fahrsperrenantriebe, Lichtsignale und Gleisstromkreise, sind schaltungstechnisch vollständig dargestellt und übersehbar. Stromdurchflossene Leitungen sind durch starken Strich hervorgehoben.

Den Schaltvorgängen während einer Zugfahrt über eine selbsttätig gesicherte Strecke ist in besonderer Weise gedacht. Hier sind die einzelnen Stromläufe, und zwar des Gleisstromkreises, der Lichtsignale und Fahrsperren, durch farbigen Druck auseinandergehalten. Im oberen Teil der Schaltungsdarstellung ist die zweipolige Form, im unteren die einpolige gegeben. Während die erstere Schaltungsart die Örtlichkeit der Anlage sowie die Körperlichkeit der Apparate betont, sieht die letztere, im deutschen Sicherungswesen übliche Darstellungsart nach Pfeil, von diesen beiden Faktoren vollständig ab und ermöglicht bei Voraussetzung der Kenntnis der Wirkungsweise der Apparate für den Kundigen eine unübertreffliche Übersicht der Stromwege. Wenn man frühere Veröffentlichungen des Verfassers sowie die von W. Miethke in der E.T.Z. 1926, Seite 1022 betrachtet, so wird man erkennen, in welcher Weise die Vereinfachung und Vereinheitlichung der Anlage vor sich gegangen ist.

Über die verschiedenen Blockrelais sind ausführliche Mitteilungen gemacht. Sie enthalten Einzelheiten über die Wirkungsweise, den Aufbau und die Ausbildung von Spezialkontakten. Man ersieht, wie bei den Siemens-Relais durch geeignete Formung der Federn die Kontakt-Wege und Zeiten in dem für den Betrieb gewünschten Sinne hergestellt sind.

Nachdem die selbsttätigen Einrichtungen der freien Strecken besprochen sind, geht der Verfasser auf den sicherlich wichtigsten Bestandteil der Anlage, das elektrische Stellwerk, ein und gibt in einer bildlichen perspektivischen Darstellung die Einrichtungen eines Hebelwerkes der Bauart Siemens & Halske wieder, das wegen seiner Eignung allgemein im Berliner Schnellbahnwesen Verwendung gefunden hat.

Der Strombelieferung des elektrischen Stellwerkes ist in ausführlicher Weise gedacht. Man sieht neben der grundsätzlichen Darstellung der Stromwege auch die dazugehörige körperliche Ausführung der Haupteinrichtungen, wie Batterieladeschrank, Gleichrichter und Batterie. Die Gegenüberstellung von grundsätzlicher Schaltung und körperlicher Ausführung ist sehr aufschlußreich und sollte in künftigen Veröffentlichungen Nachahmung finden.

In schematischer Darstellung wird der grundsätzliche Zusammenhang der vollständigen Weichenstelleinrichtung in der Grundstellung und den beiden Arbeitsstellungen gegeben. Man sieht, wie die Überwachungs- und Stellströme vom Weichenschalter zum Antrieb und zurückgeführt sind.

Das Wesen der mechanischen Verschlüsse im Stellwerk ist in einer besonderen Tafel für die verschiedenen Fälle einer einfachen Gleisverzweigung mit zwei Gegenfahrten veranschaulicht. Die vollständige Stellwerkschaltung für eine Gleisverzweigung und eine Gleisvereinigung ist in sechs besonderen Tafeln mit großer Sorgfalt zum Ausdruck gebracht. Es scheint nicht vermessen zu sagen, daß Sicherungstechniker, welche diese grundsätzliche Schaltungsdarstellung eines einfachen Betriebsfalles verfolgt und durchgearbeitet haben, in der Lage sein werden, die Schaltung einer umfangreicheren Stellwerkanlage mit vielen Weichen und Signalen, Kreuzungen, Aufstellgleisen zu lesen, zu verstehen und für jeden andersartigen Weichenbezirk zu entwerfen.

Zusammenhängend ist noch auf Tafel XI neben der Verschlußtafel die vollständige Schaltung eines aus mehreren Weichen und Signalen bestehenden Stellwerkbezirkes angegeben. Auf den Tafeln XII und XIII wird das überaus interessante Gebiet der Schaulinien der Bewegungsverhältnisse eines Zuges auf der Berliner Nord- Süd-Bahn und der Zugfolgezeiten für 1½ und 3 min zwischen den Bahnhofen Stettiner-Bahnhof—Bellealliancestraße behandelt.

Am Schluß seiner Ausführungen hat der Verfasser eine übersichtliche Darstellung des gesamten Kabelnetzes der Berliner Hochbahn gegeben. Die Darstellungen gewähren einen großzügigen Überblick über die gesamte Energiewirtschaft des Betriebes.

Das Bothesche Buch kann als eine wertvolle Bereicherung der deutschen Literatur über Signalanlagen, insbesondere über die selbsttätige, bewertet werden. Man liest das klar und flüssig geschriebene Buch mit Genuß und hat das Gefühl, daß mit selbsttätigen Signaleinrichtungen und elektrischen Stellwerken die Betriebserfordernisse der Schnellbahnen nach jeder Richtung voll erfüllt worden sind. Fachleute und Studierende des selbsttätigen Sicherungswesens werden gern zu diesem Buch greifen und Anregungen daraus schöpfen. Dr. Ing. H. Arndt.

Chronik.

Elektrotechnik und Gewerbeinspektion. Der soeben erschienene Bericht über die Amtstätigkeit der Gewerbeinspektorate im Jahre 1927[1]) hebt die auch in Österreich stetig weiter schreitenden Bestrebungen zur Rationalisierung der Betriebe hervor, welche durch weitgehende Vereinfachung des Erzeugungsvorganges und durchgreifende Mechanisierung der Einrichtungen konkurrenzfähige Fabrikate schaffen soll. Auch in den breiten Schichten der Mittel- und Kleinindustrie ist man bereits von der Wichtigkeit dieser Modernisierungen überzeugt, was auch aus der ziemlich bedeutenden Zunahme der unfallversicherungspflichtigen Betriebe zu entnehmen ist. Während nun die Zahl der Fabriken um 1·5 vH abnahm, hat die der Kleinbetriebe sich außerordentlich erhöht. Es ist dies scheinbar ein Widerspruch, doch muß man aus den Äußerungen des Inspektorats schließen, daß auch der kleine Industrielle — oft ohne den gesetzlichen Vorschriften dabei zu entsprechen — sich zur Umgestaltung seiner Anlagen entschlossen hat. Der Bericht hebt die im allgemeinen gute Beschäftigung der Elektro-Großindustrie durch staatliche Aufträge, durch den Ausbau der Wasserkräfte, aber auch durch Exportaufträge für elektromedizinische Apparate und Radiotechnik hervor. Von Neubauten für die Elektrizitätserzeugung werden diesmal nur wenige genannt, zum Beispiel ein Werk im Inspektorat, Wien I, die Anschlüsse an die Oststeirische-Burgenländische-Elektrizitäts - A. - G., der Ausbau der Elektrizitätswerke Reutte in Tirol, die fortschreitende Elektrifizierung im Marchfelde, die bedeutende Erweiterung der Leitungsnetze in Niederösterreich (Anschluß von 40 Ortschaften), Aufstellung von neuen Turbinen-Agregaten in zwei steirischen Zentralen, die Ausdehnung des Netzes der Steweag u. a. m. Im allgemeinen ist das aber gegen frühere Jahre geringfügig, was auch auf die geminderte Kapitalskraft zurückgeführt wird, die heutzutage meist nicht ausreicht, um projektierte Investitionsprogramme durchzuführen.

Von den ziemlich spärlichen interessanten Neuerungen elektrotechnischer Natur ist die Anwendung der sogenannten Robelmaschinen zu erwähnen, die d. J. zum ersten Male in Österreich beim Eisenbauoberbau zur

[1]) Vgl. den vorhergehenden Bericht, E. u. M. 1927, S. 226.

Digitized by Google

Stromlieferung für die verschiedenen Arbeitsmaschinen Anwendung fanden: es ist dies eine 3 bis 4-PS-Benzin-Dynamo mit Spannungsregler, die auf einem normalspurigen 4rädrigen Eisenbahnwagen montiert ist und zur Beleuchtung der Arbeitsstellen und zum Betrieb verschiedener auf Traggestellen angebrachten Arbeitsmaschinen dienen, für deren Fortbewegung zwei Mann genügen.

Wie schon erwähnt, berichten die Gewerbeinspektoren auch vielfach über notwendig gewesene Beanständungen, die nicht nur dem Schutze der in den betreffenden Betrieben beschäftigten Arbeiter, sondern auch dem allgemeinen volkswirtschaftlichen Interesse dienten. In einem Gaswerk wurden in der Benzolabteilung blanke freiliegende elektrische Leitungsdrähte und zerbrochene Schalter vorgefunden. In einer Mälzerei und Brauerei gaben die elektrischen Einrichtungen Anlaß die gründliche Überprüfung und Instandsetzung vorzunehmen; viele Schalter waren dort schadhaft oder abgerissen und der Kontakt wurde durch Verbindung der Drahtenden herbeigeführt, bei den Abzweigungen fehlten die Dosen, auf meterlangen Strecken auch die Isolatoren; Beleuchtungskörper hingen an Kabeln als Tragorgan, Schalter und Anlasser in feuchten Räumen besaßen keine Schutzkappen und manche Leitungen waren in Holzleisten ohne Rohrschutz verlegt.

Die wachsende Verbreitung von Radio-Lampen-Apparaten und auch von Akkumulator-Beleuchtungsanlagen für Kraftwagen hat die Zahl der Ladestationen stark vermehrt; hier waren häufig Unzukömmlichkeiten abzustellen. Von einer Werkzeugfabrik wird berichtet, daß sich die elektrische Anlage (N. Ö. West) in stark verwahrlostem Zustande befand: Sicherungen fehlten, blanke Leitungen lagen im Bereich leichter Berührung, die meisten Holzmaste waren vermorscht, lebende Bäume dienten als Stützpunkte, Isolatoren waren zerbrochen usw. In Kärnten führten mangelhafte Ausführungen eines Transformators von 800 kVA für einen Elektroofen zum Brande einer neu eingerichteten chemischen Fabrik und zur Vernichtung des Dachstuhls. Zwischen Hochspannungswicklung und Mantelwandungen war ein Zwischenraum von nur 10 mm vorgesehen. Bereits während des Probebetriebes bei einer Belastung mit nur 1/4 der Kapazität des Umformers schmolzen an zwei Stellen die Hochspannungswicklungen durch; ein Flammenbogen entstand, ließ auch die nahe Wandung des Kesselmantels an einer Stelle durchbrennen und gab damit Anlaß, daß die Transformatorenkammer, und in weiterer Folge die ganze Fabrik durch das unter hohem Druck ausfließende Öl entzündet wurde. Der Berichterstatter für Vorarlberg beklagt, daß im Gegensatz zu den fachmännisch geleiteten Anlagen zur Erzeugung und Leitung elektrischen Stromes manche Verbrauchsanlagen, insbesondere auch Neu- oder Zu- und Umbauten, die doch erhöhte Vorsicht verlangen, oft außerordentlich mangelhaft ausgeführt seien; zum Beispiel wird die Sicherung der Baustellen gegen vorbeiführende Starkstromleitungen häufig vernachlässigt, Handlampen haben schadhafte Leitungskabel usw., wodurch mehr oder weniger verhängnisvolle Unfälle entstehen. Auch in den besonders gefährlichen Zelluloid verarbeitenden Betrieben (A. B. 4) werden die Entwicklung brennbaren Staubes und die Gefahren von Kurzschlußbränden zu wenig beachtet. Das Inspektorat mußte zum Beispiel darauf dringen, daß das Licht- und Kraftleitungsnetz des Gewerbebetriebes durch Anbringung eines Hauptausschalters von dem des städtischen Elektrizitätswerkes vollkommen abschaltbar gestaltet wurde, oder daß die Leitungsverlegung in Rohren vorgenommen und staubdichte Sicherungen und Schaltanlagen verwendet wurden. Vom „Gewerbeinspektorat für Bauarbeiten" Wien, wird darauf hingewiesen, daß die Einführung der vorzüglich arbeitenden pneumatischen Bohr- und Brechwerkzeuge bei Straßen- und Kanalisierungsarbeiten die im Straßenkörper verlegten Starkstromkabel gefährdet, und daß diese infolgedessen erhöhten Schutz bzw. eine genaue Beaufsichtigung der mit solchen Gefahren daraus nicht vertrauten Arbeiter verlangen.

In der vorstehenden Zahlentafel sind die Unfälle, welche auf elektrische Maschinen oder elektrischen Strom zurückzuführen sind, gruppenweise zusam-

Gewerbeklasse	Gewerbliche Betriebe und sonstige der Aufsicht der Gewerbeinspektion unterstehende Betriebe und Anstalten	Ursachen der Unfälle			
		Motoren:	Elektrischer Strom:		
		Elektrogeneratoren u. Elektromotoren	Berührung stromführender Teile	Kurz- und Erdschlüsse	sonstige Ursachen
I	Gewerbe der Urproduktion	—	—	—	—
II	Hüttenbetriebe	—	—	—	—
III	Industrie in Erden, Steinen, Ton, Glas	1	2	3	—
IV	Metallverarbeitung	—	8	7	3
V	Erzeugung von Maschinen, Apparaten, Transportmitteln	2	14	16	8
VI	Industrie in Holz-, Flecht-, Dreh- und Schnitzwaren	—	2	1	—
VII	Erzeugung von Waren aus Kautschuk, Guttapercha, Zelluloid	—	—	—	—
VIII	Industrie in Leder, Häuten, Borsten, Haaren, Federn und ähnlichen Materialien	—	—	—	—
IX	Textilindustrie	2	1	4	—
X	Tapezierergewerbe	—	—	—	—
XI	Bekleidungs- und Putzwarenindustrie	—	1	—	—
XII	Papierindustrie	2	4	—	3
XIII	Industrie in Nahrungs- und Genußmittel	1	7	1	—
XIV	Gast- und Schankgewerbe	—	—	—	—
XV	Chemische Industrie	—	4	2	—
XVI	Baugewerbe	1	16	5	—
XVII	Graphische Gewerbe	—	2	—	—
XVIII	Zentralanlagen für Kraftlieferung, Beheizung, Beleuchtung	1	23	8	5
XIX	Industrielle Verrichtungen im Umherziehen einschl. des Sammelns von Naturprodukten	—	—	—	—
XX b. XXIII	Warenhandel	—	1	—	—
XXIV	Verkehrsgewerbe	—	—	—	—
XXV	Sonstige Gewerbe und Gewerbszweige	—	1	—	1
	Summe:	10	86	47	21

Digitized by Google

mengestellt. Ihre Zahl ist gegen das Vorjahr etwas gewachsen. Die Unfälle durch Maschinen betrugen 1926: 9, 1927: 10, die durch Berührung stromführender Teile 70 gegen 86, die durch Kurz- und Erdschlüsse 44 gegen 47 und die durch sonstige Ursachen 20 gegen 21. Die Höchstzahl wurde in den Gruppen V und XVIII erreicht; in der ersteren sind die Fabriken elektrischer Maschinen, Apparate und sonstiger Elektro-Artikel, in der letzteren die Elektrizitätswerke enthalten. Es zeigt sich also, daß auch dort, wo die Arbeiter am gründlichsten von den Gefahren des elektrischen Stromes unterrichtet und die Einrichtungen sicherlich die besten sind, trotzdem zahlreiche Unfälle vorkommen. Das ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Menschen gewohnte Gefahren zu verachten pflegen. Von den 154 Unfällen, die durch den Strom selbst herbeigeführt wurden, hatten 20 (18 i. v. J.) einen tötlichen Verlauf. Die Ursachen bildeten in 13 Fällen Berührung stromführender Teile, in 6 Fällen Kurz- und Erdschlüsse und in einem Blitzschlag. Der letztere Fall (A. B. Salzburg) ist besonders interessant. Ohne sichtbare Ursache, vermutlich durch eine plötzliche atmosphärische Entladung entstand im Leitungsnetz eines großen Kalk- und Schotterwerkes eine starke Überspannung, welche einen Teil der Blitzschutzeinrichtungen zerstörte; obwohl niemand mit einer stromführenden Leitung in Berührung kam, wurden zwei Arbeiter beim Schieben von Rollwagen zu Boden geschleudert, ein dritter, der mit dem Beladen eines Kippers beschäftigt war, getötet. Besonders merkwürdig ist, daß sich diese Unglücksfälle an weit voneinander entfernten Stellen ereigneten. Ein großer Teil der gemeldeten Unfälle kommt bei Montage-, Gerüst- und ähnlichen Arbeiten vor (Berührung von Hochspannungsdrähten). Zu wenig Aufmerksamkeit wird auch vom Sturme zerrissenen Antennen und Schwachstromleitungen geschenkt, die bei Berührung mit Starkstromleitungen zu schweren Unfällen führen können. Häufig ist die Elektrizität auch nur deren indirekte Ursache, zum Beispiel fallen Leute, die einen Schlag bekommen, von einer Leiter herab und verletzten sich. Ein Maurer berührte mit dem Hammer beim Abschlagen des Verputzes einen schadhaften Draht und verbrannte sich die Hand. Ein Monteur bewirkte durch Unvorsichtigkeit einen Kurzschluß und wurde durch den Flammenbogen verletzt. Brandwunden, Sturzverletzungen, aber auch Nervenerschütterungen und sonstige Gesundheitsstörungen, Herzneurosen und auch ziemlich häufig Augenblendungen, letztere besonders bei Elektroschweißarbeiten, sind die häufigsten Folgen. Von den Todesfällen seien noch folgende erwähnt: in A. B. Nied.-Österr. Nordost fiel ein vom Sturm abgerissener Antennendraht, der an eine Starkstromleitung ankam, auf einen Kutscher und tötete ihn. Der Betriebsleiter einer Zentrale in Niederösterreich-Südost fand den Tod durch Kurzschluß bei Untersuchung der Ursachen einer Stromstörung. Einem besonders unglücklichen Zufall fiel ein Monteur bei einer Freileitungsreparatur zum Opfer, trotzdem ein Teil des Stadtnetzes abgeschaltet war, kam er unter Spannung, da infolge strömenden Regens eine Überbrückung der Abspannringe der Sicherheitsisolatoren zustande kam. Im A. B. Salzburg erlag ein junger Maurer, der bei der Ausführung von Putzarbeiten mit einer Leitung in Berührung kam, einer Herzlähmung. In Steiermark wurde ein Arbeiter durch eigene Unvorsichtigkeit vom Strom getötet, weil er beim Schmieren die Kranleitung nicht ausgeschaltet hatte. In Tirol berührte ein auf dem Turmwagen stehender Monteur bei den Elektrifizierungsarbeiten einen Fahrdraht und erlitt schwere, tödliche Verbrennungen. Ein Spitalsbediensteter benutzte beim Reinigen eines Warmwasserkessels eine elektrische Handlampe; ein Isolationsfehler der Zuleitung verursachte einen letalen elektrischen Schlag. Übermut führte in A. B. Steiermark zum Tode eines Hilfsarbeiters, der seinen Kollegen die Unschädlichkeit der Berührung elektrischer Leitungen zeigen wollte. Zweimal passierte ihm nichts, beim dritten Versuch ereilte ihn der tödliche Schlag. Überhaupt unterschätzen, wie schon erwähnt, viele Monteure die Unfallsgefahr, so im A. B. Kärnten bei der Herstellung eines Hausanschlusses für 125 V im nicht abgeschalteten Zustand. Ein ähnlicher Unfall ereignete sich, im selben Amtsbezirk, da ein Montageleiter eines städtischen Werkes übersehen hatte, eine Hochspannungsleitung von 5 kV abzuschalten. Im selben Werke berührte ein inspizierender Ingenieur, während er Arbeiten besichtigte und die Leute ausdrücklich vor Ankommen an die Drähte warnte, selbst eine blanke Phasenleitung und fand sofortigen Tod. In allen diesen drei Fällen wurde aber festgestellt, daß die Verunglückten Herzfehler besaßen. Gegen Berufskrankheiten wird die prophylaktische Methode empfohlen. Von den in elektrischen Betrieben vorkommenden Krankheiten spielen die Bleivergiftungen eine besondere Rolle und werden am meisten bekämpft.

Bei der Besprechung sozialpolitischer Verhältnisse, die speziell auf elektrische Betriebe Bezug nehmen, ist die Forderung erwähnt, der Ausbildung der Lehrlinge erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Bemerkenswert ist, daß die Genossenschaft der Installateure für Nordtirol, Lehrlinge nur auf Grund einer phsychotechnischen Eignungsprüfung aufzunehmen beabsichtigt, für welche ein hervorragender Fachmann gewonnen wurde.

E. Honigmann.

Wirtschaftliche Nachrichten.

Geschäftsberichte und Betriebsergebnisse.

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A. G. in Essen. (Aus dem Bericht für das Geschäftsjahr vom 1. Juli 1927 bis 30. Juni 1928.)

Die nutzbare Stromabgabe an Kraft stieg auf 1335 Mill. kWh (1154 Mill. kWh i. Vj.), der Lichtabsatz auf 113·5 Mill. kWh (92 Mill kWh). Zusammen mit den Konzernunternehmungen ergibt sich eine Jahresabgabe von 2100 Mill. kWh. Das Unternehmen steht dadurch mit seiner Stromabgabe an der Spitze in Deutschland. Der Zusammenschluß der Absatzgebiete im Westen Deutschlands im RWE setzte sich auch in diesem Geschäftsjahre fort. So wurde die Stromlieferung für die Stadt Duisburg übernommen und jene für die Stadt Trier und deren Umgebung in die Wege geleitet. Auch die Durchführung der Kupplung sämtlicher Kraftwerke durch ein Höchstvoltsystem und die Verbindung dieses Systems mit Mitteldeutschland und in Süddeutschland mit anderen benachbarten Systemen wurde fortgesetzt. In der Hauptumspannstation Brauweiler bei Köln werden die Hauptkraftwerke zusammengefaßt. Von dort wird ein 220 kV Leitungssystem über Wesel nach Ibbenbüren-Osnabrück-Paderborn geführt, das nahezu vollendet ist, während andererseits ein 220-kV-System von der genannten Station bis zu dem in Errichtung befindlichen Speicherkraftwerk Herdecke geführt wird. Um von dort aus den 220 KV-Ring mit der Leitung Brauweiler-Wesel-Osnabrück-Paderborn zu schließen, ist eine Vereinbarung mit den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen G. m. b. H. zustande gekommen, wonach beide Unternehmungen von der RWE-Station beim Kraftwerk Hattingen über das Werk Herdecke nach Bielefeld zum Schnittpunkt mit der dort vorbeiführenden Leitung Osnabrück-Paderborn gemeinsam eine 220 kV-Doppelleitung errichten. Nach dem Abkommen mit dem Preußischen Staat soll dann das Leitungssystem von der Gegend bei Bielefeld durch eine Höchstspannungsleitung über Hannover mit den mitteldeutschen Braunkohlenwerken verbunden werden. Mit der Umspannstation Brauweiler werden das Goldenberg-Werk und auch das Kraftwerk Fortuna[1]) der Rheinischen Braunkohlen-A.-G. gekuppelt. Darüber hinaus ist eine Höchstvoltverbindung mit dem Kraftwerk Zukunft A.-G. in Weisweiler und damit mit dem Stromversorgungsgebiet der Braunkohlen-Industrie A.-G. Zukunft und der Urfttalsperre in Bau. Die Höchstvoltverbindung nach dem Süden von der Station Brauweiler ist über die Station Kelsterbach bei Frankfurt a. Main, Rheinau bei Mannheim bis zur Station Hoheneck bei Stuttgart in Betrieb. Die Verbindung bis nach dem in der Errichtung befindlichen Wasser-Kraftwerk Vermunt[2])

[1]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 91.
[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 776.

Digitized by Google

der Vorarlberger Illwerke A.-G. ist im Bau. Die Stromlieferung an die Mainkraftwerke über die Station Kelsterbach bei Frankfurt a. M. sowie der Stromaustausch über eine 100 KV-Verbindung nach Aschaffenburg an das Bayernwerk wurde aufgenommen; auch entsprach der Stromaustausch mit dem Badenwerk über die Station Rheinau bei Mannheim weiterhin den Erwartungen. Mit der Württembergischen Sammelschiene A.-G. wurde ein Vertrag auf Stromlieferung aus der Station Hoheneck bei Stuttgart geschlossen, ferner mit der Neckar A.-G. in Stuttgart ein langfristiges Abkommen, wonach dieser die elektrische Energie aus zu erbauenden Staustufen zwischen Neckargemünd und Kochendorf abgenommen und dadurch der Bau der Neckar-Kanalisierung gesichert wird. Es handelt sich insgesamt um etwa 100 Mill. kWh jährlich für 99 Jahre. Die Verhandlungen mit dem Badenwerk bezüglich der Beteiligung an dem Speicherwerk Schluchsee im badischen Schwarzwald stehen vor dem Abschluß. Im Oktober 1928 waren 41 Höchstspannungs-Stationen in Betrieb und Bau. An Höchstspannungs-Leitungen waren zu diesem Zeitpunkt, 1000 km 110-kV-Leitungen und 1040 km 220-kV-Leitungen in Betrieb und Ausführung. In Projektierung befinden sich weitere 300 km Höchstspannungs-Leitungen. Die Kraftwerksleistung wird demnächst sich um die hinzukommenden Kraftwerke der Stadt Trier vermehren, ferner ist der Ausbau des Goldenberg-Werkes um rund 100 000 kW auf insgesamt 390 000kW beabsichtigt. (Sonst werden von den Kraftwerken und anderen Betriebsanlagen keinerlei Angaben gemacht.) Nach Durchführung des beschriebenen Bauprogramms hofft das RWE dem steigenden Stromabsatz gerecht bleiben zu können. Es handelt sich bei dem durch die Demarkationsverträge mit dem Preußischen Staat und den Elektrowerken des Reiches dem Unternehmen vorbehaltenen Gebiet Deutschlands um ein Absatzgebiet, in dem rund ein Drittel des gesamten Stromabsatzes in Deutschland abgegeben wird. Durch die eigenen Steinkohlengruben ist das RWE auch an der für die Verwirklichung der Ferngasversorgung gegründeten „Ruhrgas" A.-G. beteiligt. Zur weiteren Durchführung des Bauprogramms wurde eine neue 6 vH Anleihe von 20 Mill. Doll. in New-York abgeschlossen u. im Zusammenhang damit wird das A.-K. um 25 Mill. Mk. erhöht werden, die den Geldgebern überlassen werden sollen. Bei 48·4 Mill. Mk. Reingewinn einschließlich Zinsen verbleibt nach 16·6 Mill. Mk. Abschreibungen ein Reingewinn von 15·3 Mill. Mk., aus welchen 9 v. H. Gewinnanteil (wie im Vorjahr) auf das A.-K. von 155 Mill. Mk. verteilt werden. In der Bilanz am 30. Juni 1928 sind die eigenen Betriebe mit 353 Mill. Mk. bewertet. An Reserven werden 30·4 Mill., an Anleihen 103·6 Mill. Mk. ausgewiesen, an Abschreibungen einschließlich jener für 1927/28 139·6 Mill. Mk.

Société anonyme des Ateliers de Sécheron in Genf. (Aus dem Bericht über das Geschäftsjahr vom 1. April 1927 bis 31. März 1928.)

Die zwar schwache Besserung der allgemeinen Wirtschaftslage, die sich auch durch einen gesteigerten Eisenbahnverkehr geltend machte, hat auch vielfach zu Bestellungen auf vielen Gebieten der Elektrotechnik geführt. Die Schweizer Bundesbahnen haben neuerlich Verschublokomotiven bestellt, die Loetschbergbahn 3 Triebwagen, eine deutsche Lokomotivfabrik den elektrischen Teil einer 1650 PS dieselelektrischen Lokomotive für Rußland, ferner liefen aus Japan Bestellungen für Seilbahnen ein. Den von der „Elin" als Lizenznehmerin von Sécheron an die österreichischen Bundesbahnen abgelieferten Triebfahrzeugen folgten neue Aufträge auf elektrische Lokomotiven und Triebwagen[1]). Die Verbindung mit Bartelmus, Donat & Cie. in Brünn wurde mit Rücksicht auf das Aufgehen dieses Unternehmens in ein anderes tschechoslowakisches gelöst. Lieferungen an Transformatoren für 15 000 kVA, 110/16 kV, 50 Per/s für ein spanisches Kraftwerk sind zu erwähnen, ferner zwei große mit Dieselmotoren gekuppelte Wechselstrommaschinen für Genf von je 70 t Gewicht; dazu besonders für Spanien und Südamerika Stromerzeuger zur Kupplung mit Diesel- und Gasmotoren sowie Wasserturbinen. Es war demnach möglich, die Verminderung der Aufträge durch die Verlangsamung der Elektrifizierung der Schweizer Bundesbahnen wettzumachen. Bei einem Betriebsüberschuß von Fr. 1·66 Mill. und einem Rohgewinn von Fr. 801 823 verbleibt ein Reingewinn von Fr. 494 082, aus welchem 6 vH Gewinnanteil auf das Aktienkapital von 4 Mill. Fr. ausgeschüttet wird.

[1]) Vgl. Heft 50 d. J.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 19. Dezember d. J., um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien I, Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Hans Latzko (Wien) über: **„Die selbsttätige elektrische Fernregulierung der Turbinen des Achenseekraftwerkes".** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Es wird die neue Fernregelungseinrichtung des Achenseekraftwerkes beschrieben, welche an dem vom Kraftwerk zirka 40 km entfernten Freileitungsknotenpunkt Wilten die an das Bayernwerksnetz abfließende Energiemenge mißt und diesen über eine Telephonleitung ins Kraftwerk übertragenen Meßwert automatisch durch entsprechende Beeinflußung der Turbinen mit einem fahrplanmäßig einstellbaren Sollwert in Übereinstimmung hält. — An Hand dieser Ausführung werden verschiedene Anwendungsgebiete für diese Apparate kurz besprochen.

Die Vereinsleitung.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	3. XII. 1928	5. XII. 1928	7. XII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebares), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdamm	151½	151½	151½

Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Alumin 98/99 vH (in Blöcken) . . .	190	190	190
desgl. (in Walz oder Drahtbarren 99 vH-	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH . . .	350	350	350
Antimon-Regulus	84—87	84—87	84—87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 7. Dezember 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa . .	68	2	6	68	5	0
Standard 3 Monate .	68	10	0	68	11	3
Zinn:						
Engl. Ingots	227	0	0	227	5	0
Standard Kassa . .	227	5	0	227	10	0
Standard 3 Monate .	225	15	0	226	0	0
Blei:						
Engl. pig common .	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands . .	26	8	9	26	16	3
Remelted	26	0	0	—	—	—
English Swansea . .	26	19	9	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 14 sh 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12 — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 23. Dezember 1928 | Heft 52

Diesellokomotive mit elektrischer Kraftübertragung, Reihe 2020 der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ing. O. Nebesky, Wien.

Allgemeines.

Die Verschiedenheit der Betriebskennlinien einer Dieselmaschine von den eigenartigen Belastungsverhältnissen der Zugförderung erfordert bei Diesellokomotiven sowie Landfahrzeugen mit Verbrennungskraftmaschinen überhaupt besondere Einrichtungen für die Übertragung der Antriebsleistung auf die Triebachse. Der Durchbildung einer dem Zugbetrieb entsprechenden Übertragung stellen sich aber erhebliche Schwierigkeiten technischer und wirtschaftlicher Natur entgegen. Die hauptsächlichsten Eigenschaften, die eine Übertragung haben soll, sind: Betriebssicherheit, Übersichtlichkeit, geringe Anforderung an die Bedienung und Wartung, stetige (stufenlose) und selbsttätige Anpassung der beiden Leistungsgrößen Zugkraft und Geschwindigkeit an den jeweiligen Belastungsfall, Möglichkeit des Leerlaufes der Antriebsmaschine und Beibehaltung der Drehrichtung derselben, weitgehende Freizügigkeit im Einbau und schließlich Wirtschaftlichkeit.

Die Übertragungssysteme, die bisher praktische Anwendung gefunden haben, sind Zahnräder-Wechselgetriebe mit Kupplung, hydraulische Getriebe und die elektrische Übertragung. Die beiden erstgenannten Übertragungsarten erfüllen die eingangs angeführten Forderungen nur zum geringen Teil. Bei Zahnradgetrieben spielen die Strecken- und Betriebsverhältnisse eine wesentliche Rolle. Durch die Begrenzung der Übersetzungsstufen auf eine vergleichsweise geringe Anzahl, ergeben sich zufolge der Staffelung der Zugkraft besondere Leistungsverhältnisse der Lokomotive, die auf dem Zugbetrieb von nachteiligem Einfluß sind.

In Abb. 1. sind die Zugkraftkennlinien von zwei Diesellokomotiven[1]) mit gleicher Maschinenleistung dargestellt, von denen die eine Lokomotive mit einem dreistufigen Wechselgetriebe, die andere mit einer stetigen (elektrischen) Übertragung ausgeführt ist. Wie sich der für diese beiden Übertragungsarten verschiedene Verlauf der Zugkräfte im Betriebe auswirkt, ist aus Abb. 2 ersichtlich, in welcher die Anfahrlinien für einen 1000 t-Zug auf verschiedenen Neigungen dargestellt sind. Obwohl an neuen Entwürfen[2]) von Stufengetrieben wesentliche Verbesserungen, wie Vermeidung der vollständigen Unterbrechung der Leistungszufuhr zu den Treibrädern während des Umschaltens und die gleichbleibende Drehrichtung der Dieselmaschine bei Fahrtrichtungswechsel zu konstatieren sind, so kann doch dem Stufengetriebe für allgemeine Verwendung, also auch auf Linien mit häufigem Gefällswechsel mit vergleichweise

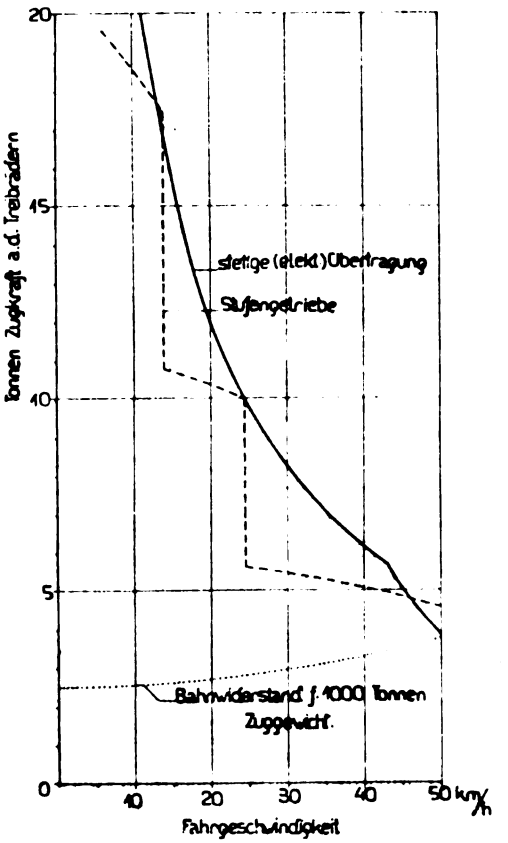


Abb. 1. Zugkraftkennlinien einer Diesellokomotive mit stetiger Übertragung bzw. mit Stufengetriebe.

[1]) Vgl. N. Dobrowolsky, ZVDI. Bd. 71, Nr. 25 und 27; Lomonossoff „Die dieselelektrische Lokomotive 1924; vgl. E. u. M. 1927, S. 526.

[2]) Vgl. Maschinenbau, Bd. 6, H. 22, S. 1095; E. u. M. 1927, S. 526.

Digitized by Google

vielen Aufenthalten eine Zukunft nicht vorausgesagt werden.

Bei den hydraulischen Getrieben[3]) neuer Konstruktion sind die Zugkraftschwankungen bei Geschwindigkeitswechsel in zulässigen Grenzen gehalten. Auch kann durch Anwendnug einer entsprechenden Anzahl und Schaltung von Stufen eine ausreichende Anpassung an die Streckenverhältnisse erzielt werden. Allein ihre bisherige Verwendung ist nur auf kleinere Leistun-

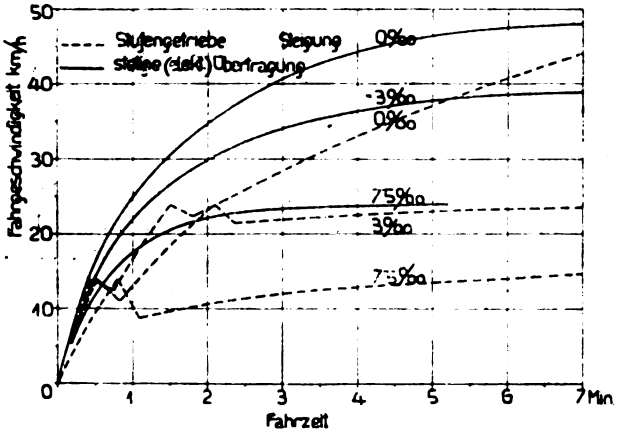


Abb. 2. Anfahrkurven für einen 1000 t-Zug berechnet nach den Zugkraftkennlinien Abb. 1.

gen und niedertourige Antriebsmaschinen beschränkt.

Die in der Entwicklung weitest vorgeschrittene Übertragungsart ist die elektrische Kraftübertragung[4]). Mit ihr können auch die Forderungen des schweren Vollbahnbetriebes am weitgehendsten erfüllt werden. Die in Anwendung kommenden Gleichstrom-Maschinen und -Apparate sind durchwegs erprobte Ausführungen, die in der Regel aus der hochentwickelten Gleichstrombahntechnik gewählt werden können. Als Triebmotoren werden meist Tatzenlagermotoren[5]) verwendet. Bei mehreren Motoren wird Gruppenschaltung angewendet, wodurch hohe Zugkräfte bei kleinen Strombelastungen des Generators erzielt werden. Die räumliche Unabhängigkeit der getriebenen Achsen von der Antriebswelle ermöglicht weiters, wenn die Betriebsverhältnisse Zugkräfte fordern, die die Adhäsion des Triebfahrzeuges überschreiten, auch außerhalb desselben liegende Achsen mit Motoren auszurüsten. Von diesem Vorteil ist wiederholt Gebrauch gemacht worden[6]). Die Gestaltung der Steuerung bei der elektrischen Kraftübertragung ist von der Arbeitsweise der Antriebsmaschine abhängig. Die bisher für Lokomotivantrieb verwendeten Dieselmaschinen sind durchwegs den Bauformen für ortsfeste Betriebe oder Bordzwecke entnommen, bei welchen die Drehzahl durch einen Regler auf einen mit der Belastung sich nur wenig ändernden, praktisch gleichbleibenden Wert gehalten wird. Die Leistung ist somit proportional dem mittleren Kolbendruck. Die Steuerung erfolgt in diesem Falle durch Veränderung der Erregung des fremderregten Generators. Da bei dieser Art der Regelung jeder Feldstärkenstufe eine zugeordnete Generatorspannung bzw. Geschwindigkeitscharakteristik der Lokomo-

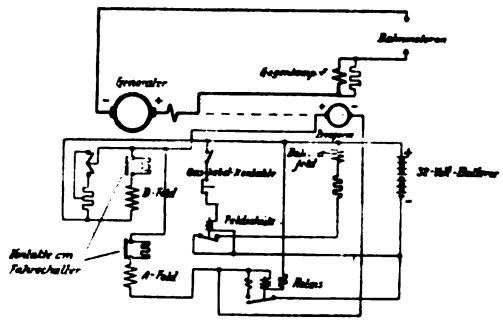


Abb. 3. Schaltbild der selbsttätigen Steuerung nach H. Lemp.

tive entspricht, muß der Führer durch entsprechende Regulierung der Generatorerregung den Leistungsanforderungen der jeweiligen Belastungsverhältnisse nachkommen.

Eine bemerkenswerte Weiterentwicklung in der Steuerung elektrischer Kraftübertragungen erfolgte, als man dazu überging, zur Regelung die Drehzahl der Antriebsmaschine heranzuziehen, denn die Erfahrung zeigt, daß der günstigste Wert des mittleren, nutzbaren Kolbendruckes nur in engen Grenzen mit der Drehzahl sich verändert, das heißt, daß in allen Belastungsfällen die beste Brennstoffausnützung dann erzielt wird, wenn die Antriebsmaschine das volle Drehmoment entwickelt. Die abgegebene Leistung ist somit allein abhängig von der Drehzahleinstellung, der sie in weiten Grenzen verhältnisgleich ist.

Eine Steuerung für eine in der Drehzahl regelbare Antriebsmaschine, ist die von der General Electric Co und der AEG[7]) entwickelte Anordnung (Abb. 3). Die Anker des Generators und der Erregermaschine sitzen auf einer Welle, die mit der Antriebsmaschine direkt gekuppelt ist. Die Wicklung *A* des Generators liegt im Ankerkreis der Erregermaschine, die durch Strom aus einer Batterie erregt wird. Die Spannung der Erregermaschine wird durch eine vom Generatorstrom durchflossene Gegenfeldwicklung derart reguliert, daß bei geeigneter Wahl der magnetischen Sättigungen die Generatorspannung umgekehrt verhältnisgleich dem Strom sich einstellt und auf

[3]) Vgl. Dieselmaschinen II, VDI-Verlag, 1926. — Vgl. W. Bauer, „Diesellokomotive und ihr Antrieb"; vgl. Besprechung, E. u. M. 1926, S. 239. — Vgl. W. Pauer ZVDI, Bd. 71, S. 919 u. E. u. M. 1922, S. 335.

[4]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 915; 1926, S. 44, 620, 797, 1927, S. 156, 304, 527; 1928, S. 948.

[5]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 123; 1928, S. 317.

[6]) Vgl. Seefehlner „El. Zugförderung", 2. Auflage, S. 524; ferner F. Gubler, BBC-Mitt., Juli 1927, S. 175.

[7]) Vgl. H. Lemp, Gen. El. Review, 1924, Nr. 10, S. 673; vgl. a. E. u. M. 1928, S. 948.

Digitized by Google

diese Weise durch die Belastung selbst eine selbsttätige Konstanthaltung der Leistung über einem weiten Arbeitsbereich erzielt wird. Bei steigender Drehzahl bzw. Erreichung der Ladespannung wird der Anker der Erregermaschine mittels eines Ladeschalters selbsttätig auf Batterieladung geschaltet. Da nun bei diesem Umschalten die Feldwicklung der Erregermaschine die höhere Spannung erhält und somit auch die Generatorspannung plötzlich ansteigen würde, ist der Generator mit einer seiner Feldwicklung *A* entgegengeschalteten Wicklung *B* versehen, die beim Einschalten des Ladeschalters ebenfalls vom Strom durchflossen wird und das Generatorfeld entsprechend herabsetzt. Die dem *A*- und *B*-Feld vorgeschalteten Widerstände werden durch Kontakte und Kontroller beim Überschalten der Triebmotoren von Serie auf Parallel eingeschaltet, wodurch das Generatorfeld verringert und Stromstöße verhindert werden.

Die Anlagekosten und das Gewicht der elektrischen Übertragung sind durch den Umstand, daß die elektrischen Maschinen für eine zweimalige Energieumformung, also insgesamt für die doppelte Leistung vorhanden sein müssen, höher als bei den anderen Übertragungsarten. Mit den Fortschritten auf dem Gebiete der leichten und schnellaufenden Dieselmaschine mit großer Regelfähigkeit[8]) und des Leichtbaues im Elektromaschinenbau sind gewiß Erfolge zu erwarten, die einerseits die große Preisspannung zwischen dieselelektrischen Lokomotiven und Dampflokomotiven überhaupt, andererseits aber auch die Kosten der elektrischen Übertragung herabdrücken werden.

Beschreibung der Diesellokomotive, Reihe 2020 der Ö. B. B.

Die Österreichischen Bundesbahnverwaltung, die bereits seit einigen Jahren Benzintriebwagen mit mechanischer Übertragung in Verwendung genommen hat[9]), hat nunmehr im Sommer 1926 für den Dienst auf Lokalbahnstrecken mit schwachem Verkehr eine normalspurige Diesellokomotive mit elektrischer Kraftübertragung von 200 PS eff. Dieselmaschinenleistung und eine Lokomotive gleicher Leistung für 76 cm Spurweite in Bestellung gegeben. Es sind die ersten Lokomotiven dieser Art, die in Österreich gebaut wurden. Die normalspurige Lokomotive steht seit Oktober v. J. nach Absolvierung umfangreicher Probefahrten im turnusmäßigen Verkehr[10]), die andere Lokomotive wurde im Sommer dieses Jahres dem Betrieb übergeben.

Im folgenden wird die normalspurige Lokomotive, mit welcher bereits Betriebserfahrungen von nahezu einem Jahr vorliegen, beschrieben. Vorweg sei bemerkt, daß man sich in Anbetracht der verfügbaren Mittel und der bedungenen Lieferzeit — zu dem kam noch Einzelausführung in Betracht — damit begnügen mußte, marktgängige Bauarten für die Dieselmaschine und den Generator in Verwendung zu nehmen. Es ist aber gelungen, durch geeignete Verbindung der Maschinen und entsprechende Lagerung im Fahrgestell den Eigentümlichkeiten des Lokomotivbetriebes in befriedigender Weise Rechnung zu tragen.

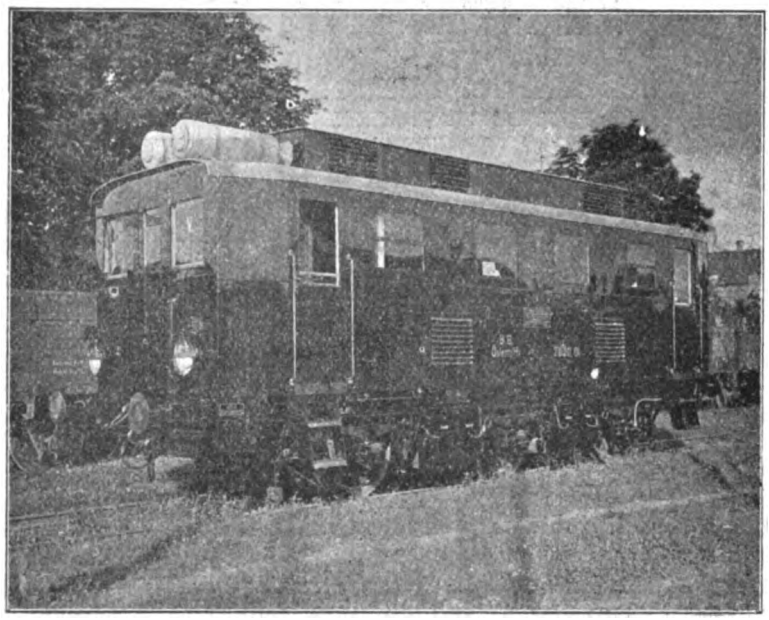


Abb. 4. Dieselelektrische Lokomotive, Reihe 2020.

Die Gesamtanordnung der Lokomotive ist aus Abb. 4 und 5 zu ersehen.

Die Hauptdaten sind:

	mm
Spurweite:	1435
Treibraddurchmesser bei 50 mm Radreifenstärke:	950
Länge über Puffer:	10 080
Gesamtradstand:	4 800
Verschiebbarkeit der Achsen aus der Mittelstellung:	
In der Längsrichtung:	4
Querrichtung:	—
Endachsen:	4
Mittelachsen:	24
Größte Höhe im Dachscheitel:	4 055
Größte Breite:	3 072
	kg
Treibachsdruck:	12 500
Dienstgewicht mit Vorräten:	37 100
Gewicht d. vollständigen dieselmaschinellen Teiles:	8 400
Gewicht der elektrischen Ausrüstung (einschl. Anwurfbatterie):	11 100
Größte Zugkraft (kurzzeitig) am Radumfang:	4 800
Größte zulässige Fahrgeschwindigkeit:	60 km/h

Die Dieselmaschine. Als Antriebsmaschine ist eine sechszylindrige kompressorlose Dieselmaschine (Abb. 6) verwendet. Sie arbeitet im einfach wirkenden Viertakt mit Einspritzung des Brennstoffes ohne Zuhilfenahme hochge-

[8]) Vgl. Engineering, 1927, S. 760; Lomonosoff, ZVDI, Bd. 71, S. 1046; Dieselmaschinen II u. III, VDI-Verlag; Buttler, AEG-Mitt. 1926, H. 11; vgl. a. E. u. M. 1927, S. 304.

[9]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 257.

[10]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 917.

Digitized by Google

spannter Druckluft[11]) und leistet bei 400 U/min 200 PSe. Durch Drehzahlsteigerung auf 460 U/min kann vorübergehend die Leistung auf 225 PS und kurzzeitig auf 250 PSe gesteigert werden. Die Zylinderbohrung beträgt 225 mm, der Hub 340 mm.

rator besitzt eine Dauerleistung von 160 kW und eine Stundenleistung von 180 kW bei 600 V Klemmenspannung, steigerbar auf 750 V. Da ein typenmäßiger Generator für diese Spannung und die vergleichsweise niedrige Umlaufzahl nicht zur

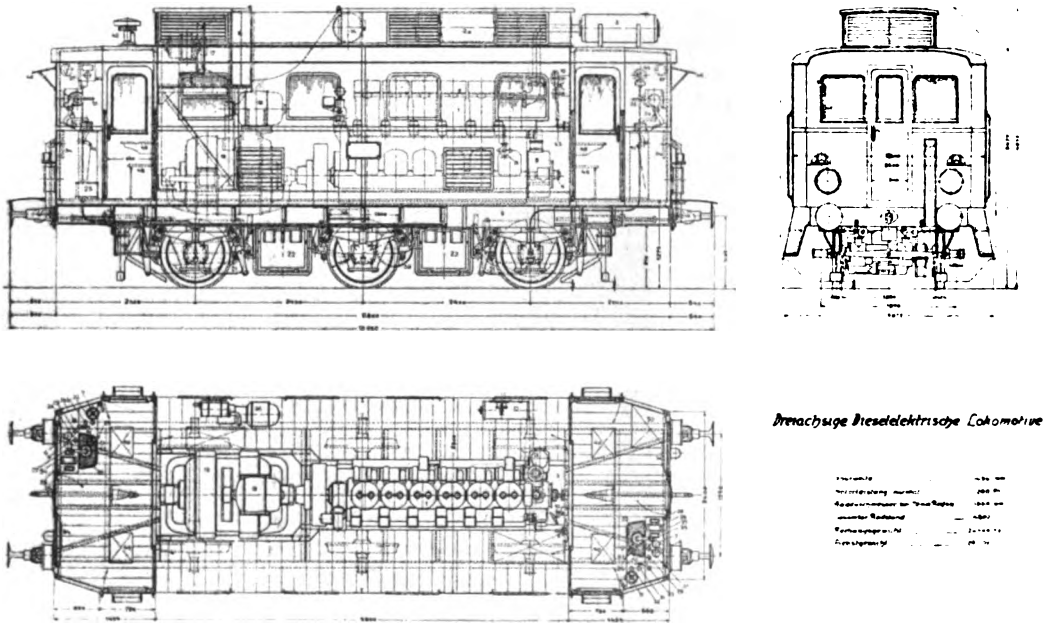


Abb. 5. Übersichtsplan der dieselelektrischen Lokomotive, Reihe 2020.

Die Maschine ruht mit ihrer Grundplatte auf Längsträgern des Fahrgestelles. Am Ende der Maschine ist in der Mitte ein zweistufiger Kompressor zur Füllung der Anlaß-Luftflasche, seitlich davon die Kühlwasserpumpe und die Brennstoff-Vorpumpe angeordnet. Der Brennstoff wird aus zwei hochliegenden Behältern von je 150 l Inhalt von der Vorpumpe angesaugt und der jedem Zylinder zugeordneten Haupt-Brennstoffpumpe zugeführt. Letztere wird durch einen von der Steuerwelle angetriebenen Regulator so beeinflußt, daß die Tourenzahl bei allen Belastungen praktisch konstant bleibt.

Die Schmierung der Haupt-, Kurbel- und Steuerwellenlager erfolgt durch eine Zahnradölpumpe als Umlaufdruckschmierung, während die Zylinder und der Kompressor von einer Friedmann-Schmierpumpe versorgt werden. Das zur Kühlung des Motors durch eine Pumpe in gleichmäßigen Umlauf gesetzte Kühlwasser wird in einem Doppel-Elementenkühler, der von einem elektrisch angetriebenen Ventilator belüftet wird, rückgekühlt. Ein hochliegender Ausgleichsbehälter von 130 l Inhalt ist als Wasserreserve vorgesehen. Weiters sind drei Handflügelpumpen angeordnet, die für das Auffüllen der Brennstoffbehälter, der Kühlwasserleitungen bzw. für die Lagerzusatz-Schmierung bestimmt sind.

Elektrischer Teil: Der mit der Dieselmaschine direkt und nachgiebig gekuppelte Gene-

Verfügung stand und von einem kraftverzehrenden und die Einfachheit beeinflussenden Vorgelege Abstand genommen werden sollte, wurden zwei gleiche serienmäßig hergestellte Nebenschluß-

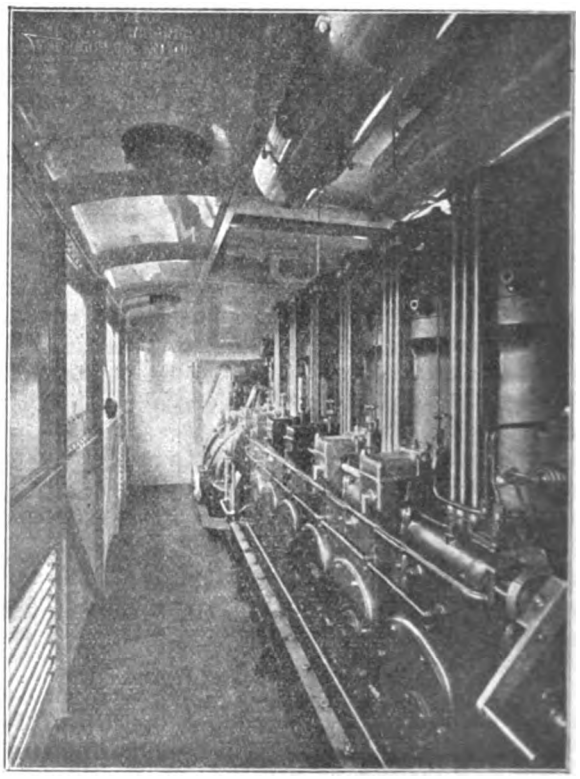


Abb. 6. Dieselmaschine, Steuerungsseite.

[11]) Vgl. E. u. M. 1923, S. 673; 1927, S. 854; ferner AEG-Mitt. 1927, H. 5. S. 203.

Digitized by Google

Generatoren von je 300 V Klemmenspannung zu einem Doppelgenerator in der in Abb. 7 dargestellten Ausführung vereinigt. Das Magnetgestell jeder Generatorseite besitzt 8 Hauptpole für Fremderregung und 8 Wendepole. Die Anker und Felder der beiden Generatorhälften sind bei Fahrt ständig in Serie geschaltet. Das Anlassen der Dieselmaschine erfolgt auf elektrischem Wege derart, daß der auf eine Akkumulatorenbatterie geschaltete Generator als Motor anläuft und die Anlaßtourenzahl mit der Hälfte der Zellenzahl erzielt werden, die bei einem Anker für die volle Spannung notwendig wäre. Die Erfahrungen des Betriebes zeigten übrigens, daß nur unter den ungünstigsten Verhältnissen bei starker Unterkühlung der Dieselmaschine und des Kühlwassers von den beiden letzten Stufen des Anlaßschalters Gebrauch gemacht werden muß. In der Regel springt die Maschine schon an, wenn die Anker noch in Serie geschaltet sind.

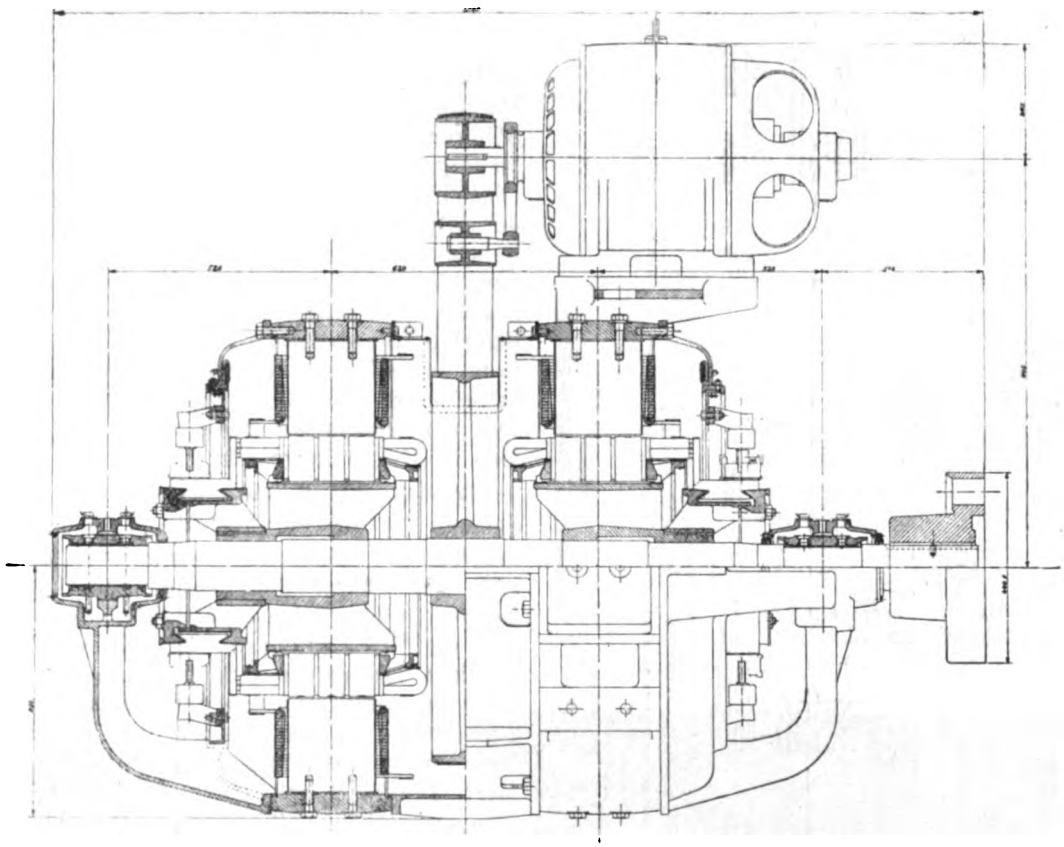


Abb. 7. Längsschnitt durch den Doppelgenerator mit Erregermaschine.

Dieselmaschine auf die Zündungstourenzahl bringt. Die vorgesehene Druckluftanlaßanlage dient nur als Reserve, falls das elektrische Anlassen infolge eines Defektes nicht möglich wäre. Die Aufteilung der Spannung auf zwei Anker bot nun den besonderen Vorteil, daß die Anlaßbatterie sowohl hinsichtlich der Kapazität als auch der Zellenzahl wesentlich geringer gewählt werden konnte, als es die Verhältnisse bei einem Einfachgenerator erfordert hätten. Nach dem an der Dieselmaschine vor Einbau experimentell aufgenommenen Anlaßdiagramm ergab sich ein vergleichsweise hohes Anfangsdrehmoment und eine Zündtourenzahl von etwa 180 bis 200 U/min. Diesen Verhältnissen konnte nun dadurch leicht entsprochen werden, daß die Anker beim Anlauf zur Erreichung eines hohen Drehmomentes bei kleinem Strom in Serie geschaltet werden, sodann ein Anker abgeschaltet und der andere vorerst mit Vorschaltung von Widerständen und dann an die volle Batteriespannung gelegt wird. Dadurch kann die geforderte

Mit dem Generator ist eine vierpolige Erregermaschine von 12 kW-Dauerleistung bei 230 V Klemmenspannung und 1900 U/min durch einen Riementrieb verbunden. Die Erregermaschine liefert neben dem Erregerstrom für den Generator noch Strom für den Betrieb des Kühlerventilator-Motors von zirka 6 PS Leistung, für die Ladung der Batterie von 102 Zellen und 200 Ah, sowie den Strom für den Motor der Vakuum-Pumpe, für die Beleuchtung und Steuerkreise.

Die beiden Triebmotoren treiben auf je eine Endachse der Lokomotive. Es sind eigenventilierte Tatzenlagermotoren mit einfachem Zahnradvorgelege von 1 : 5·2 Übersetzung und Trambahnaufhängung. Die Einstundenleistung pro Motor beträgt bei vollem Feldstrom 76·5 kW bei 600 V, 700 U/min und 95 kW bei 750 V, 890 U/min; die Dauerleistungen sind 50 kW bzw. 64 kW.

Die Schaltung der Maschinen, Apparate und aller übrigen Einrichtungen zeigt der Schaltplan Abb. 8. Die beiden Fahrschalter sind mit einem

Digitized by Google

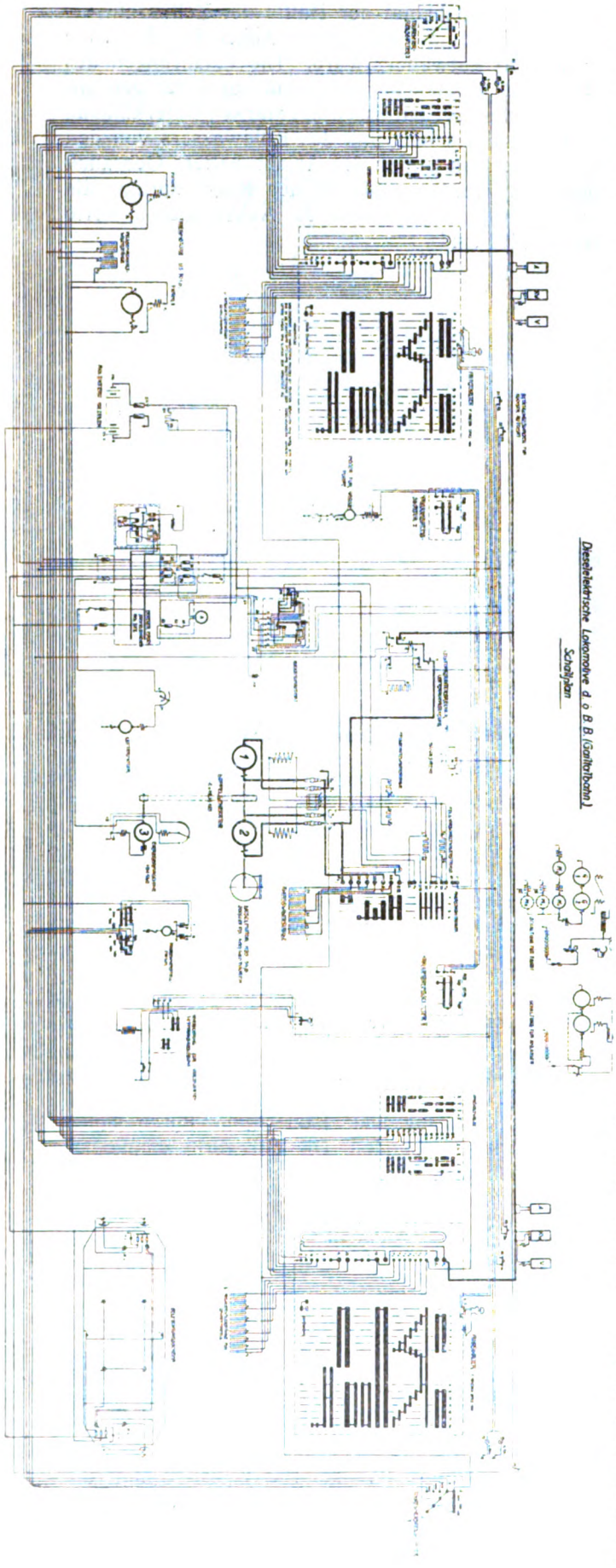


Abb. 8. Gesamtschaltbild.

Leistungsunterbrecher, einem Schütz, das durch die Hilfskontakte des Totmanndruckknopfes und einem Flügelkontakt auf der Hauptwalze gesteuert wird und den Stromkreis vom Generator zu den Motoren schließt, in Verbindung gebracht. Mit dem Leistungsunterbrecher kombiniert ist ein Überlastrelais, das bei unzulässiger Stromstärke das Schütz zum Abfallen bringt. Die Fahrschalter sind für Serien-Parallel-Schaltung der Triebmotoren eingerichtet, was sich als sehr vorteilhaft erweist, da die hohen Zugkräfte bei Serienschaltung der Triebmotoren ohne Überlastung des Generators erreicht werden können bzw. dieser entsprechend kleiner gewählt werden kann, als bei reiner Parallelschaltung der Motoren. Zur Erreichung höherer Geschwindigkeiten bei kleineren Zugbelastungen und weitmöglichster Ausnützung der Dieselmaschinenleistung, sind die Fahrschalter in der letzten Parallel-Schaltung mit Kontakten für Feldschwächung ausgestattet. Die Regulierung der Geschwindigkeit bzw. Konstanthaltung der Dieselmaschinenleistung erfolgt nach einer modifizierten Ward-Leonardschaltung durch Veränderung des Widerstandes im Stromkreis des Generatorfeldes. Die den 14 Stellungen des Fahrschalters entsprechenden Kennlinien der Lokomotive sind in Abb. 9 dargestellt.

Zur Wahrung der Sicherheit bei Einmannbedienung ist die Fahrkurbel mit einem Totmanndruckknopf bekannter Ausführung ausgestattet. Läßt der Führer den Totmanndruckknopf, zum Beispiel infolge Dienstunfähigkeit los, so wird sofort die Stromzuführung zu den Motoren unterbrochen. Da aber mit dem Abschalten der Triebkraft in Gefällsstrecken der führerlose Zug nicht zum Halten kommt, ist mit der Totmanneinrichtung eine selbsttätige Bremsvorrichtung kombiniert. Diese ist mit einer Einrichtung versehen, welche bewirkt, daß erst nach Zurücklegung einer bestimmten nach den vorliegenden Betriebsverhältnissen mit 200 m bemessenen Weglänge die Zugbremsung einsetzt, so daß bei kurzzeitigem Loslassen des Totmanndruckknopfes der Zug nicht jedesmal zum Anhalten gebracht wird und durch Wiederbetätigung des Druckknopfes innerhalb dieser Weglänge die Fahrt wieder in normaler Weise geregelt werden kann.

Um den Führer beim Verschubdienst das Loslassen der Totmannkurbel zu ermöglichen, wird die Bremsvorrichtung bei geringen Geschwindigkeiten automatisch außer Funktion gesetzt.

Das bereits erwähnte elektrische Anwerfen der Dieselmaschine erfolgt vom jeweiligen Führerstand aus mittels eines durch Handrad und Wellenübertragung betätigten Anlaßkontrollers. Mittels eines fernbetätigten Schalters wird die Batterie auf den Anlaßkontrollor geschaltet, welcher bei Betätigung zunächst die Felder des Generators über Widerstände parallel schaltet. Beim Weiterschalten werden, wie aus dem Schaltbild Abb. 8 zu entnehmen, die beiden Anker über Widerstände in Serie, sodann ein Anker allein nach Abschal-

Digitized by Google

tung von Widerständen an die volle Batteriespannung gelegt. Um die Rückstellung des Anlaßkontrollers in die Aus-Stellung zu erzwingen, ist eine Verriegelung der Generatorfelder vorgesehen, so zwar, daß nur in der Nullstellung des Anlaßkontrollers die Erregung für die Fahrt erfolgen kann.

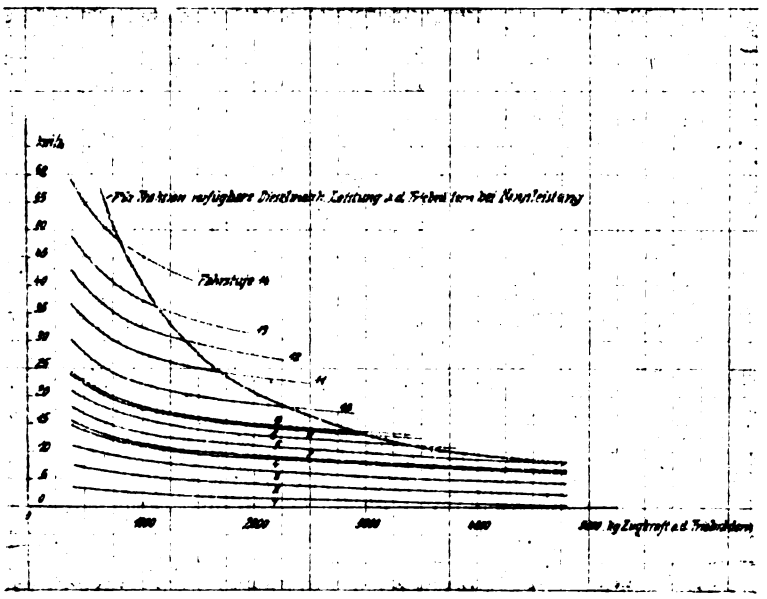


Abb. 9. Zugkraftkennlinien für die einzelnen Fahrschalterstellungen.

Die Ladung der Batterie erfolgt selbsttätig durch einen Ladeschalter, der die Verbindung zwischen der Sammelschiene der Batterie und jener der Erregermaschine herstellt, wenn letztere die Batterieladespannung erreicht hat. Bei zurückgehender Spannung bzw. bei Rückstrom schaltet der Automat die Erregermaschine von der Batterie ab. Zur Vermeidung zu großer Ladeströme ist ein Begrenzungswiderstand in den Batteriekreis eingeschaltet. Die Ladeschaltstellung wird dem Führer durch eine aufleuchtende Signallampe angezeigt. Da die Generatorerregung an der Batteriesammelschiene liegt, ist der Betrieb der Lokomotive auch dann gesichert, wenn die Erregermaschine betriebsunfähig werden sollte. Bei Fahrten mit abgestellter Dieselmaschine wird der erforderliche Strom für die Nebenbetriebe (Vakuumpumpe, Beleuchtung, Tourenverstellmotor, Totmanneinrichtung und Signalgebung) aus der Batterie entnommen. Für die Zugsheizung sollen in den Personenwagen elektrische Heizkörper eingebaut werden, die während des Aufenthaltes in Stationen und während stromloser Fahrt vom Generator gespeist werden.

Auf jedem Führerstand (Abb. 10) befinden sich ein Fahrschalter, die Meß- und Kontrollinstrumente für die elektrische Einrichtung und Bremse, ein Schalter für die durch einen Tourenverstellmotor bewirkte Toureneinstellung der Dieselmaschine (halbe, normale und erhöhte Tourenzahl, sowie Abstellen), ein Bremsschalter für die Vakuumbremse, das Handrad für die Handbremse, der Sandstreuhebel, Druckmesser für Schmieröl und Kühlwasser der Dieselmaschine, das Handrad für den Anlaßkontroller, die Druckknöpfe für die Betätigung des Fernschalters und der Signalsirene, sowie die erforderlichen Signal- und Kontrollampen und die Lichtschalter.

Betriebsergebnisse: Schon bei den ersten Probefahrten zeigte sich, daß die Lokomotive nur bei Durchgang der Dieselmaschine durch die kritische Tourenzahl vorübergehend stärkeres Schütteln aufweist. Bei voller Drehzahl und Stillstand der Lokomotive sind die Erschütterungen keineswegs störend und werden bei Fahrt überhaupt unmerkbar. Die Ergebnisse aller Versuchsfahrten waren hinsichtlich der Dieselmaschine, der elektrischen Ausrüstung und des Brennstoffverbrauches durchwegs zufriedenstellend.

Nach amtlicher Prüfung und Einschulung des Personals wurde die Lokomotive Anfang Oktober 1927 auf der 62 km langen Lokalbahn Arnoldstein - Kötschach - Mauthen (Gailtalbahn) in den fahrplanmäßigen Dienst gestellt, wo sie täglich durchschnittlich 220 km leistet.

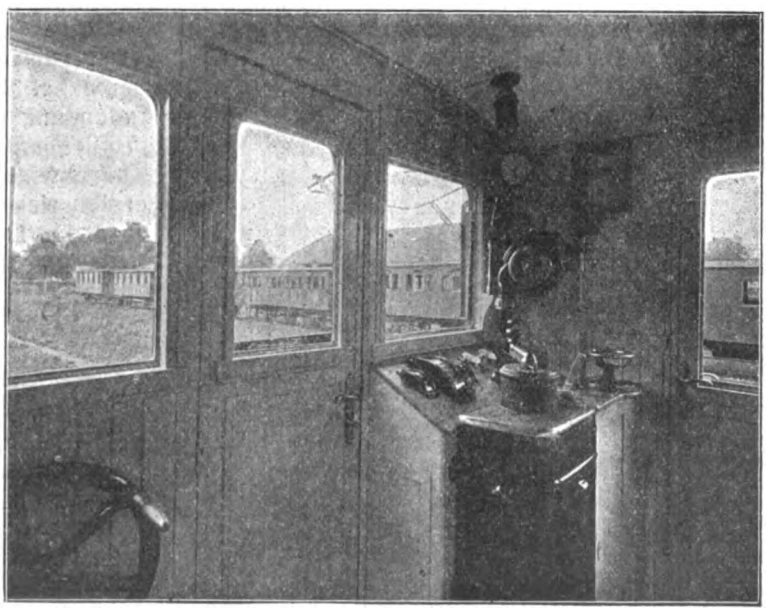


Abb. 10. Führerstand.

Die vorgenommenen Auslaufversuche ergaben einen vergleichsweise geringen Laufwiderstand der Lokomotive, der bei Geschwindigkeiten von $V = 40$ km/h zwischen 3·5 bis 4 kg/t lag. Für einen Zug von 65 t Brutto mit leeren Wagen

Digitized by Google

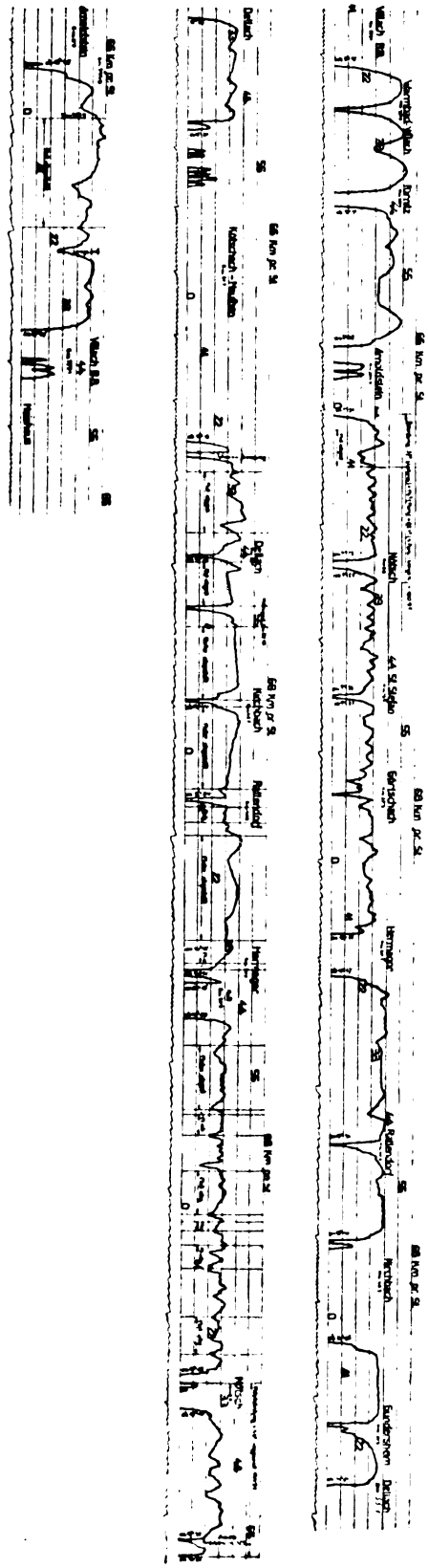


Abb. 11. Versuchsfahrt Villach—K. Mauthen—Villach.

wurde gefunden, daß sich die Werte des Zugswiderstandes annähernd nach der Formel

$$w = 2{\cdot}5 + 0{\cdot}0005\ V^2$$

berechnen lassen. Bei der erwähnten Versuchsfahrt bestand der Zug aus Lokomotive und vier Personenwagen mit zusammen 11 Achsen im Gesamtgewicht von 100 t. Mit diesem Zug wurde eine Hin- und Rückfahrt durchgeführt (Abb. 11). Auf der Rückfahrt wurde das Zugsgewicht in der Station Nötsch durch zwei beladene Güterwagen auf rund 145 t erhöht, um Geschwindigkeit und Anfahren auf der folgenden längsten und zugleich größten Steigung von 13 vT zu prüfen.

Die bei dieser Versuchsfahrt geleisteten Tonnenkilometer betrugen einschließlich der Lokomotiv-Leerfahrt Villach - Arnoldstein und zurück 14 000 Zugs-tkm.

Auf allen in Gefällen liegenden Streckenteilen wurde mit abgestellter Dieselmaschine gefahren. Es ergab sich auch, daß kürzere Gegensteigungen, welche im Dampfbetrieb mit Dampfzufuhr durchfahren werden mußten, ohne Zufuhr von Energie mit der dieselelektrischen Lokomotive überwunden werden konnten und zwar ohne Überschreitung der fahrplanmäßigen Fahrzeit.

Der Brennstoffverbrauch bei dieser Versuchsfahrt, wobei in den oben angegebenen Zugtonnenkilometer die Lokomotiv-Leerfahrt Villach-Arnoldstein und zurück inbegriffen ist, wurde mit 83 kg Treiböl festgestellt. Das ergibt einen Durchschnittsverbrauch von 5·93 g je tkm.

Aus vorstehenden Angaben kann der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive (Verhältnis des Wärmeäquivalentes der geleisteten Treibradarbeit zum Wärmeinhalt des Brennstoffes) berechnet werden. Der Arbeitsbedarf am Treibradumfang berechnet sich auf Grund des Längenprofiles unter Berücksichtigung des Zugs- und Kurvenwiderstandes im Mittel zu 16·5 Wh/tkm. Es ergibt sich somit der mittlere Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive für die angegebene Förderleistung — Heizwert des Treiböles 10 150 WE — zu

$$\frac{16{\cdot}5 \times 367}{10150 \times 427 \times 0{\cdot}00593} = 0{\cdot}236,$$

ein Wert, der beweist, daß mit der elektrischen Übertragung eine sehr günstige Brennstoffwirtschaft zu erzielen ist.

Hauptlieferer der Lokomotive war die Grazer Waggon- u. Maschinenfabriks-A. G. vorm. Joh. Weitzer, Graz, in deren Werkstätten die Dieselmaschine und der mechanische Teil hergestellt wurde. Die Projektierung und Lieferung der gesamten elektrischen Einrichtungen erfolgte durch die AEG-Union Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien.

Digitized by Google

Hendrik Antoon Lorentz.

18. Juli 1853 bis 4. Februar 1928.

Gedächtnisworte von Prof. Dr. L. **Flamm**, Wien.

Der bahnbrechende holländische Physiker ist dahingegangen. Wenige Monate vorher konnte man ihn noch in voller Rüstigkeit am internationalen Physikerkongreß zum Andenken an Voltas hundertjährigen Todestag in Como und am Solvaykongreß in Brüssel wirken sehen. Vor wenigen Jahren erst wurde das Lebenswerk von H. A. Lorentz an dieser Stelle schon gewürdigt[1]), als ein Komitee von Fachleuten zu Ehren seines goldenen Doktorjubiläums eine Stiftung schuf, an welcher sich auch österreichische Techniker beteiligten. Die Entwicklung der Physik hat seitdem wieder einen gewaltigen Ruck nach vorwärts gemacht[2]). Daraus ergeben sich neue Gesichtspunkte, welche das Lebenswerk des Dahingeschiedenen noch bedeutender erscheinen lassen.

H. A. Lorentz ist der Schöpfer der Elektronentheorie, welche den Grundstein für alle Erfolge der modernen Atomtheorie bildete. Die Elektronentheorie stellt eine Weiterentwicklung der Maxwellschen Theorie der Elektrizität dar, welche zum ersten Male eine Feldphysik an Stelle der früheren Stofftheorie auf dem Gebiete der elektromagnetischen Erscheinungen setzen wollte. Die Elektronentheorie erwies sich erst als die geeignete Grundlage, die elektromagnetische Lichttheorie Maxwells so recht zur Geltung kommen zu lassen. Aber gerade durch ihre Einführung der Atomistik in das elektromagnetische Feld könnte die Elektronentheorie wieder als Rückschritt erscheinen. Lorentz äußerte sich selbst in diesem Sinne[3]): „Überhaupt liegt in der Annahme, die ich einführe, in gewissem Sinne eine Rückkehr zu der älteren Elektrizitätstheorie. Der Kern der Maxwellschen Anschauungen geht damit nicht verloren, aber es ist nicht zu leugnen, daß man mit der Annahme von Ionen nicht mehr weit entfernt ist von den elektrischen Teilchen, mit denen man früher operierte."

Aber nicht die Philosophie einer physikalischen Theorie bestimmt ihren Erfolg, sondern die Zweckmäßigkeit. Reiche Erfolge ernteten Lorentz und seine Schüler, zu denen auch mein Lehrer Hasenöhrl zu zählen ist. Nur einige Glanzleistungen sollen hervorgehoben werden. Der Ausbau der Elektrodynamik bewegter Körper führte zum Relativitätsprinzip. Die Trägheit der elektromagnetischen Energie wurde entdeckt, der Zeemaneffekt wurde vorhergesagt.

Es ist aber ohneweiteres möglich, in der Elektronentheorie auch eine konsequente Weiterentwicklung der Feldphysik zu erblicken. Man hätte sich vorzustellen, daß die Maxwellsche Theorie die Feldgesetze nur in erster Ordnung richtig wiedergibt. Nur das Verhalten relativ schwacher elektromagnetischer Felder würde durch die Maxwellsche Theorie richtig beschrieben werden. Solche Felder superponieren sich ohne wechselseitige Wirkung und können nur eines, nämlich fortlaufen mit der Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen. Die in den Elektronen und Atomkernen auftretenden starken Felder haben hingegen die Fähigkeit, sich um ein Zentrum konzentriert zu erhalten. So lange man die genauen Feldgesetze nicht kennt, welche das Verhalten der starken und schwachen Felder zugleich richtig wiedergeben, stellt die Elektronentheorie ein einfaches Auskunftsmittel dar, eine bessere Anpassung der Maxwellschen Theorie an die Erfahrung zu erzielen. Daß der dabei eingeschlagene Weg von der reinen Feldtheorie bis zu einem gewissen Grade zur Stofftheorie wieder zurückgeführt hat, zeigt deutlich von neuem, wie anscheinende Gegensätze im Laufe der wissenschaftlichen Entwicklung sich wieder überbrücken.

Hat aber die Elektronentheorie bloß den Charakter eines Näherungsverfahrens, so war es unausbleiblich, daß sich im Laufe der Zeit die Fälle häuften, in denen ein Versagen zu konstatieren war. Insbesondere die Felder, welche den Übergang von den schwachen zu den starken darstellen, mußten ein abweichendes Verhalten zeigen. Aber der erste sichere Nachweis eines Versagens der Theorie wurde sogar an schwachen Feldern erbracht, in der Strahlungsstatistik, und Lorentz hat selbst zur Gewinnung dieser Erkenntnis wesentlich beigetragen. Die Formulierung der Gesetze dieses abweichenden Verhaltens der Felder gelang M. Planck um die Wende des Jahrhunderts durch Aufstellung der Quantentheorie, welche sich bald auch auf anderen Gebieten der Physik als höchst erfolgreich erwies. Am fruchtbarsten zeigte sich aber die Quantentheorie in der Atomtheorie von N. Bohr. Die mittelstarken Felder, welche die Atomelektronen an den Atomkern knüpfen, ähneln in ihrem Verhalten den starken Feldern schon darin, daß sie die „stationären Elektronenbahnen" erzeugen, bei denen keine Ausstrahlung nach außen auftritt. Die Elektronentheorie in Verbindung mit der Quantentheorie muß unter diesen Gesichtspunkten als der nächste Schritt der Annäherung an die exakte Feldtheorie der Elektrizität angesehen werden.

H. A. Lorentz mußte nun sehen, wie die glänzendsten seiner theoretischen Leistungen auf dieser neuen Grundlage abermals zur Diskussion standen und als neue Probleme von anderen gelöst wurden. An einem Beispiel soll zur Charakterisierung seiner Persönlichkeit gezeigt werden, wie objektiv er da sein eigenes Verdienst einschätzte. In einer Darstellung der Theorie des

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 952.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1020.

[3]) Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, Leiden 1895, S. 8.

Digitized by Google

Zeemaneffektes[4]) schreibt er: „In dem nachfolgenden Bericht soll nur von der Anwendung der Quantentheorie auf die magnetische Zerlegung der Spektrallinien, nicht aber von den älteren Erklärungsversuchen die Rede sein. Letztere haben nur noch historisches Interesse und können hier um so eher übergangen werden, als dasjenige, was mit Hilfe der früheren Vorstellungen geleistet werden konnte, schon mehrmals zusammengestellt worden ist. Als wirklich fruchtbar und ohne Zweifel, trotz der jetzt noch bestehenden Schwierigkeiten, für die weitere Entwicklung vielversprechend sind nur die Anschauungen von Bohr zu betrachten, wie sie von ihm selbst, sowie von Debye und Sommerfeld auf die Magnetooptik angewandt worden sind."

Doch die wissenschaftliche Entwicklung unserer Zeit ist äußerst stürmisch. Auch die Bohrsche Theorie gehört bereits der Geschichte an. Zwei neue Theorien sind an ihre Stelle getreten, welche exakt zu sein beanspruchen. Beide stehen aber erst am Anfange ihrer Entwicklung.

Die eine Theorie ist die von Heisenberg ins Leben gerufene Quantenphysik[5]). Sie kennt nur Quantenzustände und ersetzt die Differentialgleichungen der Physik durch Differenzengleichungen. Nach ihr gibt es eine dynamische Gesetzmäßigkeit nur für die Statistik der Quantenübergänge, während die Einzelprozesse dem Kausalitätsprinzip nicht unterworfen sein sollen. Für die Anhänger dieser Theorie gilt Lorentz als bahnbrechender Vorläufer, welcher zuerst in seiner Elektronen Quanten in die Theorie der Elektrizität eingeführt hat. Die Zurückführung der elektrischen Quanten auf das Plancksche Wirkungsquantum ist der Quantenphysik allerdings derzeit noch nicht geglückt.

Die andere Theorie ist die von E. Schrödinger geschaffene Wellenphysik[6]). Sie betrachtet die Elektronen und die Atomkerne als Wellenpakete. Sie verspricht eine reine Feldtheorie der Elektrizität zu liefern. Ihre Methoden sind die von der klassischen Physik her geläufigen. Unter diesen Umständen muß man sie wohl als die natürlichere Weiterentwicklung der Elektronentheorie von H. A. Lorentz betrachten.

Tragisch ist das Gelehrtenschicksal, welches H. A. Lorentz beschieden war. In zielbewußter und zäher Arbeit hat er seine Wissenschaft richtunggebend gefördert. Die verdienten Erfolge flossen reichlich. Dann mußte er eine der größten Umwälzungen miterleben, welche diese Wissenschaft je erfaßt haben. Sein ganzes Lebenswerk wird in Frage gestellt. Aber die schließliche Klärung sollte er nicht mehr erleben. Wir aber wissen, wie die Physik der Zukunft sich immer gestalten möge, die Geschichte wird H. A. Lorentz zu den Bahnbrechern zählen müssen.

[4]) Handbuch der Radiologie VI, 1925, S. 141.

[5]) P. Jordan, Naturwissenschaften 16, 1928, S. 765.

[6]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 1020.

Probleme der Korrosionsfrage und des Metallschutzes.

Von Ministerialrat Ing. Alfred **Deinlein**, Wien.

Ehe in Form kurzer Inhaltsangaben über die auf der diesjährigen Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz, Berlin (R. A. M.). (22. bis 24. November l. J.), erörterten Probleme der Korrosionsfrage und des Metallschutzes berichtet wird[1]), sollen einleitend an Hand einer bei dieser Versammlung zur Verteilung gelangten Druckschrift einige Mitteilungen über den Werdegang und die Bestrebungen des R. A. M. selbst gemacht werden.

Der Reichsausschuß ist aus dem „Rostschutzausschuß der Artillerieprüfungskommission" hervorgegangen, der sich während des Krieges mit den einschlägigen Fragen des Metallschutzes bei Wertung und Verwendung unedler Ersatzmetalle zu befassen hatte. Der R. A. M. hat sofort aus den Kreisen der Industrie eine weitgehende Unterstützung seiner Bestrebungen erfahren und ist der in der Nachkriegszeit neugeschaffenen Chemisch-technischen Reichsanstalt in Berlin angegliedert worden, an welcher Ob.-Regierungsrat Prof. Dr. Maaß, der Initiator und bewährte Vorsitzende des R. A. M., die Abteilung für Metallschutz mit ihren ausgezeichnet eingerichteten und geführten Laboratorien leitet. Der R. A. M. konnte im Jahre 1924 seine erste öffentliche Sitzung abhalten; er gründete im darauffolgenden Jahre seine Fachzeitschrift „Korrosion und Metallschutz" und brachte gelegentlich der Hauptversammlung 1926 nicht weniger als 17 wissenschaftliche Vorträge. 1927 nahm er starken Anteil an der so berühmt gewordenen „Werkstofftagung"[2]) und ließ sich im gleichen Jahre als Verein eintragen, womit die persönliche Mitgliedschaft eingeführt wurde. Gegenwärtig zählt der R. A. M. bereits weit über 300 Mitglieder und er weist unter den Mitarbeitern seiner Fachzeitschrift alle großen wissenschaftlichen Institute Deutschlands auf.

Das satzungsmäßig festgelegte Ziel des R. A. M. ist die Förderung der Gemeinschaftsarbeit zur Lösung der Probleme der Erforschung der Korrosionserscheinungen und des Metallschutzes, die für die Volkswirtschaft von überragender Bedeutung geworden sind. Der R. A. M. will sich auch an den einschlägigen Arbeiten des Auslandes betätigen, welchem Zweck der Austausch von Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Korrosionsforschung in aller erster Linie dienen soll. In diesem Zusammenhang soll auch der durch die Gründung des österreichischen Ausschusses für Metallschutz nunmehr angebahnten gemeinsamen Arbeit zwischen Deutschland und Österreich gedacht werden, über welche kürzlich hier berichtet wurde[3]).

Über die auf der Jahresversammlung des R. A. M. erörterten Probleme ist nachstehendes zu berichten:

Prof. Dr. Maaß, Berlin, sprach zunächst über die in der Chemisch-technischen Reichsanstalt angestellten Versuche hinsichtlich der Einwirkung von Salzen und Salzlösungen auf die verschiedenen Metalle und Legierungen, wie sie in der Kaliindustrie verwendet werden. Die im großem Umfange durchgeführten Ver-

[1]) Eine vollständige Wiedergabe der Vorträge und der Diskussion soll in dem Organ des R. A. M. „Korrosion und Metallschutz" in nächster Zeit erfolgen.

[2]) Vgl. die Berichte in E. u. M. 1927, S. 1069 ff.

[3]) Vgl. Heft 49 d. J., S. 1149.

Digitized by Google

suche zeigten beträchtliche Unterschiede in der Widerstandskraft der Metalle gegen den Angriff der unterschiedlichen Chlorid- und Sulfatlösungen. Während z. B. Kupfer stark angegriffen wurde, haben sich Messing, sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen ziemlich gut bewährt. Besondere Bedeutung wurde den Versuchen mit festen Salzen beigelegt, um aus den Ergebnissen Schlüsse z. B. hinsichtlich des Bestandes von Eisenbauten ziehen zu können, in denen Kalisalze vor dem Abtransport gelagert werden. Auch hier haben die unterschiedlichen Metalle und Metallegierungen eine sehr verschiedene Widerstandskraft gegenüber den einzelnen Salzen bewiesen.

Prof. Dr. Maaß berichtete sodann über die Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses des Umschmelzens sowie des Walz- und Glühvorganges auf Aluminium. Diese Untersuchungen sind an 32 Proben ausgeführt worden und zwar erfolgte das Umschmelzen auf zweierlei Art. Bei der einen Hälfte der Proben wurde das Umschmelzen auf übliche Weise durchgeführt. Bei der anderen Hälfte wurde nach dem Umschmelzen auf 800° erhitzt und erst dann die Weiterverarbeitung der Proben eingeleitet. Abschließend konnte festgestellt werden, daß ein geringes Überhitzen beim Umschmelzen die Qualität der Probe nicht beeinflußt und daß durch Mischen von $^2/_3$ Abfall mit $^1/_3$ Rohmetall die Eigenschaften des Aluminiums nicht beeinflußt werden, daß jedoch Material, das nach dem Umschmelzen noch auf 800° erhitzt wird, eine große Säurefestigkeit aufweist.

Die gleichfalls von Prof. Dr. Maaß durchgeführten Untersuchungen über die Ursachen der rostschützenden Eigenschaft der Mennige ergaben, daß diese im Gehalt an Bleioxyd zu suchen sind, da die mit Elektrolyteisen nach Lagerung in Pulvern von Bleisuperoxyd bezw. Bleioxyd und Bleipulver durchgeführten Versuche ergeben haben, daß sich die Deckschicht von Bleioxyd am besten bewährt hat.

In ausführlicher Weise sprach Fr. Besig, Berlin-Frohnau, über praktische Ergebnisse bei der Bekämpfung der Rohrkorrosion. Er verwies zunächst auf die in einzelnen Staaten entwickelte Tätigkeit[4]) die auf diesem Gebiete in Amerika und Deutschland zur Bildung von Kommissionen geführt hatte, die vor allem sich mit der Frage der Erdströme beschäftigten. So hatte Deutschland bereits im Jahre 1910 Erdstromvorschriften herausgegeben. Nur war der Erfolg dieser Vorschriften kein durchgreifender, da sie sich auf bestehende Bahnen nur insoweit bezogen haben, als bei diesen Erweiterungen der Anlagen in Betracht kamen. Durch den Weltkrieg wäre die Weiterverfolgung dieser Frage weit in den Hintergrund gedrängt worden. Sie ist aber heute schon durch die Betriebsverstärkungen in den Bahnnetzen selbst eine außerordentlich wichtige geworden.

Der Vortragende besprach sodann die Korrosionserscheinungen an der Außen- und Innenoberfläche der Rohrleitungen und gab eine Zusammenfassung der Ursachen und der durchgeführten Schutzmaßnahmen. Er unterschied hiebei zwischen natürlichen chemischen Angriffen, die an der Außenoberfläche durch Bestandteile des Bodens und an der Innenfläche durch Bestandteile des Wassers hervorgerufen werden, und solchen Korrosionserscheinungen, die durch den elektrischen Strom eingeleitet werden. In dieser Hinsicht ist zwischen Fremdströmen, sogenannten vagabundierenden Strömen, und Eigenströmen zu unterscheiden, welch letztere dadurch entstehen, daß sich an der Rohroberfläche galvanische Elemente bilden. An dem Entstehen der vagabundierenden Ströme haben jedenfalls die elektrischen Bahnen den Hauptanteil.

Hinsichtlich der Schutzmaßnahmen ist zu unterscheiden, ob es sich um Abwehr chemischer Angriffe oder um Beseitigung der Wirkung elektrischer Ströme handelt. Die chemischen Angriffe der Rohroberfläche werden gemindert, wenn saure Schlacken vermieden, der Zutritt von Luft und Feuchtigkeit verhindert wird. Die Innenfläche von Rohrleitungen wird gegen chemische Angriffe durch Entsäuerung und Entlüftung des geförderten Wassers geschützt. Die Bekämpfung der vagabundierenden Ströme verlangt primär die Vermeidung von Wechsel- und Drehstrom als Betriebsstrom für Straßenbahnen. Soweit aber vagabundierende Ströme vorhanden sind, ist auf die Verminderung der Streustromstärken hinzuwirken. Die Bekämpfung der durch Eigenstrom hervorgerufenen Korrosionserscheinungen erfordert, daß das Entstehen von galvanischen Elementen sowohl an der Außen- als auch an der Innenoberfläche von Rohrleitungen verhindert wird.

Als Rohrschutzmittel gegen das Eindringen korrodierender Stoffe und den Einfluß schädlicher elektrischer Ströme wurden bezeichnet: Isolierende Schutzumhüllungen, Anwendung von metallischen Schutzmitteln (Überzüge), die sich aber nicht als verläßlich erwiesen haben, endlich die Anwendung elektrischer Schutzverfahren, indem wie zum Beispiel bei Verlegung von Bleikabeln[5]) besondere Schutzelemente eingebaut wurden. Der Vortragende besprach sodann abschließend die Anwendung von Deckschutz mit Asphaltmassen und die Verwendung von Zement und Paragummi als Muffendichtungsmaterial. Letzterer soll sich zum Beispiel in Zürich seit 30 Jahren mit bestem Erfolg bewährt haben.

F. Tödt, Charlottenburg, sprach über den Einfluß der Depolarisation auf die Korrosionsgeschwindigkeiten und ihre praktische Nutzanwendung. Er verwies zunächst auf den Umstand, daß die Korrosion von Metallen fast ausschließlich durch elektrochemische Ursachen bedingt ist. So entstehe durch die Verunreinigungen des Eisens Potentialbildung, die die Korrosionserscheinungen herbeigeführt. Der bei den elektrochemischen Vorgängen sich bildende Sauerstoff sei das Agens, das die Korrosion fortführe. Tödt schildert sodann eine eigene Methode, wonach der Sauerstoff-Depolarisationsstrom zur Messung der Korrosion des Eisens verwendet wird. Zu diesem Zwecke verbindet er Eisen mit einem edlen Metall, zum Beispiel Kupfer oder Platin zu einem galvanischen Element. Die hiebei beobachtete Stromstärke ist ein Maß für die Korrosion des Eisens. Diese Tatsache ergebe sich daraus, daß die an eine bestimmte Oberfläche eines edlen Metalles festgestellte Stromstärke, die an einer gleich großen Eisenfläche korrodierende Eisenmenge zahlenmäßig angibt. Der Vorteil gegenüber den bisherigen Methoden der Korrosionsbestimmung besteht, abgesehen von der Schnelligkeit und Einfachheit darin, daß eine zeitliche Verfolgung der Korrosion, sowie der die Korrosion verhindernden und bedingenden Vorgänge ermöglicht ist, wie zum Beispiel die Entstehung und das Verschwinden von schützenden Deckschichten.

Van Wüllen-Scholten, Dresden, sprach über die von ihm angestellten Versuche über die Vorbehandlung von Eisenelektroden bei Korrosionsversuchen. Es hatte sich gezeigt, daß die Potentiale zweier Eisenelektroden — einer rauhen und einer glatten — die ein kleines galvanisches Element bildeten, bald dicht beieinander, bald weitauseinander lagen. Einmal war die verwendete glatte Elektrode die unedlere (das heißt Lösungselektrode), dann wieder die rauhe. Das verschiedene Verhalten der Potentiale war, wie die Versuche ergeben haben, in der Vorbehandlung der Elektroden vor dem Versuch zu suchen. Die Reinigung der Elektroden, das Schmirgeln, Abspülen mit Alkohol wurden bei den Versuchen in verschiedener Weise variiert und es zeigte sich, daß diese Faktoren an der Ausbildung des Potentials großen Einfluß hatten. Auch das Liegenlassen der Elektroden an der Luft war von Einfluß. Es gelang, die Methode festzustellen, wonach die glatte Elektrode zu Beginn der Versuche stets die unedlere ist, weil auf dieser der Verlauf der Korrosion sich besser verfolgen läßt, als auf der rauhen Elektrode.

[4]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 606; 1928, S. 978.

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 603; 1926, S. 64; 1927, S. 549; 1928, S. 1107.

Digitized by Google

A. Junk, Berlin, gab in einer umfassenden, zum Teil aber in der Diskussion bestrittenen Darstellung einen Überblick über die Untersuchung einer Reihe von Mennigesorten, darunter solcher neuerer Art mit feinem Korn im Vergleich zu Sorten alter Art.

C. Bärenfänger, Kiel, berichtete über die Prüfung von Schutzanstrichen im Seewasser. Hiebei sind sowohl Leinöl- als Teerfarben, Bitumen- und Celluloseanstrich als Schutzüberzüge bei Schleusentoren geprüft worden. Am besten habe sich Bitumenanstrich bewährt. Doch gebe es keine Farbanstriche für die Dauer von sechs Jahren, wie sie für Schleusentore gewünscht würden.

Prof. M. Haas, Aachen, befaßt sich mit der Korrosion des Messings, und zwar mit dem hiebei festgestellten Einfluß der Korngröße. Er konnte feststellen, daß die stärksten Korrosionserscheinungen bei grobem, ungleichmäßigem Korn auftreten, daß die Korrosion primär in der Korngrenze beginnt und homogene feinkörnige Bleche weit korrosionsbeständiger waren.

W. Schwinning, Dresden, berichtete über Versuche hinsichtlich der Korrosion von Aluminium und vergütbaren Aluminiumlegierungen. Es handelt sich um die Feststellung des Korrosionsgrades von vergütbaren Al-Legierungen mittelst Schnellversuchen unter Zuhilfenahme der thermischen Salzsäure- und der oxydischen Kochsalzprobe. Die Ergebnisse der ersten Probe ergaben für die vergütbaren Al-Legierungen gleichmäßigeren, somit geringeren Angriff. Die geringste Angriffbarkeit zeigten hiebei Lautal „normal", „nachverdichtet" und „halbhart"[6]). Bei der oxydischen Kochsalzprobe wurde das Metall durch interkristalline Korrosion angegriffen und wurden die hiedurch bedingten Festigkeitsverluste durch Biegeversuche festgestellt. Jedenfalls zeigte sich aus dem Vergleich der Versuchsergebnisse der Salzsäure- und der oxydischen Kochsalzprobe eine ganz verschiedene Wertung der Metalle, je nach dem das eine oder das andere Prüfverfahren zugrunde gelegt worden war. Diese Schnellverfahren sind daher nur in sehr beschränktem Maße geeignet, um Vergleiche über den Korrosionswiderstand verschiedener Leichtmetalllegierungen anzustellen. Dieses Ergebnis wurde im übrigen auch durch Versuche der Chemisch-technischen Reichsanstalt bestätigt.

Denzo Uno, Kioto, sprach über die künstliche Korrosion von japanischen Speziallegierungen, und zwar über „Schakudo", das sind Kupfer-Goldlegierungen mit 1 bis 5 vH Goldgehalt und über „Schibuichi", das sind Kupfer-Silberlegierungen mit 20 bis 25 vH Silbergehalt, die als Schmucklegierungen verwendet werden und selbst bei örtlicher Abnützung ihre ursprüngliche Färbung wiedergewinnen. Die angestellten Versuche über künstliche Korrosion dieser Legierungen zeigten, daß diese von der Korngröße, der Art der Legierungsbestandteile, sowie von den hiedurch bedingten elektro-chemischen Beziehungen abhängt.

Dr. Keller, Halle, befaßte sich mit allgemeinen und praktischen Fragen der Eisenbeizung. In der Behandlung der theoretischen Fragen wurde auf das Verhalten der wichtigsten Beizsäuren (wässerige Lösungen von Salz- und Schwefelsäure) in ihren Beziehungen zur Beizgeschwindigkeit, Konzentration, Temperatur und auf den Einfluß von Salzen, Sauerstoff und Beizkorbmaterial (säurefeste Bronze) eingegangen. Hieraus wurden die für den praktischen Betrieb der Draht-, Blech- und Bandeisenbeizung sich ergebenden Folgerungen abgeleitet.

Grün, Düsseldorf, gab schließlich einen ausgezeichneten Überblick über das Verhalten von Flüssigkeiten als Betonzerstörer und über die Möglichkeiten des Betonschutzes. Da alle Zemente kalkartig sind, ist ihre Zerstörung durch solche Flüssigkeiten möglich, die den Kalk in Zement aufzuschließen vermögen. Am gefährlichsten sind freie Säuren, wie sie vor allem in chemischen Fabriken vorkommen. Aber auch Salze, wie die Ammoniumsalze, können für den Beton gefährlich werden. Der Schutz desselben verlangt vor allem die Verwendung eines einwandfreien Zements und die Heranziehung geeigneter Zuschläge (sorgfältige Wahl von Kies). Die Gestaltung und Formgebung des Betons ist von größtem Einfluß auf die Herabminderung von Korrosionswirkungen. Geeignete Ummantelung, wie Plattenverkleidung, ist von ausgezeichneter Wirkung; weniger wirksam ist der Fugen halber die Klinkerverblendung. Zweckmäßig sind Bitumendichtungen und Schutzanstriche; doch erfordert ihr Aufbringen auf den Beton ganz besonderer Sorgfalt.

Es besteht kein Zweifel, daß die Fülle der in den Vorträgen selbst mitgeteilten Versuchs- und Erfahrungsdaten das Interesse weiter Fachkreise an der Lösung der Probleme der Korrosionsfrage und des Materialschutzes immer weiter bestärkt, welches Interesse sich in der schon eingangs angedeuteten außerordentlich raschen Entwicklung des R. A. M. auch äußerlich zeigt, der in seiner von Professor Dr. Maaß geschaffenen Organisation die tragfähige Plattform bezitzt, von der aus die Lösung der einschlägigen, für die Volkswirtschaft so bedeutenden Fragen sich mit bestem Erfolg vollzieht.

[6]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 685, 769.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Neues Verfahren zum Regeln von Asynchronmaschinen mit Mehrphasen-Kollektormaschinen[1]). Selbsterregte Mehrphasen-Erregermaschinen haben für die Phasenverbesserung und Drehzahlregelung von Asynchronmotoren Bedeutung, da sie sowohl vom Netz als auch von der Drehzahl des Hauptmotors unabhängig sind. Ihr Anschluß erfolgt ausschließlich an die Rotorklemmen des Vordermotors. Die Verwendung derartiger Erregermaschinen ist daher sehr einfach und anpassungsfähig, was von großem Wert bei Anschluß an bereits bestehende Induktionsmotoren ist. Eine einwandfreie Kommutierung, wie bei Gleichstrommaschinen, erfordert aber Wendepole, deren Unterbringung bei den auf dem Ständer verteilten Drehstromwicklungen auf Schwierigkeiten stößt. Durch Anordnung einer Ständerwicklung mit verkürztem Wicklungsschritt, u. zw. gleich dem $^1/_2$ Polschritt können, wie A. Heyland zeigt, Wendefelder erzielt werden, die dem normalen Ständerdrehfeld überlagert sind. In Abb. 1 ist für einen bestimmten Augenblick dargestellt, wie eine derartige Ständerwicklung außer den AW zur Kompensierung der Anker-Stromwindungen Felder entwickelt, die in den Bürstenzonen die Richtung von Wendefeldern haben. In den zwei durch a_0 bezeichneten Bürstenzonen ist in diesem Augenblick der Strom Null und damit auch das Wendefeld. In den kurzgeschlossenen Windungen der Bürstenzonen *a* bewirken die Differenz-AW der Kurve *d* Spannungen, die den Reaktanzspannungen entgegengerichtet sind. Fehler in der Kommutierung durch die geringen Phasenunterschiede zwischen Ständer- und Ankerstrom lassen sich durch Bürstenverschiebung in dem einen oder anderen Sinne ausgleichen (Abb. 1c). Obwohl zum Unterschied gegenüber normalen Wendepolwicklungen das Windungsverhältnis nicht der Ankerrückwirkung angepaßt werden kann, sondern durch die Ständerwicklung fest gegeben ist, entspricht es doch den üblichen Bedingungen, da bei tiefen Nuten im Anker eine ein wenig überkommutierende Wirkung erzielt wird. Dieser Umstand erlaubt eine sehr hohe Ausnutzung der Modelle, da man die Nuten relativ tief wählen und sie

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Hefte 35 bis 37.

Digitized by Google

gleichzeitig den günstigsten Bedingungen für die Stromwendung anpassen kann. Eine Vergrößerung der Eisenverluste gegenüber Modellen mit normaler Wicklung bei gleicher Feldstärke konnte nicht festgestellt werden. Dagegen wird die Stromdichte im Ständer durch die hinzukommende Komponente für die Stromwendung größer, der geringere Platzbedarf für die äußeren Spulen gestattet aber eine bessere Abkühlung und infolge der halben Länge der äußeren Spulen erhält man nebst einem geringeren Kupfergewicht oft sogar auch weniger Kupferverluste.

Bei selbsterregten Serien-Mehrphasenmaschinen mit normaler Wicklung macht sich vor allem störend gel-

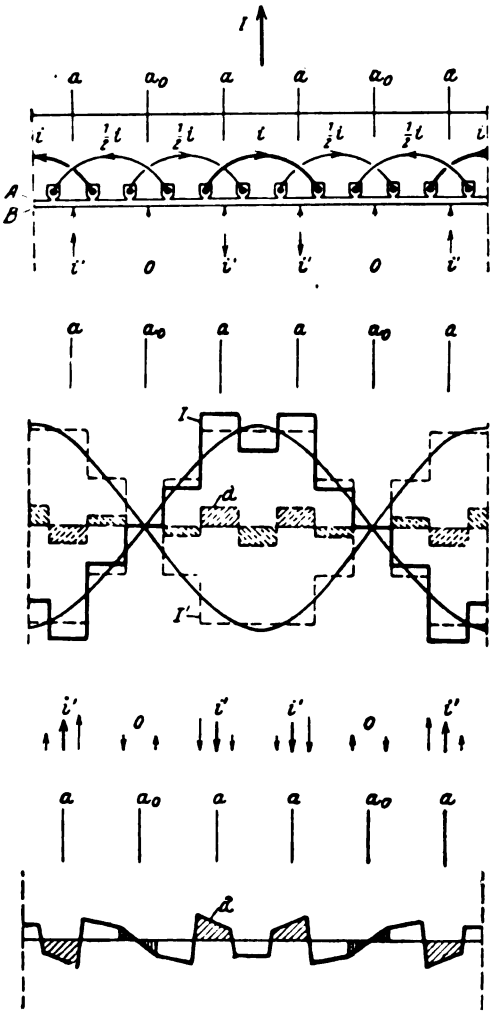
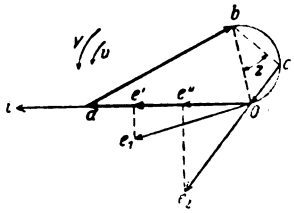


Abb. 1 *a*, *b*, *c*. Aufgerolltes Schema für 1 Polpaar. *A* Ständer, *B* Anker, Bürstenzonen durch 6 kleine Pfeile bezeichnet. Verteilung der Stromwindungen für einen gegebenen Zeitpunkt: *I* im Ständer, *I'* im Anker, *d* Verteilung der überlagernden Wendefelder. Wirkung ohne und mit Berücksichtigung der magnetisierenden Komponente des Stromes.

tend, daß man die Bürsten, um die Maschine selbsterregend zu machen, in eine für die Stromwendung ungünstige Stellung bringen muß. Bekanntlich ergibt sich die günstigste Kommutierung, wenn sich die Bürsten in der Kurzschlußstellung befinden. Um eine magnetisierende Komponente zu erzeugen, sind die Bürsten um etwa 30° elektrisch aus dieser Lage zu verschieben. An diesem Punkte überwiegen aber die Anker-AW und es herrscht starke Unterkommutierung. Bei der neuen Wicklungsart ergibt sich aber gerade hier durch die überlagerten Wendefelder ein Überwiegen der Ständer-AW und hiemit günstiger Einfluß auf die Stromwendung. Während bisher die Regelung der Phasenkompensation mit Serien-Erregermaschinen durch Bürstenverschiebung erfolgte, wodurch die magnetisierenden Stromwindungen geändert wurden, so daß sich die Spannung der Erregermaschine in ihrer Größe und Phase änderte, ist dies bei der neuen Maschine nicht mehr möglich, da damit die Wirkung der Wendefelder illusorisch würde und andererseits der Vorteil richtiger Kommutierung verloren ginge. Im übrigen hatte das alte Verfahren den Nachteil geringer Stabilität. Bei der neuen Methode erfolgt die Regelung durch einen variablen, parallel zu den Bürsten angeschlossenen Ohmschen. Widerstand. Wie das Diagramm (Abb. 2) mit $\overline{oa}$ als Anker-AW und $\overline{ab}$ als Ständer-AW zeigt, bewirkt eine Änderung des Widerstandes zum Beispiel eine Verminderung der magnetisierenden AW vom Wert $\overline{ob}$ auf $\overline{bc}$. Die Folge ist, daß die in der Erregermaschine induzierte Spannung ihre Richtung und Größe, diese allerdings infolge der Sättigung nur in geringerem Maße, ändert. Eine unabhängige Änderung des Spannungswertes kann durch eine parallel geschaltete, variable Reaktanz bewirkt werden. Die Komponenten $\overline{oe'}$ bzw. $\overline{oe''}$ in Abb. 2 dienen zur Überwindung des hauptsächlich Ohmschen



o—b, *c—b* magnetisierende Stromwindungen.
*o—e*₁, *o—e*₂ induzierte Spannungen im Anker.
o—e', *o—e''* Erregerspannungen des Motors bei Leerlauf.

Abb. 2. Diagramm der Stromwindungen der Erregermaschine (neue Regelung).

Widerstandes im Sekundärkreis des Asynchronmotors, während die induktiven Komponenten zur Erzielung des elektrischen Gleichgewichtes geringe Schlüpfungsänderungen bewirken. Bei entsprechender Dimensionierung der Erregermaschine, und wenn man sie an die Rotorklemmen in umgekehrter Phasenfolge, wie bei Verwendung als Erregermaschine anschließt, läßt sich eine negative Schlüpfung des Motors, also eine übersynchrone Drehzahlregelung, erreichen. Ein Durchgang durch den Synchronismus ist mit dieser Maschine, die ja auch bei Gleichstrom selbsterregend wirkt, möglich. Im untersynchronen Bereich muß die Kollektormaschine allerdings als Motor arbeiten, d. h. bei Durchgang durch den Synchronismus muß eine Umschaltung derart erfolgen, daß das Diagramm entsprechend der geänderten Vektorlage der Spannungen um die Achse $\overline{oi}$ (Abb. 2) gespiegelt wird, gleichbedeutend mit einer Umschaltung des Ständers um 60° elektrisch, was bei einem Dreiphasensystem ja auf einfache Weise möglich ist.

Erregermaschinen dieser neuartigen Bauart für die Phasenverbesserung von Asynchronmotoren wurden von den Werken der Constructions Electriques de Belgique, Liège-Herstal, bereits mehrfach ausgeführt.

—hw—

(E. T. Z., Bd. 49. H. 10 und 11, 1928.)

Die Eigenschwingungen von Rahmenfundamenten größerer Maschinen müssen so liegen, daß die Betriebsdrehzahl der Maschine hinreichend weit von ihnen entfernt liegt. Ein solches Fundament besteht aus Querrahmen (zwei vertikale Stiele mit einem horizontalen Riegel), die durch Längsträger miteinander verbunden sind und deren Füße in einer durchgehenden Grundplatte ruhen, die für die Berechnung als festliegend und starr gegenüber dem Rahmen angenommen wird. Der Rahmen führt Horizontal- und Vertikalschwingungen aus. Die Schwingungszahl der ersteren wird gewöhnlich mit

$$n_h = \frac{60}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{R_h}{M_h}}, \quad R_h = \frac{P}{f_1}$$

errechnet, wobei f_1 als horizontale Verschiebung bestimmt wird, die eine am Riegel angreifende horizontale Kraft P diesem erteilt, und M_h die schwingende Masse

Digitized by Google

(Maschine, Längsträger, Riegel und 30 vH die Stiele) ist. Die Vertikalschwingungszahl berechnet man nach einer Faustformel von J. Geiger[1]) $n_v = 300/\sqrt{f_2}$, wo f_2 in cm die statische Durchbiegung in Riegelmitte ist.

W. Prager berechnet nun aus der Differentialgleichung für die freien Schwingungen der einzelnen Rahmenstäbe auf strenge Weise die Eigenschwingungszahlen: diese ergeben sich sowohl für Horizontal- als Vertikalschwingungen durch Auflösung je einer transzendenten Gleichung. Die aus dieser strengen Lösung entwickelten Schwingungsformen zeigen die Berechtigung, für horizontale und vertikale Grundschwingung die bisher benützten Näherungsformeln zu verwenden. Doch zeigen zwei nach den strengen Formeln gerechnete Beispiele, daß die ersten Oberschwingungen schon bei $n = 7000$ und 8000 min^{-1} liegen. Während man aber bisher die Maschinendrehzahl zwischen die horizontale und vertikale Grundschwingung gelegt hat, wird man bei der jetzigen Entwicklung der Maschinen nach höheren Drehzahlen gezwungen sein, dieselbe zwischen die Oberschwingungen des Fundaments zu legen. In diesem Fall muß man zu der strengen Berechnung des Autors greifen. F—r.

(Zeitschrift f. techn. Physik, Jg. 9, Nr. 6, 1928.)

Wirtschaftliche Blindstromerzeugung durch Kompensierung der Phasenverschiebung von Asynchronmotoren. Dr. Ing. M. Liwschitz und J. Kozisek zeigen an Hand einiger Beispiele die Verteilung von Kupfer- und Eisenverlusten mit und ohne Drehstromerregermaschine bei Asynchronmotoren. Kupferverluste: Für einen Motor von 6000 V, 525 kW, $n_s = 107$ U/min, $\cos \varphi = 0{\cdot}78$ wurde gefunden, daß bei Kompensation auf $\cos \varphi = 1$ die Ständerkupferverluste um 39 vH abnehmen, die Läuferkupferverluste um 22 vH zunehmen. Angenommen, daß beim Lauf ohne Erregermaschine die Ständer und Läuferkupferverluste gleich sind, so würden die gesamten Kupferverluste mit Kompensation um $\frac{39 - 22}{2} = 8{\cdot}5$ vH abnehmen. Die gleiche Rechnung wird für einen Motor von 2150 kW, 6300 V, $\cos \varphi = 0{\cdot}89$, $n_s = 600$ U/min angestellt: die gesamten Kupferverluste nehmen um 11 vH ab. Allgemein ist die Verminderung der Kupferverluste durch eine Erregermaschine umso größer, je größer die Spannung, und je kleiner der Leistungsfaktor ist (Langsamläufer). Eisenverluste: Bei der 525-kW-Maschine tritt bei Phasenkompensation eine Zunahme der Eisenverluste von 8·5, bei der 2150-kW-Maschine eine Zunahme von 4 vH auf. Zusatzverluste: Die mit dem Strom zusammenhängenden Zusatzverluste werden bei Verwendung von Erregermaschinen herabgesetzt. Die Verluste und Zusatzverluste nehmen also bei Vorhandensein einer Erregermaschine in viel stärkerem Maße ab, als die Eisenverluste zunehmen, so daß die Gesamtverluste geringer sind als ohne Erregermaschine. Dieser Unterschied beim Lauf ohne und mit Erregermaschine ist meist so groß, wie die Verluste in der Erregermaschine, so daß zur Kompensation nahezu keine Mehrverluste auftreten.

Beispiele:

kW	V	U/min.	Zunahme der Eisenv. rl. in vH	Zunahme der sek. Kupf. Verl. in vH	Abnahme der Ständer Kupferv. rl. in vH	Zur Erzeugung von 100 kVA-Blindleist in kW
525	6000	107	14·5	46·5	47·56	1·25
500	6000	125	7	56	50·5	0·11
1850	10000	300	5	8·5	29	0·06
2150	6300	600	5	0	21	0·28

Aus all dem ist zu ersehen, daß die Phasenkompensation der Asynchronmotoren zur Erzeugung von Blindstrom wirtschaftlich ist. Hum.

(Siemens-Zeitschrift, Jg. 8, H. 3, 1928.)

[1]) „Berechnung der Schwingungserscheinungen an Turbodynamos." ZVDI 1922.

Die Wirkung von nicht stationären Vorgängen in Gleichstrom-Kompoundmotoren. L. R. Ludwig. Bei reinen Serienmotoren wird der Feldanstieg, verursacht durch die vergrößerte Stromaufnahme beim Anlauf, durch die Wirbelströme gedämpft, die hiedurch in den massiven Teilen der Maschine auftreten. Bei Kompoundmotoren ruft der Stromstoß beim Anlauf überdies durch die transformatorische Verkettung von Serien- und Nebenschlußwicklung eine entgegengerichtete EMK in der letzteren hervor, so daß sich der Strom in der Nebenschlußwicklung umkehrt und eine negative Spitze vom mehrfachen des Normalwertes erreichen kann. Der Fluß und damit das entwickelbare Anzugsmoment wird daher wesentlich geringer als bei einem gleichartigen Serienmotor oder es ergibt sich, falls ein gewisses gegebenes Drehmoment überwunden werden muß, eine Steigerung der Verluste durch die erforderliche größere Stromaufnahme. Dieser erhöhte Stromstoß kann auch mit Rücksicht auf zu befürchtende Anbrennungen am Kollektor unerwünscht sein. Die Aufgabe, diese Erscheinung zu bekämpfen, läuft darauf hinaus, Dauer und Größe der Stromumkehr in der Nebenschlußwicklung auf ein Mindestmaß zu bringen. Dies kann erreicht werden durch eine Erhöhung des Selbstinduktionskoeffizienten der Nebenschlußwicklung durch Vergrößerung der Streuung. Ähnlich bedeutet eine Stärkung des Widerstandes im Hauptstromkreis, also des Anlaßwiderstandes, eine Verringerung der negativen Stromstoßspitze im Nebenschlußfeld. Die ungünstigsten Verhältnisse erhält man bei gleichmäßiger Aufteilung des Feldkupfers auf Serien- und Nebenschlußwicklung. Dagegen kommen diese Ausgleichserscheinungen nicht in Betracht bei Maschinen mit sogenannter Hilfskompoundwicklung, wo zum Beispiel einige wenige Hauptstromwindungen zur Erhöhung der Stabilität eines Nebenschlußmotors oder einige Nebenschlußwindungen zum Schutz eines Hauptstrommotores gegen Durchgehen angeordnet werden. Schz.

(Journal A. I. E. E., Bd. 47, H. 4, 1928.)

Aluminiumwicklung für Turboläufer. Wie R. Pohl berichtet, werden neuerdings bei Grenzleistungsturbomaschinen, zum Beispiel Turbogeneratoren von 40000 kVA bei 3000 U/min, die Erregerwicklungen aus Aluminium hergestellt. Dies hat seinen Grund darin, daß die Dicke der die Läufernuten verschließenden Bronzekeile vielfach die durch die eigene mechanische Festigkeit gebotene Höhe wegen der Stärke der Wickelkopfbandagen und -Kappen übersteigen muß. Besonders gilt dies für die schweren Bandagen bei Kupferwicklungen. Während man hier mit einem spezifischen Gewicht von 8·9 bei einer Leitfähigkeit von 60 zu rechnen hat, besitzt Aluminium eine Leitfähigkeit von 35 bei einem spezifischen Gewicht von 2·6, so daß bei gleicher Temperaturerhöhung und gegebener Stromstärke das Gewicht der Aluminiumspule nur 40 vH des Kupferspulengewichtes beträgt. Da im gleichen Sinne die Fliehkräfte sinken, kann die Dicke der Läuferbandagen und mit ihr die Höhe der Nutenkeile stark verringert werden, so daß sogar manchmal noch ein größerer Nutenraum verfügbar wird, als für die Erhöhung der Spulen erforderlich wäre. Es ergeben sich somit bei gleicher Temperaturerhöhung der Wicklung für Aluminium weitaus günstigere mechanische Beanspruchungen sowohl in der Bandage, wie in den Läuferzähnen und im Läuferkörper. — Die Spulenverbindungen der Aluminiumwicklung werden nicht gelötet, sondern miteinander verschmolzen. Für die Verbindung der Aluminiumwicklung mit den Stahlschleifringen vermeidet man die bekanntlich zu Korrosionen führenden Schraub- oder Lötverbindungen des Aluminiums mit einem anderen Leitermaterial. Es wird vielmehr die Wicklungsausführung mit einem von der Welle isolierten Aluminiumunterlegring verbunden, auf welchen man den Stahlschleifring unmittelbar aufschrumpft. Damit sich zwischen Aluminium- und Stahlring keine isolierende Oxydschicht bildet, ist hiebei die Oberfläche des Aluminiumringes einer besonderen Behandlung zu unterwerfen. —hw—

(Z. V. D. I., Bd. 72, Nr. 29, 1928.)

Digitized by Google

Schaltanlagen, Schaltgeräte.

Anschluß kleiner Objekte an große Elektrizitätswerke. Die Schwierigkeiten beim Anschluß kleiner Transformatoren an Netze, auf welche Zentralen mit großer Leistung arbeiten, sind bekannt. Die mechanische und thermische Festigkeit solcher Objekte kann nicht groß genug sein und auch Schalter sind im Vergleich zu den geringen Nennströmen schwer und teuer, wenn sie den Beanspruchungen der Überströme standhalten sollen. Die heute allgemein angewendete Abhilfe dagegen sind die Schutzdrosselspulen. In einer Studie hierüber gibt F. Rutgers, Oerlikon, folgende Zahlen an, die für die Wirtschaftlichkeit solcher Drosselspulen zeugen:

Dauerkurzschlußstrom:		3000	4500	6000	14000
Kosten für	Ölschalter	100	115	130	310
	Drosselspule u. Sicherungen	90	90	90	90

Eine andere Schwierigkeit liegt im Anschluß von Spannungswandlern an hohe Spannungen. Es ist nicht möglich, Sicherungen herzustellen, die schon bei einem Strom durchschmelzen, der noch keine Beschädigung des Wandlers nach sich zieht. Die Vorschaltung von Widerständen hat nicht immer den gewünschten Erfolg gehabt. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat einen Apparat gebaut, der einen wirksamen Schutz von Wandler und Netz bilden soll. Er besteht aus einem Hörnerschalter, der von einem vorgeschalteten Widerstand ausgelöst wird, wenn dessen Temperatur eine gewisse Grenze übersteigt. Nach diesem Prinzip läßt sich eine Empfindlichkeit von einigen Hundertstein Ampere erreichen, was praktische Versuche ergeben haben. A. Fr.

(Bulletin S. E. V. Bd. XIX, Heft 11, 1928.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Das Umspannwerk Rheinau des Badenwerkes. Die Forderungen an moderne Schaltanlagen sind: Betriebssicherheit, Übersichtlichkeit und Vereinfachung der Bedienung. Ihre Erfüllung sehen Heller und Eisert in der strengen Einhaltung der Regeln: Trennung spannungführender Teile und ölgasgefährdeter Räume, weitestgehende Vermeidung aller Zwischendecken und die Übersicht sperrender Raumwände, Einfügen des Kommandoraumes in die Gebäudemitte bei sorgfältig überlegter Auswahl seiner Höhenlage. Die Anwendung dieser Grundsätze hat beim Umspannwerk Rheinau zur Wahl der Hallenbauweise mit versenkten Ölschaltern und Meßwandlern geführt. Die 100-kV-Halle in der üblichen Anordnung mit den Trennschaltern in der Mitte, die von Laufstegen aus bedient werden, bildet den mittleren Teil des Querschnittes: an ihre eine Längseite ist die niedrigere 20-kV-Halle angefügt, die vom Mittelgang der großen Halle frei eingesehen werden kann, an der anderen Seite stehen die Transformatoren. So ist die Bedingung erfüllt, alle wichtigen Teile der Schaltanlage von einem Gang aus zu übersehen. Der ganze Bau ist der Länge nach zweigeteilt, die beiden Teile sind durch einen Mittelbau von einander getrennt. Dieser enthält den Kommandoraum in der gleichen Höhe, in der sich in der Halle die Laufstege für die Trennschalterbedienung befinden. Übersicht der Anlage vom Kommandoraum aus ist so mit raschester Zugänglichkeit ihrer handbetätigten Teile verbunden. Im Erdgeschoß des Mittelbaues befindet sich die Werkstätte, in welche die Transformatoren geraden Weges eingefahren werden können. — Aus der sehr eingehenden Beschreibung der Anlage seien noch folgende Einzelheiten hervorgehoben. a) 100-kV-Anlage: Die Schalterkübel hängen in Kammern, die frei in einen Entlüftungsgang münden. Ein darunter befindlicher Ölabflußkanal sorgt für rasche Abfuhr etwa brennenden Öles und ein Schotterrost für dessen Löschung. Der Schalteroberteil kann mittels eines besonderen Hubwagens ausgehoben werden, die anschließenden Leitungen sind an den nächsten Stützpunkten gelenkig befestigt, so daß sie leicht verschwenkt werden können. Die Spannungswandler besitzen drei Sekundärwicklungen für den Anschluß der verschiedenen Instrumente und Relais; je drei Einphasenwandler sind zu einer Gruppe mit gemeinsamem im Betrieb zugänglichem Ölausdehnungsgefäß vereinigt. Als Sammelschienen sind Kupferseile durch die Halle gespannt, in der Mitte befindet sich ein Stützpunkt in Form einer Hängekette. Die Abspannketten sind durch Federn unter Zug gehalten. Die Sammelschienen in den beiden Hallenhälften sind über Trennschalter im Dachraum des Mittelgeschoßes verbunden. b) 20-kV-Anlage: Alle Leitungen, auch die Freileitungen, sind mit Kabeln in die Anlage eingeführt. Eine dritte Sammelschiene, die mittels eines Reserveölschalters mit beiden Betriebschienen gekuppelt werden kann, ermöglicht, jederzeit sämtliche Apparate eines Abzweiges ohne Betriebsunterbrechung zu revidieren und sie im Störungsfalle sofort zu ersetzen. Die Ölschalter sind in Kammern versenkt, welche direkt ins Freie entlüftet werden; sie besitzen solenoidförmige Kontakte[1]). c) Kommandoraum: Zwei Schalttafeln mit vorgebauten Pulten sind an den beiden Längsseiten des Raumes angeordnet. Das Pult enthält ein Bedienungsschaltbild, in welches die Steuerschalter unmittelbar eingebaut sind. Außer den Anzeigeinstrumenten sind noch die üblichen Meldeeinrichtungen für die Betriebsüberwachung vorhanden; die Nebenbetriebe sind auf einer eigenen Schalttafel an der Schmalseite des Raumes vereinigt. — Das ganze Umspannwerk, enthält: 5 Freileitungsabzweige (und 4 Reserabzweige) auf der 100-kV-Seite, 6 Freileitungsabzweige auf der 20-kV-Seite und zwei Transformatoren 100/20 kV von je 5000 kVA Leistung. A. Fr.

(BBC-Nachrichten, Mannheim, H. 2, 1928.)

Blindstromkompensation bei Großabnehmern. Ergänzend wird zu dem Referat im Heft 48, S. 1126, über die Arbeit von H. Nissel berichtet, daß unter dem Namen „Trivector" ein von der Fa. Landis & Gyr A. G. in Zug (Schweiz) zur Messung von Kilovoltamperestunden dienender Apparat bekannt ist[2]), der in Verbindung mit einem schreibenden Höchstverbrauchsmesser ohne weiteres die mittleren Höchst-Scheinbelastungswerte liefert. D. S.

Leitungen und Leitungsbau.

Freileitungs-Isolatoren der elektrifizierten Strecken der tschechoslovakischen Staatsbahnen. Mit Rücksicht darauf, daß die bis jetzt in der tschechoslovakischen Republik normalisierten Freileitungsisolatoren für Bahnzwecke nicht verwendbar sind, war es notwendig, neue Isolatorentypen zu entwickeln, über deren Ausbildung, Prüfung und Anwendung Dr. Ing. J. Bílek folgendes berichtet. Der Grundsatz, soweit irgend möglich, inländische Erzeugnisse zu verwenden, führte dazu, daß die Typenwahl erst auf Grund umfangreicher über einen Zeitraum von zwei Jahren sich erstreckender Vorarbeiten im Zusammenarbeiten mit den tschechoslovakischen Porzellanfabriken vorgenommen werden konnte. Bemerkenswert ist, daß zu Informationszwecken auch Vergleichsprüfungen in den Versuchsräumen der deutschen Porzellanfabriken Rosenthal in Selb, Hermsdorf-Schomburg und Hennigsdorf (AEG) ausgeführt wurden. Abgesehen von zwei Stützenisolatoren-Typen und einem Kettengliedisolator, welche den Firmen Porzellanfabrik Merkelsgrün und Th. Pohl in Schatzlar zur Lieferung übertragen wurden, ergab die endgültige Typenwahl bezüglich der Hängeisolatoren acht Ausführungsformen, welche sich sowohl hinsichtlich ihrer Innenkonstruktion, als auch durch die verschiedenen Werte der normierten Zugfestigkeit von einander unterscheiden. Die geforderte Zugfestigkeit ist nach dem Verwendungszwecke abgestuft. Für die Abspannung eines 100 mm² Fahrdrahtes oder eines 95 mm² Kupferseiles oder eines 50 mm² Bronzeseiles dienen die Typen mit

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 403.

[2]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 1, S. 32 und Heft 46, S. 1072.

Digitized by Google

5 t genormter Zugfestigkeit, während die 8 t-Typen für zwei Fahrdrähte zu je 100 mm² (bzw. ein 120 mm² Cu-Seil, ein 95 mm² Bronzeseil, ein 50 mm² Stahlseil) und endlich die 12 t-Type für ein 200 mm² Bronzeseil geeignet sind. Eine weitere Unterteilung dieser drei Haupttypen war durch die verschiedene Ausbildung der Armaturen-Befestigung bedingt. Es gibt demnach Hängeisolatorentypen der Bauarten Kugelkopf (Bihl in Ladowitz) für 5 und 8 t, V-Ring (Bihl) für 5 t, Kegelkopf (Merkelsgrün) für 5, 8 und 12 t, wobei jedoch die Konstruktion des Kegelkopfes von der bekannten Rosenthalschen Ausführung insoferne abweicht, als der Metallkegel aus einzelnen Segmenten besteht, welche nur durch das einfache Einschrauben des Klöppels auseinandergespreizt werden[1]), und endlich eine Volkerntype mit zwei Kappen (Merkelsgrün) für 5 t in der auch bei den österreichischen Bundesbahnen verwendeten Ausführung. Alle diese Isolatoren haben Baulängen zwischen 150 und 250 mm und sind im allgemeinen mit Klöppel und Pfanne ausgestattet, nur bei zwei Typen erfolgt die Verbindung mittels Gabelstück und Bolzen. — Außerdem wurden zwei weitere Typen, für welche nur geringe Stückzahlen in Betracht kamen, von reichsdeutschen Firmen bezogen, und zwar Motorisolatoren mit zwei Porzellanschirmen von Rosenthal in Selb und Stabisolatoren für Streckentrennung von der Steatit Magnesia A. G. in Holenbrunn.

Die Prüfung der Isolatoren bei der Abnahme erfolgte nach eigenen nach den ESC-Normen vom Eisenbahnministerium herausgegebenen Übernahms- und Prüfbedingungen für Bahnisolatoren, in welchen unter anderem für sämtliche Isolatoren die mechanische Vorprüfung mit 40 vH der garantierten Bruchlast und die Stoßspannungsprüfung mit doppelter Trockenüberschlagsspannung gefordert wird. Die Mindestüberschlagsspannung muß trocken 40 kV, unter 6 mm Regen pro Minute (Wasserleitungswasser) 20 kV, die Durchschlagsspannung unter Öl mindestens 60 kV betragen. Die normale Betriebsspannung beträgt 1·5 kV. Besonderer Wert wird auf eine sorgfältige Prüfung der Güte der Verzinkung der Armaturteile gelegt. Eine Reihe von Lichtbildern zeigt die Fahrleitungsanlagen in den Bauabschnitten der Firmen Českomoravská Kolben und AEG. Krtt.

(Elektrotechnický obzor, Bd. 17, Heft 5, 1928).

Die Einheitsgabel für Vierdrahtleitungen. Von Otto Burchardt werden Richtlinien für die Dimensionierung von Gabelschaltungen[2]) aufgestellt. Hiernach soll die Dämpfung der Gabel in dem Frequenzbereich von 300 bis 3000 Hertz praktisch frequenzunabhängig sein. Die Gabel soll sowohl zweidraht- als auch vierdrahtseitig auf 800 Ohm angepaßt sein, das heißt, ihr Scheinwiderstand, von jedem der Pole aus gesehen, soll bei Belastung der übrigen Pole mit je 800 Ohm selbst 800 Ohm mit einem Spielraum von 600 bis 950 Ohm betragen. Auf der abgehenden Sprechleitung des Vierdrahtes ist ein elfstufiger Schwächungswiderstand anzuordnen, der bei Stufe 11 unwirksam, in den übrigen Stufen einen frequenzunabhängigen Dämpfungszuwachs von je 0·1 Neper verursacht. Durch diesen Schwächungswiderstand darf der Scheinwiderstand der Gabel nicht verändert werden. Handelt es sich um stark pupinisierte Leitungen, so muß eine Verzerrungsschaltung in der Gabel angeordnet werden, um die Entzerrung des Sendeverstärkers der Leitung anzupassen. Diese sogenannten Gabelverzerrer bestehen aus einer Kunstleitung (Kondensatoren, Spulen und Widerstände in Serien- und Parallelschaltung), deren Wellenwiderstand rd. 900 Ohm beträgt. Bei stark pupinisierten Leitungen ist die Einschaltung einer Spulenleitung zur Frequenzbegrenzung nicht notwendig, da die Verstärker oberhalb des Übertragungsbereiches dem Dämpfungsanstieg des Kabels nicht mehr folgen können und daher selbst frequenzbegrenzend wirken. Bei schwach pupinisierten Leitungen hat sich die Einschaltung von Spulenleitungen zur Frequenzbegrenzung als unbedingt notwendig erwiesen, um die Einschwingvorgänge durch Frequenzen oberhalb des Übertragungsbereiches unschädlich zu machen. Im deutschen Fernkabelnetz werden Frequenzbegrenzer angewendet, deren Durchlässigkeitsbereich zwischen 300 und 2500 Hertz liegt. In diesem Bereich ist ihr Wellenwiderstand 900 Ohm und die Dämpfung kleiner als 0·05 Neper. Für den Ruf soll modulierter Tonfrequenzstrom (500 Hertz mit 25- bis 20maliger Unterbrechung in der Sekunde) verwendet werden. Um zu verhindern, daß die Rufeinrichtung auch auf Sprechströme anspricht, sind Verzögerungsrelais eingeschaltet, deren Gesamtverzögerung etwa 0·8 sec beträgt. Kelch.

(Telegraphen- und Fernsprechtechnik, Jg. 17, H. 6, 1928.)

[1]) Gemäß Österr. Patent Nr. 110 431.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 273.

Elektrische Antriebe, Arbeitsmaschinen.

Über die Entwicklung elektrischer Fördermaschinen in den letzten Jahren berichtet W. Philippi. As Mittel zur Erhöhung der stündlichen Förderleistung stehen zur Verfügung: 1. Erhöhung der Fördergeschwindigkeit, 2. Erhöhung der Nutzlast, 3. Verwendung der Gefäßförderung, 4. Erhöhung der Beschleunigung und Verzögerung. (Die Verwendung von Leichtmetallkörben vermindert die Totlasten bedeutend, da auch das Seil wesentlich leichter ist.) 5. Kürzung der Signaldauer.

Für die Fahrtsicherheit ist vor allem Verhütung eines gefährlichen Übertreibens ausschlaggebend. In diesem Sinne fordern die neuen preußischen Bergwerksvorschriften bei Fördermaschinen über 6 m/s Geschwindigkeit einen sicher wirkenden Fahrtregler. Die Größe des Übertreibweges ist aber außerdem von der Wirksamkeit der Sicherheitsbremse abhängig, so daß diese bei Beurteilung des Fahrtreglers mitberücksichtigt werden sollte. Große Schwierigkeiten verursachte die Massenwirkung des Fallgewichtes der Sicherheitsbremse, derzufolge je nachdem, ob schwache oder starke Dämpfung angewandt wurde, entweder gefährliche Schwingungen im Bremsdruck auftreten, oder sehr lange Schließzeiten in Kauf genommen werden mußten. Diese Nachteile vermeidet die Schnellschlußbremse der SSW, bei der rasche Schließzeit mit schwingungsfreiem Einfallen verbunden ist[1]). Die Fahrtsicherheit wird erhöht durch eine Anzeigevorrichtung für die Stellung des Förderkorbes, die unmittelbar vom Schacht aus betätigt wird. Dünkelberg verwendet hierzu im Schacht befestigte kleine Transformatorkerne ohne Schlußjoche, auf denen eine Primär- und eine Sekundärwicklung mit großer Streuung angeordnet sind. Das Schlußjoch ist an der Förderschale befestigt. Normal wird in der Sekundärwicklung nur eine kleine Spannung induziert. Schließt das Schlußjoch im Vorbeistreichen den magnetischen Kreis, so steigt das Feld und die Spannung der Sekundärwicklung beträchtlich und eine daran angeschlossene, beim Führerstand angebrachte Glimmlampe leuchtet auf. Solche Transformatoren werden an mehreren Stellen des Schachtes angebracht. Um den Gefahren einer falschen Teufenzeigenwirkung zu begegnen, wird eine Auslöseeinrichtung, die beim Lösen der Teufenzeigerkupplung wirkt, oder eine durch ein Differentialtriebwerk zwischen Förderwelle und Teufenzeigerspindel bei nicht übereinstimmenden Drehzahlen betätigte Auslöseeinrichtung eingerichtet. Fahrtregler bei Drehstrommaschinen müssen nach anderen Gesichtspunkten entworfen werden, wie bei Leonardantrieben, da die Geschwindigkeit in weitgehendem Maße von der Belastung abhängt. Der Regler vergleicht im allgemeinen die tatsächliche Fördergeschwindigkeit mit einer Sollgeschwindigkeit zum Beispiel dadurch, daß auf zwei an gleicher Spannung liegenden Widerständen Bürsten schleifen, deren eine von der Teufenzeigermutter, die andere von einem Fliehkraftregler an der Förderwelle verstellt wird; weichen die beiden von den Bürsten an den Widerständen abgegriffenen Spannungen unzulässig voneinander ab, so wird über ein Relais die Bremse be-

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 114.

Digitized by Google

tätigt. An Stelle des Fliehkraftschalters mit seinem Widerstand kann auch eine Tachometerdynamo treten. Eine Anordnung, die für die Förderanlage des Kaliwerkes „Erichsegen" bei Hannover ausgeführt wurde, besteht aus einer von der Förderwelle angetriebenen Ölpumpe, die eine von der Fördergeschwindigkeit abhängige Ölmenge im Kreislauf fördert. Ein Schieber, der in Abhängigkeit vom Teufenzeiger mehr oder weniger schließt, hält bei Einhaltung des Förderdiagramms den Druck in der Kreisleitung konstant; sonst wird durch die entstehende Druckänderung auf die Bremse gewirkt.

Leng.

(Elektrizität im Bergbau, Jg. 3, H. 5 u. 6, 1928.)

Gleichrichter.

Einen neuen Hochspannungs-Gleichrichter für Elektrokulturen beschreiben P. Jaccard und W. Oswald. Der Gleichrichter kann an jede elektrische Lichtleitung angeschlossen werden und liefert einen gleichgerichteten Strom von 2000 V Spannung, der mittelst galvanisierter Eisendrähte über Kulturpflanzen geleitet wird (10–13 A je m² Kulturfläche erforderlich). Mit diesem neuen Gleichrichter wurde ein billiger transportabler Apparat geschaffen, mit dessen Hilfe die beiden Autoren Versuche durchzuführen begannen, welche den Einfluß des künstlichen Elektrisierens von Kulturen auf die Ernte feststellen sollen. Der Apparat ist ein Glühkathodengleichrichter und besteht im wesentlichen aus einem Kerntransformator mit zwei Sekundärwicklungen (Hochspannungsspule und Heizstromspule), zwei Ventilröhren (zur Ausnützung beider Wellen) und einem System von Kapazitäten und einer Selbstinduktionsspule (zur Glättung des Stromes). Durch Anordnung von zwei Sekundärwicklungen am Transformator ergibt sich der Vorteil, die gleiche Stromquelle für Heizung und elektrisches Feld benützen zu können, außerdem wird bei Wechselstrom der Glühdraht weniger beansprucht. Zur Überwachung dienen Präzisions-Volt- und Milliamperemeter. Um das Personal vor Schaden zu bewahren, werden die Kondensatoren nach Schluß der Bestrahlung über einen hochohmigen Widerstand entladen. Mit diesem Gleichrichter wird ein aus horizontal gespannten Eisendrähten bestehendes Netz gespeist, das in geringen Abständen vertikal verschiebbar über den Kulturen gespannt wird. Im vergangenen Winter wurden Vorversuche mit Weizen und Gerste durchgeführt, wobei die Kulturen zum Ausgleich des schwachen winterlichen Lichtes täglich morgens und abends etwa zwei Stunden künstlich mit 2000 HK beleuchtet und außerdem wöchentlich mit einer bestimmten Nährlösung begossen wurden. Dieser erste Versuch ergab bei gleichem Saatgewicht ein höheres Erntegewicht (Frischgewicht) um 17 vH (61·5) bei Gerste und 8 vH (24) bei Weizen. Die eingeklammerten Werte gelten für jene Kulturen, die von frühester Jugend an elektrisiert wurden. Dr. Vel.

(Bulletin d. S. E. V., Jg. 19, Nr. 14, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über den Einfluß der Anodenheizung auf die Zündungsbedingungen von Metallichtbögen, deren Auftreten in Lampen mit hohen Spannungen auf engem Raum zur Zerstörung des Leuchtkörpers führen, haben H. Alterthum und H. Ewest eine Untersuchung durchgeführt. In einem evakuierbaren Gefäß befanden sich in kurzem Abstand voneinander zwei Wolframwendeln, die jede für sich über je einen Transformator mit einem Spannungsabfall von wenigen Volt geheizt wurden; die Wendeln, welche von Nickelzuführungen getragen wurden, waren über ein Milliamperemeter mit einer Gleichstromquelle variabler, meßbarer Spannung verbunden, so daß zwischen den beiden Wendeln eine beliebige Gleichspannung lag und der zugehörige Ionisierungsstrom gemessen wurde. Der Wechselstrom für die Heizung mußte in beiden Wendeln gleichphasig schwingen, um die Messung der Gleichspannung nicht zu verfälschen. Der die eintretende Stoßionisation kennzeichnende Knick in der Ionisierungscharakteristik wurde als Zündspannung des Lichtbogens angenommen. Mit dieser Anordnung wurde nun festgestellt, daß, während bei einem Vakuum von 10^{-3} mm Hg eine Heizung der Anode auf 2300° C abs. die Charakteristik nicht verändert, die Zündspannung bei Gasfüllung (Stickstoff unter 760 mm Hg Druck, oder eine Mischung 80 vH Argon, 20 vH Stickstoff) auf ungefähr die Hälfte sinkt, wenn die Anode auf 2670° C geheizt wird. Diese Erscheinung wird durch die größere freie Weglänge der Elektronen im erhitzten Gas zwischen den Wendeln gedeutet. In gleichem Sinne wie die Heizung der Anode wirkte auch eine Erniedrigung des Gasdruckes oder eine Verringerung des Abstandes der Wendeln. Bei Verwendung von Gasgemischen (zum Beispiel Stickstoff-Argon) lag die Zündspannung um so tiefer, je mehr die Gaskomponente mit tieferer Zündspannung im Gemisch enthalten war. Es konnte daher die Meßmethode auch zur Analyse von Gasgemischen verwendet werden. Frd.

(Zeitschrift f. techn. Physik, 9. Jg., Nr. 6, 1928.)

Untersuchungen über dielektrische Verluste von Transformatorenölen veröffentlichen L. S. Ornstein, G. J. D. J. Willemse und J. H. G. Mulders. Zur Ermittlung der Verluste wurde die thermoelektrisch gemessene Erwärmung eines zwischen seinen 2 Platten mit dem Öl gefüllten Meßkondensators benützt, der zur Verhütung von Wärmeverlusten in eine doppelte Holzkiste eingeschlossen war. Die beiden Belegungen wurden an die Klemmen eines Transformators gelegt, dessen Spannung mittels einer Kugelfunkenstrecke oder durch den Ladestrom eines zweiten Kondensators bekannter Kapazität gemessen werden konnte. Bei der Leitfähigkeitsbestimmung mit Gleichstrom wurde in die Zuleitung zum Ölkondensator eine Ventilröhre eingeschaltet. Die Temperaturablesungen am Thermogalvanometer erfolgten in der bei kalorimetrischen Messungen üblichen Art. Die Temperatursteigerungen waren von der Größenordnung 0·001 bis 0·01° C. Der Kalorimeterkondensator wurde bei Gleichspannung unter gleichzeitiger Messung der Stromstärke und der Spannung geeicht. Die Verlustwärme V war zwischen 30 und 500 Hertz unabhängig von der Frequenz. Die Größe V/E^2 zeigte sich nur wenig spannungsabhängig. Wurde das Öl längere Zeit unter Spannung gehalten, so sanken die Verluste ganz bedeutend; ebenso aber auch die Leitfähigkeit, wenn das Öl längere Zeit einer Gleichspannung ausgesetzt wurde. Die Leitfähigkeit stieg ferner stets gleichzeitig mit der Spannung; jedoch bei höheren Spannungen rascher als bei niedrigeren. Die Verfasser erklären die zeitliche Abnahme der Verluste und der Leitfähigkeit durch die allmähliche Verarmung an Ionen, die unter der Wirkung des Feldes gegen die Elektroden wandern und daselbst ausgeschieden werden. Ist S der Totalwert der Leitfähigkeit und σ_0 der konstante Teil derselben, so erhält man bei Proportionalität zwischen der Leitfähigkeit und der Ionenkonzentration und ferner zwischen der Änderung der letzteren und der Stromstärke die Beziehung:

$$S = \sigma_0 + A \cdot e^{-kEt}; \quad \log (S - \sigma_0) = \log A - kEt.$$

(A und k = Konstanten). Diese Beziehung wurde durch die Versuche mit nur geringen Abweichungen bestätigt. Die Größe $\log (S - \sigma_0)$ als Ordinate über der Zeit als Abszisse aufgetragen lieferte geradlinige Schaulinien, deren Neigungskonstante der Spannung proportional war. Die Ionenabwanderung wurde schon von Kautzsch[1]) beobachtet und als Kataphorese gedeutet. Die Verfasser schließen auf einen elektrolytischen Charakter des Vorganges. Die Zusammensetzung der Abscheidung konnte wegen ihrer allzugeringen Menge nicht festgestellt werden. (Die Hauptrolle dürfte wohl der Wassergehalt spielen. D. Ber.) Das auf diesem Wege entionisierte oder „stabilisierte" Öl zeigt nunmehr eine starke Abhängigkeit der dielektrischen Verluste von der Frequenz. Zieht man von der Größe V/E^2 die entsprechende Verlustgröße für Gleichstrom ab, so erhält man den reinen dielektrischen Hystereseverlust, der deshalb im großen und ganzen proportional der Periodenzahl ansteigt. Der gleichzeitige Anstieg von V/E^2 mit der Spannung wurde auf die Ionisation der im Öle enthaltenen Luft zurückgeführt; er verlor sich beim stundenlangen Erhitzen des Öles auf 130° C und nach-

[1]) Phys. ZS. Heft 4, 1928, S. 110.

Digitized by Google

folgendem Abkühlen im Vakuum und trat beim nachträglichen Hineinschütteln von scharf getrockneter Luft wieder auf. Hiebei erreichten die Verluste allerdings nicht mehr ihre anfängliche Höhe, so daß auch mit der Mitwirkung der Feuchtigkeit gerechnet werden muß. Die Leitfähigkeit der stabilisierten Öle erscheint bis auf den 200sten Teil ihres anfänglichen Betrages herabgesetzt und die Öle behalten die durch die Stabilisierung erzielten Eigenschaften monatelang bei. Die bereits erwähnte Spannungsabhängigkeit des Leitwertes folgt der Formel $\sigma = A \cdot e^{bE}$,

die umso strenger erfüllt ist, je höher die Temperatur des Öles ist. Bezeichnet man die Viskosität mit η und trägt als Abszissen $\log \eta$, sowie als Ordinaten $\log \sigma$ auf, so erhält man gerade mit steigendem η abfallende Linien, die an der den Eigenschaften bei 40° C entsprechenden Stelle einen Knick aufweisen, der auf das Schmelzen suspendierter Teilchen (Paraffin?) zurückgeführt wird. Unter 40° ist das Produkt $\sigma\eta$ ziemlich konstant; darüber steigt es mit der Temperatur an.

R. H.

(Zeitschr. f. techn. Phys., Jhrg. 9, Nr. 7, 1928.)

Literaturberichte.

3767 **Die synchronen Wechselstrommaschinen.** Zum Gebrauche an technischen Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Reg.-Rat Prof. Dr. J. Kollert. Aus der Sammlung: Rühlmann, Wechselstromtechnik, 3. Aufl. 247 Seiten, mit 200 Abb. Verlag Oskar Leiner, Leipzig, 1928.

Ausgehend von der historischen Entwicklung behandelt der Verfasser die Konstruktion moderner Synchronmaschinen zum Teil auch an Hand einer Reihe bewährter Ausführungsformen und wendet sich sodann der Theorie und Berechnung zu, wobei allerdings die Besprechung der Ankerwicklungen verhältnismäßig kurz wegkommt. Dagegen ist es anerkennenswert, daß die Theorie des Parallelbetriebes, der Eigen- und Resonanzschwingungen, der Dämpfung, sowie des asynchronen Anlaufes gebührende Würdigung findet. Die grundlegenden mathematischen Entwicklungen zur Erkenntnis dieser Erscheinungen werden eingehend erörtert. Die Berechnung, die ziemlich breiten Raum einnimmt, ist wieder mit zahlreichen Ausführungsbeispielen belegt, hingegen die Methoden der Untersuchung und Prüfung von Synchronmaschinen zu knapp geraten. Eine ebenfalls nur kurz gefaßte Darstellung von Konstruktion, Theorie und Berechnung der Einankerumformer schließt das ziemlich inhaltsreiche Bändchen ab.

Das Werk kann als durchaus empfehlenswertes Lehrbuch für Studierende und Männer des berufstätigen Lebens, die über einige mathematische und theoretische Vorkenntnisse verfügen, bezeichnet werden. Auf allgemein einführende Kapitel auf mathematischem und technischem Gebiete wurde verzichtet, so daß das Bändchen von überflüssigem Ballast befreit ist. Bei der Behandlung der Probleme ist die analytische Darstellung an die Spitze gestellt und auf eine vektorielle Deutung fast ganz, auf eine Verwendung der symbolischen Methode völlig verzichtet worden. Schwarz.

3710 **Die Verwendbarkeit der Röntgenverfahren in der Technik.** Von Dipl.-Ing. C. Kantner und Dipl.-Ing. A. Herr. Mit 72 Seiten und 107 Abb. V. D. I.-Verlag, Berlin, 1928. Preis brosch. Mk. 4·50, für V. D. I.-Mitglieder Mk. 4·—.

Das Buch ist als Einführung und Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten der Röntgentechnik zur Werkstoffprüfung[1]) gedacht und erfüllt diese Aufgabe auch bestens. Theoretische und schwerer verständliche oder eingehenderes Studium und Vorkenntnisse erfordernde Betrachtungen wurden weitgehendst vermieden. Die zahlreichen Abbildungen vermitteln anschaulich Einblick, wie an Hand von vergleichenden photographischen Aufnahmen der mit der Werkstoffprüfung befaßte Röntgenologe zur sicheren Beurteilung der ihm vorgelegten Proben gelangt. Sehr ausführlich sind neben Feinstrukturuntersuchungen die Prüfung der Grobstruktur (innere Beschaffenheit) von gegossenen und geschweißten Werkstücken behandelt.

Der Abschnitt II über Röntgenanlagen erscheint für den Praktiker von geringerem Interesse und enthält anderseits auch für den Röntgentechniker selbst zu wenig des Interessanten, wie dies eigentlich im Rahmen der gestellten Aufgabe nicht gut anders möglich ist.

Hermann.

[1]) Vgl. den Aufsatz des erstgenannten Verfassers in Heft 20 d. J., S. 495.

3737 **Siegfried Marcus.** Von Ing. E. Kurzel-Runtscheiner. 38 Seiten, 6 Tafeln. Herausgegeben vom Technischen Museum für Industrie und Gewerbe in Wien (1928). Preis S 1·50.

Während bisher in weiteren Kreisen nur bekannt war, daß Marcus bereits 1864 in Wien das erste betriebsfähige Benzinautomobil gebaut hat und der Erfinder der Magnetzündung für Verbrennungskraftmaschinen ist, geht aus der vorliegenden, auf umfangreichem Quellenstudium beruhenden Arbeit hervor, daß Marcus auch mit Erfolg auf den verschiedensten Gebieten der Elektrotechnik (Telegraphie, Beleuchtung, Elemente) erfinderisch tätig war. So hat Marcus, der von 1848 bis 1852 bei Siemens & Halske in Berlin arbeitete, schon in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts Bogenlampenanlagen hergestellt und in Betrieb gesetzt und eine seiner Erfindungen auf diesem Gebiete an Siemens & Halske verkauft. Er dürfte sich auch schon etwa um 1862 mit Josef Popper (Lynkeus), mit dem er befreundet war, mit der elektrischen Kraftübertragung befaßt haben. Schließlich ist noch bemerkenswert, daß Marcus seinen Benzinmotor später als Antriebsmotor für kleine ortsfeste elektrische Zentralen ausbildete. Die Schrift, die einen recht wertvollen Beitrag zur Geschichte der Erfindungen bietet, ist daher auch für die Elektrotechniker von Interesse. J.

Eingelaufene Bücher.

3742 A Bibliography of electrical Literature (Publications from the Massachusetts Institute of Technology, Vol 63, Nr. 90) 62 Seiten, 1928.

Das Heft enthält eine sehr sorgfältige und auch ziemlich vollständige Zusammenstellung der wichtigsten elektrotechnischen Zeitschriften der ganzen Erde mit näheren Angaben über das Erscheinen, den Inhalt usw., ferner der größere Literaturübersichten und Auszüge aus Aufsätzen veröffentlichenden Zeitschriften, der großen Buchverzeichnisse und der Veröffentlichungen der Patentämter, sowie eine Auswahl grundlegender Werke aus den verschiedenen Zweigen der Elektrotechnik, schließlich eine Zusammenstellung von Wörterbüchern, Handbüchern, Normen und Statistiken. Bei den letzteren ist wohl die des Elektrotechnischen Vereines in Wien angeführt, hingegen fehlen die österreichischen Sicherheitsvorschriften. Die Schrift gibt eine sehr gute Übersicht besonders über das sonst schwer erfaßbare fremdsprachige Schrifttum über Elektrotechnik, sowohl für wissenschaftliche Arbeiten als auch bei Nachforschungen. J.

2833 Vorrichtungsbau. Von F. Grünhagen. II. Teil (Werkstattbücher, herausgegeben von E. Simon, Heft 35). 52 S. mit 124 Abb. Berlin, Verlag von Julius Springer 1928. Preis 2 M.

Das für das Konstruktionsbüro und die Werkstätte sehr nützliche Heft bringt die Anwendung der im ersten Teile[1]) enthaltenen allgemeinen Darlegungen auf den Bau bestimmter Vorrichtungen. Außer vollständigen Bearbeitungsbeispielen mit Vorrichtungen sind noch einzelne Vorrichtungen behandelt, die häufig als Vorbilder für Neukonstruktionen dienen können, sowie fehlerhafte Spann- und Bohrspannvorrichtungen kritisch beleuchtet. Schließlich wird in der Einleitung einiges über die im Handel erhältlichen Spann- und anderen Vorrichtungen gesagt. J.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 346.

Digitized by Google

3762 Kulturgeschichte der Technik. Skizzen von Dr. Ing. e. h. Franz Maria Feldhaus. 2 Bände, 154 und 209 Seiten mit 60, bzw. 47 Abb. (Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Bücherei, Bd. 20 und 21). Verlag Otto Salle, Berlin, 1928. Preis 5 M bzw. 6 M.

In den beiden auch recht hübsch ausgestatteten Bändchen bringt der nunmehr fast drei Jahrzehnte auf dem Gebiete der Geschichte und Entwicklung der Technik und ihrer Nachbargebiete unermüdlich tätige Verfasser sehr anregend geschriebene Skizzen, die einerseits den Zeitraum von der Steinzeit bis zur Gegenwart umfassen, andererseits aber die vielfachen Zusammhänge zwischen der Technik und dem täglichen Leben, das Leben und die Tätigkeit verschiedener Forscher und Erfinder zeigen und schließlich auch einen recht interessanten Einblick in das Leben zu verschiedenen Zeiten und bei den einzelnen Völkern geben. An vielen Stellen werden auch Irrtümer berichtigt, die bisher immer wieder auftauchten. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind die einzelnen Abschnitte auch für den Nichttechniker von Interesse und es ist den beiden Bänden eine möglichst große Verbreitung zu wünschen, nicht zuletzt weil sie wieder ein Mittel sind, um das Verständnis für die Technik und für ihre Bedeutung für unser wirtschaftliches Leben und unsere Kultur zu fördern. Jk.

Chronik.

Österreichisches Nationalkomitee für die Weltkraftkonferenz. In seinen Sitzungen vom 3. und 27. November 1928 befaßte sich das Komitee hauptsächlich mit dem Verlaufe und den Ergebnissen der Londoner Brennstofftagung[1]). Zunächst erstattete Direktor Ing. Taussig, der der Führer der österreichischen Abordnung während der Tagung war, einen Bericht über den äußeren Verlauf dieser Veranstaltung. Österreich war durch neun Delegierte vertreten, von denen mehrere auch Gelegenheit nahmen, in die hochinteressanten Wechselreden einzugreifen. Es lagen im ganzen 157 Referate vor, wovon 41 auf England, 17 auf Deutschland, 14 auf Österreich und die gleiche Zahl auf Nordamerika entfielen; Österreich stand somit an dritter Stelle und hat damit sehr ehrenvoll abgeschnitten, was auch in der überaus guten Aufnahme zum Ausdruck kam, die seine Vertreter in London überall gefunden hatten. Unter den an der Tagung beteiligten Nationen sind hinsichtlich ihrer Einstellung zur Konferenz deutlich zwei Hauptgruppen zu unterscheiden gewesen: England, die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Deutschland, Österreich, Schweden, Norwegen einerseits und Frankreich, Belgien, Rumänien andererseits; auffallend war die außerordentlich geringe Teilnahme Italiens, das an der Baseler Tagung noch sehr regen Anteil genommen hatte, dann aber einen Umschwung seiner Haltung erkennen ließ, der sich bereits bei der Sitzung des Exekutivrates in Cernobbio darin zeigte, daß es seinen Antrag auf Abhaltung der nächsten Vollkonferenz in Rom zurückzog. Die Durchführung der Londoner Tagung hielt sich im allgemeinen an das in Basel erprobte System, indem nicht die einzelnen Referate sondern lediglich Generalberichte über dieselben zur Verlesung kamen, woran sich unmittelbar die Wechselreden anschlossen. Es wurde mit wenigen Ausnahmen englisch gesprochen und zum größten Teil über Brennstoffragen Englands. Dabei waren die Engländer durchaus nicht zurückhaltend in der Darstellung ihrer Sorgen bezüglich der gegenwärtigen Lage und der künftigen Entwicklung ihres Brennstoffmarktes. In England hat eben die breiteste Öffentlichkeit das größte Interesse an allen Brennstoffragen; die Hauptsorge der Engländer ist, sich von den Vereinigten Staaten hinsichtlich der Ölversorgung unabhängig zu machen und der eigenen Kohlenindustrie wieder emporzuhelfen. Daher wird in England allen Prozessen der Kohlenveredlung, der Kohlenverschwelung und der Frage der Rauchverhütung in Städten das lebhafteste Interesse entgegengebracht. Verhältnismäßig wenig beteiligten sich die deutschen Vertreter an der Diskussion, von denen nähere Mitteilungen über Kohlenverflüssigung zu erwarten gewesen wären. Ebenso zeigte sich Amerika — im Gegensatze zu Kanada — zurückhaltend. Selbstverständlich gab es bei der Tagung auch verschiedene interessante Exkursionen und eine Reihe von gesellschaftlichen Veranstaltungen, von denen einzelne in einer glänzenden Aufmachung stattfanden, so z. B. das offizielle Bankett in den Connaught Rooms mit etwa 500 Teilnehmern und der Empfang bei Lord Melchett im Hotel Cecil mit ungefähr 1200 Personen; auch der österreichische Gesandte hatte unsere Delegierten zu einem Lunch geladen.

Während der Konferenz tagte auch der Internationale Exekutivrat, der unter anderem beschlossen hat, daß die Mitgliedsbeiträge der einzelnen Länder in ihrer bisherigen Höhe ausreichend sind und daher keine Erhöhung erfordern, ferner daß die für die Tagungsberichte und für die Verhandlungen zulässigen Sprachen englisch, französisch und deutsch sind, außerdem eine fallweise festzusetzende Sprache; dieser Beschluß bedeutet eine Änderung der Satzungen der Weltkraftkonferenz und wurde hervorgerufen durch den bekannten Satzungsänderungsvorschlag der Franzosen. Sehr zeitraubend gestalteten sich die Verhandlungen infolge der Haltung der Franzosen in der Frage der Staubeckenkommission[1]), doch kam es auch hier zu einem vermittelnden Beschluß nachstehenden Inhaltes: „Die Aufmerksamkeit des Internationalen Exekutivrates der Weltkraftkonferenz ist auf den Vorschlag gelenkt worden, den die französische Regierung an verschiedene andere Regierungen gerichtet hat und der bezweckt, eine Internationale Kommission für Stauwerke zu konstituieren. In der Diskussion über diesen Gegenstand erinnerte Herr Guillaume den Exekutivrat daran, daß der Vorschlag der französischen Regierung in Übereinstimmig mit einer Resolution der Baseler Sondertagung der Weltkraftkonferenz vom September 1926 gemacht wurde[2]). Er gab bekannt, daß das französische Komitee für Stauwerke aus Mitgliedern des französischen Nationalkomitees der Weltkrafkonferenz und aus Spezialisten dieses Faches konstituiert wurde, daß nach der Ansicht des französischen Komitees für Stauwerke die Internationale Kommission soweit als möglich aus Delegierten der verschiedenen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz gebildet werden soll, und daß, ebenfalls soweit als möglich, die Tätigkeit der Kommission durch das Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz des betreffenden Landes geführt werden solle. Unter der Voraussetzung, daß die vorgeschlagene Internationale Kommission so zusammengesetzt werde und ihre Tätigkeit so führe, ist der Internationale Exekutivrat der Weltkraftkonferenz der Meinung, daß die Nationalkomitees der Länder, welche den Vorschlag der französischen Regierung noch nicht angenommen haben, ihren Regierungen empfehlen: a) daß sie der französischen Regierung ihre Bereitwilligkeit bekannt geben, an der Tätigkeit einer so zusammengesetzten und ihre Tätigkeit so führenden internationalen Kommission teilzunehmen, b) daß die verschiedenen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz es übernehmen, für die Ernennung von Delegierten und die faktische Teilnahme an der Arbeit einer solchen internationalen Kommission Sorge zu tragen."

Im Sinne dieses Beschlusses hat nunmehr auch das österreichische Nationalkomitee an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft eine entsprechende Eingabe gerichtet und, da nach den Satzungen der Internationalen Kommission für Stauwerke von jedem Nationalkomitee zwei Delegierte entsendet werden sollen, hiefür zur Auswahl die Herren Ministerialrat Ing. Kühnelt, Oberbaurat Ing. Dr. Mayreder, Direktor Ing. Dr. Ornig und Oberbaurat Ing. Innerebner in Vorschlag gebracht. Die nächste Sitzung der Kommission soll bereits im Jänner 1929 in Paris stattfinden.

Hinsichtlich der vom Exekutivrat gemäß früherer Beschlüsse auszuarbeitenden Statistik der Kraft-

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 255.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 745.
[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 824.

Digitized by Google

quellen der Welt liegt noch wenig vor, bezüglich der internationalen Festsetzung des Wirkungsgrades der Wasserturbinen steht die Stellungnahme der I.E.C. auch noch aus und die von der Union internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique verfaßte Statistik über die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie ist in ihrem gegenwärtigen Zustande ebenfalls noch sehr mangelhaft; so fehlt in dieser Statistik eine Anzahl wichtiger Länder, darunter auch Österreich; der Vorsitzende des französischen Nationalkomitees hat es übernommen, die Ergänzung dieser Statistik zu veranlassen.

Bei der Londoner Tagung wurde vielfach — und ganz mit Recht — darauf hingewiesen, daß die Veranstaltungen der Weltkraftkonferenz zu rasch aufeinander folgen (London: Herbst 1928, Barcelona: Mai 1929, Tokio: Herbst 1929, Berlin: Sommer 1930), so daß es immer schwerer wird, sich an allen Fragen durch Entsendung prominenter Fachleute und durch Beistellung gediegener Berichte zu beteiligen. Man will also darauf übergehen, den Nationalkomitees bestimmte Aufgaben zuzuweisen; einen Schritt in dieser Beziehung bedeutet eigentlich schon die Zuweisung der Staubeckenfragen an das französische Komitee.

Das technische Programm der Barcelonaer Sondertagung ist wohl bereits eingelangt[1]), doch ist die darin zur Vorlage der Referate festgesetzte Frist so kurz bemessen, daß es sehr schwer fallen wird, rechtzeitig entsprechende Berichte zu beschaffen. Das österreichische Nationalkomitee hat deshalb auch an das Londoner Sekretariat ein Schreiben gerichtet, worin für künftige Fälle um Aufstellung von Richtlinien für eine rechtzeitige Bekanntgabe der Tagungsprogramme ersucht wird. Auch für die Sondertagung Tokio liegt das technische Programm bereits vor; es wäre sehr wünschenswert, wenn Österreich an dieser Tagung, die überaus interessant zu werden verspricht, vertreten sein könnte, umsomehr als Amerika bereits rund 300 Teilnehmer angemeldet hat. Deutschland beabsichtigt, eine europäische Delegation zusammenzustellen, der sich auch England anschließen würde und für die bereits zahlreiche Anmeldungen vorliegen. Die Amerikaner wollen trachten, die europäischen Teilnehmer über Amerika nach Japan zu führen, andererseits wird die Sowjetregierung besondere Reiseerleichterungen für die Fahrt über Sibirien gewähren.

In geradezu mustergiltiger und großzügiger Weise trifft Deutschland schon jetzt alle Vorbereitungen für die in der Zeit vom 16. bis 25. Juni 1930 stattfindende

Zweite Weltkraftkonferenz in Berlin,

die nach der bereits vorliegenden Übersicht über ihre Organisation als die erste große internationale technisch-wissenschaftliche Tagung, die nach dem Kriege in Deutschland stattfindet, ein Ereignis von Weltbedeutung nicht nur für die technisch interessierten Kreise, sondern auch für die breiteste Öffentlichkeit zu werden verspricht. Das technische Programm wurde im Einvernehmen mit dem Internationalen Exekutivrate bereits ausgearbeitet und gliedert sich in vier Hauptklassen:

A) Energiequellen,
B) Energieerzeugung, Energietransport und Energiespeicherung,
C) Energieverwendung und
D) Allgemeines,

die in eine Reihe von Unterabteilungen und Gruppen zerfallen. Unabhängig von den einzelnen Gruppen und Untergruppen wird die Konferenz in drei oder vier Vorträgen vor allen Teilnehmern der Tagung zusammenfassend einige sehr wichtige große Ausblicke auf Gesamtgebiete der Energieerzeugung und Energieverwendung durch hervorragende Vertreter der internationalen Technik und Wirtschaft bringen. Die Richtlinien für die Abfassung, Ausstattung und Vorlage der Berichte decken sich im allgemeinen mit jenen, wie sie bereits für die Londoner Brennstofftagung festgesetzt waren; als Vorlagetermin gilt der 1. November 1929.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 1129.

Das Ehrenpräsidium der Zweiten Weltkraftkonferenz hat Exzellenz Dr. Ing. Oskar v. Miller übernommen, was in den Kreisen der deutschen Wissenschaft und Technik sicherlich mit großer Genugtuung begrüßt werden wird.

Das österreichische Nationalkomitee faßte einhellig den wohl selbstverständlichen Beschluß, alles aufzubieten, damit Österreich auf dieser Tagung besonders gut vertreten sei, sowohl durch die Qualität der vorgelegten Berichte als auch durch die Teilnahme wirklich prominenter Führer, namentlich auch auf dem Gebiete unserer Industrie. Da die Abhaltung einer Tagung der Weltkraftkonferenz in Wien in absehbarer Zeit wohl kaum möglich sein wird, soll insbesondere auch dahin gewirkt werden, daß Österreich mit seinen Wasserkraftwerken und sonstigen industriellen Anlagen und nicht zuletzt mit seinen landschaftlichen Schönheiten in das Exkursionsprogramm der Berliner Tagung aufgenommen werde; gegebenenfalls soll hiefür durch eine entsprechende Werbeschrift Propaganda gemacht werden. Nach einer in dieser Richtung mit Professor Dr. Ing. Matschoß gepflogenen Rücksprache sind die Aussichten für eine solche Mitwirkung Österreichs sehr günstig.

Von einem näheren Eingehen auf den Bericht, den Ministerialrat Ing. Kaan in der Sitzung des österreichischen Nationalkomitees vom 27. November 1928 über die wichtigsten Beratungsergebnisse der Brennstofftagung erstattet hat, wird hier abgesehen, da unsere Zeitschrift ohnehin ausführliche Berichte darüber bringen wird.

Zu erwähnen ist noch, daß das österreichische Nationalkomitee beschlossen hat, ähnlich wie im Jahre 1927[1]) wieder eine Broschüre als eine Art Tätigkeitsbericht herauszugeben, die an alle Mitglieder versendet und auch sonst dazu benutzt werden soll, in weiteren Kreisen über Zweck und Ziel der Weltkraftkonferenz aufklärend zu wirken. Kz.

[1]) Vgl. die Besprechung in E. u. M. 1928, S. 170.

Metallmarkt.

(Notierung der Vereinigung für die Deutsche Elektrolytkupfer-Notiz) Mk. je 100 kg.

	10. XII. 1928	12. XII. 1928	14. XII. 1928
Elektrolytkupfer (wirebares), prompt cif Hambg., Bremen od. Rotterdamm	151½	151½	151½

Notierungen der Kommission des Berliner Metallbörsenvorstandes. Preis ab Lager in Deutschland.) Mk. je 100 kg

Original-Hütten-Aluminium 98/99 vH (in Blöcken)	190	190	190
desgl. (in Walz oder Drahtbarren 99 vH-	194	194	194
Rein-Nickel 98/99 vH	350	350	350
Antimon-Regulus	84–87	84–87	84–87

Londoner Börse.

(Nach „Mining Journal" vom 14. Dezember 1928.)

Preise für 1 t (1016 kg)	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Kupfer:						
Electrolytic	74	15	0	75	5	0
Wire bars	75	5	0	—	—	—
Standard Kassa	68	3	9	68	5	0
Standard 3 Monate	68	7	6	68	8	9
Zinn:						
Engl. Ingots	223	0	0	223	10	0
Standard Kassa	224	5	0	224	7	6
Standard 3 Monate	222	5	0	222	10	0
Blei:						
Engl. pig common	22	10	0	—	—	—
Zink:						
Ordinary brands	26	18	9	26	13	9
Remelted	26	12	6	—	—	—
English Swansea	27	7	6	—	—	—

Aluminium: 98—99 vH p. t. Pf. 95 home; Pf. 100 exp.
Nickel: 98—99 vH p. t. Home and export Pf. 175.
Platin: Pf. 14 sh 15 p. Unze nom.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12 — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

46. Jahrgang | Wien, 30. Dezember 1928 | Heft 53

Betriebskontrolle von Erdschlußrelais.

Von E. **Groß**, Wien.

Übersicht: Mit Zunahme der Vermaschung der Hochspannungsnetze haben auch die Erdschlußrelais als Apparate für Anzeige der mit Erdschluß behafteten Strecke an Verbreitung gewonnen. Die für die Erprobung ihres richtigen Arbeitens durchzuführenden Versuche werden im Folgenden beschrieben.

Der Erdschlußzustand des ideal verdrillten Netzes unterscheidet sich vom gewöhnlichen Betriebszustand dadurch, daß

1. zwischen Systemnullpunkt (Sternpunkt beim Drehstromnetz) und Erde eine Spannung vorhanden ist (Nullpunktsspannung) und zwar die negative Phasenspannung des erdgeschlossenen Drahtes und

2. die Vektorsumme der Phasenströme der Leitungen (Unsymmetriestrom) von Null verschieden wird.

Der von der Nullpunktsspannung getriebene Unsymmetriestrom ist im unkompensierten Netz an der Erdschlußstelle am größten. Bei Vorhandensein von Erdschlußspulen (ein- oder dreiphasigen Erd-

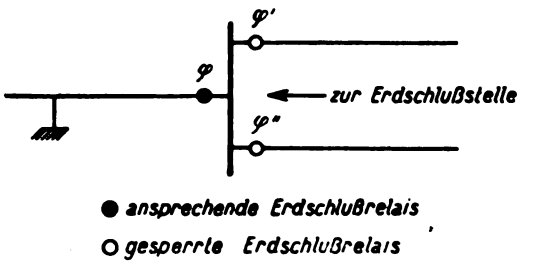


Abb. 1. Erdschlußrelais in einer der Erdschlußstelle benachbarten Station.

stromlöscheinrichtungen) gilt diese Aussage nur mehr für die Wattkomponente des Unsymmetriestromes. Die Verteilung der Unsymmetrieströme hängt wesentlich von der jeweiligen Lage der Erdschlußstelle und dem Einbauort der Löscheinrichtungen ab. Der — mit Ausnahme der Endstationen von Stichleitungen, die keine Erdschlußspulen enthalten — im ganzen Netz vorhandene Unsymmetriestrom darf mit dem an der Erdschlußstelle abfließenden Fehlerstrom nicht verwechselt werden.

Im nicht kompensierten Netz, dem selteneren Fall, ist die Phasenverschiebung φ zwischen Nullpunktsspannung e und Unsymmetriestrom i in der Richtung zur Erdschlußstelle wenig kleiner als 90° voreilend ($\varphi = \pi/2 - \varepsilon$), in der Richtung von der Erdschlußstelle weg also kleiner als — 90° voreilend ($\varphi' = -\pi/2 - \varepsilon'$). Relais, die auf $e.i.\sin\varphi$ positiv reagieren, sprechen in Richtung zur Erdschlußstelle hin an

$$(e.i.\sin\varphi = e.i.\cos\varepsilon > 0)$$

bleiben jedoch in Richtung von der Erdschlußstelle weg gesperrt

$$(e.i'.\sin\varphi = e.i'.\cos\varepsilon' < 0)$$

(Abb. 1). Bei einer Durchgangsstation mit bloß einer ankommenden und nur einer abgehenden Leitung sind die Unsymmetrieströme in beiden Abzweigen gleich groß. Selbst wenn man also im nicht kompensierten Netz die Eigenschaft des zur Erdschlußstelle hin ständig wachsenden Unsymmetriestromes in nur stromabhängigen Auslöserelais für selektive Abschaltung des Erdschlusses verwerten will, muß man zur Erzielung der Richtungsabhängigkeit die Nullpunktsspannung zu Hilfe nehmen. (Abb. 2.)

Im kompensierten Netz verliert die Erdschlußstelle ihre Bedeutung als ausgezeichnete Stelle (Maximalwert) des gesamten Unsymmetriestromes, behält sie aber für den mit der Nullpunktsspannung phasengleichen Teil (Wattkomponente). Die Verteilung der von den Netzver-

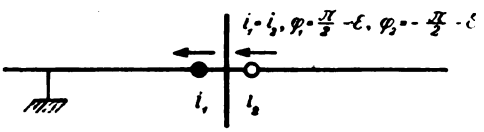


Abb. 2. Erdschlußrelais in einer Durchgangsstation.

lusten gegen Erde herrührenden Wattkomponente des Unsymmetriestromes ist im kompensierten Netz dieselbe wie im nicht kompensierten; die Wattkomponente des kompensierten Netzes erfährt jedoch infolge der Verluste der Erdschlußspulen eine Vergrößerung. Läßt man die Erdschlußrelais[1]) also auf $e.i.\cos\varphi$ im Sinne der Signalisierung reagieren, so findet in gleicher Weise wie oben für das nicht kompensierte Netz beschrieben, richtiges Arbeiten statt. Man könnte natürlich auch im unkompensierten Netz Relais benützen, die auf die Wattkomponente des Unsymmetriestromes reagieren, zieht es jedoch vor $e.i.\sin\varphi$-Relais zu verwenden, weil die Blindkomponente des Un-

[1]) Biermanns, ETZ 1921, S. 53; 1925 S 960; E. u. M. 1925, S. 379.

Digitized by Google

symmetriestromes dort von wesentlich größerem Betrage ist.

Die im Relais wirksamen Ströme (i . sin φ im unkompensierten, i . cos φ im kompensierten Netz) nehmen mit der Entfernung von der Fehlerstelle ab, ebenso, wenngleich in wesentlich geringerem Maße im allgemeinen die Nullpunktsspannung. Bei fester Relaisempfindlichkeit wird also das Antriebsmoment möglicherweise nur in einer beschränkten

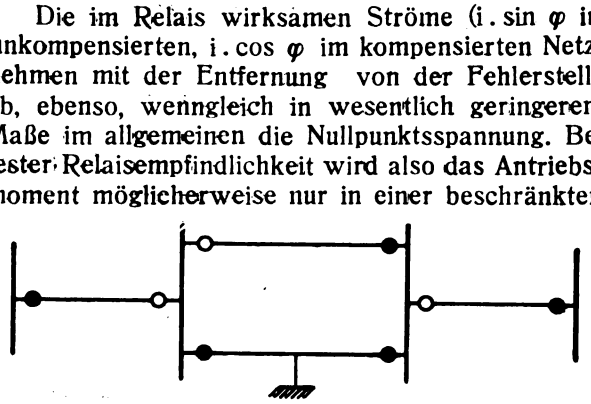


Abb. 3. Ausschnitt aus einem vermaschten Netz.

Umgebung der Erdschlußstelle für Betätigung der Relais ausreichen, d. h. es sprechen nicht alle Relais des Netzes an, die Erdschlußleistung zur Fehlerstelle führen. Die Empfindlichkeit läßt sich jedoch meistens leicht so festlegen, daß die die Erdschlußstelle eingrenzenden und die diesen benachbarten Relais sicher betätigt werden.

Im Radialnetz ohne Zwischenstationen kommt überhaupt nur das Relais der mit Erdschluß behafteten Leitung im Sinne der Signalisierung zum Ansprechen. Sämtliche übrigen Abzweige zeigen als „anspeisende" gesperrte Relais. Im vermaschten Netz hingegen werden zumindest in den der Erdschlußstelle benachbarten Stationen die Relais jener abgehenden Leitungen betätigt, die auf kurzem Wege zur Erdschlußstelle führen; es besitzt auf alle Fälle n u r die mit Erdschluß behaftete Strecke an ihren b e i d e n Enden Relais, die Erdschluß signalisieren — ein eindeutiges Kriterium für die Fehlerlage. (Abb. 3.)

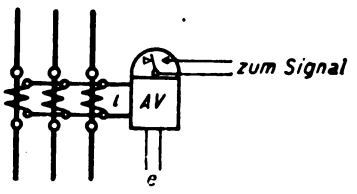


Abb. 4. Gewinnung des Unsymmetriestromes mit gewöhnlichen Stromwandlern.

Der Unsymmetriestrom wird in einer Meßleitung, die die beiden sekundären Sternpunkte einer Stromwandlergruppe[2]) des Leitungsabzweiges verbindet (Abb. 4) oder manchmal bei Kabeln in der Sekundärwicklung eines Kabelringstromwandlers (Abb. 5) gewonnen. Für die Nullpunktspannung gibt es zwei prinzipiell verschiedene Arten der Gewinnung: Entweder die Einschaltung eines Spannungswandlers (an dessen Stelle auch die Meßwicklung einer Erdschlußspule verwendet werden kann) zwischen Hochvoltnullpunkt und Erde (Abb. 6a) oder die Verwendung einer Ableitungsdrosselspule mit Meßwicklung für die Nullpunktspannung. Da Erdschlußrelais meistens in Verbindung mit Selektivschutz angeordnet werden und für vollständigen Distanzschutz dreiphasige Spannungswandler mit satt geerdetem Hochvoltnullpunkt erforderlich sind[3]), ist der zweitgenannte Fall der häufigere. Besitzt die Ableitungsdrosselspule, deren sekundäre Hauptwicklung gewöhnlich für Gewinnung der verketteten Spannungen in Stern geschaltet ist, eine separate Wicklung auf dem magnetischen Rückschluß, so muß diese bei Fünfschenkelwandlern auf den beiden äußeren Schenkeln im entgegengesetzten Sinne geschaltet sein, da bei derartigem Aufbau des magnetischen Kreises (im Gegensatz zum Vierschenkelwandler) auch im erdschlußfreien Betrieb magnetischer Kraftfluß im Rückschluß vorhanden ist. Besteht die Erdungsdrossel aber aus drei in

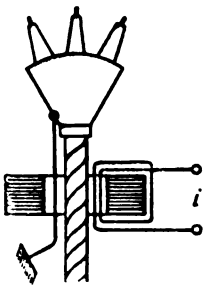


Abb. 5. Kabelringstromwandler.

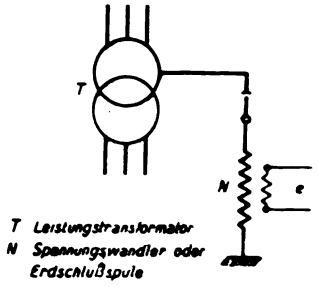


Abb. 6a. Gewinnung der Nullpunktspannung mit dem Nullpunktspannungswandler.

Stern geschalteten Einphasenwandlern[4]), so sind je zwei Wicklungen pro Wandler erforderlich: eine unter verketteter Primärspannung auf 110 V, die andere auf 63·5 V übersetzend. Die Einphasenwandler müssen für Dauerbetrieb mit verketteter Hochvoltspannung ausgelegt sein; die 110 V-Wicklungen werden in Sternschaltung miteinander verbunden und für Anschluß der Selektivrelais verwendet, die 63·5 V-Wicklungen liefern bei Zusammenschluß im offenen Dreieck die Nullpunktsspannung (110 V bei sattem Erdschluß einer Phase). Sind die Einphasenwandler oder eine Ableitungsdrosselspule nur mit einer Sekundärwicklung versehen (Sternschaltung primär und sekundär), so werden für Gewinnung der Nullpunktsspannung zusätzlich sekundäre Zwischenwandler (ein Drehstromwandler mit magnetischem Rückschluß oder drei Einphasenwandler) der Übersetzung 110/63·5 V erforderlich. (Abb. 6 b.)

Bei dieser Mannigfaltigkeit der Anschlußmöglichkeiten und der Wichtigkeit des Energierichtungsprinzips wird man sich selbst dann, wenn die Phasenlage aller sekundären Ströme und Spannungen überblickt werden kann und ein orientiertes Anschlußschema der Erdschlußrelais vorhanden ist, von deren richtigen Wirkungsweise gerne über-

[2]) Die drei Stromwandler der Gruppe müssen gleiches Übersetzungsverhältnis und dieselben Eigenschaften haben.

[3]) Vgl. zum Beispiel E. u. M. 1925, S. 885.

[4]) Vgl. auch E. u. M. 1926, S. 852.

Digitized by Google

zeugen. Hiefür sind die im Folgenden beschriebenen Versuche geeignet.

a) Die Nullpunktsspannung wird mit Hilfe eines Nullpunktswandlers gewonnen. (Abb. 6a.)

Wird die Nullpunktsspannung mit Hilfe eines Wandlers zwischen dem Sternpunkt eines Leistungstransformators und Erde gewonnen, so ist es das einfachste, tatächlich einen Erdchluß einzuleiten. Reicht die Empfindlichkeit der Relais sämtlicher Abzweige in einer Station mit mehreren ankommenden, bzw. abgehenden Leitungen für ein sicheres Arbeiten (Sperren, keine Signalisierung) bei Sammelschienenerdschluß aus, so genügt eine einzige Versuchsanordnung mit einem Erdschluß an der Sammelschiene. Die Relais sind richtig geschaltet, wenn sie bei einer Gegenprobe mit Kommutierung der Spannung (Umkehr des Spannungsanschlusses am Wandler für die Nullpunktspannung) ansprechen, nicht aber bei normaler Spannungszuführung. Ist die Empfindlichkeit beim künstlichen Sammelschienenerdschluß nicht für alle Abzweige ausreichend, so sollen auf jenen Abzweigen, für die der Versuch kein eindeutiges Ergebnis lieferte, an der Ausführungsseite der Stromwandler dieser Leitungen weitere künstliche Erdschlüsse hergestellt werden, um auch diese Abzweige zu erproben. Bei gleicher Innen- und Außenschaltung der Relais und richtiger Bezeichnung aller Drähte genügt zwar eine Kontrolle bei einem einzigen Abzweig — die übrigen sind analog zu schalten —, wegen der Wichtigkeit der Relaisanzeige ist aber eine Einzel-Kontrolle zu empfehlen.

Um der Gefahr eines Doppelerdschlusses zu begegnen, bzw. zu verhindern, daß sich ein solcher als Kurzschluß auswirkt, ist es zweckmäßig, den Erdschluß nicht satt durchzuführen, sondern über einen Dämpfungswiderstand (Metallwiderstand in Öl oder Wasserwiderstand) und womöglich einen Ölschalter zumindest aber ein Horn vorzunehmen. Der Dämpfungswiderstand ist in kompensierten Netzen mit dem etwa zweifachen Betrage des Widerstandes der gesamten Netzkapazität gegen Erde zu bemessen[5]). Wird beispielsweise ein 30 000 V-Netz durch 17 A (Grundwelle des Erdschlußstromes) kompensiert, so beträgt der Widerstand der Erdkapazität

$$\frac{30000}{17 \cdot \sqrt{3}} = 1000\ \Omega$$

der Dämpfungswiderstand also ca. 2000 Ω.

b) Die Nullpunktsspannung wird einer Ableitungsdrossel entnommen (Abb. 6b).

Wesentlich häufiger wird die Nullpunktsspannung mit Hilfe eines Mehrphasenwandlers mit magnetischem Rüchschluß des Eisenkreises (Mehrschenkelwandler mit magnetischem Rückschluß oder drei Einphasenwandler) und satt geerdetem Sternpunkt der Hochvoltwicklung gewonnen. Für die Erprobung der Erdschlußrelais kann man dann auf die Herstellung tatsächlicher Erdschlüsse überhaupt verzichten. Es genügt, im Strom- und Spannungskreis einige das übrige Netz nicht weiter beeinflußende Hilfsschaltungen auszuführen, bei denen das Erdschlußrelais Strom und Spannung von Größe und Lage erhält, die in bekannter Beziehung zu den bei Erdschluß auftretenden stehen. Es seien

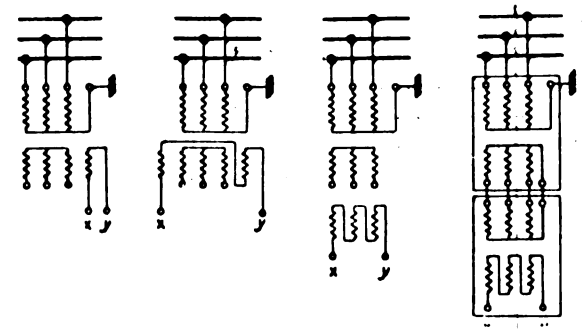


Abb. 6b. Gewinnung der Nullpunktsspannung mit Ableitungsdrosseln oder drei Einphasenwandlern.

zunächst einige Hilfsüberlegungen vorausgeschickt:

Die Nullpunktsspannung wird in den für ihre Gewinnung vorgesehenen Wicklungen durch den bei Erdschluß zusätzlich und parallel in allen drei Phasen auftretenden und sich über den magnetischen Rückschluß schließenden Kraftfluß induziert. Unterbricht man die Spannungszuführung zu einer Phase der Ableitungsdrossel unter gleichzeitigem Kurzschluß der (Hochvolt-) Wicklung dieser Phase, so tritt an den Klemmen *xy* der Meßwicklung Spannung bekannter Phasenlage und berechenbarer Größe auf. Beträgt die Nullpunktsspannung *xy* bei sattem Erdschluß einer beliebigen Phase beispielsweise 110 V, so hat sie bei Erdschluß der Phase *U* diesen Betrag und ist der Phasenlage nach der Sternspannung *U* entgegengesetzt: Sie wird von einem in allen drei Schenkeln zusätzlich auftretenden Fluß induziert, der dem im Schenkel *U* bei normalem erdschlußfreien Betrieb vorhandenen entgegengesetzt gleich ist. Bei unserer Versuchsschaltung (Abb. 7) tritt dieser Zusatzfluß nur im Schenkel *U* auf, da die Schenkel *V* und *W* infolge des voraussetzungsgemäß erdschlußfreien Betriebszustandes des Netzes nicht beeinflußt werden. Der Zusatzfluß hebt den normalen Kraftfluß im Schenkel *U* auf. Der Kurzschluß über *U* zwingt den Summenfluß der Schenkel *V* und *W*, der bei normaler Schaltung durch den Schenkel *U* gesaugt wird, den Weg über den Rückschluß zu nehmen[6]). Die Meßspannung *xy* ist bei der Ver-

[5]) Bezüglich der Begründung für derartige Bemessung des Widerstandes wird auf einen späteren Aufsatz über die Inbetriebsetzung von Erdschlußspulen verwiesen.

[6]) Der Kurzschluß der Wicklung (*U*) verhindert auch das bei alleiniger Unterbrechung einer Spannungszuführungsleitung mögliche Entstehen von Überspannungen. Vgl. „Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen", Abschnitt II/2, ETZ 1925, S. 474. Bei Erdungsdrosseln mit für volle Spannung bemessener Isolation des Sternpunktes liefert auch eine Versuchsschaltung mit unverändertem Anschluß, Kurzschluß einer Hochvoltphase (*U*) und Aufhebung der Sternpunktserdung die gewünschte Spannung *xy*.

Digitized by Google

suchsschaltung also von der gleichen Phasenlage wie bei sattem Erdschluß in Phase U dem Betrage nach aber nur ein Drittel hievon, rd. 37 V. Damit ist gezeigt, daß die in der angegebenen Versuchsschaltung (Abb. 7) an den Klemmen xy der Wicklung für Gewinnung der Nullpunktsspannung ohne Rückwirkung auf das Primärnetz erzeugte Meßspannung zu der bei sattem Erdschluß derselben Phase auftretenden phasengleich und proportional ist.

Hinsichtlich des Stromes müssen die beiden Fälle des im Erdschlußstrom kompensierten und des nicht kompensierten Netzes getrennt behandelt werden.

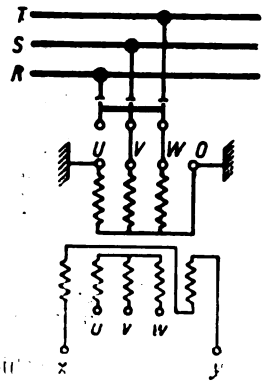


Abb. 7. Versuchsschaltung zur Gewinnung scheinbarer Nullpunktsspannung.

1. Kompensiertes Netz. Die zur Verwendung kommenden Erdschlußrelais sprechen auf e.i.cos φ an. Die Verlustleistung des Unsymmetriestromkreises fließt in der Richtung zur Erdschlußstelle, d. h. in dieser Richtung ist der Unsymmetriestrom mit der Sternspannung der satt erdgeschlossenen Phase (in unserem Beispiel U) phasengleich. Hieraus ergibt sich die Regel: Veranlassen wir, daß der von den Sammelschienen im Sinne von Leistungsabgabe in das Netz wegfließende Strom der Phase U durch das Erdschlußrelais geht, so muß es unter diesem Strom und der in der oben beschriebenen Versuchsschaltung mit der gleichen Spannungswandlerphase gewonnenen scheinbaren Nullpunktsspannung im Sinne der Signalisierung ansprechen.

Wird also in der Leitung des zu überprüfenden Erdschlußrelais Energie abgegeben, — hierüber geben die normalen Meßinstrumente des Leitungsabzweiges Auskunft — so muß man nur die Stromwandler der beiden an die Ableitungsdrossel noch angeschlossenen Phasen — in unserem Beispiel S und T — sekundär kurzschließen und die Verbindung zum gemeinsamen Sternpunkt unterbrechen (Abb. 8a). Der durch die Stromwicklung des Erdschlußrelais nunmehr fließende Strom i_R, bzw seine Wattkomponente hat die erforderlichen Eigenschaften.

Zeigen die Schalttafelgeräte hingegen an, daß Wirkleistung auf die Sammelschienen zukommt, so wird der Stromwandler der nicht zur Erdungsdrossel geführten Phase (im Beispiel also R) sekundär kurzgeschlossen und eine seiner beiden Sternpunktsverbindungen geöffnet. (Abb. 8b.) Der jetzt durch das Erdschlußrelais fließende Strom $i_S + i_T = -i_R$, hat also die richtige Lage zur Sternspannung der Phase R (wegen des voraussetzungsgemäß erdschlußfreien Netzzustandes ist

$$i_R + i_S + i_T = 0, \text{ also } i_S + i_T = -i_R).$$

Man kann selbstverständlich unabhängig davon, ob Energie auf die Sammelschienen zukommt oder von diesen weggeht, beispielsweise die erste der beiden Schaltungen verwenden und die Kontrolle mit einer Gegenprobe durch Spannungskommutierung so durchführen, daß man jenen Spannungsanschluß als richtig beläßt, bei dem die Relais nicht ansprechen (Energie fließt zu) oder ansprechen (Energie fließt weg).

Bei zwei oder mehr parallelen Leitungen von denen eine zu Zeiten schwachen Betriebes ausgeschaltet werden kann, dürfen die gewünschten Sekundärströme durch ein-, bzw. zweipoliges Unterbrechen der Hochspannungskreise des Abzweiges mittels der Trennschalter einzelner Phasen

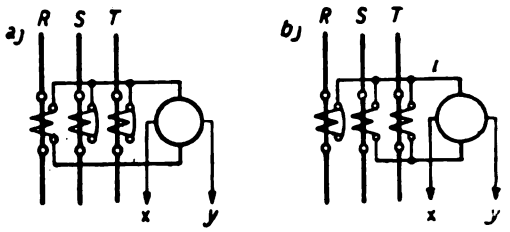


Abb. 8. Versuchsschaltung zur Gewinnung von scheinbarem Unsymmetriestrom.

oder durch Herausnehmen von Verbindungsleitungen und Wiederzuschalten dieser Abzweige hergestellt werden[7]). Beispielsweise erhält man bei einer Doppelleitung bei symmetrischer Netzbelastung im Strang mit einer einpoligen Unterbrechung die Ströme $i_R = 0$, $i_S = i$, $i_T = i$. also durch das Relais den Strom $-i_R$ und im anderen Strang $i_R = 2i$, $i_S = i$, $i_T = i$, also durch das Relais i_R Hiebei können durch eine Gegenprobe mit Spannungskommutierung bei einer Versuchsschaltung beide Erdschlußrelais geprüft werden.

Beim Kabelringstromwandler (Abb. 5) sind aus prinzipiellen Gründen nur Unterbrechungen im Hochspannungskreis des Kabelabzweiges zum Ziele führend. Bei parallelen Kabeln werden solche wieder keine Schwierigkeiten machen. Ist jedoch eine einpolige Unterbrechung bei Einfachstrecken in einem nicht vermaschten Netz nicht möglich, so können direkte Erdschlüsse nicht umgangen werden.

2. Nicht kompensiertes Netz. Maßgebend ist im nichtkompensierten Netz die Blindkomponente des Unsymmetriestromes, da die Relais auf e.i.sin φ ansprechen. Die kapazitive Erdschlußleistung wird in Richtung zur Erdschlußstelle geliefert, d. h. in dieser Richtung gemessen, eilt die wattlose Komponente des Erdschlußstromes der Sternspannung der satt erdgeschlossenen Phase (R) um 90° vor. Eine solche Phasenlage hat die wattlose Komponente des Summenstromes

$$i_S + i_T = -i_R$$

[7]) Diese Versuchsbedingungen werden auch bei tatsächlichem vorübergehenden oder dauernden Erdschluß im Netz und gleichzeitigem Leiterbruch (isolierte Raststelle!) hergestellt. Es kann da zu „unrichtigem" Ansprechen von Erdschlußrelais kommen.

Digitized by Google

bei induktiver Blindleistungsabgabe, das heißt bei derartiger Stromlieferung — wohl der häufigere und deshalb herausgegriffene Fall — müssen die Erdschlußrelais in der Versuchsschaltung 8 b signalisieren. Schaltung 8 a hingegen findet bei kapazitiver Blindleistungsabgabe Anwendung. Man kann natürlich analog wie oben auch ebensogut Schaltung 8 b bei kapazitiver Blindleistungsabgabe mit verkehrtem Spannungsabschluß, oder Schaltung 8 a bei Abgabe von induktivem Blindstrom mit verkehrtem Spannungsanschluß für die Erprobung der Erdschlußrelais anwenden. Auch die oben angestellten Überlegungen für ein- oder zweiphasige Unterbrechung des Primärstromes im zugehörigen Leitungsabzweig bei parallelen Kabeln, bzw. bei Kabelringstromwandlern sind sinngemäß übertragbar.

Ölschalterfragen nach 30 jähriger Entwicklung.

Von G. Benischke, Berlin-Zehlendorf.[1])

I. Ölkolbentheorie.
II. Löschung durch Drucksteigerung.
III. Ausblasen des Lichtbogens.
IV. Schnellschaltung und Vielfachunterbrechung.
V. Leistungsfaktor und Wellenform.

Trotz langjährigen Bemühungen sind die Ölschalter heute noch diejenigen Teile einer Hochspannungsanlage, welche die schwersten Störungen verursachen, wie die Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt haben. Einige haben nicht nur Betriebsstörungen und Sachschäden sondern auch Verletzungen und sogar zwei Tötungen des Betriebspersonales bewirkt, die zu Zivilprozessen geführt haben. Die im gerichtlichen Auftrage durchgeführten sorgfältigen Untersuchungen über die Ursachen haben in zwei Fällen zu anderen Ergebnissen geführt, als ursprünglich angenommen wurde, und haben erwiesen, daß tatsächlich trotz Ölkolbentheorie, Drucklöschungstheorie und Löschkammertheorie Entzündungen des Ölgas-Luft-Gemisches im Innern des Schalters vorkommen und gefährliche Explosionen erzeugen können.

I. Ölkolbentheorie.

Man muß leider feststellen, daß die absolute Anzahl der Ölschalterzerstörungen bis in die letzte Zeit nicht ab- sondern zugenommen hat, was natürlich nicht an einer Verschlechterung der Konstruktionen, sondern an der wachsenden Kurzschlußleistung, die zu bewältigen ist, liegt. Immerhin ist auch diese Zunahme überraschend, da es doch wahrlich nicht an experimentellen und theoretischen Untersuchungen über Ölschalter gefehlt hat. Mehrmals wurde die Lichtbogenbildung und Unterdrückung sogar mit fortlaufenden photographischen Aufnahmen untersucht[2]). Hier aber zeigt sich daß Versuche mit kleinen Kräften irreführend wirken können. So hat man aus den Bildern der Ölgasblase, die sich nach der Trennung der Kontakte in dem engen Raum zwischen zwei Glasplatten des Versuchsapparates bildete, eine Bestätigung der sogenannten Ölkolbentheorie herausgelesen. Nach dieser Theorie soll sich das ganze Öl, das sich über der Gasblase befindet, kolbenartig heben und die Luft über dem Ölspiegel durch das Auspuffrohr heraustreiben, so daß eine Mischung des Ölgases mit der Luft über dem Ölspiegel und daher eine Explosion unmöglich wäre. Bei Versuchen zwischen zwei Glasplatten mit kleinem Abstand ist es auch so, weil der Raum zwischen ihnen viel zu eng ist, als daß das Öl ausweichen könnte. Daraus folgt aber nicht, daß es in einem Ölkessel von 0·5 bis 1 m Durchmesser auch so ist. Im Gegenteil! Zwar ist die Ölgasblase, wenn sie nicht bald an Wände stößt, anfangs ein rundliches Gebilde, das sich aber wegen seines kleinen spezifischen Gewichtes bald nach oben verlängert und das Öl nur nach oben beiseite schiebt, weil es nach unten und nach seitwärts nicht ausweichen kann. Infolgedessen durchbricht die sich nach oben verlängernde Gasblase die Oberfläche über den Kontakten früher als in der Nähe der Kesselwände und mischt sich mit der Luft über der Oberfläche. Ob nun das Ölgas selbst so heiß ist, daß es sich bei der Mischung mit Luft entzündet, oder ob dieses Gemisch von dem noch nicht gelöschten Lichtbogen entzündet wird, ist für die Wirkung gleichgültig. Jedenfalls entzündet der Lichtbogen ein solches Gemisch immer, wenn sich die Gasblase bis zur Oberfläche verlängert hat, bevor der Lichtbogen gelöscht ist. Bei einem der erwähnten Fälle wurde ein mit 15 at geprüfter Ölkessel zerrissen, trotz einem Auspuffrohr von 75 mm Weite, aus welchem Feuer und Öl 35 m weit herausgeschossen wurde. Auch wenn an bei-

[1]) Es sind heuer 30 Jahre, daß der erste Ölschalter nach meinen Angaben von der AEG geliefert wurde, und zwar für eine unterirdische 500 V-Schaltstelle, wo wegen Explosionsgefahr jede Funkenbildung in der Luft vermieden werden mußte (Zeitschr. f. Elektrot. Wien 1903, S. 599). Ich war ausgegangen von den Versuchen, die H. Bauernberger auf Veranlassung von Lecher im physik. Institut der Universität Innsbruck angestellt hatte („Über die Stärke elektrischer Wellen, wenn der Primärfunke in Öl überspringt." Sitzungsberichte d. Akademie d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturwiss. Klasse, Bd. 52, Abt. IIa, 1893.)

Es sind heuer 25 Jahre, daß ich auf Einladung des Elektrotechnischen Vereines in Wien einen Vortrag über Schaltanlagen für Hochspannung gehalten habe, bei welchem ich u. a. Bilder von Hochspannungsölschaltern mit einer gegen den Unterbrechungslichtbogen gerichteten Ölströmung gezeigt habe (Zeitschr. f. Elektrot. 1903, S. 149, Abb. 4 u. 5). Näheres darüber im Folgenden unter III.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 397; 1928, S. 14.

Digitized by Google

den Unterbrechungsstellen desselben Poles gleichmäßig Gasblasenbildung stattfindet, ist es unmöglich, daß sich die beiden Blasen so vereinigen, daß sie das ganze Öl kolbenartig heben, sondern die Oberfläche wird über jedem Lichtbogen früher durchbrochen als in der Nähe der Wände. Bei Unterbrechung einer großen elektrischen Kurzschlußleistung erfolgt die Ölgas- und Öldampfbildung so rapid, daß das Öl über der Unterbrechungsstelle hoch geschleudert wird und sich hier mit der Luft mischt. Selbst eine frei beweglich aufgehängte Eisenplatte wird von einem Geschoß durchlöchert, aber nicht vor sich her geschoben.

Würde bei einem dreiphasigen Schalter Ölkolbenwirkung eintreten, nachdem sich die sechs Gasblasen zu einer vereinigt haben, so wären die Folgen besonders arg, denn dann würden an Stelle von Unterbrechungslichtbögen derselben Phase Kurzschlußlichtbögen zwischen den benachbarten Phasen auftreten. Eine gleichmäßige Hebung des Öls könnte vielleicht in einem einpoligen Schalter mit vielen nebeneinanderliegenden Unterbrechungsstellen und kleinen Abständen von den Wänden eintreten, wenn die Öloberfläche so hoch über den Unterbrechungsstellen liegt, daß in jedem Falle eine Vereinigung sämtlicher Gasblasen und ihre Erweiterung bis zu den Wänden erheblich früher stattfindet als sie die Oberfläche erreichen. Wenn dies angestrebt wird, muß der Ölkessel innen gegen die volle Spannung isoliert sein.

II. Löschung durch Drucksteigerung.

Ohne Zweifel ist es richtiger, statt auf die im Vorstehenden besprochene, sehr zweifelhafte gleichmäßige Hebung des Öls durch die Gasblasen zu rechnen, darauf auszugehen, den Lichtbogen zu unterdrücken oder möglichst schnell zu löschen, um so die Ölgasbildung und damit die Explosionsmöglichkeit von vornherein zu vermindern. Eine Zeit lang glaubte man dies dadurch erreichen zu können — und es wurde sogar durch Versuche bekräftigt — daß man den Ölkessel mit 15 bis 20 at Druckfestigkeit herstellte, so daß mit zunehmender Gas- und Dampfbildung ein schnellwachsender Druck in der Gasblase auftritt, der dann den Lichtbogen unterdrücken sollte, weil zum Durchschlag eines Gases und zum Bestand eines Lichtbogens bei stärkerem Druck eine höhere Spannung erforderlich ist. Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß die erwartete Wirkung bei starken Lichtbögen nicht eintritt, sondern daß gerade bei solchen Schaltern die stärksten Explosionen vorgekommen sind. Sie waren damit erledigt. Ungefähr gleichzeitig wurde in Amerika die Drucksteigerung in der Ölgasblase durch Einbau einer sogenannten Löschkammer bewirkt, und es ergaben sich in der Tat weit bessere Erfolge als mit druckfesten Kesseln. Der bessere Erfolg ist aber nicht, wie sich zeigte, auf die Drucksteigerung zurückzuführen, sondern darauf, daß der Lichtbogen durch das aus der Kammer unten herausgetriebene Gas und Öl zerrissen wird. Dazu kommt daß das herausgetriebene Gas einen längeren Weg bis zur Oloberfläche zurücklegen muß und daher stärker abgekühlt wird als bei den vorgenannten Schaltern. Es ergibt sich aber folgendes Dilemma. Soll das Ölgas nur unten austreten, so muß die Kammer oben ganz geschlossen sein. Dann bleibt nach jedem Lichtbogen Ölgas in der Kammer, und sie kann sich nun nicht ganz mit Öl füllen. Folgt bald darauf eine zweite Ausschaltung, so befindet sich der Lichtbogen ganz oder teilweise in Gas statt im Öl. Man hat daher in der Kammer oben eine kleine Öffnung angebracht, die das Entweichen des Gasrestes ermöglicht. Dann treibt aber der beim Unterbrechen eines starken Kurzschlußstromes in der Kammer entstehende starke Druck einen Ölgasstrahl heraus, der schnell und daher mit geringer Abkühlung die Oberfläche erreicht; und zwar auch dann, wenn die Öffnung nach der Seite gerichtet ist. Dieser Gasstrahl dauert sicher so lange, bis auch das unten aus der Kammer ausströmende Ölgas die Oberfläche erreicht, und dann kann Entzündung des Gemisches eintreten. Es hat sich ferner gezeigt, daß der Gasdruck in der Kammer so stark werden kann, daß sie zerstört wird, weil sie ja zum Teil aus Isolierstoff bestehen muß[3]). Man hat die Wirkung eines Lichtbogens unter Öl, der nicht gleich gelöscht wird, im allgemeinen unterschätzt. Daher sind denn auch schon einige solche Schalter oder ihre Löschkammern beim Abschalten starker Kurzschlüsse zerstört worden.

Da die Kontakte in einer Löschkammer als Tulpe und Stift ausgeführt werden müssen, werden diese Stifte in der Regel lang gemacht, so daß etwas mehr Zeit vergeht, bis ein Kurzschlußstrom unterbrochen wird, als bei Kugel-, Klotz- oder Messer-Kontakten. Da nun die Scheitelwerte eines plötzlichen Kurzschlußstromes sehr schnell abnehmen, so kommt dann ein kleinerer Strom zur Unterbrechung als bei einem Schalter mit den eben genannten Kontakten. Es kommt nun darauf an, was man vorzieht: Etwas spätere Unterbrechung eines Kurzschlußes mit etwas geringerer Gefahr im Schalter aber etwas größerer Gefahr im Netz, oder schnellste Unterbrechung mit etwas größerer Gefahr im Schalter.

III. Ausblasen des Lichtbogens.

Der der Löschkammerwirkung zugrunde liegende Vorgang, nämlich die Zerreißung des Lichtbogens durch das ausströmende Gas und Öl, kann auf andere Weise, nämlich durch Blaswirkung in ähnlicher Weise wie in Luft, besser und mit einfacheren Konstruktionsmitteln erreicht werden. Und zwar entweder durch starke Bewegung des Mittels, in dem sich der Lichtbogen befindet, also hier des Öls, oder durch magnetische Wirkung. Das erste Mittel habe ich schon bei den ersten Hochspannungsölschaltern der AEG angewendet

[3]) Bei einem amerikanischen Löschkammerschalter finden sich sogar Befestigungsschrauben aus Isolierstoff.

Digitized by Google

(DRP 141961 Januar 1902), indem die die beweglichen Kontakte tragende Schaltertraverse unter den Kontakten mit einem Brettchen, später mit einem Holzrahmen versehen wurde, dessen Boden unter jedem Kontakt ein Loch hatte[4]) Bei der Bewegung dieses Rahmens mit der Traverse durch den Druck der Ausschaltfedern mußte das Öl durch die Löcher hindurchtreten und den Lichtbogen zerreißen. Bei dreiphasigen Schaltern hatte der Holzrahmen noch Zwischenwände zwischen den Phasen. Durch diese mit der Ausschaltbewegung

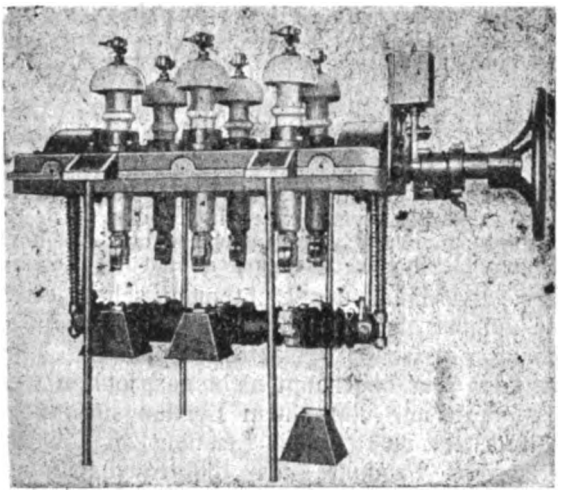


Abb. 1.

betätigte Einrichtung wird erreicht, daß das Öl schon vor der Trennung der Kontakte gegen diese strömt und nach der Trennung sogleich zwischen sie tritt, also den Lichtbogen schon bei seiner Entstehung zerreißt, während bei den Löschkammern die Ölbewegung erst eintritt, nachdem der Lichtbogen schon Ölgas gebildet hat. Später wurde der Holzrahmen durch Trichter aus Holz unter den Kontakten ersetzt, um der Strömung des Öls eine bestimmtere Richtung zu geben. (Abb. 1)[5]). Diese Schalter haben bei allen Kurzschlußversuchen einwandfrei und ohne jede Beschädigung in ihnen selbst abgeschaltet[6]). Allerdings gab es so große Kurzschlußleistungen wie heute damals nicht, aber die Schalter waren auch nur klein gegenüber den heutigen. Sie haben auch in der Praxis durch fünf Jahre niemals Schwierigkeiten bereitet. Dennoch wurden sie durch die mit großen Anpreisungen ausgestatteten amerikanischen Löschkammerschalter verdrängt

Für große Schaltleistungen, wie sie heute vorkommen, empfiehlt es sich, über den festen Kontakten ein Dach aus Isolierstoff anzubringen, um den Ölgasen den direkten Weg zur Oberfläche zu verlegen, obwohl sie durch das strömende Öl zerwirbelt und dadurch schon stark abgekühlt werden.

[4]) ETZ, 1903, S. 603, Fig. 54.

[5]) Aus der AEG-Druckschrift VI. 712 „Selbsttätige Hochspannungs-Ölschalter" Fig. 9.

[6]) ETZ, Berlin 1903, S. 613.

Neuerdings ist in Amerika und hier die Zerreißung des Lichtbogens durch magnetisches Gebläse in Angriff genommen worden. Es ist bekanntlich sehr wirksam, auch wenn es sich um Wechselstrom von großer Stromstärke handelt, braucht aber ziemlich viel seitlichen Raum, weil der Lichtbogen nicht nach oben geblasen werden kann, und befindet sich dadurch im Nachteil gegenüber der Zerreißung durch strömendes Öl, das von unten wirken kann. Dazu kommt die Schwierigkeit der Unterbringung des magnetischen Gebläses im Schalter.

IV. Schnellschaltung und Vielfachunterbrechung.

Große Verlängerung des Lichtbogens durch schnelles Auseinanderziehen der Kontakte bringt ihn bald zum Abreißen. Aber es kommt nicht so sehr auf die Schnelligkeit der Bewegung, als vielmehr auf den dabei erreichten Abstand der Kontakte an, und der ist im Ölschalter begrenzt. Sehr schnelle Bewegung des Kontaktes kann die Ausbildung des Lichtbogens sogar begünstigen, nämlich dann, wenn die Form der Kontakte verhindert, daß das schwerflüssige Öl schnell genug zwischen die sich trennenden Kontakte fließt, so daß, wenn auch nur für kurze Zeit, ein luftverdünnter Raum zwischen den Kontakten entsteht, in welchem der Lichtbogen viel stärker wird als in dem abkühlenden und einschnürenden Öl.

Wirksamer als die Steigerung der Schaltgeschwindigkeit ist die Verlängerung des Lichtbogens durch mehrere in Reihe geschaltete Unterbrechungsstellen, deren bewegliche Kontakte natürlich gleichzeitig bewegt werden. Es sind bis zu zehn Unterbrechungsstellen in einem Pol angewendet worden. Das gibt bei gleicher Schaltbewegung 5-mal so große Verlängerung des Lichtbogens und 5-mal so starke Kühlung der Fußpunkte als bei zwei Unterbrechungsstellen. In der Tat haben sich solche Schalter den Löschkammerschaltern überlegen gezeigt, nicht nur bei Versuchen[7]), sondern auch dadurch, daß sie in der Praxis noch nicht so schwere Zerstörungen erlitten haben, wie andere. Aber die Anordnung erfordert viel mehr Raum, wenn verhindert werden soll, daß der Lichtbogen ein oder mehrere Unterbrechungsstellen überspringt.

V. Leistungsfaktor und Wellenform.

Der Leistungsfaktor einer Anlage oder eines Stromverbrauchers wie er von einem cos φ — oder φ-Messer angezeigt wird, hat keinen Einfluß auf die Standhaftigkeit oder Löscharbeit eines Lichtbogens. Dem scheint die Erfahrung und eine weit verbreitete Ansicht[8]) zu widersprechen, da sich gezeigt hat, daß die leichtere oder schwerere Löschbarkeit eines Lichtbogens davon abhängt, ob in dem hinter dem Ölschalter liegende Verbrauchsstromkreis überwiegend induktionslose, induktive oder kapazitive Belastung vorhanden ist. Dieser Einfluß ist auch erklärlich, aber er hängt nicht ein-

[7]) ETZ, 1928, S. 651, 676.

[8]) Dabei sind aber schon gegensätzliche Meinungen aufgetreten. ETZ, 1927, S. 1313.

Digitized by Google

fach vom φ oder cos φ ab und läßt sich auch durch diese nicht kennzeichnen.

Das φ einer Anlage ist die Phasenverschiebung des Stromes gegen die Sammelschienenspannung, das φ eines Stromverbrauchers ist die Phasenverschiebung gegen seine Klemmspannung. Der Lichtbogen weiß weder von dieser noch von jener etwas, weil er von den betreffenden Spannungen nichts weiß. Die Netzspannung kommt nur für die Isolation des Schalters in Betracht. Für den Lichtbogen kommt es nur auf die Spannung zwischen seinen Elektroden und die Stromstärke und daher nur auf die Phasenverschiebung zwischen diesen beiden an.

Das Verlöschen eines Lichtbogens kommt nur dadurch zustande, daß die Stromstärke unter einen gewissen Wert sinkt, und das wird beim Ausschalten dadurch erreicht, daß der gesamte scheinbare Widerstand des ganzen Stromkreises einschließlich Stromerzeuger über einen gewissen Wert steigt, der natürlich von der EMK des Stromerzeugers abhängt. Dieser Grenzwert des gesamten scheinbaren Widerstandes muß dadurch erreicht werden, daß die Elektroden genügend weit auseinandergezogen werden, so daß der Widerstand des Lichtbogens groß wird. Ist der Widerstand des Stromverbrauchers wesentlich induktionslos und kapazitätslos, so addiert sich der Lichtbogenwiderstand arithmetisch dazu. Ist der Widerstand des Stromverbrauchers wesentlich induktiv (Motoren), so addiert sich der Widerstand des Lichtbogens, da er induktionslos ist, gemetrisch dazu, das heißt er muß unter gleichen Umständen bedeutend größer sein als im vorigen Falle, wenn der gesamte scheinbare Widerstand den Grenzwert erreichen soll. Ist der Stromverbraucher wesentlich kapazitiv (schwache Belastung eines Kabelnetzes), so findet eine teilweise Aufhebung des induktiven Widerstandes des Stromerzeugers durch diese Kapazität statt, und der Lichtbogenwiderstand muß dann mehr oder weniger allein sehr groß gemacht werden, damit der genannte Grenzwert erreicht wird. Der Lichtbogen erscheint also in diesem Falle schwerer löschbar, wie die Erfahrung bestätigt hat, obwohl der Leistungsfaktor cos φ in diesem Falle ebenso groß sein kann, wie in einem Stromkreis mit nur Ohmschen und induktivem Widerstand. Das gilt ohne Berücksichtigung der Wellenformen.

Bei gleichen effektiven Werten des Stromes und der Spannung hängt aber die Standhaftigkeit eines Wechselstromlichtbogens auch von den Wellenformen der Spannung und des Stromes ab. Herrscht vor Entstehung eines Lichtbogens eine sinusförmige Spannung (Abb. 2), so steigt sie bis zur Anfangsspannung E_a, die zur Bildung des Lichtbogens nötig ist. Durch Spannungsabfall sinkt sie auf die Minimumspannung E_m. Wird diese am absteigenden Teil der Halbwelle unterschritten, so hört der Lichtbogen auf, obzwar noch eine Ionenbahn bestehen bleibt, welche die Entstehung des Lichtbogens in der nächsten Halbwelle begünstigt. Daraus folgt, daß der Lichtbogen in jeder Halbwelle um so schneller entsteht und um so länger besteht, je steiler der Anstieg der Spannungswelle von Null aus vor sich geht, das heißt je rechteckähnlicher im allgemeinen die Spannungswelle ist, und umgekehrt. Bei Lichtbögen in Öl steigt die Spannung zumeist sogleich nach dem Aufhören des Lichtbogens in jeder Halbwelle noch zu einer Spitze an (Abb. 3), weil die Ionen des Lichtbogens vom Öl stark gekühlt

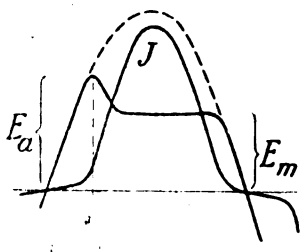


Abb. 2. Lichtbogen in Luft zwischen feststehenden Elektroden.

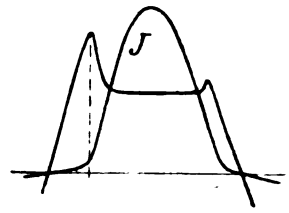


Abb. 3. Lichtbogen in Öl

E_a Anfangsspannung, E_m Minimumsspannung. Die hochfrequenten Lichtbogenschwingungen sind weggelassen

werden, und daher der Lichtbogen schon etwas früher aufhört als in Luft. Von einer Phasenverschiebung zwischen Elektrodenspannung und Strom kann hier überhaupt nicht gesprochen werden, sondern nur von einem Leistungsfaktor als Verhältnis der elektrischen Leistung im Lichtbogen zu dem Produkte aus Elektrodenspannung und Stromstärke. Diese Bilder gelten für feststehende Elektroden. Entfernen sie sich schnell voneinander, wie in einem Schalter, so wird die zweite Spitze erheblich höher, wie oszillographische Aufnahmen zeigen[9]).

Diese Bilder gelten aber nur für den Fall, daß die Elektrodenspannung gewissermaßen zwangsmäßig gegeben ist, und der Strom sich danach richten kann, was bei direkten Kurzschlußlichtbögen angenähert zutrifft. Liegt aber ein Stromverbraucher in Reihe mit dem Lichtbogen, so wird der Stromverlauf durch den Stromverbraucher bestimmt und dem Lichtbogen aufgezwungen, während andererseits die Elektrodenspannung nicht gegeben ist, sondern sich umgekehrt wie im obigen Falle nach der Stromstärke einrichten muß, denn in diesem Falle ist ja die Elektrodenspannung nichts anderes als der Spannungsabfall im Lichtbogen, der sich beim Auseinanderziehen der Elektroden natürlich sehr stark ändert. Je länger der Lichtbogen ausgezogen wird, desto größer ist der Anteil der Gesamtspannung, der auf ihn entfällt, desto kleiner der Anteil, der auf den Stromverbraucher entfällt, und desto mehr nähert sich dieser Fall dem vorhin besprochenen.

Man sieht, der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung und die Abhängigkeit vom übrigen Stromkreis ist sehr mannigfaltig, sodaß sich darüber im allgemeinen nichts weiter sagen läßt, als daß ein Lichtbogen in einer Anlage mit steil ansteigender Spannungswelle schwerer löschbar ist, als in einer Anlage mit flach ansteigender Spannungswelle.

[9]) Vgl. zum Beispiel E. u. M. 1927, S. 398.

Digitized by Google

Deutsche Energiewirtschaft.

Die im Laufe der letzten Jahre von verschiedenen Seiten in die Öffentlichkeit gebrachten Gedanken und Energiekarten-Skizzen[1]) über den zweckmäßig scheinenden räumlichen Ausgleich zwischen Dargebot und Bedarf von Arbeit — das ist eben Energiewirtschaft — haben im letzten Jahre bemerkenswerte Verwirklichungen erfahren, wenn auch natürlich in manchen Stücken abweichend von jenen Meinungen und Forderungen und mit überraschenden Wendungen.

Als eine der Überraschungen kann man es bezeichnen, daß das zweitgrößte Stromlieferungsunternehmen Deutschlands, das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk (R. W. E.), das mit seiner Gesamt-Jahresarbeit von rund 1·45 Milliarden kWh und seiner installierten Maschinenleistung von demnächst rd. 512 000 kW nicht wesentlich hinter der Gesamtheit der öffentlichen Elektrizitätswerke Österreichs zurücksteht, als ausgesprochenes Braunkohlenkraftwerks-Unternehmen in der letzteren Zeit tatkräftig nach der Stromversorgung durch Wasserkräfte greift, darin unterstützt und gegenüber staatlichen Landesversorgungen im Vorsprung durch seine Kapitalskraft und leichtere Beweglichkeit. Das R. W. E. hat nicht nur selbst begonnen, innerhalb seines Netzes passende Wasserkräfte auszubauen — über hydraulische Speicherung ist noch besonders zu sprechen — und zu planen, wie die Ourtalsperre[2]) an der luxemburgischen Grenze mit einem Endausbau von 600 000 kW und einer Arbeitsfähigkeit von 170 Mill kWh aus dem natürlichen Zufluß (über die Speicher-Arbeitsfähigkeit später). Das R. W. E. geht auch in richtiger Erfassung der Aufgaben der Energiewirtschaft über die Landesgrenzen hinaus, um sich den Arbeitsbezug aus Großwasserkräften zu sichern.

Bekannt ist die Beteiligung des R. W. E. am Ausbau der Vorarlberger Wasserkräfte mit bis zu 600 Mill. kWh Jahresarbeit, zunächst beginnend mit dem Vermuntwerk[3]) für 150 Mill. kWh Jahresarbeit, woran das R. W. E. mit 42·5 vH, die Oberschwäbischen Elektrizitätswerke mit 27·5 vH, das Land Württemberg mit 15 und das Land Vorarlberg, die Württembergische Sammelschiene A. G. sowie das Großkraftwerk Württemberg mit je 5·5 vH beteiligt sind; das Land Vorarlberg hat sich den Heimfall der Anlagen nach 80 Jahren und bevorzugte Belieferung für seinen Eigenbedarf vorbehalten und dem Unternehmen eine Steuerbefreiung auf 20 Jahre eingeräumt in richtiger Erkenntnis des wirtschaftlichen Wertes der Nutzung seiner Wasserkräfte durch Dritte, wozu es selbst zu schwach wäre. Das Lünerseewerk[3]) mit 125 Mill. kWh soll folgen.

Nach Süden hin hat sich das R. W. E. aber noch weitere Wasserkraftquellen gesichert: am Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt[4]) dem im Bau befindlichen badisch-schweizerischen Gemeinschaftswerk mit rund 160 000 PS Ausbauleistung (4 Kaplanturbinen von je 300 m³/s Schluckfähigkeit bei 11·5 m Gefälle) hat es 25 vH Beteiligung genommen neben 25 vH Badens und 50 vH der Schweiz (Jahresarbeit von 500 Mill. kWh hälftig zwischen Baden und Schweiz geteilt); beim Badischen Schluchseewerk (125 Mill. kWh Jahresarbeit) ist eine Beteiligung des R. W. E., des Badischen Staates und Württembergischer Interessenten (letztere mit Unterbeteiligung des R. W. E.) zu je 26 vH und Badischer Interessenten mit 22 vH vorgesehen, jedoch hat das R. W. E. und Baden einstweilig je die Hälfte des Kapitals übernommen. Auch weiter in die Schweiz selbst greift das R. W. E. hinüber; es will zusammen mit dem Kanton Aargau die Aarestufe Klingau unter hälftiger Beteiligung ausbauen und die Gesamtarbeit von 200 Mill. kWh jährlich bei 30 000 kW Höchstleistung nach Deutschland ausführen; hier machen sich allerdings noch schweizerische Widerstände gegen eine Beteiligung mit mehr als 33 vH geltend.

Weiterhin bewirbt sich das Riesenunternehmen noch um den vollen Arbeitsanfall, also auch um den der Schweiz zustehenden Teil, von 400 Mill. kWh aus dem künftigen Rheinkraftwerk Dogern (rund 62 000 kW) an der badisch-schweizerischen Gemeinschaftsstrecke.

Gegen Südosten zu sieht das R. W. E. zu den Ennskraftstufen[5]), wenn auch der Weg nach dort zunächst noch durch geschäftspolitische Schwierigkeiten verstellt ist. Man kann die Ausbreitungstendenz dorthin vielleicht als Mittel zur Sicherung einer Höchstspannungsleitung quer durch Süddeutschland betrachten. Das Augenmerk des R. W. E. auf den Oberinn, auf das sogenannte Westtiroler Großkraftwerk, mit 300 Mill. kWh Jahresarbeit ist bekannt[6]).

In seiner näheren Umgebung hat das R. W. E. in letzter Zeit noch die Elektrizitätswerke der Stadt Trier mit Dampf- und 6000 kW Wasserkraft (Drohn- und Kyll-Werk) an sich gezogen und streckt seine 220 kV-Leitung nach Hannover vor, nachdem es sich die große Spitzenreserve im Pumpenspeicherwerk zu Herdecke an der Ruhr mit 4 × 53 000 PS Turbinenleistung und 3 × 46 000 PS Pumpenleistung schafft[7]).

In Erinnerung ist noch der Kampf Ende vorigen Jahres um die bayerischen Mainkraftstufen im Zuge der Arbeiten der Rhein-Main-Donau A.-G. Die R. W. E. konnten der Rhein-Main-Donau A.-G. ein Angebot auf die Übernahme des gesamten Arbeitsanfalles entsprechend dem fortschreitenden Ausbau der Kraftwerke auf die Dauer von 99 Jahren stellen, das in den ersten 25 Jahren die gesamten Aufwendungen für den Betrieb, die Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten der Kraftwerke gedeckt hätte und in den restlich 74 Jahren die unverzinslichen Darlehen des Reiches und Bayerns hätte zurückzahlen lassen, das also der Rhein-Main-Donau A.-G. finanziell den ungehemmten Ausbau der Wasserstraße ermöglicht hätte, der mittlere Arbeitspreis im Lauf der 99 Jahre hätte etwa 1·1 Pfg/kWh betragen. Dazu hätten die R. W. E. eine eigene Sammel- und Übertragungsleitung gebaut. — Der bayerische Staat hat in letzter Stunde veranlaßt, daß der Mainstrom dem Bayernwerk[8]) zufließt gegen einen Arbeitspreis von 1·5 Pfg./kWh und leistet der Rhein-Main-Donau A.-G. für den Minderertrag gegenüber jenem Angebot eine Ausfallsbürgschaft in voller Höhe.

Das R. W. E. hat aber in seinem vielleicht durch die Sorge um allmähliche Erschöpfung der Braunkohlenlagerstätten mit diktierten Streben nach Wasserkraftarbeit rasch Ersatz gefunden an den Staustufen der Neckarkanalisierung. Durch Vertrag mit der Neckar A. G. in Stuttgart hat sich das R. W. E. den gesamten Arbeitsanfall der Kraftstufen zwischen Heidelberg und Neckarsulm-Kochendorf mit zunächst 100 Mill./kWh gesichert und zugleich dadurch den Weiterbau der Neckarkanalisierung in finanziell sorgenfreiem Fortgang gewährleistet; eine Tatsache, die den Wettbewerb zwischen beiden Groß-Schiffahrtswegen zu Gunsten des Neckar zu neigen scheint.

Aus diesen Wasserkräften und weiter mit Hilfe der bereits über Mannheim bis Stuttgart (auch Anschluß an das Bayernwerk) fertigen und sich weiter nach Süden am Ostende des Bodensees vorbei auf einige km durch bayrisches Gebiet vorstreckenden 220 kV-Leitung aus Vorarlberg und Westtirol ist das

[1]) Zum Beispiel Reindl, Energiewirtschaft u. Elektrizitätswirtschaft vom Stromabnehmer aus betrachtet, in El. Betrieb, 1926. H. 17, S. 162; Hofbauer, Über die Entwicklung d. Energieversorgung Deutschlands u. deren Zusammenhänge mit den südlichen Nachbarstaaten. Wasserwirtschaft (Wien), 1928, H. 2 u. 3; vgl. a. E. u. M. 1928, S. 801.

[2]) Winter, Die Ourtalsperre. Wasserkraft u. Wasserwirtschaft. 1927, H. 4. S. 54.

[3]) Vgl. Fürst, Die Wasserkraftnutzung u. Elektrizitätsversorgung Vorarlbergs. E. u. M. 1927, S. 774 ff.

[4]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 780.

[5]) Vgl. E. u. M. 1928. S. 283.

[6]) Vgl. Schlögl, E. u. M. 1928, S. 636.

[7]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 546, 797, 871.

[8]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 47.

Digitized by Google

R. W. E. in der Lage, sich bedarfsweise steigernd noch mehr Wasserkraftarbeit zuzuführen, als es heute noch mit Kohle gewinnt, und seine abgeschriebenen Kohlenkraftwerke dann nur mehr bedarfsweise zur Ergänzung heranzuziehen.

Ein Blick auf die Karte zeigt die Expansionsbestrebungen des R. W. E.: abgesehen von der Nord-Süd-Leitung nach Vorarlberg schließt es von seiner Hauptsammelstelle Brauweiler bei Köln als Knotenpunkt des 220 kV-Systems einen Ring gegen Norden und Osten hin im Leitungszug Brauweiler-Wesel-Ibbenbüren-Osnabrück-Bielefeld-Stockum-Herdecke-Brauweiler mit Abzweig von Bielefeld nach Hannover als Ausfallspunkt gegen das mitteldeutsche Braunkohlen-Gebiet hin. Hannover wird mit dem Großkraftwerk Borken verbunden, das wieder mit dem Speicherkraftwerk der Edertalsperre (neuerdings auch Pumpenspeicherung) zusammenhängt. Gegen Westen zu schließt sich das R. W. E. die Großkraftwerke Fortuna und Weisweiler mit 220 kV an und kann dort vielleicht einen Zusammenschluß mit Frankreich finden. Über Weisweiler ist wieder die Urftalsperre bei Heimbach als hydraulisches Speicherwerk in das Netz mit einbezogen. Die Großzügigkeit des Unternehmens geht äußerlich schon daraus hervor, daß nicht weniger als 7 Umspannwerke für 220 kV mit zusammen 14 Transformatoren von je 60 000 kVA Einzelleistung bei 220/110 kV dafür im Bau stehen.

Vielleicht mit bestimmend für das R. E. W. bei der Entlastung von der Kohle mag auch der sich anbahnende Wandel in der Verwertung der Kohle sein, die Tendenz, die Kohle weniger als Feuerungsmaterial denn als Rohstoff zur Herstellung von mehr Gewinn abwerfenden Veredlungsprodukten zu betrachten, der Gewinnung von leichten und schweren flüssigen Kraftstoffen, Schmiermitteln und anderen Kohlenwasserstoff-Verbindungen zuzuführen, wobei dann auch der Anschluß an Ferngasversorgung zur Ausnützung der freiwerdenden Gasmengen und die Angliederung synthetischer Stickstoffgewinnung in Frage kommen kann. — Der wirtschaftliche Vergleich einerseits der Verfeuerung, andererseits der Weiterverarbeitung[9]) ergibt ungefähr folgendes Bild.

Aus 1 t Braunkohle mit 4000 bis 4500 WE erhält man bei Verfeuerung etwa 1200 bis 1400 kWh im Verkaufswert (ab Kraftwerk, ohne Übertragungskosten) von zirka Mk. 48·— bis Mk. 56·—. Mit 4500 h Benutzungsdauer gerechnet sind für diesen Durchsatz von 1 t Kohle etwa Mk. 75·— Anlagekapital für das Kraftwerk aufzuwenden gewesen, bzw. ist der Kapitaldienst aus diesem Betrag anzurechnen.

Aus derselben Menge von 1 t Kohle können auf dem Weg der Ölgewinnung mit gleichzeitiger Gasgewinnung für Gasversorgung und Stromgewinnung[10]) als Erlös aus den Treib- und Schmierölen, aus Gas und Strom etwa Mk. 70·— bis Mk. 80·— gebucht werden, bei einem für die t Kohlendurchsatz festgelegten Anlagekapital von etwa Mk. 65·—, bzw. dem entsprechenden Kapitaldienst. Wenn man diesen auch für die Apparatur des chemischen Betriebes wesentlich höher anschlägt wie für ein normales Dampfkraftwerk, erscheint die Weiterverarbeitung der Kohle als Rohstoff der gewinnbringendere Weg zu sein, zumal der einheimische Ölbedarf bisher erst zu etwa 10 v. H. aus Kohle [11]) und zu einem noch weit geringeren Teil aus natürlichem Vorkommen gedeckt wird.

Westlich des Gebietes des R. W. E. hatte sich im Frühjahr 1927 der bisher schon geübte energiewirtschaftliche Zusammenhang zwischen den Gebieten der Großkraftwerk Hannover A.-G., der Preußischen Kraftwerke Oberweser A.-G. und des Großkraftwerkes Main-Weser mit ihren Kraftquellen Stein- und Braunkohle sowie Wasser bei einer Gesamt-Maschinenleistung von rund 100 000 kW, welche Eigentum des Landes Preußen waren, mit den vom preußischen Staat kontrollierten Kraftwerksunternehmungen Nordwestdeutsche Kraftwerke A.-G. (zum Teil Torf) und Weisweiler Braunkohlen-Industrie A.-G. (Zechenkraftwerk Zukunft) zu einem Zusammenschluß in der Preußischen Elektrizitäts-A.-G. mit einer Gesamtmaschinenleistung von rund 240 000 kW und einer Jahreserzeugung von über 700 Mill. kW verdichtet. Zukunft ist inzwischen durch einen Demarkationsvertrag ebenfalls an das R. W. E. übergegangen.

Damit war auch praktisch schon ein Zusammenarbeiten zwischen Wasserkraft, Stein- und Braunkohle und Torf vom Achenseewerk und Bayernwerk im Süden bis zur Nordsee über die Kupplungsstelle der Mainkraftwerke im Kraftwerk der Gewerkschaft Gustav in Dettingen a. M. (Anschluß an die Bayernwerksstation Aschaffenburg) hergestellt und auch ein Zusammenarbeiten des Bayernwerkes mit dem R. W. E. über die Mainkraftwerke ermöglicht. Dieses Zusammenarbeiten besteht allerdings nur darin, daß ein östlicher Teil des R. W. E.-Netzes vom Bayernwerk her Strom erhält; eine direkte Übertragung von einer Kraftwerksgruppe zur anderen hat — entgegen häufigen Anschauungen — nur einmal kurzzeitig und nur mit etwa 10 000 kW stattgefunden.

Da trat die „A.-G. für Deutsche Elektrizitätswirtschaft" im Mai d. J. in die Öffentlichkeit, zusammengesetzt aus der Elektrowerke A.-G. (volles Eigentum des Reiches durch die Viag), der Bayernwerk A.-G. (89 v. H. Staat Bayern und 11 v. H. Deutsche Reichsbahn A.-G.) und der Preußische Elektrizitäts A.-G. (100 v. H. Staat Preußen) nebst deren Beteiligung Nordwestdeutsche Kraftwerke (rund 74% Staat Preußen, 25¼ Kommunen).

Eine Erweiterung dieses quer durch Deutschland vom Südosten zum Nordwesten sich erstreckenden breiten Versorgungs- und Energievorratsstreifens mit glücklicher Mischung von Hoch- und Niedergefälle-Wasserkräften und Speichern, Rohbraunkohle, Braunkohle und Steinkohle ist zu erwarten. Die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen haben die Zustimmung des Aufsichtsrates zum Beitritt in die A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft für den Bedarfsfall vorliegen[12]) und auch die A.-G. Sächsische Werke dürfte folgen.

Mitten im Gebiet des Bayernwerkes und damit der neuen A.-G. liegt als Außenseiter noch die Rhein-Main-Donau A.-G. (Beteiligungen: 48·89 v. H. Reich, 35·4 v. H. Staat Bayern, 11·11 v. H. Staat Preußen, 4·6 v. H. Kommunen) mit ihrer auch in jenem großen Rahmen nicht zu vernachlässigenden hochwertigen Wasserkraft-Quelle von 48 000 kW des Kachletwerkes[13]) (257 Mill. kWh jährl.) in Betriebsgemeinschaft mit dem Großkraftwerk Franken A.-G. mit 59 000 kW Dampf-Stromtransport vom Kachletwerk nach Nürnberg durch die Bayernwerksleitungen.

Westlich vom Bayernwerk befindet sich noch als „umstrittenes Gebiet" Württemberg und Baden sowohl als Durchgangsgebiet der R. W. E.-Hauptleitung vom R. W. E.-Versorgungsgebiet zu dessen werdender Wasserkraftquelle in Vorarlberg und Westtirol wie auch als Wasserkraftstrom-Lieferer an das R. W. E. (Murgwerk, später Ryburg und Schluchseewerk aus Baden, Neckarkraft aus Württemberg)[14]) und zum Teil Bezieher sowohl vom R. W. E.

---

[9]) Vgl. E. u. M. 1927, Das Elektrizitätswerk, S. 42.

[10]) Vgl. das Schema des Zusammenhanges zwischen Öl-, Gas- und Stromerzeugung bei der Kohlehydrierung, a. a. O. (Fußnote [9]), S. 46.

[11]) Das Leunawerk der I. G. Farbenindustrie A.-G. bei Merseburg liefert bereits eine Jahresproduktion von 100 000 t Öl aus Kohle und wird auf doppelte Produktion gebracht.

[12]) Beteiligungen: Vereinigte E. W. Westfalen: 4·8 v. H. Staat Preußen, etwa 32·4 v. H. Kommunen und 62·8 v. H. Private und Gesellschaften; A.-G. Sächsische Werke ausschließlich Staat Sachsen.

[13]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 1009.

[14]) Beteiligungen: an der Württembergischen Landes-Elektrizitätsversorgung: Württemberg. Landes-E. W.: 28·2 vH Reich, 27·5 vH Staat Württemberg, Rest R. W. E., Kommunen u. s. w. Badenwerk: im Besitz des Staates Baden.

Digitized by Google

wie vom Bayernwerk (von letzterem i. J. 1927: rund 117 Mill. kW); diese Gebiete nehmen also neben ihrer geographischen Einschiebung auch eine Doppelstellung zwischen den beiden großen Erzeugern und Verteilern ein.

Die folgende Zusammenstellung I zeigt die wirtschaftliche Stärke der neuen A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft, gemessen an den Stromerzeugungsanlagen der Aktionäre, und der angrenzenden Unternehmungen.

Wie das R. W. E. gegen Süden und Südosten zu, expandierten die Elektrowerke nach Osten hin gegen Oberschlesien: von Trattendorf führt eine eingangs erwähnt, sich in Vorarlberg, der Schweiz und Westtirol einen wesentlich höheren Prozentsatz seiner Jahresarbeit aus Wasserkraft erschließt; es wird in wenigen Jahren schon etwa 25 — 30 v. H. und später etwa seine gesamte heutige Arbeitsmenge aus Wasserkraft zu decken vermögen.

Vom energiewirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Standpunkt aus, der hinsichtlich der Braunkohle einen Raubbau wie heute zu Gunsten ihrer Weiterverarbeitung zu hochwertigen Erzeugnissen verbietet und eine Abwanderung der elektrochemischen Großverbraucher auf die erprobten Wasserkraftverfahren und auf die Wasserkräfte hin fordert, wird im Rahmen

Zusammenstellung I. Die Kraftquellen der A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft (einschl. der in Vorbereitung befindlichen Erweiterungen).

Unternehmungen	Steinkohle		Braunkohle		Wasser		Gesamt	
	MW	Mill kWh	MW	Mill kWh	MW	Mill kWh	kW	Mill kWh
Bayerische staatl. Kraftwerke					137	510	137	510
+ Achensee u. Sillwerk					50	130	50	130
							187	640
Geplant			120	320	50[1])	90[3])	170	250[3])
Elektrowerke A.-G. (Reich)			646	1677			646	1677
Preuß.-El. A.-G. insgesamt	78	155,4	50,4	279,3	38,6	172,7	240[4])	760[4])
Insgesamt: A.-G. f. Deutsche El.-Wirtsch.	78	155,4	816,4	2276,3	275,6	812,7	1243	3327
R. W. E.[2]) (derzeit)					140[3])		512	1220[3])
Rhein-Main-Donau- und Großkraftw. Franken	59,6	34,5			53,6	299	113,2	333,5
Ver. E.-W. Westfalen	160	258			5,8	17,7	165,8	275,7
Sächsische Werke	11	6,2	245	379	68,8[3])	35	324,8	420,2[3])

[1]) Geplante Pumpenspeicheranlage im Spessart (Maingegend); Braunkohlenkraftwerk bei Schwandorf kommt Anfang 1929 in Bau.

[2]) Auf die Kraftquellen nicht genau ausscheidbar.

[3]) Pumpenspeicher-Arbeit nicht mitgezählt, weil Sekundärarbeit.

[4]) Einschl. aller Beteiligungen.

110 kV-Leitung nach dem Großkraftwerk Tschechnitz bei Breslau, und neuestens bereiten die Elektrowerke ein 100 000 kW-Kohlenkraftwerk bei Kosel in der Ostecke Deutschlands vor, das über Tschechnitz auf das mitteldeutsche Netz arbeiten wird. Eine durchlaufende Ost-West-Leitung mit 110 kV wird dann von dieser Ostecke sich bis Jena mit Einschluß von Berlin und Magdeburg erstrecken zur Kupplung von Steinkohle und Braunkohle.

Die Zusammenstellung läßt auch die Aufteilung der Leistungen und Arbeiten auf die Kraftquellen Steinkohle, Braunkohle und Wasser erkennen; es könne in Zukunft im vereinigten Netz der A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft rund 810 Mill. kWh oder 24·3 vH aus Wasserkraft gewonnen werden (aus Bayern und Tirol 19 vH).

Bei Betrachtung dieses Prozentsatzes ist nicht außer Acht zu lassen, daß das R. W. E. in der Heranziehung der Wasserkräfte viel weiter geht und, wie der neuen A.-G. noch ein weites Arbeitsfeld offen bleiben. Es ist zu erwarten, daß sich das Programm der A.-G., das Gemeinschaftsarbeit und gegenseitige Verständigung bei Planung und Bau neuer Kraftwerke vorsieht, besonders nach dieser Richtung der vermehrten Heranziehung der guten, sonst noch lange brachliegenden Wasserkräfte des Südens widmen wird und daß im Geist einer wirklich einheitlichen Kraftwirtschaft den schon bestehenden Braunkohlenwerken, die bei Erschließung weiterer Wasserkräfte zusammen mit den bisher recht wenig herangezogenen Dampfreserven der anderen privaten und kommunalen Werke ausreichen dürften und durch ihre Lage in Mitteldeutschland auch für Ergänzungsstrom nach Bayern in Frage kommen, nicht noch weitere Wärmekraftwerke zugefügt werden möchten. Die in Bayern vorhandene Dampfkraftleistung in den an das Bayernwerk angeschlossenen größeren Kraftwerken beträgt rund 75 v. H. der entsprechenden Wasserkraftmaschinenleistung, ist also

Digitized by Google

zum Ausgleich für Niederwasserzeit mehr als ausreichend, zumal wenn man vergleicht, daß in Italien die verfügbare Dampfkraftleistung nur etwa 25 v. H. der Wasserkraftmaschinenleistung ausmacht.

Der Vorstand der A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft ist paritätisch aus je einem Vertreter der drei Aktionäre zusammengesetzt; ebenso auch der Aufsichtsrat aus je drei Vertretern jedes Aktionärs.

Insoweit die Tätigkeit der neuen A.-G. auf wirtschaftlichen und technischen Funktionen einer Dachgesellschaft zur Vereinheitlichung des Betriebes und des Ausgleiches vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus beschränkt bleibt, muß die Gründung als wertvoller Fortschritt begrüßt werden. Es muß aber die Erwartung ausgesprochen werden, daß sich keinerlei Versuche zu einer Monopolisierung der Energiewirtschaft unter dem Reich daraus herleiten möchten, ein Versuch, der noch weit schlimmer für die Verbraucher wäre als einzelne Landesmonopole und noch schlimmer als das Monopol eines privaten Unternehmens, welch letzteres doch nie mit einer so umfassenden räumlichen Ausdehnung und solcher Ausschließlichkeit daher Konkurrenzfreiheit wie ein Reichsmonopol rechnen kann; abgesehen von der schon mehrfach betonten Gefahr des Mißbrauches eines Reichsmonopols (und in engeren Grenzen auch Landesmonopols) zu politischen Zwecken als Druckmittel und Waffe je nach vorherrschender Parteiströmung[15]). Zu diesen Gefahren gehört auch die Erfindung neuer Steuerquellen und die Möglichkeit der Einengung privater Unternehmungslust.

Über die Weiterentwicklung der neuen deutschen Elektrizitätswirtschafts-Unternehmung kann heute nur gesagt werden, daß eine weitere Ausdehnung gewiß erscheint, voraussichtlich dürfte dafür nächst den vereinigten E. W. Westfalen die sich zum Teil noch zwischen das Gebiet der Elektrowerke und Bayern einschiebende A.-G. sächsische Werke, ferner westlich Württemberg, dessen Doppelstellung schon gekennzeichnet wurde, in Frage kommen. Zum Teil werden sich auch kleinere Unternehmungen erst unter sich zusammenschließen müssen, um ebenbürtige Partner zu werden.

Letzteres dürfte besonders für Osttirol und Österreich zu treffen; in letzterem Gebiet sieht Hofbauer[16]) einen Sammelpunkt der verfügbaren und noch auszubauenden Leitungen vielleicht bei Steyr, der dann mit dem südwestdeutschen Kraftsammelpunkt, etwa bei München, zu verbinden wäre. Die Konstellation, die sich aus der neuen A. G. ergeben hat, verändert das bisher vielfach angenommene Bild des Reichsnetzes derart, daß vorerst zwei Gruppen in Frage kommen: die Mittelgruppe von Bayern aus nördlich quer durch das Reich ziehend, und die Westgruppe des R. W. E. Letztere verfügt bereits über die süd-nördliche Hauptübertragungsleitung Köln-Vorarlberg. Die Ostgruppe wird also zunächst ebenfalls die eigene süd-nördliche Hauptleitung vom Mittelpunkt der Wasserkräfte zum Mittelpunkt der Braunkohle zu ziehen haben, was etwa der Linie Karlsfeld-Leipziger Becken entspricht.[17])

Für die Sammlung und Verteilung der Kraft in bezw. aus diesen Hauptpunkten findet man mit den bestehenden bzw. verstärkten 110 kV-Netzen sein Auslangen, so daß die weitere 22-kV-Linienführung nördlich des Braunkohlenbeckens in den wirtschaftlichen Bereich der englischen Steinkohle hinein (Nordküste des Reiches) unnötig sein wird und eine Querverbindung zwischen beiden Gruppen in der Ost-West-Richtung wohl noch davon abhängt, wie sich die beiden Gruppen zusammenfinden und als Zukunftsfrage zu bezeichnen ist, die energiewirtschaftlich ebenso nötig als machtpolitisch vielleicht schwer zu lösen ist. Die Vereinigung mit den großen österreichischen Wasserkräften, worin Bayern den Anfang durch den Zusammenschluß mit dem Achenseewerk gemacht hat, auf dem Wege der Beteiligung nach den Vorbildern Badens, des R. W. E. und der Schweiz wird als vordringlich neben der Erschließung der eigenen Kräfte zu erachten sein, um unseren hochwertigen Laufwasserkräften die fehlenden Groß-Speicherkräfte zum Ausgleich zuzufügen; es sei z. B. an die Obere Donau und die Enns als solche Kombination gedacht. Verfügt doch Österreich noch über eine unausgebaute Speicher-Arbeitsfähigkeit (bei einmaligem Abarbeiten) von rund 400 Mill. kWh.

Bemerkenswert ist auch die glückliche Verteilung der Speicheranlagen in dem nun betrieblich vereinigten Netz der neuen A.-G. Im Süden der Walchensee und der Achensee mit zusammen rund 110 Mill. kWh Arbeitsinhalt jährlich, im nördlichen Teil des Netzes etwa 25 bis 30 Mill. kWh Speichervermögen aus natürlichen Zuflüssen und zum Teil Pumpenspeicherung (Edertalsperre). In der Mitte soll noch der Bayernwerks-Pumpenspeicher mit etwa 40 und später 90 Mill. kWh Inhalt dazutreten. Ein Zusammenschluß mit den Sächsischen Werken würde weitere 60 und später 100 Mill. kWh (Pumpenspeicher Niederwartha[18]) anschließen. Das R. W. E. hat in seinem Gebiet ebenfalls die großzügige Pumpenspeicheranlage Herdecke mit einem Arbeitsinhalt von 120 Mill. kWh vor der Vollendung und den großen Ourtalspeicher mit bis zu 330 Mil. kWh Inhalt geplant: beide Netzgruppen rivalisieren also auch hinsichtlich des zeitlichen Ausgleiches von Darbietung und Bedarf der Arbeit. Ein Zusammenschluß mit dem Badenwerk würde im dritten Eckpunkt des so entstehenden Dreieckes das geplante badische Schluchseewerk mit rund 73 Mill. kWh Inhalt der vorhandenen Pumpenspeicheranlage im Schwarzenbachwerk anfügen.

Was schließlich noch die gegen Westen (Augsburg-Ulm-Stuttgart-Kehl) und den Rhein entlang sowie die von Regensburg aus nördlich über Hof nach Sachsen und von München nach Nürnberg (-Würzburg) vorzutreibende Bahnelektrisierung als wirtschaftliche Notwendigkeit anlangt, so bietet auch hierbei der Zusammenschluß in der neuen Form schon einen wertvollen Rückhalt für eine Bahnversorgung in mehr oder weniger unmittelbarem Anschluß an die Allgemeinversorgung und als Reserve, sobald einmal der Bedarf von derzeit erst 100 Mill. kWh über die schon demnächst verfügbare Jahresarbeit von 250 Mill. kWh hinaus gesteigert ist, was zur Ausnutzung der schon festgelegten Kapitalien und zur Einsparung von weiteren 200 000 t Kohle jährlich dringend zu befördern wäre. Bahn- und Allgemeinversorgung müßten engstens zusammen gehen unter gemeinsamer Ausnutzung aller Speicherungsmöglichkeiten und der Hauptleitungen.

So eröffnen die neuen Konstellationen viele erfreuliche Aussichten in kraftwirtschaftlicher Hinsicht unter der Voraussetzung, daß die Gefahr, die Vorstufe zu einem Reichsmonopol zu werden, vermieden wird. Ein Zusammengehen sowohl mit den angrenzenden Landesversorgungen und Unternehmungen wie eine Einigung mit der mächtigen Westgruppe der R. W. E., welche allein rund 50 v. H. an Leistung der neuen A.-G. umfaßt, wird die Zukunft bringen müssen.

Darüber hinaus sollte aber die A.-G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft auch die Bewirtschaftung der Kräfte für die anderen Großkraftverbraucher (insbesonders die elektro-chemische Industrie und die Bahnversorgung) nach rein allgemein-wirtschaftlichen Gesichtspunkten hin beachten, um ganz besonders den Wasserkräften den ihnen zukommenden Vorrang vor der Kohle entgegen den heute noch überwiegenden privat-wirtschaftlichen Bestrebungen einzelner Konzerne insbesonders in der zu 95 v. H. aus Kohle arbeitenden deutschen Stickstoffindustrie zu verschaffen. Da sowohl die Erzeugung von mehr als der Hälfte der deutschen Aluminiumproduktion wie von etwa 15 v. H. der deutschen Stickstoffprodukten in reichseigenen Fabriken

[15]) Vgl. das in der Besprechung des Buches „Die Deutsche Elektrizitätsversorgung", herausgegeben vom Deutschen Metallarbeiterverband, in der „Wasserkraft u. Wasserwirtschaft" 1927, H. 21, S. 295, vom grundsätzlichen Standpunkt aus Gesagte.

[16]) Hofbauer. Über die Entwicklung der Energieversorgung Deutschlands u. s. w., Die Wasserwirtschaft, 1928, H. 2 u. 3. Vgl. E. u. M. 1928, S. 801.

[17]) Vgl. die Energiewirtschaftskarte des Verf. in Wasserkraft u. Wasserwirtschaft, 1928, H. 16, S. 238, mit Angabe der Hauptleitungen und der Kohlenlagerstätten.

[18]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 797.

Digitized by Google

und mit Stromlieferung aus den reichseigenen Braunkohlenkraftwerken der Elektrowerke erfolgt, wäre es naheliegend und begrüßenswert, wenn das Reich seine Beteiligung an der neuen Gesellschaft auch zur Verlegung seiner elektrochemischen Produktion auf Wasserkraft benützen wollte im Sinne gesunder Kraftwirtschaft.

Die wirtschaftlichen Ausschüsse der beiderseitigen (deutschen und österreichischen) Arbeitsgemeinschaften, welche die kraftwirtschaftlichen Gesichtspunkte bisher in allgemeiner Form behandelten, werden wohl auch den in der deutschen Elektrizitätswirtschaft gemachten Schritt verfolgen und zum Anlaß näherer fachlicher und wirtschaftlicher Vorarbeiten nehmen, um wenn möglich auf diese Weise die Zusammenfassung der bestehenden kleineren Wasserkraft-Unternehmungen zu einem größeren Ganzen in Österreich anzubahnen und die weitere Entwicklung der österreichischen Kraftwirtschaft auf den Gesichtspunkt einer jederzeitigen Möglichkeit zur Schaffung eines zentralen Kraftsammelpunktes hin zu fördern, der dann mit dem entsprechenden Gegenpunkt des großen deutschen Netzes verbunden werden kann.

Die beiderseitige Kraftwirtschaft drängt nach Zusammenschluß. Österreich hat Überschuß an Wasserkraft, Bayern ist mit seinem Weiterbau gegenüber der Bedarfssteigerung der kommendend Jahre im Rückstand und ist seiner geographischen Lage nach außerdem das Durchfuhrland gegen den aufnahmefähigen Westen zu. Wenn auch in Bayern in den letzten Wochen die Untere Iller mit zunächst zwei Stufen von zusammen rund 25 000 kW bei 100 Mill. kWh im Bau gekommen ist, hält der Zuwachs der Bedarfsmehrung nicht das Gegengewicht, und andererseits stehen die Pläne für die Zillertaler Kräfte und für den Tiroler unteren Inn — beide das Achenseewerk zu einer ziemlich konstanten Jahresarbeitsmöglichkeit ergänzend — wohl unter dem Einfluß der Erwartung der Aufnahmefähigkeit Bayerns. Es ist schon auf die wirtschaftliche Möglichkeit und Forderung gegenseitiger Beteiligung zum gemeinsamen Ausbau wertvoller Exportkräfte hingewiesen worden; es scheint daß ein solcher Weg der notwendigen wirtschaftlichen Einheit insbesondere West-Österreichs mit dem deutschen Süden zu einem geschlossen Kraftmittelpunkt vorarbeiten könnte. Die Kraftwirtschaft, das ist der Ausgleich zwischen Vorrat und Bedarf an Arbeit nach Ort und Zeit, muß Zufallsgrenzen niederlegen.

Ing. C. Reindl.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Bucks Creek Kraftwerk der Feather River Power Co in Nordkalifornien hat eine Installation von 40 000 kW und kostete 7·5 Mill. Doll. Es nützt eine Wassermenge von 8100 l/s bei einem statischen Gefälle von 763 m, bei einem Effektivgefälle von 705 m aus. Die zwei Rohrstränge sind 1440 m lang, die ersten 630 m sind mit 1320 bis 1220 mm Lichtweite bei 16 bis 30 mm Wandstärke ausgeführt, die restlichen 810 m als armierte Stahlrohre[1]) mit 910 mm Lichtweite. Das Kraftwerk wird von zwei 50 t Kranen bei 9·9 m Hubhöhe mit 10 t Hilfswinde bestrichen, es enthält zwei 35 000 PS Zwillingsfreistrahlturbinen mit 205 mm Strahlstärke, deren Laufräder auf den Wellenenden der 25 000 kVA (20 000 kW) General Electric Generatoren für 60 Hz und 450 U/min sitzen. Den Generatoren wird gereinigte Kühlluft zugeführt. Die nach der Allenschen Methode[2]) bestimmten Wirkungsgrade ergaben einen Höchstwert von über 85 vH, der bei Belastungen von 26 400 bis 34 200 PS auftritt, sie sind höher als 82 vH bei Belastungen über 10 000 PS. Die Erregermaschinen werden bei 900 U/min durch je eine 450 PS Freistrahlturbine angetrieben. Zwei Freiluftransformatoren von 25 000 kVA steigern die Spannung von 11 auf 165 kV für die Übertragung der Kraft nach der Unterstation Brighton. Die Spannung soll später auf 240 kV gesteigert werden. Das Werk kam im März 1928 in Betrieb. *β.*

(Electrical World, Bd. 92, Nr. 15, bzw. Power, Bd. 68, Nr. 15, 1928.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Luftkühler für Turbogeneratoren[3]). Von Dr. R. Pohl. Von der A. E. G. wurden in den letzten fünf Jahren Luftkühler für 110 Kraftwerke mit einer Generatorleistung von 2 Mill. kVA gebaut. Um die günstigste Rohranordnung gegen Verschmutzung zu finden, wurden unter ganz gleichen Verhältnissen Versuche mit wagrechter, als auch mit senkrechter Rohranordnung durchgeführt. Nach je 2000 Betriebsstunden wurde die Niederschlagsmenge gemessen. Das verwendete Brunnenwasser hatte 20 Härtegrade. Die festgestellte Schlammenge war bei beiden Ausführungsformen nahezu gleich. Man wird also wegen der besseren Zugänglichkeit der Rohre bei der Reinigung, die horizontale Bauart wählen, ausgenommen in den Fällen, bei welchen aus Platzmangel zur Wahl der vertikalen geschritten wurde. Durch eine größere Wassergeschwindigkeit wird das Niederschlagen von Schlamm herabgesetzt. Die Kühler selbst sind vollkommen betriebssicher, so daß lediglich eine zweite Wasserquelle als Reserve zur Kühlung vorhanden sein muß. Falls die Wassergeschwindigkeit ein Mindestmaß unterschreitet, wird ein Signal betätigt und die Betriebsführung aufmerksam gemacht. Die Dichtigkeit wird durch ein Manometer kontrolliert. Zweckmäßigerweise müssen auch die Kühler in mehrere Elemente unterteilt werden, um im Bedarfsfall ein Element abschalten zu können. Man soll bestrebt sein, das Luftvolumen auf ein Mindestmaß herunterzusetzen, mit Rücksicht auf die selbsttätige Erstickung eines etwa ausbrechenden Brandes. Als zweckmäßigste Aufstellungsart hat sich die seitliche oder unmittelbar unterhalb angeordnete Bauart erwiesen. Die Kühler müssen so bemessen sein, daß hinter dem Kühler die Lufttemperatur 30° C nicht übersteigt. Als Kühlwasser wird normal Frischwasser, nur in sehr wasserarmen Gegenden wird das Kondensat zur Kühlung verwendet.

Hum.

(A. E. G. Mitteilungen, Heft 7, 1928.)

Dreiphasen-Kupplungs- und Regulliertransformator[1]). Weiss beschreibt den von BBC Mannheim gelieferten Kupplungstransformator für das Umspannwerk Aschaffenburg der Bayernwerk A.-G. München, welcher für folgende Verhältnisse gebaut ist: Der Transformator hat um die Übertragung von Störungen von einem Netz (Bayernwerke) auf das andere (Kraftwerke Oberweser) zu verhüten, zwei getrennte Wicklungen, so daß die beiden Netze nur magnetisch gekuppelt sind. Dauerleistung 20 000 kVA: Übersetzung 100/100 ± 15 kV; Schaltung: Stern/Stern; Kurzschlußspannung: 9 vH; Frequenz 50 Per/s; Gesamtgewicht 109 000 kg. Da beide Wicklungen in Stern geschaltet sind, ist eine in Dreieck geschaltete Ausgleichswicklung für 30 vH der Transformatorleistung vorgesehen, welche unsymmetrische Phasenlasten des einen Netzes symmetrisch auf das zweite aufteilt. Der Nullpunkt beider Hauptwicklungen ist zum Anschluß von Erdschlußspulen zu Klemmen über Deckel geführt. Für die Spannungsregelung ist eine besondere Wicklung von 15 000 V vorgesehen, welche durch einen für 100 kV isolierten Regulierschalter ohne

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 828.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, T.W.N., S. 172.

[3]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 5, S. 113.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 14, Seite 308 und Heft 26, Seite 658.

Digitized by Google

Stromunterbrechung zur zugehörigen 100 kV Wicklung in sechs Stufen zu- oder abgeschaltet werden kann. Für jede Phase ist ein derartiger Regulierschalter derart direkt an den Ölkessel des Umspanners angebaut, daß die große Zahl von Anzapfungen nicht aus dem Kessel herausgeführt werden muß, und außerdem hiedurch eine einfache, übersichtliche und billige Leitungsführung bei gleichzeitiger Erhöhung der Spannungssicherheit ermöglicht wird. Der Eisenkern ist mit drei in einer Ebene liegenden Säulen ausgeführt, welche ebenso wie die Joche mit senkrecht zur Blechschichtung angeordneten Kühlschlitzen (Patent BBC) versehen sind. Bei der Festlegung der Eisensättigung wurde auf einen Betrieb mit um 20 vH. erhöhter Spannung besonders Rücksicht genommen. Um bei ev. Kurzschlüssen die günstigste mechanische Beanspruchung zu erreichen, wurden die Spulen kreisförmig ausgebildet. Die drei Wicklungen sind konzentrisch ausgeführt, und zwar derart, daß innen die Ausgleichswicklung, in der Mitte die 100 kV Wicklung mit der getrennten Regulierwicklung und außen die zweite 100 kV-Wicklung angeordnet ist. Um eine einfache Leitungsführung zu erhalten, ist der regulierbare Teil der mittleren Wicklung direkt über der Hauptwicklung angeordnet. Die zur Kompensation der Arbeitsströme zur Erreichung des magnetischen Gleichgewichtes erforderliche Gegenwicklung ist von der innen liegenden Ausgleichswicklung abgezweigt. Um eine günstige Verteilung des elektrischen Feldes zu erhalten, haben beide 100 kV-Wicklungen Schutzringe an beiden Enden. Die Eingangs- und Endwindungen beider Wicklungen sind für kurzzeitige Beanspruchung mit der vollen Betriebsspannung je Windung isoliert. Sämtliche Wicklungen erhielten die bekannte Preßvorrichtung von BBC. Der mit 6 Laufrollen ausgerüstete Ölkessel gestattet ein Auskochen des Umspanners bei vollem Vakuum. Der Ölkonservator ist getrennt auf Wandkonsolen montiert. Der Umspanner wird durch eine außenliegende Wasserkühleinrichtung, welche mit den modernsten Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstet ist, gekühlt. — Die drei Regulierschalter sind so gebaut, daß unter Öl nur funkenlose Schaltungen vorkommen; die Funkenzieher und Übergangswiderstände sind auf den Isolatoren der Schalter aufgebaut. Eine besondere Einrichtung verhütet, daß der Umspanner bei Ausbleiben der Spannung für den Motorfernantrieb während des Schaltens Schaden leide. f. f.

(BBC Nachrichten, Mannheim, 1928, Heft 3.)

Der Transverter. W. Grüning behandelt Theorie und Anwendungsmöglichkeit für Großkraftübertragung des Transverters[1]). Dieser Hochspannungs-Drehstrom-Gleichstrom-Umformer beruht bekanntlich auf der grundsätzlichen Anordnung, daß ein in Transformatoren entsprechender Schaltung erzeugter Mehrphasenstrom von sehr großer Phasenzahl zu einem stillstehenden Kollektor geführt wird, wo durch mit einem kleinen Synchronmotor angetriebene rotierende Bürsten ein hochgespannter Gleichstrom abgenommen werden kann. Der Transverter zeigt infolge seines Prinzipes eine eigenartige Stromverteilung während der Dauer einer Periode auf den einzelnen Phasen, bzw. Transformatoren, die eine gewisse Analogie zu den Transformatoren für Gleichrichter aufweist. Die Transformatoren des Transverters müssen außer der in besonderer Zickzackschaltung angeordneten Primärwicklung und der Sekundärwicklung, die den Strom zum Kollektor bringt, eine weitere alle drei Schenkel eines Transformators umschlingende Kurzschlußwicklung erhalten, die zur Verbesserung der Stromwendung dient. Da Wendepole nicht vorgesehen werden können, muß die Bürsteneinstellung (analog wie bei Gleichstrommaschinen ohne Wendepolen) so vorgenommen werden, daß in den von den Bürsten gerade kurz geschlossenen Spulen eine Spannung induziert wird, die der Kommutierungsspannung entgegengesetzt gleich ist. Im Gegensatz zu den normalen Gleichstrommaschinen können diese Spannungen beim Transverter genauestens vorher berechnet und die Kommutierungsverhältnisse mit großer Sicherheit vorausbestimmt werden. Als weiterer bemerkenswerter Unterschied kommt hinzu, daß beim Transverter die Zuleitungen von den Spulen zu den Kollektorsegmenten keinen im allgemeinen vernachlässigbaren Ohmschen Widerstand haben. Die Bürsten müssen wie bei wendepollosen Gleichstrommaschinen eine nach der Belastung verschiedene Verschiebung erhalten und zwar läßt sich das durch Änderung der Erregung des Bürstenantriebsmotors erreichen. Die Regelung auf diese Weise läßt sich auch in automatischem Zusammenhang mit der Belastungsstrom bringen, so daß eine elektrisch befriedigende Kommutierung sich wohl beim Transverter erreichen lassen müßte. Der Verfasser hält demnach die betriebsmäßige Erzeugung von Gleichstromhochspannung durch den Transverter aus Kommutierungsgründen für durchaus möglich, wobei die Lamellenspannung wesentlich höher wie bei normalen Gleichstrommaschinen gewählt werden könnte. Zur Vermeidung der Überschlagsgefahr an den Lamellen schlägt der Autor vor, den Kollektor in Druckluft arbeiten zu lassen. (Der Verfasser geht leider nicht darauf ein, zu untersuchen, inwiefern mechanische Einflüsse die Stromwendung des Transverters beeinflußen können, obwohl auch bei normalen Kollektormaschinen oftmals rein mechanische Verhältnisse für die Güte der Kommutierung maßgebend sind und die rotierenden Bürsten am radial ausgeführten Kollektor des Transverters sicher kein angenehmes Element sind. Der Ber.) Für die Stromwendung erweist sich eine Wellenwicklung wesentlich günstiger als eine Schleifenwicklung. Die Fehler in der Phasenverschiebung der vielphasigen Sekundärspannungen der Transformatoren gegeneinander, die durch nicht vollständige Übereinstimmung der Windungszahlen mit den theoretischen Werten entstehen können, lassen sich in für die Güte der Kommutierung zulässigen Grenzen halten. Der Betrieb des Transverters als Gleichstrom-Drehstrom-Umformers ist nur mit Parallelschaltung einer Synchronmaschine möglich, die die notwendige Erregung für die Transformatoren des Transverters liefern muß. Der Autor zieht den Schluß, daß es wohl möglich sein dürfte, Transverter größter Leistung zu bauen. Bei plötzlichen Belastungsänderungen dürfte diese Maschine zwar aus Kommutierungsgründen nicht vollständig entsprechen und Überspannungen in Übertragungsleitungen (insbes. Freileitungen) würde sie wahrscheinlich ebenfalls nicht gewachsen sein, doch erscheint ein technisch einwandfreier Betrieb in gewissen Fällen (insbesonders bei Übertragung mit Kabeln) möglich. (Leider ist die Veröffentlichung, ein Auszug der Dissertation des Verfassers, an manchen Stellen eine etwas zu starke Kürzung des Originals. Der Ber.) B. G.

[1]) Beschrieben in Engineering 1924, Nr. 3044; E. T. Z. 1924, S. 659; E. u. M. 1924, S. 523; 1926, S. 387; 1928, Heft 1, S. 10.

(Archiv für Elektrotechnik, Bd. 19, H. 5/6, 1928.)

Stromverteilung, Kraftübertragung.

Kondensatoren in Serie zu Übertragungsleitungen. Wie E. K. Shelton berichtet, gelangten im Laufe dieses Jahres erstmalig statische Kondensatoren mit einer Einphasenleistung von 415 kVA, Spannungsabfall 3170 V, Nennstrom 132 A, Kapazität 110 μF in Serie zur Übertragungsleitung von Ballston (N.-Y.) nach Amsterdam in Dreiphasen-Netz von 33 000 V, 60 Hz der New York Power and Light Corp. zur Aufstellung. Die Reaktanz dieser Leitungsstrecke wurde hiedurch vollkommen kompensiert, so daß eine Steigerung des zu übertragenden Stromes von 33 auf 67 A zulässig wurde. Die Kondensatoren in Freiluftausführung bestehen aus einzelnen Elementen der normalen Type, wie sie in industrielle Betriebe zur Phasenschiebung bereits Eingang gefunden haben, mit ölgetränktem Papier als Dielektrikum. Diese Elemente sind auf einem Eisengerüst montiert, welches zwecks Erreichung eines definierten Potentiales mit einem Pol des Kondensators leitend verbunden ist. Das Gerüst sitzt ähnlich einem Öltransformator in einem mit Öl gefüllten Kasten, wobei allerdings das Öl in diesem Falle mehr als Isolations-, denn als Kühlmittel dient. Die Isolation gegen Erde ist entsprechend einem einphasigen Kurzschluß für 33 000 V bemessen. Bemerkenswert sind die vorgesehenen Sich-

Digitized by Google

rungseinrichtungen. Bei Überlastungen oder Kurzschlüssen im Netz spricht eine parallel zu den Kondensatorklemmen liegende Funkenstrecke, die auf eine Zündung bei 50 vH des Vollastspannungsabfalles eingestellt wird, an und wirkt so wie ein Sicherheitsventil. Ein Kontaktrelais, das über Stromwandler von dem Nebenschlußstrom der Funkenstrecke und dem Leitungsstrom beeinflußt wird, löst die Schnellschaltung eines Kurzschlußschalters aus, so daß in derartigen Fällen der Kondensator überbrückt ist und die volle Leitungsreaktanz mit ihrer dämpfenden Wirkung zur Geltung kommt. Geht der Strom auf den Nennwert zurück, dann wird die Überbrückung auf die gleiche Weise auch wieder selbsttätig aufgehoben. Zum Schutz gegen eine zerstörende Wirkung bei Durchschlägen im Kondensator ist ein Impedanzrelais vorgesehen, das über Strom- und Spannungswandler vom Leitungsstrom und von der Kondensator-Klemmenspannung beeinflußt wird. Sobald das normale Verhältnis von Strom und Klemmenspannung gestört ist, spricht dieses Relais an und bewirkt mittelbar die Überbrückung aller drei Einheiten. Die Kondensatoren werden erst wieder in Betrieb genommen, bis nach behobenem Fehler ein weiteres Relais von Hand aus eingelegt wird. Die Strom- und Spannungswandler sind im Kondensator-Ölkasten untergebracht, die Schutzeinrichtungen an den Kasten angebaut. Schz.

(Gen. El. Rev., Bd. 31, Nr. 8, 1928.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Eine neue Methode der harmonischen Analyse als Beitrag zum Studium des Deformationskoeffizienten entwickelt E. Abason, Bukarest. Nach systematischer Erläuterung der wichtigsten, bisher vorgeschlagenen Definitionen des Deformationskoeffizienten nichtsinusförmiger Kurvenformen[1]) und der von verschiedener Seite daran vorgenommenen Kritik legt der Autor seine eigene Stellungnahme zu diesem Problem dar. Obwohl er noch am ehesten dem französischen Vorschlag vom Jahre 1926 beipflichtet, während er die deutsche Definition mit dem von C. Budeanu vorgebrachten Einwand[2]) ablehnt, den er durch ein weiteres Beispiel mit einer der sinusförmigen Grundwelle überlagerten dreieckigen Oberwelle ergänzt, hält er doch die eigentliche harmonische Zerlegung trotz ihrer Mängel für unentbehrlich bei der Behandlung aller einschlägigen Fragen. Um jedoch den langwierigen Rechnungsgang der Fourierschen Analyse, der ihr größter Nachteil ist, abzukürzen, leitet der Autor ein neues analytisches Verfahren ab, das in seinen Grundsätzen von T. Lalesco stammt. Die Methode, den Näherungsverfahren bei Flächenausmittlungen verwandt, ist im Wesen die folgende:

Man ersetzt die zu zerlegende periodische Funktion, (Periode T) mit beliebiger Annäherung durch einen unstetigen Linienzug (vom Autor „periodische Polynomfunktion" genannt), dessen einzelne stetige Kurvenabschnitte Parabeln n-ten Grades sind, wobei die endliche ganze Zahl n den gewünschten Grad der Annäherung bestimmt; für $n=0$ ist also die unstetige Ersatzkurve eine Treppenkurve, für $n=1$ besteht sie aus Trapezen („periodische Polygonalfunktion" nach Lalesco), für $n=2$ aus gewöhnlichen Parabelstücken usw. Diese Ersatzfunktion $f(x)$ zerlegt man nun durch ihre harmonische Reihe und bestimmt in eindeutiger Weise deren Fourierschen Koeffizienten bloß aus den sprunghaften Veränderungen, welche die Funktion und ihre Ableitungen erster und höherer Ordnung an den Unstetigkeitsstellen erleiden, ohne daß eine nähere Kenntnis des stetigen Teiles der einzelnen Kurvenabschnitte notwendig ist. Besteht, um mit dem einfachsten Fall zu beginnen, die Ersatzkurve im ganzen Bereiche einer vollen Periode nur aus einer einzigen stetigen Kurve (Parabel), so hat sie nur eine unstetige Stelle, nämlich den Übergang vom Ende zum Anfang der Periode. Die „Sprünge p-ter Ordnung" an dieser Stelle sind dann definiert durch die Differenz der Ableitungen p-ter Ordnung an der Sprungstelle: $\sigma_p = f^{(p)}(T) - f^{(p)}(0)$.

[1]) Vgl. ETZ 1927, S. 1321.

[2]) Vgl. ETZ 1928, S. 501.

Man kann nun die Fourierschen Koeffizienten mittels partieller Integration und Aufstellung von Rekursionsformeln durch die Sprünge σ_p darstellen und erhält damit die Reihe:

$$T \cdot f(x) = \int_0^T f(x)\,dx + \sum_{n=1}^{n=\infty} \left\{ \left[\frac{\sigma_1}{n^2} - \frac{\sigma_3}{n^4} + \frac{\sigma_5}{n^6} - \cdots \right] \times \cos nx + \left[-\frac{\sigma_0}{n} + \frac{\sigma_2}{n^3} - \frac{\sigma_4}{n^5} + \cdots \right] \sin nx \right\}.$$

Besitzt im allgemeinen Fall die periodische Polynomfunktion $p+1$ Sprungstellen, welche bei $x=0$, $x=x_1$, $x=x_2$, $x=x_r$, $x=x_p$ liegen, und definiert man den Unstetigkeitssprung p-ter Ordnung an der Stelle $x=x_r$ durch $\sigma_p = f^{(p)}(x_r - 0) - f^{(p)}(x_r + 0)$,
so erhält man in analoger Weise wie früher die Fourierzerlegung (wobei $T = 2\pi$ gesetzt wurde):

$$2\pi \cdot f(x) = \int_0^{2\pi} f(x)\,dx + 2 \sum_{n=1}^{n=\infty} \sum_{r=0}^{r=p} \left\{ \sigma_0(x_r) \frac{\sin n\,(x-x_r)}{n} - \sigma_1(x_r) \frac{\cos n\,(x-x_r)}{n^2} - \sigma_2(x_r) \frac{\cos n\,(x-x_r)}{n^3} + \cdots \right\}.$$

Sind die einzelnen Abschnitte der Ersatzkurven gerade, so bleiben in dieser Formel nur die beiden ersten Glieder in der Klammer übrig, wie bereits von T. Lalesco angegeben.

Die Form der Summanden des Klammernausdruckes gestattet eine graphische Interpretation und Summierung der Fourierkoeffizienten durch Vektoren. An einfachen Beispielen erweist schließlich der Autor die Überlegung der neuen Methode.

(Institut national Roumain pour l'étude de l'aménagement et de l'utilisation des sources d'énergie: Heft Nr. 6.) Frd.

Literaturberichte.

3772 **Bau- und Instandhaltung der Fahrleitungen elektrischer Bahnen.** Von Dr. Arthur Ertel. Band 1: Straßen- und Kleinbahnen. 2. umgearbeitete Auflage. — Leipzig, Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung. Bibl. d. ges. Technik Nr. 379. 301 Seiten mit 284 Abb. und 4 Tafeln. Preis in Karton Mk. 12·—, in Ganzleinen Mk. 13·50.

Das Buch behandelt alle beim Bau und der Unterhaltung von Straßenbahnfahrleitungen in Betracht kommenden Aufgaben. Durch eine große Anzahl Abbildungen wird alles in einer Art erläutert, die auch dem über weniger theoretische Vorbildung verfügenden Techniker verständlich ist. Das Buch entspricht im allgemeinen dem heutigen Stand und bringt auch die Behandlung von Spezialfällen, von Fahrleitungen für Dreh- und Klappbrücken, Signalvorrichtungen usw. Es wird dem Praktiker sowohl für den Bau als auch für die Erhaltung wertvolle Dienste leisten.

Für eine weitere Auflage würde es sich wohl empfehlen, die Behandlung veralteter Konstruktionen noch mehr zu kürzen. Ebenso könnte der kurze Abschnitt über Fahrleitungen mit Vielfachaufhängung, der nur veraltete Bauarten enthält, unter Hinweis auf den bereits angekündigten 2. Band Vollbahnfahrleitungen vollständig entfallen. Dagegen könnten die Straßenbeleuchtungsanlagen, die in baulichem Zusammenhang mit Straßenbahnoberleitungen errichtet werden, noch aufgenommen werden. Schließlich wäre es vielleicht erwünscht, die bei Arbeiten an Fahrleitungen unter Spannung auftretenden elektrischen Verhältnisse genauer zu skizzieren, zumal dieses Gebiet für die persönliche Sicherheit des Fahrleitungspersonals von Wichtigkeit ist. Diese für eine etwaige Neuherausgabe gemachten Anregungen, sollen jedoch den Wert des Buches für die Gegenwart in keiner Weise herabsetzen.

B. Gerstmann.

3775 **Wirkungsweise elektrischer Maschinen.** Von Dr. techn. Milan Vidmar. 223 Seiten, 203 Textabbildungen. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928. Preis Mk. 12·—, geb. Mk. 13·50.

Digitized by Google

Jeder, der die Bücher Vidmars kennt, wird das Erscheinen eines neuen Werkes aus der bewährten Feder mit Freude begrüßen, da schon der Name des Verfassers für den Wert des Buches bürgt. Tatsächlich ist es Vidmar mit dem vorliegenden Band gelungen, die elektrischen Maschinen auf einheitlicher Basis zu beschreiben und in erster Linie ihr physikalisches Verhalten zu analysieren. Rechnungen und Konstruktionseinzelheiten werden ebensowenig angeführt, wie weitergehende Untersuchungen an den Maschinen selbst. Dagegen ist das Wesentliche jeder Maschinenart festgehalten und die Entwicklung aus der Urform, dem allgemeinen Transformator, meisterhaft abgeleitet. Hiebei hat es Vidmar verstanden, durch systematischen Aufbau des Stoffes, vom Induktionsgesetz ausgehend und über die Mechanisierung der Transformation zu den Gesetzen der Synchron- und Asynchronmaschinen sowie der Kollektormaschinen vordringend, die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen derart klar darzustellen, daß nicht nur der Studierende und der der Materie vorerst noch fremd Gegenüberstehende sich leicht zurechtfinden, sondern daß auch der Elektromaschineningenieur aus dem Buche eine Fülle von Anregungen erhalten wird.

Priv. Doz. Dr. G. Oberdorfer.

2780 **Die Krankheiten des Bleiakkumulators,** ihre Entstehung, Feststellung, Beseitigung, Verhütung. Für die Praxis. Von Ingenieur F. E. Kretschmar. 3. verbesserte Auflage 188 S., 98 Abb., 8°, 1928. München, R. Oldenburg. Brosch. M 9·—, in Leinen geb. M 10·50.

Die neue Auflage des bekannten Buches von Kretschmar unterscheidet sich von der zweiten[1]) zunächst durch Einfügung eines Kapitels über die Konstruktion des Bleiakumulators und durch Erweiterung der Ausführungen über seinen Zweck behufs besseren Verständnisses des Buches. Einige Ergänzungen theoretischer und praktischer Natur in Form von Fußnoten von in den Text eingefügten, gedrängten Darstellungen oder Bemerkungen, wie zum Beispiel die kurze Beschreibung des Pöhler-Schalters, sind ebenfalls vorgenommen worden. Dafür wurde manches Unwesentliche weggelassen, sodaß der Umfang des durch die Verlagsfirma sehr geschmackvoll ausgestatteten Buches trotz der vermehrten Anzahl von Abbildungen nicht wesentlich größer wurde. Die Gliederung des Inhaltes ist im allgemeinen die gleiche geblieben: Konstruktion des Bleiakkumulators, sein Zweck, Ladung, Ruhezustand, Entladung einer Batterie, elektrochemisches Mengenverhältnis und Wirkungsgrad, Pufferbetrieb, Isolationszustand. Diese Abschnitte bilden gleichsam die Einleitung zu den folgenden Kapiteln über die Entstehung einer wirklichen Krankheit des Akkumulators, Entstehung einer nur scheinbaren Krankheit, Feststellung der Krankheitsursachen und schließlich Beseitigung und Verhütung einer Erkrankung des Akkumulators. Das Buch soll eine empfindliche Lücke ausfüllen, welche durch die bisher unzureichend gebliebene Behandlung des Akkumulators in technischer Beziehung an vielen höheren Schulen entstanden ist. Die meisten einschlägigen Lehrbücher, in theoretischer Hinsicht ganz ausgezeichnet, behandeln die betriebstechnische Seite des Akkumulators zu flüchtig. Aus dem Grunde sowie durch die scheinbare Unempfindlichkeit des Akkumulators gegen falsche Behandlung wird ihm meistens nicht die richtige Aufmerksamkeit in der Wartung zuteil. Selbst wenn der Akkumulator bereits unverkennbar Schaden erlitten hat, sind sich gewönlich die mit der Überwachung betrauten Personen über die Ursache nicht klar. Verkürzte Lebensdauer der Batterie und hohe Betriebskosten sind die Folge. Den Bedürfnissen der Praxis Rechnung zu tragen, das Verantwortlichkeitsgefühl des Betriebspersonals einer Anlage zu heben und das Verständnis für das Wesen des Akkumulators zu fördern, ist der Zweck des Buches. Es sei auch jedem Radiofreund, der Akkumulatoren besitzt, wegen der vielen Hinweise und der eingehenden Beschreibung von solchen Krankheiten, welche nicht nur große Akkumulatorentypen, sondern sinngemäß auch kleine Batterien befallen können, wärmstens empfohlen.

M. Rabl.

[1]) Vgl. die Besprechung in E. u. M. 1927, S. 251.

Eingelaufene Bücher.

3768 Fließarbeit. Von Dr.-Ing. e. h. C. Köttger nebst Beiträgen von O. Streine und Dr. W. von Bonin. 39 S. m. 29 Abb. (Beiheft 12 zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung). Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928, Preis geh. M 2·60.

Der erste Teil des Heftes enthält die Wiedergabe eines Berichtes des Generaldirektors der Siemens-Schuckert-Werke, Dr. Köttgen über die allgemeinen Grundlagen der Fließarbeit, der, ohne im Wesentlichen Neues zu bringen, deshalb von Interesse ist, weil hier der Leiter einer der größten Betriebe der deutschen Industrie seine Ansichten über die Fließarbeit äußert. Die beiden anderen Aufsätze behandeln Fließarbeit *und* Arbeiterschutz bzw. die Bedeutung der Fließarbeit für Gewerbehygiene und Unfallverhütung. Aus beiden Aufsätzen geht hervor, daß die Fließarbeit für den Arbeiter keine Nachteile, sondern in der Regel Vorteile bringt und Unzukömmlichkeiten ohne Beeinträchtigung der Grundgedanken der Fließarbeit abgestellt bzw. hintangehalten werden können.

J.

3733 „Technik voran"! Jahrbuch mit Kalender für die Jugend, 1929, herausgegeben vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen und dem Reichsbund Deutscher Technik. 224 Seiten mit vielen Abbildungen. Verlag Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen. Berlin. Preis 95 Pfennig.

Das Büchlein enthält wie der vorjährige Jahrgang eine Reihe recht guter technischer Aufsätze, zum Beispiel über die Elektrisierung der Berliner Stadtbahn, ferner Aufsätze, welche das Interesse für die Technik wecken sollen und schließlich eine kleine Zusammenstellung von vielgebrauchten Formeln und Zahlentafeln. Für Lehrlinge und für Schüler technischer Mittelschulen kann das Büchlein sowohl als Behelf als auch als Lesestoff empfohlen werden.

K.

Das Achensee-Kraftwerk der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. Von Ing. Dr. L. Mühldorfer (Jenbach-Innsbruck) und Ing. Dr. C. Reindl (München). 28 S. mit 40 Abb. Richard Pflaum A. G. München 1928. Preis M 2·50.

Das Heft, ein Sonderdruck aus Heft 19 von 1928 der „Wasserkraft und Wasserwirtschaft", enthält eine ausführliche Beschreibung des baulichen Teiles und der maschinellen Anlagen des Werkes, sowie eine kurze Darstellung der Kraftwirtschaft. Die an dieser Stelle bereits eingehend beschriebenen elektrischen Anlagen[1]) sind nur kurz behandelt. Das Heft zeigt, welches Interesse man in Deutschland den großen österreichischen Wasserkraftanlagen entgegenbringt.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, S. 647, 676.

Vereins-Nachrichten.

Vereinsversammlungen und Vorträge.

Mittwoch, den 9. Jänner 1929, um 6 Uhr abends, im großen Saale des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr. Dr. Ing. Ernst Weber über: **„Zur Definition von Scheinleistung, Blindleistung und Leistungsfaktor".** (Mit Lichtbildern).

Inhaltsangabe: Der sinusförmige und nichtsinusförmige Wechselstrom. Die elektrische Leistung als Schwingungsausdruck. Zur Benennung und Messung der Leistungen. Oszillogramme und Nachrechnungen. Das einphasige und mehrphasige Stromsystem. Richtleistung statt Scheinleistung. Leistungsfaktor und Phasenverschiebung. „Phasenkompensation" bei nichtsinusförmigem Wechselstrom.

Die Vereinsleitung.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Lichttechnik

5. Jahrgang 1928

(Organ der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien)

Beiblatt

zu

„Elektrotechnik u. Maschinenbau"

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Verzeichnis der Originalarbeiten und Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Arnold, Dipl. Ing. A. G. Die elektrische Schaufensterbeleuchtung 25
— Die Reklamebeleuchtung vom Standpunkt der Elektrowirtschaft 57

Bloch, Dr. Ing. L. Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe 37, 49
Bush W. E. Propoganda zur Verbreitung der elektrischen Beleuchtung in England 18

Finlayson, Dr. L. und Ondracek, Prof. Dr. Ing. J. Fortschritte in der Beleuchtungstechnik 97

Grill, Ing. F. und Koch, Ing. H. Die Lichttechnik im Rahmen der Energiewirtschaftsausstellung in Graz 65

Hiecke, Dr. R. Abänderungsvorschläge zum Ostwaldschen Farbensystem und ausländische Farbensysteme 59

Koch, Ing. H. Neue Wege der Lichtreklame in Deutschland 33
— siehe Grill, Ing. F.
Krautmacher A. Das asymmetrische Holophane-System 89
Kruh, Dr. O. Lokale Schwärzungen und Figurenbildungen an Glühlampen 1

Lux, Dr. H. Die Jahrestagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Hamburg (1927) 42
— 16. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. (Karlsruhe, 22. und 23. Juni 1928). 68

Mörtzsch, Dipl. Ing. Fr. Die Lichttechnik auf der Jahresschau „Die technische Stadt" Dresden 1928. 91
Berichtigung 104

Oehlschlägel, Dipl. Ing. H. Laden- und Verkaufsraumbeleuchtung 13
— Moderne elektrische Straßenbeleuchtung. . . 117
Ondracek, Prof. Dr. Ing. J., siehe Finlayson, Dr. L.

Reiter, Ing. F. Neuzeitliche Beleuchtung in gewerblichen und industriellen Betrieben . . 73

Schlögl, Ing. H. Hochspannungs-Leuchtröhrenanlagen in Wien 5

Velisek, Dr. techn. A. Schalteinrichtungen für Reklame- und Straßenbeleuchtung 28
Vogel, Dr. Ing. F. Über Herstellung und Betrieb von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen der österreichischen Bundesbahnen 105
Weiße, Ing. E. Gleisfeldbeleuchtung 108

Sachverzeichnis

A

Anleuchten v. Denkmälern 102
—, v. Gebäuden 33, 52
—, v. Geleisen 108, 110
— —, Bedienungstürme 112
— v. Wasserfällen 10
Architekt u. Lichttechniker . . . 103
Ardometer 43
Armatur v. Glühlampen, stoßdämpfend 71
Auge, Schädigung durch Beleuchtung 42
—, Schutzgläser 43
Ausbleichfaktor 26
Ausstellung, lichttechn. i. Dresden 91
— i. Graz 65
— i. England 18
Azetylen f. Beleuchtung 97
—, Azetylenblinklicht 101

B

Beleuchtung 76, 104, 116
—, i. d. Architektur 103
—, asymetrisch 90
— i. Bergwerken 46, 85
— i. Bibliotheken 22
—, Bühnenbeleuchtung 51
—, Demonstrationsraum 19
—, Einfluß auf Arbeitsleistg. 43, 95

Digitized by Google

—, Einfluß auf öffentliche Sicherheit 47
—, Eisenbahnbeleuchtung 105, 108, 110
—, i. El.-Zentralen 103
—, Fabriksbeleuchtung 47, 73, 83, 102, 113
—, Fahrzeugbel. s. Scheinwerfer.
— i. Flugverkehr 54, 101
—, gesetzl. Regelung 103
—, Geschäftsbeleuchtung 13, 16, 93, 96
— —, Musterladen 93
— i. Gießereien 11
—, Gleichmäßigkeit . . . 76, 79
—, Hafenbeleuchtung 44
—, Heimbeleuchtung . 19, 35, 68, 92
—, Hotelbeleuchtung 102
—, Hygiene der Beleuchtung . . 42
—, Kinobeleuchtung 102
—, Kirchenbeleuchtung . . . 20, 45
—, Kontrastwirkung 75
—, Künstlerische Wirkung 104
—, Lichtverteilung 76
— i. Operationssälen 52
—, Projektierung 80
—, Raumbeleuchtung 112
—, v. Rangierbahnhöfen 108, 110
— v. Sälen 46
—, Schattenwirkung 79
— auf Schiffen 45
— v. Schwimmbecken 22
— v. Sportplätzen . . . 46, 102, 113
—, Tageslichtbeleuchtung . . . 80
— i. Textilfabriken 83
—, Wirkungsgrad 77, 78, 81
—, Zierbeleuchtung 103
— i. Zuckerfabriken 124
s. a. Schaufensterbeleuchtung. Straßenbeleuchtung.
Beleuchtungskörper s. Leuchte.
Beleuchtungsmesser 86
Beleuchtungsstärke 74
—, Berechnung 81, 82
Bergwerksbeleuchtung . . . 46, 85
Bibliotheksbeleuchtung 22
Bildfläche i. Kino, Reflexionseigenschaften 100
Blendung 74
—, Demonstration 66
—, Wahrnehmung v. Helligkeitsunterschieden 71, 75
Blinklicht 11
—, f. Eisenbahnsignale 116
Bogenlampe, Elektroden 98
—, f. Kinoaufnahmen 50
— m. Reinkohlen, Leuchtdichte 37
—, Verbrauchsstatistik 98
—, Wolframbogenlampe 41
Bühnenbeleuchtung 51

C

Chemiluminiszenz 100

E

Eisenbahnbeleuchtung 105, 108
Eisenbahnsignalbeleuchtung . . . 114
Epidiaskoplampe 42
Episkoplampe 41

F

Fabriksbeleuchtung . 47, 73, 83, 102, 113
Farbendreieck 59
Farbenhalb 60
Farbenkörper 61
Farbenkreis 60
Farbenlehre v. Ostwald 59
Farbenprüfung 61, 62
Film, panchromatisch 51
Floodlighting, s. Anleuchten
Flugplatzbeleuchtung 55
Fluoreszenz 100

G

Gasbeleuchtung, Entwicklung . 97
Gasglühlicht, Entwicklung 88
Geschäftsbeleuchtung 13, 16, 93, 96
Gleisfeldbeleuchtung 108
Glimmlampe 99
Glühlampe, Armatur 71
—, Bandlampe 41
—, blinkend 11, 101
— —, Lebensdauer 35
—, Epidiaskoplampe 42
—, Episkoplampe 41
—, Faden, mechan. Eigensch. 71, 97
— — mechan. Prüfung 72
—, gasgefüllt, Leuchtdichte . . 37
— —, f. mediz. Zwecke 98
—, Glashülle, Temperatur 98
— —, elektrolyt. Vorgänge 2
— —, Schwärzung 1
— f. Kinoaufnahme 50
—, Kinolampe 49, 68, 101
—, Lebensdauer 73
—, Leuchtdichte 75
— f. Leuchtfeuer 45, 54
—, Lichtausbeute 73
—, f. Lichtsignale 114
—, Linienbildung 3
—, f. Luftverkehr 101
—, mechan. Festigkeit 71
— f. Mikroskopbeleuchtg. 40
—, Nitraphotlampe 51
—, Osmiumlampe 88
—, P-H-Opalglaslampe 85
—, Produktionsstatistik 97
—, Projektionslampe 37
— — i. Kugelform 38
— — i. Röhrenform 38, 49
— i. d. Reproduktionstechnik . 51
— f. Scheinwerfer 37, 54
—, Sockel 98, 101
—, Spiegellampe 94
—, Überlastung, lokale 2
—, Vakuumprüfung 98
—, Vereinheitl. d. Spannung . . . 97
—, Zerstäubung 4
—, Zweifadenlampe (Biluxl.) . . 53
Grubenlampe 100
—, m. Druckluftbetrieb 85
—, gasempfindlich 124

H

Handlampe 100
Heimbeleuchtung 19, 35, 68, 92, 101
Heimkino 49
Hotelbeleuchtung 102
Internationale Beleuchtungstechnische Kommission, 7. Tagung 87

J

Jahresversammlung d. Deutschen Beleuchtungstechn. Ges. 42, 63, 68

Jubiläum:
C. Auer v. Welsbach . . 88
Vertex Elektrowerk G. m. b. H. 96

K

Kinobeleuchtung 102
Kinolampe 49, 68
Kinotechnik, Lehrbuch 72
Kirchenbeleuchtung 20, 45
Kolorimeter 61, 62, 100
Kugelhaus i. Dresden, Beleuchtung 93

L

Ladenbeleuchtung s. Geschäftsbeleuchtung.
Leuchte 101
—, f. Eisenbahnbeleuchtung . 107, 109
—, f. Fabriksbeleuchtung . . 76, 78
—, f. Geschäftsbeleuchtung . 14, 96
—, Oval-Spiegelleuchte 94
—, P-H-Lampe 85
—, Stilkunde 56, 104
— f. Straßenbeleuchtung 86
—, Verschmutzung 17, 78
s. a Straßenbeleuchtung.
Leuchtfeuer 45, 54, 102
Leuchtturm 102
Lichtbogen, Untersuchung 98
Lichtgeschwindigkeit 100
Lichthalle i. Deutschland 70
Lichtkonsum, zukünftige Entwicklung 46, 103
Lichtquelle 65
—, ausgedehnte, Berechnung . . 104
— —, Messung 106
— d. Organismen 11
Lichtreklame 33, 68, 69
— m. Gaslicht 69
—, Nachleuchten d. Lampen . . . 48
—, räumliche Anordnung 69
—, Steuerung dch. Band 63
— — dch. Jacquardkarten 48
— m. transparenter Tafel 48
—, Vorführung v. Flüssigkeiten. . 64
—, Wanderschrift . . . 48, 64, 68
s. a. Moorelicht. Neonlicht. Reklamebeleuchtung. Schaltwerk.
Lichtsignal, Sichtbarkeit 72
—, f. Eisenbahnen 114
Licht-Standard 70, 99
Lichtstärke, Messung 70
Lichtstrom, Berechnung 80
Lichttechnik, Lehrbuch . . 12, 56
Lichtverteilung bei lebenden Lichtquellen 11
—, Lichtverteilungskurven . . 79
—, Zonenlichtströme 79
Lichtwerbung i. Haushalt 91, 104, 116
Linse f. optische Signale 56
Literatur:
Fischer K. H., siehe Schneider Dipl.-Ing. L.
Schmidt, Dr. G. Beleuchtungskörper-Stilkunde. Von Ing. H. Koch. . . . . .
Schneider, Dipl.-Ing. L. und Fischer K. H. Lichttechnik. Von Prof. Ing. J. Ondracek. 12
Schrott, Dr. P. Leitfaden für Kinooperateure und Kinobesitzer. Von Ing. H. Koch. . . . 72
Voege, Prof. Dr. Ing. W. Leitfaden der Lichttechnik für Unterricht und Praxis. Von Dr. O. Kruh. 56
Yamauti Z. Beiträge zur Berechnung der von einfach gestalteten großflächigen Lichtquellen herrührenden Beleuchtungsstärke. 104
Neue Druckschriften. 104, 116
Neue Preislisten. 87
Luftverkehrsbeleuchtung . . 55, 101
Luxmeter 86, 95

M

Moorelichtlampe 7
— f. Geschäftsbel. 16
—, Gasventil 8

Digitized by Google

N

National Physical Laboratory, lichttechn. Arbeiten 70
Nekrolog:
Gaster, Mr. Leon 36
Neonlicht,
Anlagen:
i. Deutschland 34
i. Wien 5
—, Richtlinien f. d. Anlage . . 8
—, Neonleuchtröhre, Zündspannung 5
—, Untersuchungen 99
—, Verwendung i. d. Lichtreklame 69

O

Obturator 56
Österr. Lichttechnische Ges. IV. Generalversammlung, Protokoll 23

P

Patentberichte:
Reflektoren 11, 56
Lichtreklame 47, 63
Eisenbahnlichtsignale 114
Phosphoreszenz 100
Photoelektrische Messungen 70, 199
Photokolorimeter 62
Photometer, integrierend . . . 71
Photometrie, heterochrome . . 61
— —, Normung 124
— m. photoelektr. Zellen . . 94, 99
—, Prüffläche 86
—, Sektorphotometer 99
—, Spektrophotometrie . . . 99, 124
Planetarium 39
Projektionsapparat, Epidiaskop . . 41
—, Episkop 41
— f. Glasbilder 38
— f. d. Heim 39
— f. Kino 49, 101
— f. Mikroprojektion 40
— f. photogr. Vergrößerung . . 39
— i. Theatern 52
s. a. Glühlampe.

Q

Quecksilberdampflampe, Lichtausbeute 99

R

Raumhelligkeit, Definition 85
Reaktionszeit, Messung 95
Reflektor 11, 51, 56, 101, 107
— f. Schaufenster 36
—, f. Signallicht 114
—, Streugläser 12
s. a. Leuchte.
Reflexionsvermögen v. Tapeten, Messung 95
Reklamebeleuchtung 93, 102
—, Leuchtröhre 64
—, Schaltwerk 28
—, Weiterschalter 30
— als Stromabnehmer 57
—, Tarif 57
s. a. Lichtreklame, Moorelicht, Neonlicht.

S

Saalbeleuchtung 46
Schaltwerk f. Beleuchtung 28
—, f. Lichtreklame 30
—, Relais 32
—, Schaltuhr 29
— —, Zentralschaltuhr 30
Schattigkeit 76, 112
Schaufensterbeleuchtung 19, 25, 102
—, Ausbleichfaktor d. Ware . . 26
—, Demonstration 67, 93
—, Entwurf 35
—, Leistungsverbrauch 26
—, Spiegelung 26, 56
—, Tarif 27
—, Werbung in Deutschl. 11, 28, 34
s. a. Geschäftsbeleuchtung, Leuchte, Reklamebeleuchtung.
Scheinwerfer 101
—, f. Kraftfahrzeuge . . . 37, 53, 102
—, f. Flutlicht 109, 111
— m. Obturator 56
— f. d. Seeverkehr 54
Schiffsbeleuchtung 45
Sehen, physiol. Untersuchung . 103
s. a. Auge.
Sichtbarkeit 44
—, Prüfapparat 103
Signalbeleuchtung f. Eisenbahn . 101
s. a. Lichtsignal.
Spektralkolorimeter 61
Straßenbeleuchtung . . 19, 87, 94, 101, 117
—, Gleichmäßigkeit 119
—, Holophane-System 89
—, Leuchte 101, 120
—, Lichtverteilung 89, 118
— —, Berechnung 62
—, Schaltwerk 28
—, Silhouetteneffekt 118
—, Umschaltrelais d. Lampen . . 32
—, Vertikalbeleuchtung 119
Stufensichtmesser 44

T

Tageslichtbeleuchtung 80, 102
—, Tageslichtlampen 17, 80, 86
Tarif f. Reklamebeleuchtung . . . 58
Theaterkino 50
Tintometer 62
Triboluminiszenz 100
Trichinoskop 40

U

Ultrarote Strahlen, Messung d. Durchlässigkeit 43
—, physiol. Wirkung 42
Ultraviolette Strahlen, Absorption 100
—, Messung d. Durchlässigkeit . 43
— — der Lichtstärke 99
—, physiol. Wirkung 42, 103
Uroxameter 99

V

Vakuumprobe b. Glühlampen . . 98
Verkehrsbeleuchtung 101
s. a. Eisenbahnbeleuchtung, Lichtsignal.
Verkehrszeichen 72, 100
Vorführungen, lichttechn. 70

W

Wohnungsbeleuchtung s. Heimbeleuchtung.
Wolframfaden f. Glühlampen 98, 100

Z

Zähler f. Doppeltarif 29

Namensverzeichnis

A

Abney. 61.
Alker. 45.
Arndt W. 85.
Arnold A. G. 25, 57.
Auer v. Welsbach C. 88, 96.

B

Bauersfeld. 40.
Bertelsmann W. 69.
Blanchard J. 43.
Bloch L. 37, 42, 46, 49, 85.
Blondel A. 95.
Brodhun. 43.
Brown W. C. 35.
Burath. 44.
Bush W. E. 18, 104.

C

Campbell N. R. 70.
Coblentz N. W. 11.
Coleman. 69.

D

Dieterici C. 59.

E

Exner F. 61.

F

Faillie R. 95.
Fleming. 2, 4.
Foxworthy M. K. 118.

G

Gaster L. 36.
Gilbert M. S. 62.
Grill F. 65.
Guild. 61.

H

Haase M. 68.
Haitinger L. 88
Harrington C. O. 115.
Harrison W. 118.
Häring H. 69.
Hiecke R. 59, 65.
Holmes I. T. 22.
Holtzmann F. 42.
Holzer H. 48.
Hughes C. W. 11.

I

Ives H. E. 124.

J

Jädicke. 45.
Jarratt S. 63.
Johnson G. T. 110.
Johnson W. J. 72.
Jones W. E. 35.

K

Klüber H. v. 39.
Klughardt A. 59.
Koch H. 65.
Kohlrausch K. W. F. 61.
König A. 43, 59.
Korn A. 48.
Körlin A. 115.
Krautmacher A. 89.
Kruh O. 1.

L

Lindquist H. K. Th. 64.
Lingenfelser H. 18, 112.
Lingenfelser L. 47.
Lovibond J. W. 61.
Lux H. 68, 85.

M

Macbeth N. 95.
Madsen Ch. V. 64.
Mahan H. E. 111.
Mallet-Stevens R. 103.
Mattheka F. 124.
Matthias W. 46.
Mey H. 85.
Meyer A. R. 85.
Michelson. 100.
Mörtzsch F. 91, 104.
Mullen W. A. Mc. 63.
Müller C. P. O. 85.
Murgatroyd F. 71.

N

Norden H. 85.
Nutting B. G. 61.

O

Oehlschlägel H. 13 117.
Ostwald W. 59.

P

Palme A. 10.
Pirani M. 61.
Pontani. 108.
Powell A. L. 35.
Putnoky F. 36.

Digitized by Google

R

Rambusch E. 21.
Reiter F. 73.
Ritchie D. J. 56.
Rolph Th. W. 87.
Runge I. 60.

S

Samuels M. M. 22.
Schaefer Cl. 61.
Schlögl H. 5.
Schmidt G. 56.
Schneider L. 12, 43, 69, 118.
Schröder. 43.
Schroeder H. 94.
Schrödinger E. 61.
Schrott P. 72.
Schütz F. 42.
Sharp C. H. 94.
Smith H. A. 94.
Sölling S. A. 114.
Stair I. L. 20.
Straumer H. 96.
Swackhamer R. J. 111.
Sweet A. J. J. 22.

T

Taylor A. K. 86, 124.
Teichmüller J. 45, 95, 96.
Thieß O. 42.
Tischer K. H. 12.
Toussaint R. 62.

U

Unglaub F. 115.

V

Velisek A. 28.
Voege W. 56.
Vogel F. 105.
Vogt. 42.

W

Weber L. 85.
Weiße E. 108, 113.
Wiegand K. 44, 69.
Wundram. 44.

Y

Yamauti Z. 104.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet

Heft 1 | **1. Jänner 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. O. Kruh, Wien. Lokale Schwärzungen und Figurenbildungen an Glühlampen. S. 1 — Ing. Heinrich Schlögl, Wien. Hochspannungs-Leuchtröhrenanlagen in Wien. S. 5 — RUNDSCHAU: S. 10 — PATENTBERICHT. S. 11 — LITERATURBERICHT. S. 12 — Österreichische Lichttechnische Gesellschaft. S. 12

Lokale Schwärzungen und Figurenbildungen an Glühlampen.

Von Dr. O. **Kruh**, Wien[1]).

1. Lang brennende Glühlampen erleiden eine Schwärzung der Innenseite des Glasballons, deren Ursache in der allmählichen Verdampfung der hocherhitzten Glühkörper liegt. Die Verdampfung erfolgt nach allen Richtungen gleichmäßig, sodaß im allgemeinen die Birne der Glühlampe innen überall geschwärzt erscheint und die Lichtausbeute herabgesetzt wird. Bei näherer Betrachtung findet man jedoch, daß die Schwärzung nicht so gleichmäßig verteilt ist, als man erwarten würde.

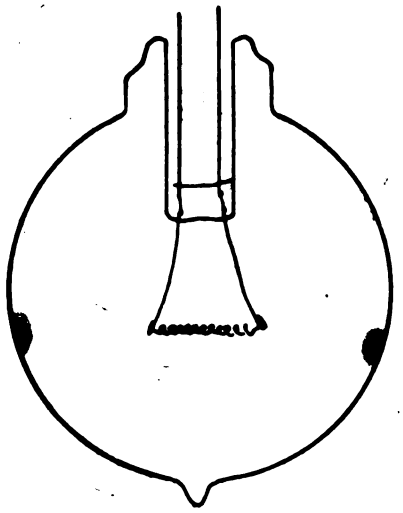


Abb. 1.

Bei Kohlenfadenlampen sind die dem Glühfaden nächsten Glasteile am dunkelsten, außerdem findet man oft eine ungleichmäßige, fleckige Verteilung der schwärzenden Substanz. Bei Lampen mit schraubenförmig angeordnetem Faden sieht man in der Richtung der Achse der Fadenschraube zwei besonders ausgeprägte Flecke am Glasballon, wie Abb. 1 zeigt. Dieselbe Erscheinung tritt auf, wenn Metalldrahtlampen in ähnlicher Weise angeordnet werden wie Kohlenfadenlampen. Wir haben hier somit den Fall, daß außer der nach allen Richtungen erfolgenden Verdampfung noch eine Kraft vorhanden sein muß, die imstande ist, dem Dampf oder feinstem, vielleicht atomarem Metallstaub eine besondere Richtung zu geben. Darauf soll später noch zurückgekommen werden.

2. Neben diesen vom Glühkörper ausgehenden Schwärzungen gibt es eine ganze Reihe anderer, die ihre besonderen Ursachen haben. So zum Beispiel ist bei normalen Wolframdrahtlampen (Vakuumlampen mit gestrecktem Draht) das zentrale Glasstäbchen (Stütze), das als Träger des Glühdrahtes dient, viel dunkler als der Ballon. Man könnte wohl annehmen, daß die zentrale Lage der Glasstütze eine stärkere Schwärzung begünstigt, doch liegt die Sache nicht so einfach: es kommt oft genug vor, daß der Ballon klar bleibt, während die Stütze ganz dunkel wird. Es sieht aus, als ob eine Sammlung der Schwärzung auf der Stütze möglich wäre. Chemische Ursachen könnten diese Erscheinung ebenfalls hervorrufen, zum Beispiel Reduktion des Bleiglases durch atomaren Wasserstoff, der von Langmuir in der Wolframlampe entdeckt wurde, wobei die höhere Temperatur der Glasstütze die Reaktion unterstützen würde.

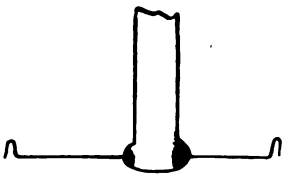


Abb. 2.

Lokale Schwärzungen findet man weiters an den Teilen der Glasstütze, in welche die Träger des Glühkörpers eingesetzt werden (Abb. 2). Manchmal ist die Linse der Glasstütze nur äußerlich grau, was bei Verwendung von Molybdänhaltern dann der Fall ist, wenn beim Einsetzen des Trägers durch Verbrennung des Molybdäns etwas

[1]) Die vorliegenden Zeilen enthalten Beobachtungen und Versuche, die zehn bis fünfzehn Jahre zurückliegen. Infolge der Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse ist es dem Verfasser nicht möglich gewesen, den experimentellen Teil weiter zu führen. Die Veröffentlichung erfolgt in der Hoffnung, damit Anregung zur Fortsetzung der Versuche zu geben. Der Glühlampenfabrik Joh. Kremenezky in Wien schulde ich Dank für die Ermöglichung dieser Versuche.

Digitized by Google

Molybdänoxyd auf die Linse kommt. Entwickelt sich in der Lampe vom Draht oder Phosphor Wasserstoff, so kann das weiße Molybdänoxyd zu grauem Molybdänmetall reduziert werden. Bei Verwendung von starken Molybdän- oder Nickelhaltern, welche bei stärkeren Leuchtdrähten notwendig sind, wird so viel Wärme den Linsen zugeführt, daß sich im Inneren der Linse um die eingeschmolzenen Träger herum ein dunkler Belag bildet. Offenbar handelt es sich um komplizierte elektrolytische Wirkungen, da das heiße Glas leitend wird. Das beim Einschmelzvorgang gebildete Oxyd wird durch Elektrolyse reduziert.

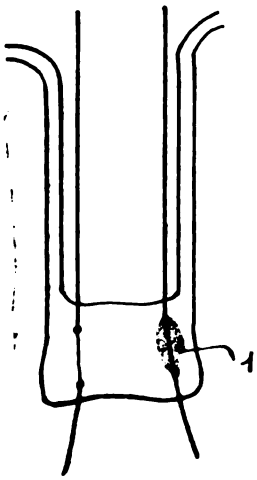


Abb. 3.

Ähnlich liegen die Verhältnisse am sogenannten Füßchen einer Lampe (Abb. 3). An den Stellen des Füßchens, an denen die Einschmelzdrähte luftdicht in das Glas eingeschmolzen sind, entsteht Verfärbung um einen Einschmelzdraht herum, wenn die Lampen längere Zeit am Gleichstromnetz brennen. Sie sind besonders gut bei Platineinschmelzdrähten zu beobachten. Da Platin kein Oxyd beim Einschmelzen bildet, so muß man hier eine Reduktion des Bleiglases durch das bei der Elektrolyse freiwerdende Natrium annehmen, wobei es unklar ist, was mit dem am positiven Pol entwickelten Sauerstoff geschieht.

3. Die Verdampfung des Glühkörpers verursacht in der Regel eine allgemeine Schwärzung des Ballons. Es kommt jedoch vor, daß aus irgend einem Grunde, zum Beispiel infolge einer Ungleichmäßigkeit des Materials, eine lokale Überbelastung des Glühkörpers entsteht, welche Stelle wegen ihrer höheren Temperatur viel schneller verdampft als der andere Teil des Glühkörpers. Diese rapide Verdampfung erfolgt nach allen Richtungen und da die verdampfenden Teilchen wegen der größeren mittleren Weglänge im Vakuum sich geradlinig bewegen können, so wirkt jeder in der Lampe befindliche Gegenstand wie ein Schirm, so daß im Balloninnern ein heller Schatten auf dunklem Grunde entsteht. Selbst so dünne Drähte wie der Glühkörper genügen um einen Schatten zu werfen. Bei Kohlenfadenlampen wurde diese Erscheinung von Fleming bereits beschrieben, man findet sie jedoch auch bei besonderen Typen von Metalldrahtlampen, wie zum Beispiel bei Batterie- und Grubenlampen, bei denen die Drahtmitte infolge der Abkühlung der Drahtenden außerordentlich überlastet werden muß. Der weiße Schatten sieht dann etwa so aus, wie in Abb. 4 gezeigt wird. Daß ein Schenkel den anderen sehr scharf beschatten kann, erkennt man am besten, wenn man eine Lampe in eine Fassung einschraubt, die ihrerseits an einem Emailleschirm befestigt ist. Man bemerkt dann auf dem Schirm die Schatten der Schenkel des Leuchtdrahtes als scharf ausgeprägte dunkle Linien.

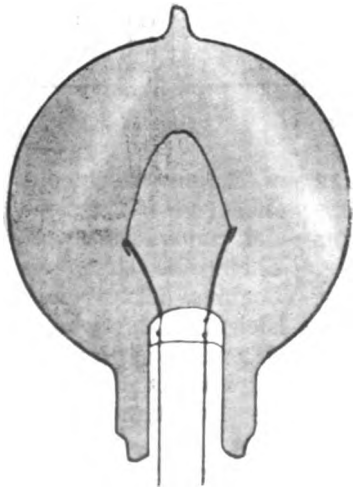


Abb. 4.

Seit der Verwendung von gezogenem Wolframdraht an Stelle der sogenannten gespritzten Fäden werden Lötungen des Wolframglühkörpers an die Träger bezw. an die Zuleitungsdrähte, wie sie bei Benützung von gespritzten Fäden notwendig waren, nur selten vorgenommen. Wenn Lötungen fehlerhaft waren, was bei der Massenfabrikation manchmal vorkam, so gab es an dieser Stelle einen hohen Widerstand, der die Stromübergangsstelle heiß machte. Da die Löt-

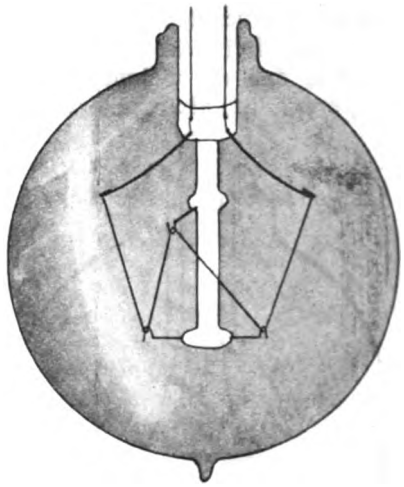


Abb. 5.

stellen aus einem Material bestanden, das einen hohen Dampfdruck besitzt, zum Beispiel Nickel oder Kupfer, so verdampften dort erhebliche Mengen des Lötmaterials, die auf dem Ballon ebenfalls helle Bilder auf dunklem Grunde ergaben. Die schattengebenden Körper sind in diesem Fall nicht die Glühkörper, da diese im Vergleich zur Größe der Lötstelle zu dünn sind, sondern andere dickere Teile im Innern der Lampe, wie zum Beispiel benachbarte Nickelträger, die Glasstütze und ähnliches. Manche dieser Bilder sind von einer außerordentlichen Schärfe. Mangelhafte Klemmungen der Enden des Wolframdrahtes an den Zuleitungsdrähten üben dieselben Wirkungen aus wie mangelhafte Lötungen. Die Klemmstelle kann so heiß werden, daß Zerstaubung des Klemmmaterials und Schattenbildung eintritt. Diesen Fall veranschaulicht Abb. 5, die rechte Klemm-

Digitized by Google

stelle ist die Zerstäubungsquelle, an der Glaswand sieht man abgebildet den Glasstab, die starke Nickelzuleitung und den starken Träger, während der untere schwächere Träger nicht erscheint.

Ähnliche Verhältnisse treten ein, wenn die Häkchen, die den Leuchtkörper tragen, zu dünn bemessen sind. Der Dampfdruck der Häckchen ist, falls sie nicht aus Wolframmetall bestehen, wesentlich höher als der des Leuchtkörpers, es tritt somit beim Brennen der Lampe rasche Verdampfung des Häkchenmaterials und ähnliche Schattenbildung ein wie bei mangelhaften Lötstellen.

4. Eine andere Klasse von Erscheinungen betrifft Linienbildungen bei Wolframlampen, bei denen die Linien weiß, blau oder dunkelfärbig sind auf hellem oder durchsichtigem Grunde. Die Ursache dieser Linienbildungen liegt in der Einwirkung von Sauerstoff auf glühendem Wolframdraht. Dringt an irgend einer Stelle Luft in die Lampe langsam ein, so bemerkt man zunächst, daß der Ballon heiß wird und sich mit einem dunklen, gleichmäßigen Beschlag belegt. Wird der Druck der eingedrungenen Luft größer, so wird der Beschlag braun, aber er ist nicht mehr gleichmäßig verteilt, sondern stellenweise in Form von Linien gehäuft. Bei noch höherem Druck wird der Niederschlag blau und schließlich weiß. Diese

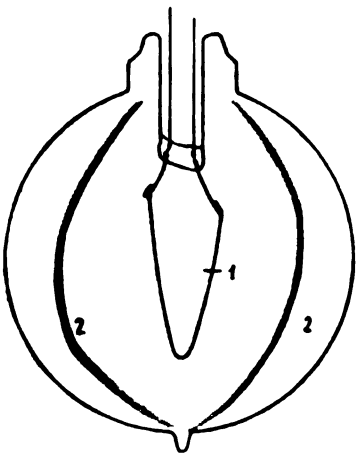


Abb. 6.

Farben entsprechen den verschiedenen Oxydationsstufen des Wolframs, die durch die Verbindung des Luftsauerstoffes mit dem glühenden Wolfram entstehen und infolge ihrer Flüchtigkeit von der Oberfläche des Leuchtdrahtes verdampfen. Es gibt auch Fälle, in welchen alle drei Oxyde in der Lampe nebeneinander zu sehen sind, was offenbar mit der Änderung des Druckes der eingedrungenen Luft zusammenhängt. Das am Ballon-inneren haftende Oxyd ist jetzt so verteilt, daß es in der Richtung der Lampenaxe Linien bezw. schmale Bänder bildet.

Man kann derartige Linien hervorrufen, wenn man eine Wolframlampe in einer Luftatmosphäre von etwa 20 mm Druck einschaltet. Benützt man zu diesem Zwecke eine Lampe mit bloß einem Wolframdrahtbügel (Abb. 6), so findet man, daß das durch Oxydation des Glühdrahtes gebildete weiße Wolframoxyd die ganze Glasinnenwand mit einem leichten Anfluge bedeckt; außerdem findet man zwei scharfe zum Leuchtbügel symmetrisch liegende weiße Linien von Wolframoxyd. Legt man durch diese Linien eine Ebene hindurch, so steht sie senkrecht zur Ebene des Bügels. Sind mehrere Drahtbügel vorhanden, was in der Regel der Fall ist, so sind so viele weiße Linien zu sehen, als Bügelschenkel vorhanden sind, oder doppelt so viele, als die Zahl der Leuchtbügel beträgt. Wenn die Lampe genau symmetrisch gebaut ist, so sind diese Linien sehr scharf, oft jedoch verbreitern sich die Linien zu Bändern, die aus nebeneinander liegenden Linien bestehen, was offenbar auf unsymmetrische Anordnung der Bügel zurückzuführen ist. Befindet sich in der Lampenachse eine Glasstütze, die mittels Häkchen die Leuchtbügel trägt, so findet man auf der Glasstütze ebensoviele weiße Linien als auf dem Ballon, doch sind diese Linien von außerordentlicher Schärfe. Bei starkdrähtigen Lampen wachsen die Linien zu dreikantigen Gebilden, deren Basis ein Teil des Umfanges der Glasstütze ist. Diese Niederschläge des Wolframoxyds erreichen oft die Höhe von 2 bis 3 mm. Abb. 7 zeigt den Querschnitt durch die Glasstütze 1, während die Zacken die Materialanhäufungen des Wolframoxyds darstellen. Besonders schön ausgebildet sind diese Linien, wenn die Oxydation nicht vollständig ist, sondern etwa mit dem blauen Oxyd ihr Ende findet.

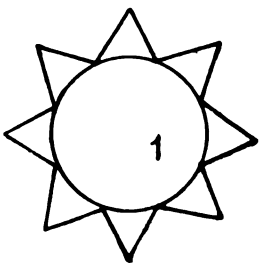


Abb. 7.

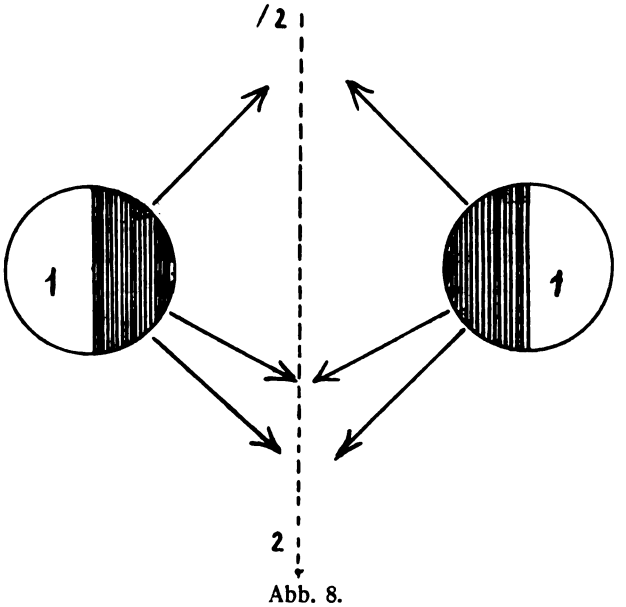


Abb. 8.

Es wurde eine Reihe von Versuchen unternommen, um die Ursache dieser gerichteten Bewegung des Wolframoxyds aufzuklären. Die Versuche konnten nicht ganz abgeschlossen werden, doch scheint es sich hier um die Wirkung des

Digitized by Google

Strahlungsdruckes des Lampenlichtes auf das vom glühenden Wolframdraht verdampfende, feinverteilte Oxyd zu handeln. Der Querschnitt durch den Leuchtdraht in Bügelform sei in Abb. 8 durch die Kreise 1,1 dargestellt. Die beiden einander zugewendeten Seiten des Leuchtdrahtes, die schraffiert gezeichnet sind, geben Wolframoxyd ab, welches durch die Wirkung der Komponenten des Strahlendruckes der einander zugekehrten Teile des Leuchtdrahtes in die Ebene *2,2* getrieben wird, die zur Papierebene senkrecht steht, so daß das Wolframoxyd entlang dieser Ebene *2,2* zum Ballon gelangt. Das von den anderen Teilen des Leuchtdrahtes verdampfende Oxyd verteilt sich auf verhältnismäßig große Teile der Ballonoberfläche, da hier der Strahlungsdruck hauptsächlich eines Drahtschenkels wirkt, so daß diese Ablagerungen keine charakteristischen Zeichnungen aufweisen.

5. Nach F l e m i n g scheiden glühende Kohlenfäden, wenn sie mit Strom beschickt werden, im Vakuum Elektronen aus. Dieselbe Erscheinung wurde auch bei Wolframlampen[2]) gefunden, sie bildet heute die Grundlage eines besonderen Zweiges der Technik. Daß mit dem Austritt von Elektronen auch eine Erhöhung des Dampfdruckes des glühenden Leuchtkörpers verbunden ist, ist von mancher Seite vermutet worden, doch ließ sich ein experimenteller Beweis für diese Vermutung nicht erbringen. Es scheint jedoch, daß die Vorgänge in einer Glühlampe sich in folgender Weise abspielen. Die Elektronen treten an einem Schenkel des Leuchtbügels, und zwar auf der negativen Seite, auf und streben dem positiven Schenkel durch den luftleeren Raum der Lampe zu. Auf diesem Wege erreicht ein Teil derselben infolge Streuung die Glaswand und ladet diese negativ auf, ein anderer Teil erreicht den positiv geladenen Teil des Bügels und ein dritter Teil ladet den feinen, möglicherweise atomaren, Wolframstaub auf. Die Elektronen dürften hier in ähnlicher Weise wie bei der Kondensation von Wasserdampf als Kondensationskerne für Wolframstaub wirken. Im Endeffekt streben der geladene und ungeladene Wolframstaub der Innenwand des Ballons zu und setzen sich an dieser ab, obwohl man erwarten würde, daß der geladene Teil des Wolframstaubes infolge der Ladung der Glasoberfläche, sofern er den positiven Schenkel nicht erreicht, im Raume schweben müßte. Der positive Schenkel ist infolge des dort bestehenden Dampfdruckes nicht leicht zu erreichen. Eine einfache Erklärung wäre die, daß Ladungen in der Lampe infolge Erwärmung des Glases und infolge des leitenden Niederschlages nicht isoliert bleiben, sondern zum positiven Pol abfließen.

Wenn somit noch vieles in dieser für die Glühlampentechnik wichtigen Frage ungeklärt ist, so scheint es doch durch einige Versuche festgestellt zu sein, daß der im luftleeren Raume einer Glühlampe schwebende (atomare) Wolframstaub, mindestens zum großen Teil, geladen ist. Zu diesem Zwecke wurden kleinere Wolfram-Vakuum-Glühlampen von 12 V und 1 Amp. benützt, deren Glühkörper in lockerer Schraubenform von verhältnismäßig großem Windungsdurchmesser hergestellt waren. Überlastet man diese Lampen mit 15 vH ihrer Normalspannung, so findet nach einer gewissen Zeit eine allgemeine Schwärzung des

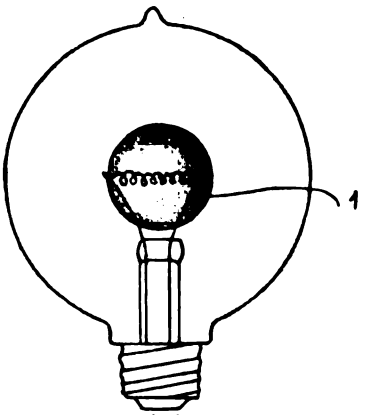


Abb. 9.

Ballons statt. Außerdem bemerkt man, wie bereits früher angegeben, zu beiden Seiten der Spiralen auf dem Ballon je einen schwarzen Fleck, welcher sich in der Verlängerung der Axe der Spirale befindet. Verspiegelt man derartige Lampen (Abb. 9) von außen, beläßt nur eine kleine vom Spiegel freie Oberfläche 1 und setzt die Lampe mit Überspannung unter Strom, so findet man nach einer Brennzeit von etwa einer Stunde und Entfernung des Spiegels, etwa durch Polieren mit Rouge, daß die Schwärzung dieselbe ist, wie wenn die Lampe unverspiegelt gebrannt hätte.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn man dafür sorgt, daß der metallische Spiegel den Sockel berührt, so daß der äußere Sockel und der Spiegel, somit der ganze Ballon bis auf den unverspiegelten Teil 1, (siehe Abb. 9) dasselbe Potential besitzen. Ist der Spiegel mit dem negativen Pol der Gleichstromquelle verbunden, so erscheint nach etwa einstündigem Brennen und nachheriger Entfernung des Spiegels die ganze Lampe leicht geschwärzt, während der vom Spiegel unbedeckte Teil des Ballons stark geschwärzt ist. (Abb. 9) Ist dagegen der Spiegel mit dem positiven Pol einer Gleichstromquelle verbunden, so wird die Lampe nach einer Brennzeit von etwa 30 Minuten so heiß, daß das Glas weich wird und stellenweise infolge des

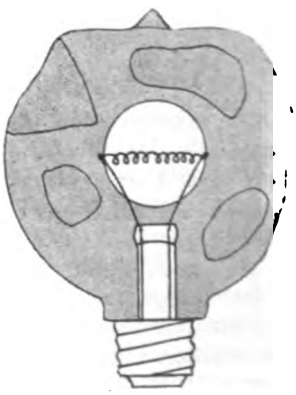


Abb. 10.

[2]) Vor mehr als zwanzig Jahren hat Verfasser wohl als Erster beobachtet, daß bei zunehmendem Vakuum entgegen der damaligen Ansicht der Elektronenstrom in einer Wolframlampe zunimmt.

Digitized by Google

Druckes der äußeren Atmosphäre einsackt (Abb. 10), wobei das Glas oft durchlocht wird. Die eingerahmten Teile der Abbildung mögen die eingesackten Stellen der Lampe bezeichnen. Löst man den Spiegel ab, so findet man, daß die ganze Lampe geschwärzt ist, während der vom Spiegel nicht bedeckte Teil nur ganz wenig geschwärzt erscheint. Das Einsacken der Lampe bei positiver Ladung des Spiegels dürfte auf lokalen Stromdurchgang zwischen der äußeren positiven und inneren negativen Ladung zurückzuführen sein, die Absorption der ausgestrahlten Energie durch die berußte innere Glaswand unterstützt das Zustandekommen dieser Erscheinung.

Die beschriebenen Erscheinungen beweisen somit, daß ein Großteil des Wolframdampfes geladen ist, mindestens unter den geschilderten Versuchsbedingungen. Diese Tatsachen könnten nicht nur für die Glühlampentechnik gewisse Möglichkeiten bieten. Denn es ist gezeigt worden, daß es möglich ist, im Vakuum Material zu transportieren und dasselbe an beliebiger Stelle wieder zu sammeln. Auch Gase von nicht zu hohem Druck würden den Transport und die lokale Ablagerung nicht behindern. Man könnte zum Beispiel an die Herstellung von großen, einheitlichen Metallkristallen von großer Leitfähigkeit denken, vielleicht auch an die Kristallisation des Kohlenstoffes.

Hochspannungs-Leuchtröhrenanlagen in Wien.

Von Oberstadtbaurat Ing. Heinrich Schlögl, Wien.

Zu den derzeit wirksamsten und vielleicht schönsten Reklameanlagen gehören unstreitig die mittels Leuchtröhren. Die Röhren sind entweder mit Neon, Stickstoff, Kohlensäure oder mit einem anderen besonderen Edelgas oder einer Gasmischung gefüllt. Sie werden bei Neongasfüllung an Hochspannung von 3000 bis 8000 V, Moorelichtröhren werden an 20 000 bis 25 000 V angelegt.

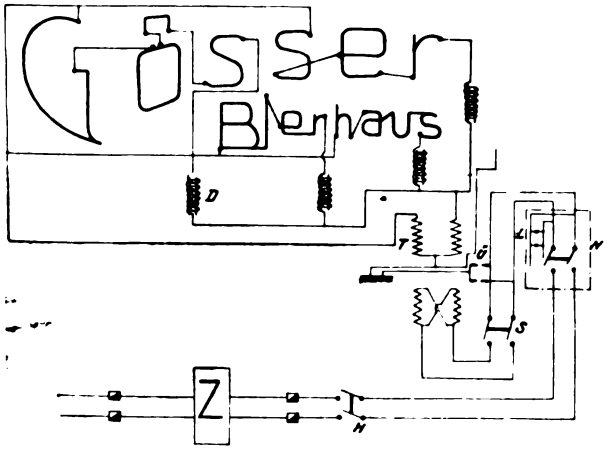


Abb. 1.

T Transformator
D Drosselspulen
N Notschalter
S Schutzschalter
L Glühlampen
Ü Überspannungsschutz
H Hauptschalter

Der Spannungsfall an den Elektroden beträgt 300 bis 500 V, so daß auf den laufenden Meter des Rohres eine Spannung von 300 bis 500 V entfällt[1]). Der normale Stromverbrauch der Neonröhren beträgt 60 bis 75 mA, pro laufenden Meter werden 30 bis 60 W verbraucht.

Bei Füllung mit Neongas leuchten die Röhren intensiv rot. Ist ein Zusatz von Quecksilber vorhanden, so ist die Farbe der Röhren blau. Bei den Moorlichtanlagen sind die Röhren mit Stickstoff gefüllt und leuchten dann gelb, während sie bei einer Füllung mit Kohlensäure eine weiße, dem Tageslicht sehr ähnliche Farbe annehmen[2]).

Die Leuchtröhren brauchen zur Zündung eine Zündspannung, welche insbesondere vom Rohrdurchmesser und dem Gas bezw. Gasgemisch abhängig ist, und zwar nimmt dieselbe mit dem Rohrdurchmesser ab. Bei größeren Rohrquerschnitten nähert sich die Zündspannung immer mehr der Betriebsspannung. Da jedoch glastechnisch mit Röhren von großen Durchmessern nicht die gewünschten komplizierten Figuren hergestellt werden können, werden bei den Neonanlagen gewöhnlich Röhren mit einem Durchmesser von 20 mm verwendet. Die Firma Philipps hinterlegt ihre Röhren mit einem Belag, einer Hilfselektrode, wodurch unter anderem die Zündspannung wesentlich erniedrigt wird, was gewisse Vorteile mit sich bringt, denn die größere Zündspannung gegenüber der Betriebsspannung bedingt die Verwendung von Drosselspulen, Widerständen oder Kondensatoren, die je nach ihrer Zweckmäßigkeit in den

Abb. 2.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 42 ff.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 66.

Digitized by Google

Primär- oder Sekundärkreis der Transformatoren geschaltet werden müssen. An Stelle von normalen Transformatoren kann man auch aus dem gleichen Grund Streutransformatoren verwenden.

Mit Rücksicht auf die Verwendung von Hochspannung sind derartige Anlagen nach § 22 des B. G. vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. 348 (Elektrizitätswegegesetz) [3]) und nach § 15 der Verordnung des Bundesministeriums für Handel, Gewerbe, Industrie und Bauten vom 12. Juli 1922 B. G. Bl. 346 (Stark-

Abb. 3.

stromverordnung) [4]) genehmigungspflichtig. Die Herstellung der Anlagen darf daher nur von konzessionierten Elektrotechnikern hergestellt werden, die die Hochspannungsbefugnis besitzen.

Für die Ausführung von Hochspannungs-Leuchtröhrenanlagen gelten die ab 1. September 1927 in Kraft getretenen „Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen" des Elektrotechnischen Vereines in Wien, insbesondere der § 64 derselben.

§ 64 lautet:

„Leuchtröhren (Neon-, Moorelichtanlagen und dergleichen) für Betriebsspannungen über 300 V Wechselstrom unterliegen folgenden Sonderbestimmungen:

a) In der Niederspannungsspeiseleitung ist in Reihenschluß mit dem unter Sperre zu haltenden Hauptschalter ein jederzeit zugänglicher Notausschalter anzubringen, durch den im Falle einer Gefahr die Anlage zuverlässig allpolig ausgeschaltet werden kann. Unmittelbar bei dem Notschalter soll eine Vorrichtung angebracht werden, welche in auffälliger Art, zum Beispiel durch ein Transparent mit der Aufschrift „Hochspannung eingeschaltet" verläßlich anzeigt, daß die Transformatorenanlage angeschlossen und demnach Hochspannung in der Anlage vorhanden ist.

b) Auf der Hochspannungsseite darf kein Schalter eingebaut sein.

c) Alle leitenden Teile des die Hochspannungsanlage umgebenden Rahmens, Schildes oder Kastens sind untereinander gut leitend zu verbinden und zu erden.

d) Die Elektrodenanschlüsse müssen — wenn sie nicht samt den übrigen Hochspannungsteilen in einem geerdeten Kasten eingebaut sind, bei dessen Öffnen die Transformatoren niederspannungsseitig allpolig ausgeschaltet werden — jede einzeln mit geerdetem Schutzkasten oder mit gut isolierten Kappen abgedeckt werden.

e) Die Einrichtungen sind derart anzubringen, daß sie der zufälligen Berührung ohne besondere Hilfsmittel entzogen sind."

Die Gemeinde Wien hat nun „Richtlinien" für den Bau und Betrieb derartiger Anlagen ausgearbeitet, welche unter Zugrundelegung der „Sicherheitsvorschriften" ergänzende Bestimmungen behandeln.

Abb. 4.

Die Ausführung der Anlagen nach den Richtlinien, die am Schlusse dieser Zeilen veröffentlicht sind, hat sich bisher gut bewährt. Bei Einreichung wird der Genehmigungsbescheid sehr schnell, eventuell noch unter Vorschreibung ergänzender Bedingungen erteilt.

Im nachstehenden sind Angaben über einige charakteristische Anlagen in Wien zusammengestellt.

[3]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 337.
[4]) Vgl. E. u. M. 1922, TWN, S. 183 ff.

Digitized by Google

Abb. 1 zeigt die Schaltung einer Neonreklameanlage, welche von der Firma H. Schacht ausgeführt wird. Die Leitung führt über den Hauptschalter *H*, welcher in einem versperrbaren Kasten unterzubringen ist, zum Notschalter *N* mit den zwei Lampen *L*, über den Überspannungsschutz *Ü*, den Schutzschalter *S*, welcher beim Öffnen des

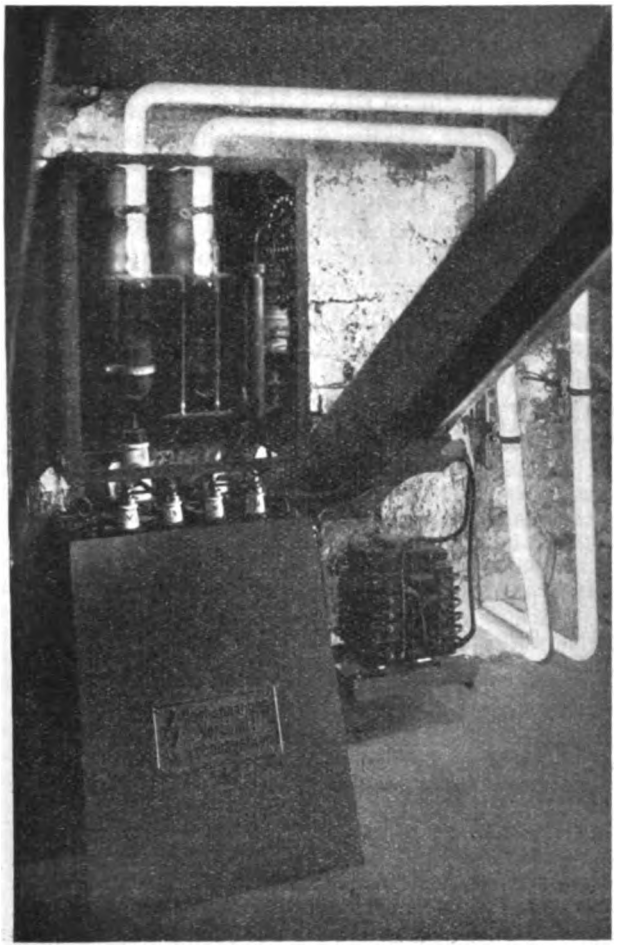


Abb. 5.

Transformatorkastens den Transformator primär ausschaltet, zum Transformator *T*. Es ist in diesem Falle nur ein Transformator aufgestellt, welcher vier parallel geschaltete Röhrengruppen speist. Jeder Gruppe ist eine Drosselspule *D* vorgeschaltet. Die erste Gruppe umfaßt die Röhren „Gös", die zweite „ser", die dritte „Bier", die vierte „haus".

Man trachtet, die Hochspannungsleitungen so kurz als möglich zu machen. Im vorliegenden Falle ist der Transformator samt den Leitungen in einem Eisenkasten eingebaut, an dessen vorderer Seitenwand die Buchstaben angeordnet sind.

In Abb. 2 ist die Rückansicht der Neonanlage des Kino „Lustspieltheater", ausgeführt von der Firma Leuchtag & Blechschmied, abgebildet. Auf dem Laufbrett sind die Schutzkästen der 3 Transformatoren sowie hinter den Buchstaben die Elektrodenschutzkästen zu sehen. Abb. 3 zeigt ebenfalls die Rückansicht einer Leuchtröhrenanlage, bei welcher die Röhren auf Sperrholzplatten aufgesetzt sind. Eine Elektrode ist abgedeckt, die anderen sind frei.

Bei den Überprüfungen wird hauptsächlich darauf Gewicht gelegt, daß die Erdung sowie die Verbindung der einzelnen Teile miteinander gut ist, die Sicherungen und Warnungseinrichtungen entsprechend angeordnet sind und klaglos funktionieren. Auch wird besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet, daß die Sicherungen möglichst knapp an die Betriebsverhältnisse bemessen sind, um bei auftretenden Fehlern eine sofortige Abschaltung herbeizuführen.

Moorelichtanlagen waren schon seit Jahren als eine wirkungsvolle Reklame bekannt, jedoch war das Gasventil noch nicht so verläßlich durchgebildet, weshalb sich Störungen ergaben und wenige Anlagen zur Ausführung gelangten. Seit eine verläßliche Konstruktion dieser Ventile

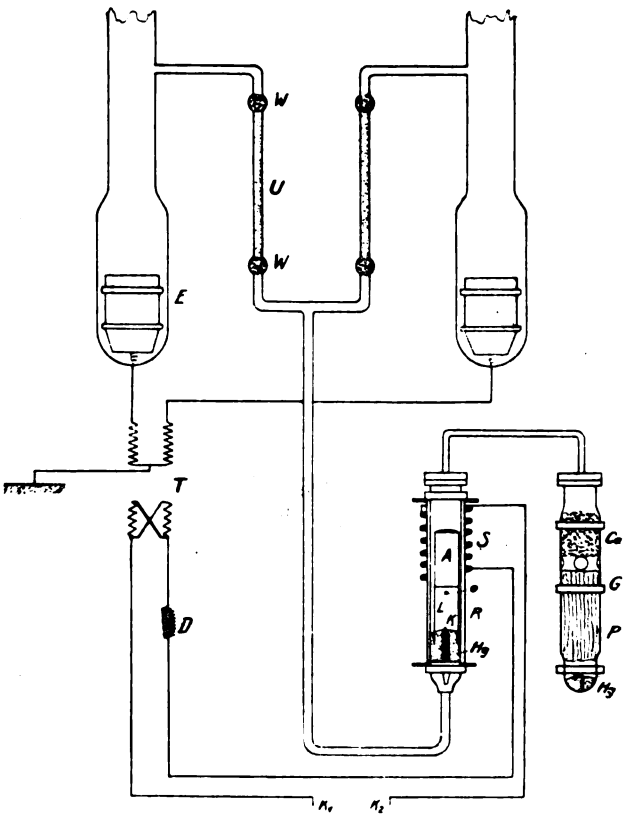


Abb. 6.

U Gabelrohr m. Sandfüll.	*A* Eisenkern d. Magneten
W Glaswatte	*S* Magnetspule
E Elektrode	*T* Transformator
K Kohlekegel	*D* Drosselspule
Hg Quecksilberspiegel	K_1 } Stromzuführung
R Ventilrohr	K_2 }
L bewegliches Rohr	*G* Stickstoffgenerator
	P Phosphorfüllung

geschaffen wurde, nimmt die Verwendung solcher Anlagen immer mehr und mehr zu.

Abb. 4 zeigt die Moorelichtanlage der Firma Schein auf der Mariahilferstraße (ausgeführt von der Firma H. Schacht). Die Konturen des etwas vorgebauten Eckteiles des Hauses sind durch je

Digitized by Google

ein Röhrensystem von rund 50 m Länge eingefaßt. Die Anlage wird mit 23 000 V betrieben. Am Dachboden sind die Transformatoren in einem feuersicher ausgekleideten Raume, wie Abb. 5 zeigt, untergebracht. Die Röhren werden durch einen Mauerschlitz in den Transformatorenraum bis oberhalb der Transformatoren geführt.

Zum Betrieb der Moorelichtanlagen ist eine eigene Ventilanlage (Abb. 6) zum ständigen Ersatz des Stickstoffes notwendig. Oberhalb der beiden Elektroden sind die Leuchtröhren durch ein U-förmiges Rohr miteinander verbunden, das Verbindungsrohr der beiden Schenkel führt zu dem eigentlichen Ventilrohr. In den beiden Schenkeln des Rohres ist zwischen Glaswatte *W* eine Sandfüllung *U* angeordnet, welche den Zweck hat, das Gas gleichmäßig zu verteilen und einen Kurzschluß zwischen Anfang und Ende der Leuchtröhren zu verhindern. Das untere Ende des Ventilrohres ist durch einen oben kegelförmigen Kohlestift *K* abgeschlossen, der in das Ventilrohr *R* hineinragt. Eine Quecksilberfüllung bedeckt diesen Kegel so weit, daß die Spitze der Kohle noch herausragt. Über dem Kohleventil ist ein einen Weicheisenkern tragender Glaskörper angeordnet, welcher in das Quecksilber taucht. Eine Magnetspule *S* ober dem Ventilrohr verstellt den Kern und verändert dadurch die Lage des Quecksilberspiegels. Vom Ventilrohr führt ein Rohr zum sogenannten Gasgenerator. Für die Moorelichtanlage mit gelbem Licht ist der Generator mit Phosphor gefüllt, welcher den Sauerstoff bindet und fast reinen Stickstoff in die Leuchtröhre eintreten läßt. Zum Zwecke der Trocknung des Gases wird dasselbe durch eine Kalkmasse geleitet. Am Boden des Generators befindet sich Quecksilber und darauf eine Ölschichte. Durch ein gebogenes Rohr, dessen Spitze in das Quecksilber taucht, wird beim Arbeiten des Ventiles die Luft aus der Atmosphäre angesaugt.

Der Arbeitsvorgang des Ventiles ist folgender: Bei ansteigendem Vakuum nimmt die Stromstärke der Leuchtröhre zu, somit auch der Strom in der Magnetspule *S*, wodurch der Eisenkern *A* gehoben wird. Das Quecksilber gibt den Kohlekegel frei, wodurch ein kleines Quantum Stickstoff angesaugt wird. Die Luft selbst tritt am unteren Ende des Gasgenerators ein, der Sauerstoff wird durch den Phosphor gebunden, der verbleibende Stickstoff durch die Kalkfüllung *Ca* getrocknet und dann in die Röhre gesaugt. Das Ventil arbeitet etwa zweimal in der Minute und äußerst zuverlässig. Große Spannungsschwankungen, wie sie eventuell bei Eigenanlagen mit stark sich ändernder Belastung auftreten, beeinflussen allerdings das Arbeiten des Ventiles in ungünstiger Weise, da der Röhre zu viel Gas zugeführt wird und die normale Spannung sodann nicht mehr ausreicht, um die übersättigte Röhre zum Leuchten zu bringen. Bei Spannungsschwankungen über 10 vH müssen daher besondere Spannungsregler eingebaut werden.

In Abb. 5 steht unten, von dem Schutzblech verdeckt, der Transformator, dessen primäre und sekundäre Zuführungen zu sehen sind. Oberhalb der Spannungsklemmen befinden sich die Elektroden, so daß die eigentliche Hochspannungsleitung nur sehr kurz ist. Rechts ist die Ventilanlage zu sehen, und zwar die U-förmige Röhre mit Sandfüllung, vorne, in einer Schutzhülse, der Gasgenerator und etwas rückwärts das Ventilrohr mit der Magnetspule, rechts unten eine Drosselspule.

Moorelichtanlagen mit Kohlensäurefüllung erzeugen ein weißes Licht derselben spektralen Zusammensetzung wie das Sonnenlicht; infolgedessen beeinflußt es die natürlichen Farben in keiner Weise. Die an solchem Lichte interessierte Industrie, insbesondere Färbereien und dergleichen, haben daher auch von diesen Anlagen (besonders im Auslande) ausgedehnten Gebrauch gemacht. Die Lebensdauer der Moorelichtröhren ist praktisch unbegrenzt, nur ist die Auswechslung der Generatorfüllung nach rund 1500 Brennstunden erforderlich.

Richtlinien für den Bau und Betrieb von Hochspannungs-Beleuchtungsanlagen. (Leuchtröhren mit Neon u. dergl.)

Baubefugnis: Hochspannungs-Beleuchtungsanlagen sowie Erweiterungen oder Abänderungen solcher Anlagen dürfen laut Ministerial-Verordnung vom 12. Juli 1922, B. G. Bl. Nr. 436 (Starkstromverordnung), nur von Unternehmungen ausgeführt werden, welche Hochspannungsbefugnis besitzen.

Genehmigungspflicht: Vor dem Baubeginn ist bei der Magistratsabteilung *27 a* bezüglich Ausführung des elektrischen Teiles unter Vorlage genauer Pläne und Beschreibungen, in zwei Parien, um die Genehmigung der Hochspannungsanlage schriftlich anzusuchen (§ 22 des B. G. vom 7. Juni 1922, B. G. Bl. Nr. 348, Elektrizitätswegegesetz, und § 15 der Starkstromverordnung). Aus den Beilagen müssen vor allem die Schaltung, die Betriebsspannung, sowie die Lage der Leuchtkörper, Leitungen und Transformatoren, insbesondere ihre Abstände vom Erdboden (Fußboden) und von den nächstliegenden Fenstern, Türen und sonstigen betretbaren Bauteilen, ferner die Art und Ausführung der Erdung, Schutzschalter, Notschalter und dergleichen ersehbar sein.

Stempelpflicht: Das Ansuchen ist vorschriftsmäßig zu stempeln und ist sowohl vom Besteller bezw. Eigentümer, von der ausführenden Firma und von dem Hochspannungskonzessionär zu unterzeichnen.

Behördliche Überprüfung: Vor Inbetriebsetzung fertiggestellter Anlagen ist bei der zuständigen Behörde um Überprüfung anzusuchen und dem Ansuchen eine Erklärung des Hochspannungskonzessionärs anzuschließen, daß dieser die Anlage überprüft und in Ordnung befunden hat. Für die behördliche Überprüfung ist die auf Grund des allgemeinen Verwaltungsverfahrensgesetzes hiefür vorgeschriebene Augenscheintaxe zu entrichten. Bei Ausführungen, welche nach beendeter Montage die Überprüfung der Anlage nicht in allen ihren Teilen infolge Unzugänglichkeit oder verdeckter Montage ermöglicht, ist die zuständige Behörde schon anläßlich der Einreichung um Genehmigung der Anlage auf diesen Umstand aufmerksam zu machen und während der Montage zwecks Besichtigung dieser Teile rechtzeitig zu verständigen.

Sicherheitsvorschriften: Die Anlage ist nach den Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen auszuführen, wobei besonders die Bestimmungen über Hochspannungsanlagen strengstens einzuhalten sind (§21 Abs. des Elektrizitätswegegetzes. §§ 3 und 4 d Starkstromverordnung).

Digitized by Google

Hochspannungsleitungen: Die Hochspannungsleitungen sind möglichst kurz zu halten und es dürfen in ihnen keine Schalter eingebaut sein. Die Verwendung der Erde als Leitung ist unzulässig. Die Hochspannungsleitungen sind in allseits abgeschlossenen metallischen und geerdeten Kasten oder in Mauernischen blank auf Isolatoren mit den in den Sicherheitsvorschriften festgelegten Entfernungen zu verlegen. Können diese Entfernungen nicht eingehalten werden, so sind an Stelle der blanken, entsprechend isolierte Leitungen anzuwenden. Sollte diese Art der Ausführung nicht möglich sein, so kann die Verwendung von gummiisolierter Leitung mit einer der Spannung entsprechenden Isolation im Sinne der Sicherheitsvorschriften in metallischem und geerdetem Schutzrohr oder von Bleikabel entsprechend der Isolation mit geerdetem Bleimantel und einem Leitungsquerschnitt 4 mm² erfolgen.

Transformatoren, Schutzkasten: Transformatoren oder sonstige Apparate im Hochspannungskreis sind, falls sie nicht im Beleuchtungskörper eingebaut sind, derart aufzustellen, daß sie Unberufenen ohne besondere Hilfsmittel nicht erreichbar sind. Sie sind in diesem Fall durch Schutzkasten, die mit der deutlich lesbaren und haltbaren Aufschrift „Achtung Hochspannung" mit rotem Blitzpfeil versehen sind, vollständig abzudecken. Die Kasten müssen gut gelüftet, feuersicher und vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und Tieren gesichert sein. Die Schutzkasten sind zuverlässig zu erden. Im allgemeinen sind die Schutzkasten für die Transformatoren, Leuchtkörper und sonstigen Hochspannungsapparate aus Metall herzustellen. Werden sie nicht aus Metall hergestellt, so sind sie mit geerdeten metallischen Auskleidungen zu versehen. Sind die Leuchtkörper auf Holzplatten aufgesetzt, so sind hiezu nur Sperrholzplatten von entsprechender Stärke mit wetterfestem Anstrich und innen ebenfalls geerdeter metallischer Auskleidung zu verwenden. Sämtliche Apparate und Widerstände müssen feuerfest sein.

Schutzschalter: Die Zugangsöffnungen der Schutzkasten zu den Transformatoren, Apparaten und sonstigen Hochspannungsleitungen sind versperrbar und derart einzurichten, daß bei ihrem Öffnen die Transformatoren automatisch niederspannungsseitig allpolig ausgeschaltet werden. Sind die Kasten, in welchen sich Hochspannungsteile befinden, an verschiedenen voneinander unabhängigen Stellen zu öffnen, so sind für alle Verschlüsse in Serie geschaltete Schutzschalter zu verwenden. Hingegen genügt die Anbringung eines Schutzschalters bei Vorhandensein auch mehrerer Öffnungen, wenn erst nach Öffnung des diesen Schalter tragenden Verschlusses die übrigen Verschlüsse durch zwangsläufige mechanische Verriegelung lösbar sind. Ist der Hochspannnungsraum betretbar, so ist die Ausschaltevorrichtung, welche beim Öffnen der Zugangstüren die Anlage niederspannungsseitig allpolig ausschaltet, so einzurichten, daß dies nicht unbewußt oder durch das bloße Zufallen der Türe allein wieder eingeschaltet wird.

Abstände: Der Mindestabstand der Hochspannungsanlage vom Erdboden ist mit 3·5 m festgesetzt; ausnahmsweise kann der Abstand etwas verringert werden, wenn hierdurch keine Erhöhung des Gefahrenmomentes eintritt. Sind die Leuchtröhren bei oder vor Fenstern, Eingängen oder sonst in der Nähe bezw. in benützten Räumen montiert, so müssen sie außer Handbereich angebracht werden und muß eine Berührung durch Pilanzen, Tücher, Fahnen, Dekorationen und dergleichen ausgeschlossen sein.

Dachreklamen: Bei Dachreklameanlagen und dergleichen haben obige Maße keine Geltung; jedoch ist durch eine geeignete Verkleidung mit geerdeten Drahtnetzen, weitmaschigen Gittern und dergleichen zu verhüten, daß Handwerker oder Unberufene mit dem Hochspannungskreis und den Leuchtröhren in unbeabsichtigte Berührung kommen; auch ist hierbei an auffallender Stelle mit deutlich lesbarer und haltbarer Aufschrift „Achtung Hochspannung lebensgefährlich" mit rotem Blitzpfeil anzubringen. Die Aufschrift ist schwarz auf weißem Grund wetterfest auszuführen.

Innenbeleuchtung: In Räumen mit Personenverkehr (Geschäftslokal) ist ein Abstand von mindestens 3 m vom Fußboden einzuhalten und der Beleuchtungskörper so zu montieren, daß er ohne besondere Hilfsmittel nicht berührt werden kann. In verschlossenen Räumen, Abteilungen, Auslagen usw. können die Abstände verringert werden, wenn dadurch kein erhöhtes Gefahrenmoment geschaffen wird. Befinden sich die Hochspannungsteile in solchen Räumen in erreichbarer Entfernung, so muß die Anlage durch das Offnen der Zugangstüren niederspannungsseitig allpolig ausgeschaltet werden.

Erdung: Alle Metallteile der Tragkonstruktion der Hochspannungsanlage sind untereinander gutleitend zu verbinden und zuverlässig zu erden. Die Erdleitung ist als Kupferleitung in 16 mm² Querschnitt auszuführen. Sie ist ordnungsgemäß zu befestigen und derart zu verlegen, daß sie gegen zufällige, unmittelbar leitende Berührung sowie gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt ist. Zur Herstellung der Erdung dürfen nur Kupfer- oder verzinkte Eisenplatten oder verzinkte Eisenrohre (Erdspieße) von mindestens 1½ Zoll (3·8 cm) Durchmesser und entsprechender Länge verwendet werden. Behufs Messung des Ausbreitungswiderstandes der Erdung ist die Leitung an geeigneten Stellen abklemmbar zu machen (Prüfklemmen). Die Erdung hat einen dauernden Ausbreitungswiderstand von höchstens 25 Ohm aufzuweisen, ferner ist erwünscht, daß die Erdung außerdem noch mittels einer entsprechenden Kupferschelle und Walzbleizwischenlage an die Wasserleitung vor dem Wassermesser angeschlossen wird. Die Verwendungen von Gasleitungen, Heizungsröhren und dergleichen ist als Erde nicht gestattet. Die Verwendung der Wasserleitung allein als Erde ist ebenfalls unzulässig. Alle Erdleitungsverbindungen sind mit säurefrei eingelöteten Kabelschuhen und Verschraubung herzustellen. Nicht gegossene Messing-, Verbindungs- oder Tragelemente dürfen dort, wo sie Temperaturen unter 0° C ausgesetzt sind, nicht verwendet werden.

Schalter, Sicherungen, Überspannungsschutz: Im Niederspannungsstromkreis ist ein allpoliger Hauptschalter einzubauen, dessen Ein- und Ausschaltstellung deutlich erkennbar sein muß. Er ist in einem mit tosischem Schloß versperrbaren Kasten unterzubringen oder derartig verriegelbar einzurichten, daß er von unberufener Seite nicht eingeschaltet werden kann. In seiner unmittelbaren Nähe, oder falls ein versperrbarer Kasten verwendet wird, ist auf der Tür des Kastens die deutlich lesbare und haltbare Aufschrift „Neonlicht" mit Blitzpfeil anzubringen. Sonstige im Niederspannungskreis verwendete Schalter, wie auch etwa eine Schaltuhr, müssen in Serie und allpolig geschaltet sein, jedoch ist die Anbringung eines Parallelschalters zur Schaltuhr (behufs deren Umgehung bei Versagen) gestattet. Als Überstromsicherungen sind unverwechselbare Sicherungen für 500 V System Diazed zu verwenden. Die Nennstromstärke der Sicherungen ist so zu wählen, daß sie der normalen Belastung der Anlage gerade entspricht. Es muß jeder Transformator niederspannungsseitig abgesichert sein. In die Niederspannungsleitung ist ein dauernd wirksamer Überspannungsschutz einzubauen. Auswechselbare Patronen und dergleichen sind hierbei unzulässig.

Warnungstransparent mit Neonschalter: In einer Höhe von 3 bis 4 m über dem Erdboden ist ein kräftiger für mindestens 25 A, 500 V gebauter Schalter in die Hauptleitung des Niederspannungstromkreises nach dem Hauptschalter einzubauen, durch den im Notfalle die Gesamtanlage allpolig sicher und gefahrlos abgeschaltet werden kann. Dieser Schalter ist in einem durch zwei parallel oder bei Drehstrom drei in Dreieck geschaltete Glühlampen beleuchteten, spritzwasserdichten Transparent mit der deutlich lesbaren Aufschrift „Hochspannung eingeschaltet" und rotem Blitzpfeil zu montieren. Diese Signallampen haben zu leuchten, wenn die Transformatoren niederspannungsseitig unter Spannung stehen. Der Griff des Not-

Digitized by Google

schalters hat aus dem Transparent herauszuragen und ist derart zu formen, daß eine Betätigung mit einer Hakenstange erfolgen kann. Dieser Notschalter ist bei Wand- oder Steckschildern unmittelbar neben oder unterhalb in der vorgeschriebenen Höhe, bei Dachreklamen womöglich beim Hauseingang, sonst ebenfalls in der vorgeschriebenen Höhe vom Erdboden lotrecht unterhalb der Reklameanlage anzuordnen, wobei in letzterem Fall beim Hauseingang an auffallender Stelle eine Tafel mit Hinweis auf das Bestehen einer Hochspannungsdachreklame und auf die Lage des Notschalters vorhanden sein muß. Das Warnungstransparent ist so anzubringen, daß die Aufschrift möglichst parallel mit der Straßenachse ist. Bei Innenbeleuchtung ist der Notschalter mit Warnungstransparent in nächster Nähe des (Geschäfts-) Einganges zu montieren. Das Warnungstransparent darf keine zusätzliche wie immer auch geartete Beschriftung (z. B. Firmenbezeichnung und dergleichen) tragen.

Niederspannungsleitungen (Apparate im Hochspannungsraum): Niederspannungsleitungen sind, so weit sie im Hochspannungsbereich verlaufen, in geerdetem, metallischem Schutzrohr zu verlegen. Bezüglich des Einbaues von Niederspannungsapparaten (Glühlampen, Blinker u. dgl.) im Hochspannungsraum ist vorher das Einvernehmen mit der Behörde zu pflegen.

Lage zu fremden Anlagen: Die örtliche Anordnung der Anlage ist derart zu wählen, daß eine gegenseitige Gefährdung bei Vorhandensein fremder Starkstromanlagen (wie andere Reklameanlagen usw.), Anlagen der städtischen Straßenbahnen oder öffentlichen Straßenbeleuchtung, Schwachstromanlagen (Telephon, Telegraphenleitungen, Antennen), nicht eintreten kann.

Betriebsvorschriften: Die tägliche Inbetriebsetzung der Anlage hat, falls sie nicht ausschließlich mit Schaltuhren erfolgt, durch eine bestimmte, hiezu speziell unterrichtete verläßliche Person zu geschehen. Der Eigentümer der Anlage bezw. dessen verantwortlicher Stellvertreter hat sich täglich zu überzeugen, ob das Warnungstransparent beleuchtet ist; leuchtet das Warnungstransparent nicht auf, so darf die Anlage nicht in Betrieb gesetzt werden, bezw. in Betrieb bleiben. Er haftet auch dafür, daß bei Vornahme von Arbeiten im Hause bezw. Reinigungsarbeiten u. dgl. in der Nähe der Hochspannungsanlage sowie auch bei Betriebsstörungen diese mit dem Hauptschalter ausgeschaltet wird. Der Hauptschalter ist stets unter Verschluß zu halten. Bei Betriebsstörungen darf der Fortbetrieb erst nach Untersuchung durch eine befugte Firma erfolgen. Es ist streng untersagt, Arbeiten an der Anlage vorzunehmen, bevor der Hauptschalter abgeschaltet ist; außerdem hat in diesem Falle der Monteur den Schlüssel zum Hauptschalter zu übernehmen und zu seiner Sicherheit am Hauptschalter eine Warnungstafel einzuhängen. Das Überbrücken der Sicherungen mit Metalldrähten und das Ausklemmen bezw. Entfernen der Überspannungssicherungen ist strengstens verboten.

Periodische Überprüfungen und Revisionen: Jede Hochspannungsbeleuchtungsanlage ist jährlich einmal von einem befugten Installateur auf ihren vorschriftsmäßigen Zustand zu überprüfen und der Befund der Magistratsabteilung 27 a im Monat Jänner einzusenden. Diese Befunde haben insbesondere den Isolationszustand der Anlage und die Größe des Erdungswiderstandes sowie die richtige Funktion der Schutzvorkehrungen zu enthalten. Über diese Befunde und die erfolgten Instandhaltungsarbeiten hat der verantwortliche Betriebsleiter bezw. der Eigentümer Aufzeichnungen zu führen, in welche die Aufsichtsbehörde jederzeit Einsicht zu nehmen berechtigt ist (§ 10 der Starkstrom-Verordnung). Überdies ist die Behörde berechtigt, jederzeit Revisionen vorzunehmen; falls die Revision weitere Amtshandlungen (etwa infolge festgestellter Anstände) nach sich zieht, sind die hiefür festgesetzten Augenscheinstaxen zu entrichten. Bei Vorhandensein einer Gefährdung der öffentlichen Sicherheit kann der Betrieb von amtswegen eingestellt werden.

Anänderungen, Auflassung: Anänderungen oder Erweiterungen bestehender Anlagen sind nur nach vorheriger Genehmigung durch die zuständige Behörde gestattet. Im Falle der dauernden Auflassung der Anlage ist die zuständige Behörde davon zu verständigen.

Rückwirkung: Bereits bestehende Anlagen können in dem derzeitigen Zustande insolange verbleiben, als nicht ein Umbau oder eine Änderung der Anlage stattfindet, vorausgesetzt, daß die Anlage überhaupt den Sicherheitsvorschriften sowie den Bestimmungen über den Hauptschalter, Warnungstransparent mit Notschalter und Erdung genügt und nicht etwa bei der Revision bedenkliche Mängel festgestellt werden.

Strafen: Übertretungen dieser Vorschriften werden auf Grund des § 50 des Elektrizitätswegegesetzes geahndet.

Rundschau.

Anleuchtung des Niagarafalles. Der Niagarafall ist heute mehr denn je das Ziel der Touristen. Während

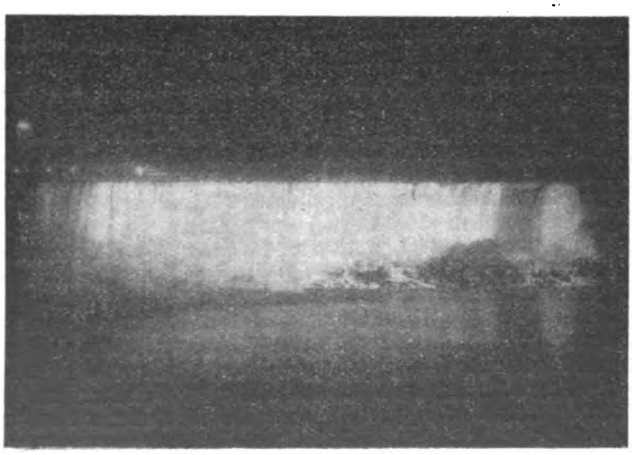


Abb. 1.

früher der wundervolle Anblick beim Einbruch der Dämmerung sein Ende erreichte, beginnt seit einiger Zeit — dank der feenhaften Beleuchtung der Fälle — sich das Interesse und die Schaulust der Touristen gerade am Abend zu steigern. Die kanadische Regierung, unter deren Botmäßigkeit bekanntlich die „Hufeisenfälle" mit 94 vH der abfließenden Wassermenge fallen, hat eine Beleuchtungsanlage zur Anleuchtung des Falles mit einem täglichen Betriebskostenaufwand von 100 Doll. getroffen. Einer Beschreibung von A. Palme in „General Electric News" entnehmen wir folgende Angaben darüber. Auf einem niedrig gemauerten Turm wurden 24 Marinescheinwerfer der General Electric Co. von 40 Zoll Durchmesser bei 125 A installiert. Färbige Gelatinefilter, in große viereckige hölzerne Rahmen montiert, können vor jedem Scheinwerfer eingestellt werden. Von diesem Turme aus, der auf kanadischem Boden, ungefähr auf halbem Wege zwischen dem amerikanischen und dem Hufeisenfall, gelegen ist, werden beide Fälle bestrahlt. Der Eindruck ist überwältigend und unbeschreiblich. Die Abb. 1 gibt nur ein schwaches Abbild, das kaum der Wirklichkeit nahekommt. Die gewölbte Form des Hufeisenfalles mit der ungeheuren Masse zerspritzenden Wassers ermöglicht, die ganze stürzende Wassermenge in einer Farbe leuchten zu lassen, während das gerade Profil des amerikanischen Falles, den die Abbildung zeigt, ein lebhaftes Spektrum mit leuchtendem Dunkelrot bis Purpurviolett hervorruft. Ungefähr nach je drei Minuten wird die Farbenfolge verändert.

Digitized by Google

Die selbsttätige Blinklampe, die von der Atrax G. m. b. H., Berlin, W 9 in den Handel gebracht wird, hat das Aussehen einer normalen Glühlampe. Eine in den Sockel eingebaute Schaltvorrichtung bewirkt das Blinken, den rhythmischen Wechsel von Hell und Dunkel. Diese Vorrichtung besteht aus einem evakuierten, mit indifferentem Gas oder Gasgemisch gefüllten Glasbehälter, der einen mit Heizwirkung versehenen Thermostaten enthält. Der letztere besorgt bei einer gewissen, durch den Lampenstrom erzielten Erwärmung dessen Ausschaltung, bei der Abkühlung die selbsttätige Einschaltung. Die Lampe, besonders die rot gefärbte, kann als Leuchtsignal überhaupt, das heißt für regelmäßige Signalgebung und zur Kennzeichnung von Gefahrenpunkten, Verwendung finden. Eisenbahnen, Bergwerke, Fabriken, Tankstellen, das Feuerwehr- und Feuermeldewesen usw. kommen als Gebrauchsstellen in Betracht.

J.

Die spektrale Energieverteilung des von Pflanzen und Tieren ausgestrahlten Lichtes. Zu den wichtigsten Aufgaben der modernen Beleuchtungstechnik gehört es, Möglichkeiten zu finden, um Lichtenergie ohne Wärmeverluste zu erzeugen. Es ist daher von Interesse, daß eine derartige Möglichkeit in der Lichtstrahlung der Lebewesen gefunden worden ist. Versuche von N. W. Coblentz und C. W. Hughes wurden an einem Leuchtkäfer (Photinus pyralis), an einem Krebs (Cypridina) und an einem Pilz (Agaricus melleus, dem Urheber des leuchtenden Holzes) gemacht. Zu den Versuchen wurde ein Spektroskop benützt, mit Linsen, deren Durchmesser 5 cm, deren Brennweite 40 cm betrug. Die photographischen Aufnahmen wurden auf panchromatischen Platten bei Expositionszeiten von einer Stunde bei Cypridina und 30 bis 71 Stunden bei Agaricus gemacht. Bei letzterem Versuch mußte das Material alle drei bis vier Stunden erneuert werden. Die Spektralkurven der Versuchsobjekte wurden mit denen einer Kohlenfadenlampe, deren spektrale Energieverteilung bekannt war, verglichen. Die Ergebnisse der Versuche, die mit solchen an leuchtenden Mineralien[1]) verglichen werden, zeigt die folgende Tabelle:

	Leuchtender Teil des Spektrums μ	Maximum
Cypridina . . .	0·41 bis 0·62	0·48
Photinus pyr. .	0·50 „ 0·68	0·565
Agaricus m. .	0·43 „ 0·67	0·52*)
Zn S (Würtzit) .	0·46 „ 0·61	0·52
Zn Cd S	—	0·52**)

*) Zweites, schwaches Maximum bei 0·58 μ. — **) Zweites, stärkeres Maximum bei 0·61 μ.

Dr. K.

(Scient. Papers Bureau of Stand. Nr. 538, Nov. 1926).

Das Ergebnis der Schaufenster-Lichtwerbung 1926 in Deutschland. Im Mai 1926 vereinigten sich eine Reihe von an der Lichtwirtschaft interessierten Wirtschaftsgruppen Deutschlands zu einer Gemeinschaftsarbeit in der „Zentrale der deutschen Schaufenster-Lichtwerbung" (Zetdeschau) mit dem Ziele einer allgemeinen Verbesserung der Schaufensterbeleuchtung, für die durch die vorangegangene Aufklärungstätigkeit der Abteilung für Lichtwirtschaft der Osram G. m. b. H. der Boden vorbereitet war. Zur Erreichung des Zieles, mit Hilfe einer systematischen Werbung für gute Schaufensterbeleuchtung lichtwirtschaftliche Gedanken in weitere Kreise zu tragen[2]), wurden als erstmaliger Versuch 46 Städte mit etwa 98 000 Ladengeschäften in die Werbung einbezogen und durch Gemeinschaftsarbeit der Ortsgruppen, der Gründerverbände und der Elektrizitätswerke mittels Werbekarten, Vorträge, Lichthefte usw. zu erfassen versucht. Das auf Grund von umfangreichen Fragebogen objektiv zusammengestellte Ergebnis zeigte einen außerordentlichen Erfolg. Die Schaufenster in den Hauptgeschäftsstraßen der erfolgreichen Städte sind bis zu 70 vH verbessert, respektive neu installiert worden, so daß auch der Gesamteindruck des abendlichen Straßenbildes sehr gewonnen hat. Wir entnehmen dem Rechenschaftsbericht der „Zetdeschau" nachfolgende Mitteilungen: Die Elektrizitätswerke hatten vor allem eine Steigerung des Absatzes von Beleuchtungsstrom nach Geschäftsschluß, also in einer Zeit geringer Belastung, zu verzeichnen. Die Elektroindustrie weist vermehrten Absatz an Beleuchtungskörpern, Isolierrohren, Leitungen, Schaltern, Glühlampen, Elektrizitätszählern auf. Die Installateure und Beleuchtungsgeschäfte haben Arbeit und Absatz gefunden. So sind zum Beispiel in Stuttgart die Beleuchtungsanlagen von 2700 Schaufenstern verbessert worden, in Zittau 70 vH aller Schaufenster. Ein statistischer Versuch der Stettiner Organisationsstelle bewies, daß das Publikum zu dem gut beleuchteten Schaufenster hingezogen wird. Kundendienst und Preisausschreiben brachten zumeist eine erhebliche Geschäftsbelebung.

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik", 1926, S. 37.

[2]) Vgl. die analogen Bestrebungen in Österreich „Die Lichttechnik" 1927, S. 81.

Künstliche Beleuchtung in Gießereien. Zur Hebung der Menge und Güte der Produktion sowie zur Verhütung von Unfällen ist in Gießereien schon tagsüber in einigen Räumen eine Ergänzungsbeleuchtung notwendig. Gutes Tageslicht gibt 20·50 und mehr HLx, die übliche künstliche Beleuchtung 12 bis 24 HLx und Blendung. Mindestbeleuchtungsstärken, die rasches und genaues Arbeiten gestatten, sind:

	HLx
Beschicken des Ofens	60
Herdformen, Kerndrehen	72
Bankformerei, Kernmachen	120
Gießen, Gußstücke herausnehmen . . .	60
Gußputzen	60
Trocken- und Glühofen	60
Rohmateriallager	18
Modellmagazin	36

Die Blendung bringt eine schädliche Anstrengung der Augen, aber auch Gefahren mit sich, deshalb sind unverhüllte Klarglaslampen zu vermeiden. Für niedrige Aufhängung kommen nur tiefe, emaillierte Blechreflektoren in Betracht, für mittlere Aufhängehöhen seichte Stahlblechreflektoren mit Innenemaillierung, für hohe Aufhängung und beträchtliche Lichtkonzentration Spiegelreflektoren. Symmetrische Anordnung dieser Beleuchtungskörper muß die zum guten Arbeiten erforderliche gleichmäßige Beleuchtung liefern, die dunkle Raumwinkel, tiefe Schatten und ermüdende Kontraste ausschließt; diese Beleuchtung ist also eine ausgesprochene Allgemeinbeleuchtung. Hiezu tritt an einigen Stellen Einzellicht, eine transportable Lampe, zum Beispiel bei der Überprüfung sehr tiefer und enger Formen. Die Instandhaltung, wegen der rauchigen und staubigen Atmosphäre recht schwierig, ist infolge der modernen Ventilation in den Gießereien nicht mehr von jener Bedeutung, die ihr früher zukam. Eine monatliche einmalige Reinigung genügt.

To—

(Journ. of the A. I. E. E., April 1927.)

Patentbericht.

Reflektoren.

Eine Erfindung der Firma Erich am Ende in Berlin-Weißensee bezieht sich auf Reflektoren, welche

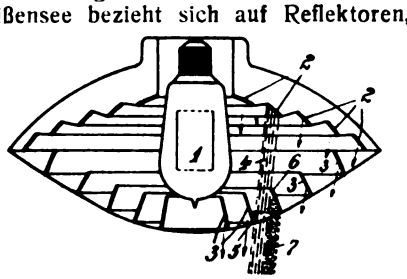


Abb. 1.

sammenfassen sollen. Der theoretisch geeignetste Re- die von einem Leuchtkörper ausgehenden Strahlen zu-

Digitized by Google

flektor für diesen Zweck wäre ein vollkommen geschlossenes, hohles, spiegelndes Rotationsellipsoid, in dessen einem Brennpunkte der Leuchtkörper angeordnet sein müßte, dessen Strahlen dann in dem anderen Brennpunkte alle zusammenlaufen würden. Die Erfindung sucht diesem idealen Fall möglichst nahe zu kommen (Abb. 1). Hinter der Glühlampe 1 ist ein System von spiegelnden Ringen 2 angeordnet, die Teile von Rotationsellipsoiden bilden. Die Formen dieser Ellipsoide sind so gewählt, daß ihre Brennpunkte in dem Leuchtkörper 1, etwa in dessen Mittelachse verteilt, liegen. Vor der Lampe 1 ist ein zweites System von spiegelnden Ringen 3 angebracht, die ebenfalls aus Rotationsellipsoiden mit den Brennpunkten im Leuchtkörper 1 gewonnen sind. Die Stellung der Ringe 3 ist so gewählt, daß die von den Ringen 2 ausgehenden Strahlenbündel 4 genau zwischen einer äußeren und einer inneren Kante 5 oder 6 je zweier aufeinanderfolgender Ringe 3 hindurchgehen. Es werden daher alle Strahlen der Lampe 1, die nach der Zeichnung wagrecht und nach rückwärts gehen, von den Ringen 2 abgelenkt und nach einem gemeinsamen Punkt bezw. einer kleinen Fläche zusammengefaßt. Ebenso werden die Strahlen, die, wagrecht oder nach vorwärts gerichtet, auf die Ringe 3 treffen, zwischen den einzelnen von den Ringen 2 ausgehenden Strahlenbündeln 4 als Strahlenbündel 7 nach demselben Punkt wie die Strahlen 4 hingelenkt. Es werden also tatsächlich alle Strahlen zusammengefaßt. Die entstehenden Verluste beruhen nur darauf, daß, da kein punktförmiger Leuchtkörper vorhanden ist, für die einzelnen Ringe verschiedene Brennpunkte gewählt werden müssen oder ein mittlerer Brennpunkt, was geringe Streuungsverluste bedingt. (D. R. P. Nr. 423 470).

Eine Erfindung der Firma Optische Anstalt C. P. Goerz A. G. in Berlin-Friedenau stellt eine Beleuchtungs-Einrichtung von großer Intensität und genügender Streuung und Weichheit dar, die an jeder beliebigen Stelle angebracht werden kann, ohne daß Schwierigkeiten der Bedienung, der Stromzuleitung oder eine Schädigung des Apparates auftreten. Eine solche Einrichtung wird erreicht durch Vereinigen der Vorteile der großen Intensität von Scheinwerferlichtkegeln mit

Abb. 2.

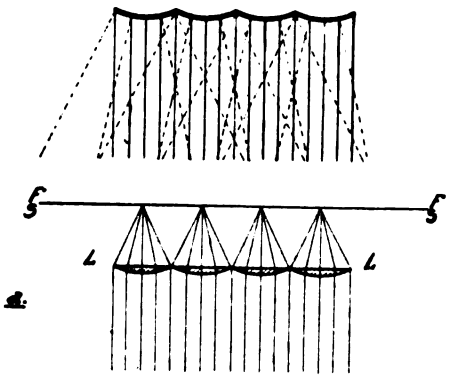


Abb. 3.

den Vorteilen relativ großer leuchtender Flächen, derart, daß ein eine Fläche bildendes System lichtstreuender Organe mit einer direkt reflektierenden Schicht kombiniert ist und durch gerichtete Strahlenkegel beleuchtet wird. Diese streuenden Reflektoren können entweder so ausgebildet sein, daß sie aus mehreren reflektierenden Konkav- oder Konvexspiegeln bestehen (Abb. 2), oder aus Streugläsern, die auf der Rückseite mit einer Versilberung versehen sind. Die Streugläser bilden ein System aneinandergereihter Konkav- oder Konvexlinsen oder können unregelmäßig gestaltete Oberfläche haben. Bei der Verwendung derartiger Streuer aus einem System von Linsen hat man außerdem den Vorteil, daß man die Streuung nach Belieben ändern kann, wenn man die reflektierende Schicht von den streuenden Organen trennt und den Abstand zwischen beiden veränderlich macht. Bringt man zum Beispiel bei einem System von Konvexlinsen L die reflektierende Schicht in die Brennpunktsebene f, so ist die Streuung gleich Null (Abb. 3). Sie ist ein Maximum, wenn die reflektierende Schicht direkt an den Linsen anliegt. Innerhalb dieser Grenzwerte ist jeder Grad der Streuung einstellbar dadurch, daß man die reflektierende Schicht zwischen die Linsen- und Brennpunktsebene legt. Die Wirkung der Beleuchtungs-Einrichtung ist so, daß die durch einen gerichteten Strahlenkegel beleuchteten lichtstreuenden Organe infolge der direkt reflektierenden Schicht ein System von eng aneinander liegenden selbstleuchtenden Lichtquellen bilden. Die Streuung dieser Einzellichtquellen kann durch den Krümmungsradius der einzelnen lichtstreuenden Organe bezw. durch Veränderung des Abstandes der lichtdurchlässigen streuenden Organe von der reflektierenden Schicht geändert werden.

(D.R. P. Nr. 425 595.)

(Schluß folgt.)

Literaturbericht.

Lichttechnik. Von Dipl. Ing. Ludwig Schneider und Architekt B. D. A. Kurt Heinrich Tischer. Sonderabdruck aus „Deutscher Baukalender", Ratgeber für alle Gebiete des Baufaches, 55. Jahrgang 1927.

Die Broschüre bespricht unter der Aufschrift „Allgemeines" die lichttechnischen Grundgrößen, die Bewertung von Lampen, worunter Beleuchtungskörper mit Lichtquelle verstanden sind und die Bewertung der Beleuchtung, der Arbeits- und Stimmungsbeleuchtung. Der zweite Abschnitt bringt das Wichtigste über das natürliche Licht, der letzte Abschnitt beschäftigt sich ausführlicher mit dem künstlichen Licht, bezw. mit Leuchtung und Beleuchtung. Von unmittelbar praktischem Werte sind für den Architekten oder Baumeister die Winke über die Lösung besonderer Beleuchtungsaufgaben am Schlusse, auch tragen die Ausführungen über die Beleuchtungskörper zu deren besserem Verständnis bei. Wohl die Knappheit der Darstellung bezw. des zur Verfügung stehenden Raumes brachte es mit sich, daß vielfach nur Definitionen gegeben werden konnten, wie zum Beispiel für die Blendung, wo nähere Erörterungen sehr angezeigt erscheinen: wenn dadurch der Ratsuchende veranlaßt wird, sich doch noch in einem Kurse über Lichttechnik gründlichere Kenntnisse zu holen, so hat die Broschüre auch indirekt ihre Bestimmung als Ratgeber, demnach vollständig erfüllt. Sie ist jedem an der Beleuchtung Interessierten zu empfehlen. Druck und Ausstattung sind gut.

J. Ondracek.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft

Vortrag.

Donnerstag, den 26. Jänner 1928, um 1/27 Uhr abends, im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule, Wien IV., Gußhausstraße 26, Hörsaal II. Vortrag **von Herrn** Dr. Ing. L. Bloch, Berlin, über: **Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe.** (Mit Lichtbildern.)

Der 1. Schriftführer:
J. Ondracek e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbaut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet

Heft 2 **29. Jänner 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: H. Oehlschlägel. Laden- und Verkaufsraumbeleuchtung. S. 13 — W. E. Bush. Propaganda zur Verbreitung der elektrischen Beleuchtung in England. S. 18 — RUNDSCHAU. S. 20 — Österreichische Lichttechnische Gesellschaft. S. 23

Laden- und Verkaufsraumbeleuchtung.[1])

Von Dipl.-Ing. H. **Oehlschlägel**, Frankfurt a. M.

Es genügt nicht, Licht schlechthin in einem Raum zu haben; es kommt darauf an, welcher Art dieses Licht ist, und wie es auf unser Auge und auf unsere Psyche wirkt, also welche Empfindungen es in uns auslöst. So wird man in einem Raum, der höchst unzureichend beleuchtet ist, sich eines drückenden Gefühles, eines Gefühles der Unlust nicht erwehren können. Noch schlimmer wird es, wenn diese Beleuchtung hervorgerufen wird durch nackte Lampen, die willkürlich im Raum angeordnet sind und sich grell von dem mangelhaft beleuchteten Hintergrund abheben. Man spricht in solchen Fällen wohl auch von einem stechenden Licht und nicht mit Unrecht, denn ebenso wie der direkte Blick in die Sonne zu Augenschädigungen führt, ja den Verlust des Augenlichtes nach sich ziehen kann, so schädigt auch das direkt und ungehindert vom Leuchtsystem ins Auge gelangende Licht unser Auge auf die Dauer ganz erheblich. In den weniger schlimmen Fällen wird zum mindesten die Sehtüchtigkeit des Auges so erheblich herabgesetzt, daß man sicherlich nicht mehr behaupten kann, eine solche Beleuchtung erfülle ihren Zweck; es ist im Gegenteil die denkbar unwirtschaftlichste Beleuchtungsanlage.

Die Gesichtspunkte, die ferner noch zu beachten wären, sind so mannigfacher Natur, daß es hier zu weit führen würde, sie alle eingehend zu erläutern. Es seien deshalb die Hauptforderungen, die wir an eine gute moderne Beleuchtungsanlage zu stellen haben und die wir im Interesse unseres Auges, das heißt unserer Gesundheit, beachten müssen, kurz angeführt:

1. Vollkommene Blendungsfreiheit und Vermeidung von Spiegelungen;

2. eine genügende Beleuchtungsstärke;

3. richtige Schattenwirkung bei guter Gleichmäßigkeit der Beleuchtung;

4. gute architektonische Gesamtwirkung;

5. gute Wirtschaftlichkeit der Beleuchtungsanlage.

Diese angegebenen Grundbedingungen für gutes Sehen gelten für Beleuchtungsanlagen jeglicher Art, gleichgültig welches besondere System der Beleuchtung zur Verwendung gelangt. Die Wahl des Beleuchtungssystems ist abhängig von der Beschaffenheit und Farbe der Decken und Wände und besonders von der Art der Arbeit. Auch bauliche Schwierigkeiten spielen dabei eine große Rolle, zum Beispiel tiefe Unterzüge, Verteilung der Fenster im Raum usw.

Gerade bei der Laden- und Verkaufsraumbeleuchtung muß diesen Erfordernissen in besonderem Maße Rechnung getragen werden, hängt doch von einer guten, zweckentsprechenden und dabei angenehm auf das Auge des Kunden wirkenden Beleuchtung sehr stark das Vertrauensverhältnis ab, das der Käufer dem Geschäftsmann und dessen Ware entgegenbringen muß, wenn dieses Geschäft, wie es der Besitzer wünscht, zu einem von dem Kunden bevorzugten werden soll.

Die notwendige mittlere Beleuchtungsstärke liegt für derartige Räume zwischen 50 und 80 Lux. Sie hängt ab von dem verlangten Genauigkeitsgrad guten Erkennens beim Betrachten bezw. Prüfen einer Ware, jedoch sollte in einem Verkaufsraum ihr mittlerer Wert niemals unter ein Minimum von 50 Lux sinken.

Besonders hohe Beleuchtungsstärken sind erforderlich in solchen Räumen, in denen dem Kunden dunkle Stoffe oder dunkles Pelzwerk vorgelegt werden, oder in Läden, in denen sie zur genauen Unterscheidung von Art und Qualität der Ware notwendig sind, zum Beispiel Handschuhbranche, Herrenkonfektion (dunkel), auch Kunsthandlungen. Für Kolonialwarengeschäfte, Drogerien und ähnliches genügen bei normaler Bauart die angeführten Beleuchtungsstärken vollkommen.

Wie ein guter Ofen im Winter das ganze Zimmer wohlig erwärmen soll und nicht nur die Ecke, in der er gerade steht, so müssen wir auch von

[1]) Die in vorliegendem Artikel abgedruckten Abbildungen stammen von der Lichttechnischen Abteilung der Firma G. Schanzenbach & Co. G. m. b. H., Frankfurt a. M.-West.

Digitized by Google

einer guten Beleuchtung verlangen, daß das Licht den ganzen Raum durchflutet. Wenn auch naturgemäß die Arbeitsplätze bezw. die Verkaufsstellen besonders mit Licht bedacht werden, so müssen doch störende Ungleichmäßigkeiten ausgeschlossen sein.

In einem Friseurgeschäft, in dem der Kunde gewissermaßen selbst zur Ware wird, muß er während und besonders nach dem Frisieren gut aussehen. Es dürfen nicht harte Schlagschatten Gesichtsform und Ausdruck entstellen und blendende Lichtquellen oder Spiegelreflexe das prüfende Betrachten der Frisur erschweren oder gar unmöglich machen, ganz abgesehen davon, daß eine einwandfreie Beleuchtung ein bedeutend leichteres und flotteres Arbeiten des bedienenden Personals gestattet und eine rasche Abwicklung des Kundenverkehrs ermöglicht.

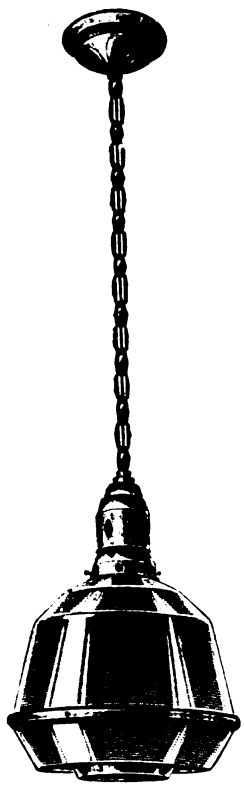


Abb. 1.

Das soeben angeführte Beispiel zeigt, wie sich eine solche „scheinbare Belanglosigkeit", nämlich die richtige Schattenbildung, auswirken kann. In einem Verkaufsraum dürfen sich also Käufer und Verkäufer nicht selbst im Licht stehen und, um dies zu vermeiden, müssen die Geleuchte in der Hauptsache nach den Verkaufstischen orientiert werden, selbst dann, wenn dabei einmal die architektonische Linie etwas vernachlässigt werden müßte.

Da in der Mehrzahl der Fälle die reine Zweckmäßigkeit für den Geschäftsmann ausschlaggebend sein wird, ist die vorwiegend direkte Beleuchtung zur gebräuchlichsten geworden. Derartig konstruierte Beleuchtungskörper senden ihr Licht in der Hauptsache nach unten auf die Ladentische und lassen durch den noch genügend stark gerichteten Anteil des Lichtes Form und Art der Ware deutlich hervortreten. Der geringere Teil des Lichtstromes dient zur Aufhellung der Decke und der an den Wänden angeordneten Regale. Diese Art der Beleuchtung ist auch besonders überall da empfehlenswert, wo die Decke und der obere Teil der Wände nicht genügend hell gehalten sind (zum Beispiel dunkel getönte Regale, Regale mit Stoffballen etc.), um nach oben gestrahltes Licht nutzbar auf die Arbeitsfläche reflektieren zu können. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß diese Beleuchtungskörper trotz des zum größeren Teil nach unten direkt austretenden Lichtstromes vollkommen blendungsfrei konstruiert sind. Abb. 1 zeigt einen derartigen Beleuchtungskörper, der diese Forderungen erfüllt. Bei Abb. 2 sei der Strahlengang in der Leuchte erläutert: Das von der Glühlampe nach unten ausgestrahlte Licht verläßt durch die (in der Skizze stark ausgezogenen) mattierten Zonen diffundiert die Lampe. Das den Reflektor treffende Licht tritt zum einen Teil diffus aus, zum anderen Teil wird es diffus nach unten reflektiert, wo es durch die (mit

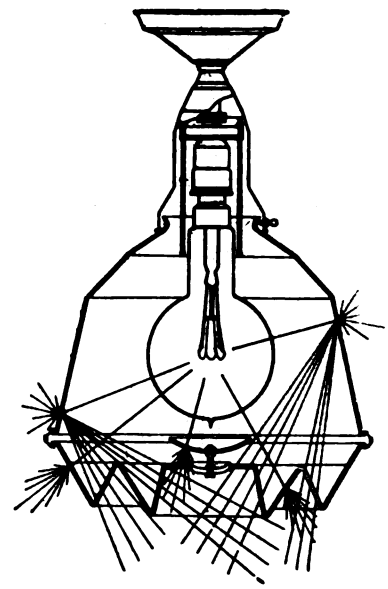


Abb. 2.

dünnen Strichen gekennzeichneten) Klarglaszonen die Lampe ungeschwächt verlassen kann. Durch diese sinnreiche Anordnung wird erreicht, daß das diffus reflektierte Licht nicht ein zweites Mal gestreut und damit geschwächt wird, hingegen das direkt austretende Licht die Lampe diffus verläßt.

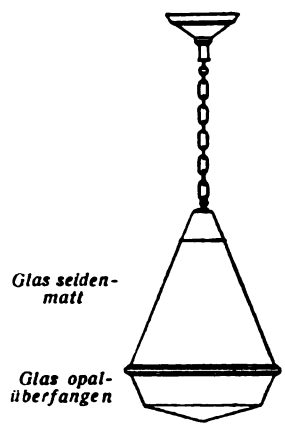


Abb. 3.

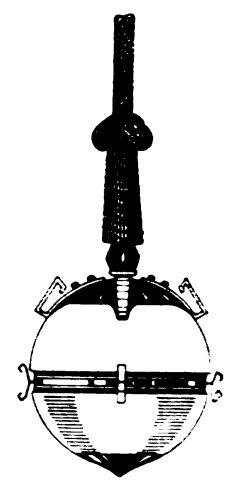


Abb. 4. Falsch: Die breiten Metallverzierungen sind einer günstigen Lichtverteilung nur hinderlich und verschlucken das Licht.

Die Lichtausbeute wird somit erhöht. Blendung vermieden.

In Räumen, in denen die Decke und womöglich auch der obere Teil der Wände von heller Farbe sind und wo zugleich auf eine starke Beleuchtung der Regale Wert gelegt wird, ist besonders die halbindirekte Beleuchtung zu

Digitized by Google

empfehlen, die ein weiches, mildes, aber weniger kontrastreiches Licht ergibt (zum Beispiel Buch- und Papierhandlungen, Noten-Geschäfte). Voraussetzung bei dieser Beleuchtungsart ist allerdings, daß sich insbesondere die Decke in einem Zustande befindet, der es ermöglicht, das jetzt vom Beleuchtungskörper vorwiegend nach oben gestrahlte Licht auch wieder nutzbringend von der Decke bezw. dem oberen Teil der Wände zurückzuwerfen. Geleuchte für halbindirektes Licht, wie die Abb. 3 ein solches zeigt, haben gewöhnlich eine untere Abschlußschale aus sehr stark lichtstreuendem Glas (zum Beispiel Opalüberfangglas), während das Oberglas bedeutend lichtdurchlässiger gehalten ist (zum Beispiel seidenmattiertes Glas), im Gegensatz zu Leuchten für vorwiegend direktes Licht, bei denen die Verhältnisse ungefähr umgekehrt liegen, das heißt, dort wirkt die obere Glasabschlußhälfte in der Hauptsache als Reflektor, der das Licht nach unten drückt (s. auch Abb. 10). Die Konstruktion der Unterschale hat dafür zu sorgen, daß das Licht zweckmäßig im unteren Halbraum verteilt wird und vor allem Blendungsfreiheit gewährleistet ist. Breite Metallstreifen, die lediglich zur Verzierung dienen, schatten das Licht nur unnötig ab, sie sind also überflüssig. Die Haltereifen zwischen Ober- und Unterschale werden bei den neuen Konstruktionen daher so schmal als möglich gebaut. Abb. 4 zeigt als Gegenbeispiel eine alte Leuchte mit breiten Metallbändern.

Eine weitere Art, die ganz indirekte Beleuchtung, kommt mehr für Sonderfälle in Frage

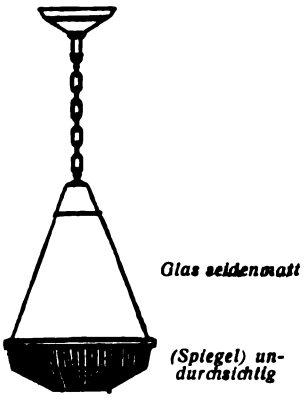


Abb. 5.

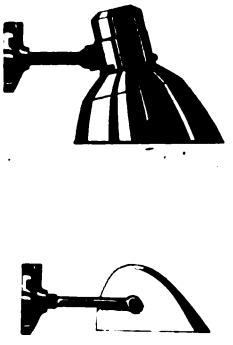


Abb. 6.

und bei solchen Geschäften, in welchen Schaufenster und Ladeninneres zu einem Ausstellungsraum verwachsen, zum Beispiel bei Blumengeschäften, Auto- und sonstigen Ausstellungshallen, auch Möbelgeschäften, denn hier kommt es darauf an, daß die im Innern des Ladens angebrachten Beleuchtungskörper keinesfalls den Kunden bezw. den Straßenpassanten, der von außen die Auslage betrachtet, stören und ablenken. Die ganz indirekte Beleuchtung hat den Vorzug, daß keinerlei spiegelnde Reflexe an polierten Flächen, Glasscheiben oder blanken Metallteilen auftreten können. Sie ergibt eine weiche, milde, nahezu schattenfreie Beleuchtung. Die ganze Decke erscheint gleichmäßig hell ausgeleuchtet. Der erforderliche Stromaufwand ist bei dieser Beleuchtungsart allerdings auch entsprechend höher gegenüber den zuvor genannten Systemen.

Um der ganz indirekten Beleuchtung einen etwas lebhafteren Charakter zu verleihen, verwendet man in Blumengeschäften häufig noch tragbare Stehlampen, die man an geeigneten Plätzen zwischen den Pflanzen aufstellt. Bei Aus-

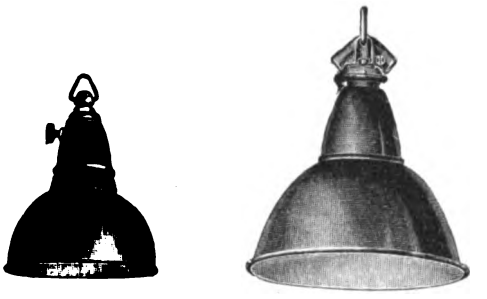


Abb. 7.

stellungshallen bringt man noch blendungsfreie Beleuchtungskörper (Laternen an Pfeilern oder Wänden) an, die lediglich zum Schmuck dienen, zur Beleuchtung jedoch nur unwesentlich beizutragen haben.

Da die Beleuchtungskörper für ganz indirektes Licht (Abb. 5) so gebaut sind, daß der gesamte Lichtstrom nach oben auf Decke und Wände gelangt und von da zerstreut wieder zurückgeworfen

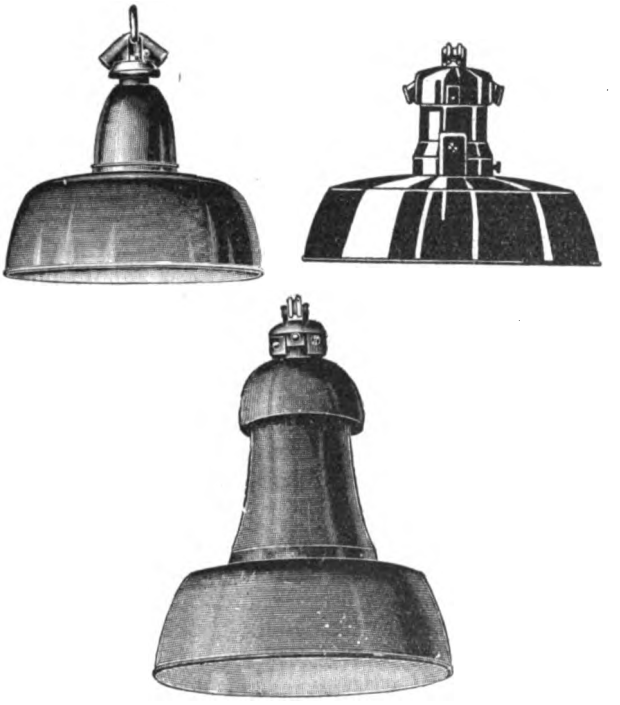


Abb. 8.

wird, ist es unbedingt erforderlich, daß Decke und Wände weiß oder doch sehr hell getönt sind und daß dieser Zustand auch erhalten bleibt.

Die Laden- und Verkaufsraumbeleuchtung soll nach Möglichkeit in einer guten Allgemeinbe-

Digitized by Google

leuchtung bestehen, da krasse Helligkeitsunterschiede, wie sie die reine Platzbeleuchtung mit sich bringt, in einem Verkaufsraum außerordentlich störend wirken und beim Verkauf nur hinderlich sind. Eine zusätzliche Beleuchtung ist angebracht an den Kassenschaltern, und zwar so angeordnet, daß das Leuchtsystem der Glühlampe weder für das Auge des Kunden noch des Kassierers zu sehen ist, das ausgestrahlte Licht aber restlos nach unten auf den Zahltisch gelangt. Abb. 6 zeigt zwei hierfür geeignete Beleuchtungskörpertypen. Platzbeleuchtung kommt allenfalls noch in Frage im Warenlager und an den Packtischen, besonders wenn leicht zerbrechliche Gegenstände, die besondere Aufmerksamkeit verlangen, dort zum Versand fertig gemacht werden müssen. Man verwendet hierzu Klein-Tiefstrahler mit ziemlich tiefgezogenen Reflektoren (Abb. 7), die das gesamte Licht nach unten drücken und auf die Arbeitsfläche konzentrieren. Trotzdem wird man auch hier auf eine wenn auch nur schwache Allgemeinbeleuchtung nicht verzichten können.

In solchen Räumen, die lediglich dazu dienen, die fertige Ware aufzubewahren, also Räume, in die das kaufende Publikum selbst nicht geführt wird, und wo es auf das äußere Aussehen der Leuchte weniger ankommt, verwendet man als reine Zweckbeleuchtung flache Tiefstrahler, wie Abb. 8 solche zeigt, die das Licht von der Decke abhalten und in breitem Kegel nach unten auf die nutzbare Fläche schicken.

Abb. 9.

Dieselben Beleuchtungskörper sind auch dort zu empfehlen, wo großflächige Oberlichter das Licht der normalen Beleuchtungskörper nach oben ins Freie nutzlos durchlassen würden. Liegen derartige Oberlichter im Verkaufsraum selbst und soll trotzdem bei geringstem Lichtverlust eine ästhetisch schöne Wirkung erreicht werden, so greift man zu den sogenannten diffusen Tiefstrahlern (Abb. 9). Das sind solche Beleuchtungskörper, die nahezu das gesamte Licht nach unten bringen, deren obere Abschlußhälfte aber doch noch schwach lichtdurchläßig ist, sodaß für das Auge kein störender Kontrast zwischen Beleuchtungskörper und dahinter liegender dunkler Decke entsteht.

Die Abb. 10 zeigt die Veränderung der Lichtverteilung bei den verschiedenen, oben angeführten Geleuchten gegenüber der Lichtverteilung der nackten Lampe.

Eine ganze Reihe von Geschäften ist genötigt, der Kundschaft die Möglichkeit zu bieten, die Ware genau der Farbe nach zu beurteilen, oder aber ihre Art und Qualität einwandfrei zu prüfen. Hierzu genügt in den meisten Fällen das gewöhnliche künstliche Licht nicht mehr. Da man gewohnt ist, die Farbe der Stoffe etc. nach ihrem Aussehen bei natürlichem Tageslicht zu beurteilen, und man auch bei dieser Lichtfarbe Qualitätsunterschiede und besondere Eigenschaften sehr gut feststellen kann, hat man versucht, diese Lichtfarbe künstlich zu erzielen. Es gibt hierzu zwei Wege: Der eine besteht in der Verwendung des neu aufkommenden sogenannten Röhrenlichtes, wobei die

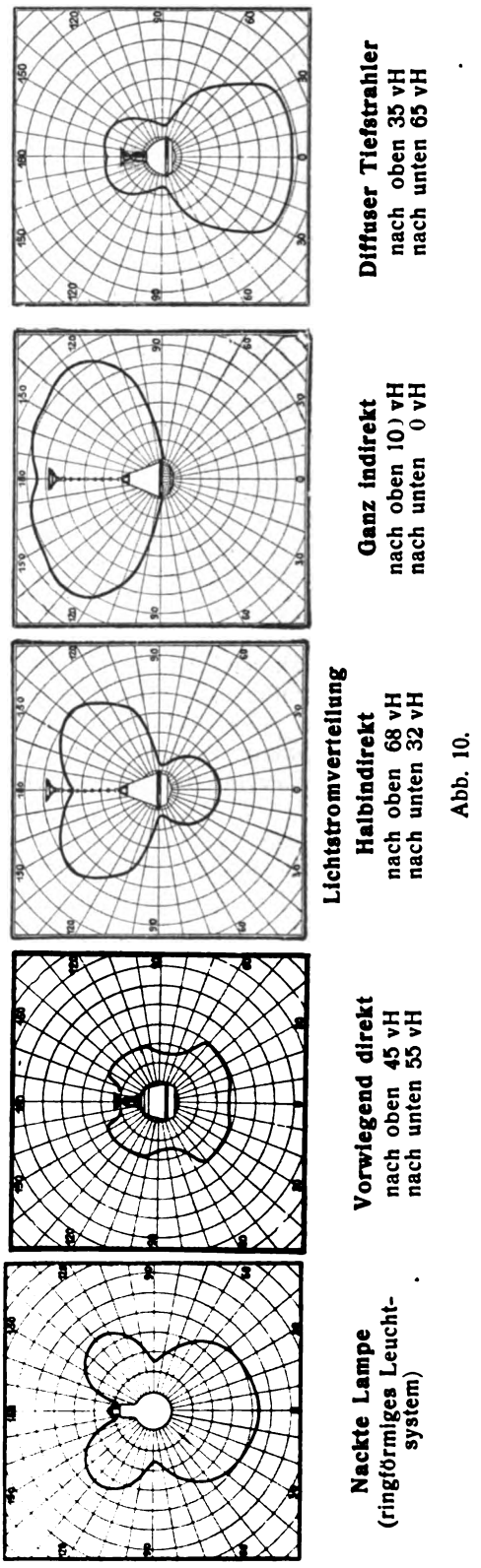
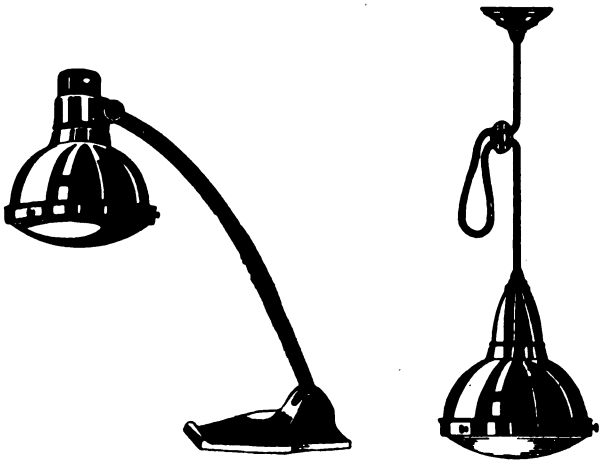


Abb. 10.

Digitized by Google

Leuchtröhren eine Kohlensäurefüllung erhalten — dieses Licht dürfte wohl verwöhntesten Ansprüchen genügen, doch ist es auch in der Anlage entsprechend teuer —; der zweite, hauptsächlich gewählte, Weg ist der, das mit der normalen Glühlampe erzeugte Licht, das einen erheblichen Überschuß an gelben und roten Strahlen aufweist, durch entsprechende Vorsatzgläser so zu filtrieren, daß nur die bläulich-weiße Strahlung, die der des Tageslichtes ungefähr entspricht, durchgelassen wird. Man verwendet hierbei blaue bezw. grünlichblaue Glasfilter. Durch die starke Filterwirkung dieser Gläser wird ein erheblicher Teil des erzeugten Lichtes vernichtet. Diese Verluste, die je nach der Glassorte und dem Genauigkeitsgrad der erzielten Lichtfarbe zwischen 40 und 80 vH betragen, müssen, um eine gleiche Beleuchtungsstärke wie bei Verwendung des gewöhnlichen künstlichen Lichtes zu erzielen, durch einen entsprechenden Mehraufwand, und zwar mindestens das Doppelte, ausgeglichen werden, da sonst die Beleuchtungsstärke viel zu gering ist und ein gutes Erkennen der Art und Qualität genau so erschwert ist wie bei dem allzu mangelhaften Dämmerlicht in den Abendstunden. Zugleich muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß das blaue Abschlußglas für das Auge möglichst unsichtbar bleiben muß, um den Eindruck eines blauen Lichtes zu vermeiden.

Die Verwendung dieses sogenannten künstlichen Tageslichtes wird besonders für Konfektionsgeschäfte in Frage kommen. Es ist hier



a b

Abb. 11.

empfehlenswert, einzelne geschlossene Kabinen einzurichten, die sowohl durch gewöhnliches künstliches Licht als auch durch künstliches Tageslicht wechselweise beleuchtet werden können. Der Kunde ist dann in der Lage, auch umgekehrt bei Tage in einer solchen Kabine die Wirkung der Farbe eines Stoffes bei abendlicher Beleuchtung zu erproben. Es gibt für solche Zwecke auch Tischlampen oder Pendel, bei denen die angegebene Lösung leicht zu bewerkstelligen ist, Abb. 11.

Zur Unterscheidung von Art und Qualität wird diese künstliche Tageslichtbeleuchtung auch in Lederhandlungen, Tabakhandlungen, Sortierräumen von Sämereien und Kaffeehandlungen etc. zweckmäßigerweise eingerichtet; beim Sortieren von Briefmarken ist sie nicht zu umgehen. In Schuhgeschäften bei der Auswahl von farbigen Schuhen muß der Geschäftsmann auch nach Eintritt der Dämmerung in der Lage sein, dem Kunden seine Ware in einem Licht zu zeigen, das dem natürlichen Tageslicht entspricht.

Mit Rücksicht auf den enormen Energieaufwand, den eine Beleuchtung durch künstliches

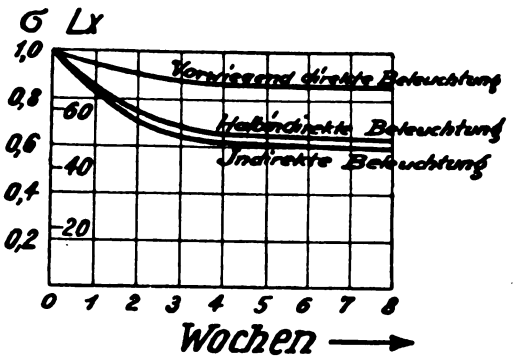


Abb. 12.

Tageslicht erfordert, wird man normalerweise davon Abstand nehmen, einen ganzen Verkaufsraum damit zu beleuchten. Es ist dies auch keineswegs notwendig, zumal die gewöhnliche künstliche Beleuchtung mit ihrer wärmeren Tönung allgemein angenehmer empfunden wird. Zweckmäßig kann sie allerdings in solchen Fällen werden, in denen ein Geschäft nur von der Straßenseite aus, vielleicht nur durch das Schaufenster hindurch, etwas Tageslicht erhält, während der ganze langgestreckte Raum durch künstliches Licht auch bei Tage beleuchtet werden muß. Hier wird durch Verwendung der künstlichen Tageslichtbeleuchtung für das gesamte Geschäft die unangenehme und schädigende Wirkung des Mischlichtes auf das Auge umgangen.

Um die Beleuchtung eines Ladens wirtschaftlich immer voll auszunutzen, bedarf die Beleuchtungsanlage auch einer Wartung. Die Beleuchtungskörper müssen des öfteren gereinigt werden, da sonst unter dem Einfluß der Verstaubung die Wirtschaftlichkeit der Anlage bedeutend zurückgeht. Dasselbe gilt auch für die hellen Decken und Wände, die von Zeit zu Zeit gereinigt bezw. frisch geweißt werden müssen.

Wie stark der Einfluß der Verstaubung auf die errechnete mittlere Beleuchtung eines Raumes ist, zeigt die Abb. 12, in der anhand der Kurven zahlenmäßig festgestellt ist, um wieviel Prozent die Beleuchtungsstärke verringert wird. Die Abnahme beträgt bei halbindirekter Beleuchtung nach einer Zeitdauer von 6 bis 8 Wochen ungefähr

Digitized by Google

30 vH, bei der vorwiegend direkten Beleuchtung dagegen nur 14 vH. (σ ist der sogenannte Sauberkeitsfaktor[2]) der Anlage). Je mehr indirekten Anteil an Licht also eine Beleuchtungsanlage aufweist, desto stärker ist sie der Verschmutzung unterworfen. Wie schon erwähnt, wird daher ein Geschäftsmann die Beleuchtung bevorzugen, die einerseits vollkommene Blendungsfreiheit sichert, andererseits aber doch den größeren Teil des Lichtes direkt nach unten gibt.

Ein gut und blendungsfrei beleuchteter Verkaufsraum wirbt Kunden und eine gute Beleuchtung ist das überzeugendste Argument beim Verkauf.

[2]) Näheres über die wirtschaftlichste Reinigungsperiode siehe „Licht und Lampe" Jahrgang 1926, Seite 556. — H. Lingenfelser „Die Verstaubung von Beleuchtungs-Anlagen".

Propaganda zur Verbreitung der elektrischen Beleuchtung in England.

Von W. E. **Bush**, Direktor des Lichtdienst-Büros der Electric Lamp Manufacturer's Association, London.

Im obersten Stockwerk des Gebäudes der Institution of Electrical Engineers in London ist eine lichttechnische Ausstellung eingerichtet worden, zum Zwecke, lichttechnische Kenntnisse unter der Bevölkerung zu verbreiten. Die Ausstellung ist von der Electric Lamp Manufacturer's Association (E. L. M. A.) eingerichtet worden.

Beim Eintritt in die Ausstellung gelangt man in den Empfangsraum, der das Vorbild für den lichttechnischen Ausstellungsraum in einem Elektrizitätswerk geben soll. In diesen Raum sind vier Modellräume[1]) eingebaut, eine Wohnung, Küche, Speisezimmer, Wohnzimmer und Schlafzimmer darstellend. In jedem der Räume lassen sich die Leuchten rasch gegen andere auswechseln, von denen eine reiche Auswahl an der Decke des Empfangsraumes hängt. Dadurch ist es möglich, die Beleuchtungswirkung einer bestimmten Type in jenem Milieu zu prüfen, für welches sie bestimmt erscheint. In einem Nebenraum sind verschiedene Glühlampen untergebracht; jeder Besucher kann irgendeine Lampe vermittels eines Druckknopfschalters zum Leuchten bringen und damit wird auch eine Scheibe durchleuchtet, welche die auf eine konsumierte hWh entfallenden Brennstunden der betreffenden Lampe ablesen läßt. Einige andere Nebenräume, die Anwendungen elektrischer Lampen, historische Schaustücke usw. enthalten, vervollständigen die Einrichtung des Empfangsraumes.

Im anschließenden Vortragssaal[2]) werden Vorträge abgehalten, die den Besuchern ein anschauliches Bild über den lichttechnischen und wirtschaftlichen Wert der verschiedenen Lampentypen geben sollen. Die Wände sind aus Seidenholz und an der Decke hängen die verschiedenartigsten Leuchten, von den ältesten bis zu den neuesten Typen, die von einem Schaltbrett aus gruppenweise eingeschaltet werden können. Der Vortragende bespricht, unterstützt von Lichtbildern und Filmdarstellungen, das jeweils vorgeführte Beleuchtungssystem, wobei die Zuhörer an den Tischen Lichtmessungen vornehmen können. Auf diese Weise werden sie mit den steten Fortschritten der Lichttechnik vertraut gemacht. In der gleichen überzeugenden Weise wird dadurch die Entwicklung der Fabriksbeleuchtung, der Auslagen und Bürobeleuchtung gezeigt.

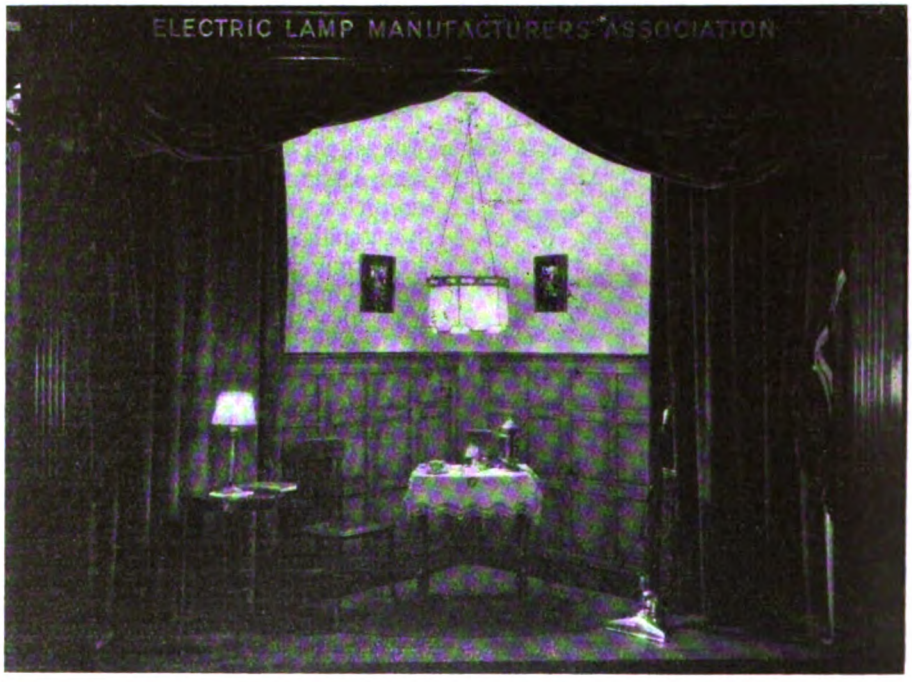


Abb. 1. Drehbühne.

[1]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1927, S. 21.

[2]) Vgl. hiezu die entsprechenden Einrichtungen in Wien: Die Lichttechnik 1925, S. 58.

Digitized by Google

Außerordentlich instruktiv sind die Vorführungen bei den Vorlesungen über Heimbeleuchtung. Der Vortragende benützt dabei eine Art Drehbühne (Abb. 1), die Räume mit verschiedenen Arten von Beleuchtungseinrichtungen enthält. Die Zuhörer sitzen vor dem Vorhang, der nach Erklärung der Vor- und Nachteile zurückgezogen wird, wodurch die Wirkung des gesprochenen Wortes durch die Vorführung außerordentlich vertieft wird. Auf diese Weise wird die ungeeignete Anbringung von Leuchten, die Blendwirkung, Glanz usw. gezeigt. Dann wird der Vorhang zugezogen, die Decke und die Wände verdrehen sich und neue Beleuchtungskörper werden in das Gesichtsfeld gebracht und dadurch ein nach den modernen Gesetzen der Lichttechnik installierter Raum vorgeführt und die Unterschiede erklärt. Auf diese Weise machen die Zuschauer, vor der Bühne sitzend, eine Runde durch eine ganze Wohnung.

Statue hervorgerufen werden. An den Wänden dieses Raumes finden sich fast alle Arten von moderner elektrischer Reklamebeleuchtung, mit unbewegten Buchstaben und mit Wanderschrift.

In drei anschließenden Räumen werden die Fabriks-, Geschäftsladen- und Schulbeleuchtung demonstriert (Abb. 2). Die Räume sind der Wirklichkeit entsprechend ausgestattet und durch Anbringung entsprechender Beleuchtungskörper können die Unterschiede von guter und schlechter Beleuchtung gezeigt werden.

Im Winter 1925 war in der Empfangshalle eine Ausstellung für Schaufensterbeleuchtung installiert, die außerordentlich großen Zuspruch fand. In einem großen Schaufensterkasten konnten von der abhebbaren Decke her abwechselnd die verschiedenartigsten Beleuchtungssysteme angebracht und miteinander in ihrer Wirkung auf die Vorübergehenden verglichen werden.

Abb. 2. Demonstrationsraum.

Auch der Tagesbeleuchtung ist ein Raum gewidmet. Er enthält eine Reihe von Kabinetten, die durch eine mit geripptem Glas gedeckte Oberlichte die Beleuchtung empfangen, Tageslicht oder künstliches Licht; zwei nebeneinanderliegende Kabinette führen je die gute und schlechte Einrichtung vor.

Ein weiterer Raum will ein Bild der Straßenbeleuchtung geben. Verschiedene Leuchten für die Straßenbeleuchtung, von der Decke herabhängend, werden eingeschaltet und ihre Lichtwirkung erläutert. Es sind ferner noch zwei Ständer mit je sechs Scheinwerfern zur Anleuchtung eingebaut, dann eine Plakattafel mit drei Beleuchtungskörpern, zwei für die Beleuchtung von oben, einer zur Beleuchtung von unten. In einem Schaufenster, das eine Gipsstatue vor ornamental ausgeführten Schirmen eingestellt hat, läßt sich die Wirkung farbigen Lichtes zeigen, indem durch 18 verschiedene Anordnungen von Platzlichtern, Scheinwerfern und Reflektoren dauernd sich ändernde Lichteffekte auf der

Bei einer Aktion zur Lichtwerbung für Heimbeleuchtung wurden Ausstellungen des „Elektrischen Hauses" in den größeren Städten des Landes eingerichtet und Preise bis zu 2500 Pfund ausgesetzt.

Bücher und Schriften in prachtvoller Ausstattung, die das Preisausschreiben enthalten, wurden den Elektrogeschäften und dem Publikum zugeschickt; das war von hohem erzieherischen Wert, da jeder Preisbewerber das Büchlein vor der Beantwortung der gestellten Preisfragen genau lesen mußte.

Die Ausstellungsräume wurden in diesem Jahre neu hergerichtet und die Art der Darstellung verfeinert, so daß der Besucher die Überzeugung gewinnt, daß die richtig angewendeten elektrischen Lampen zu den größten Errungenschaften der zivilisierten Welt gehören, weil sie das Leben nach Sonnenuntergang in der Fabrik, im Kaufhaus, im Büro und im Heim angenehm zu gestalten vermögen.

Digitized by Google

Rundschau.

Elektrische Beleuchtung von Kirchen[1]). Die Kirchenbeleuchtung ist fast ausschließlich Stimmungsbeleuchtung, jedoch mehr als in anderen Beleuchtungsfällen durch die Forderung der Erhaltung des architektonischen Charakters erschwert. Auch die Möglichkeit einer Typisierung liegt durchaus nicht sehr nahe. Über dieses Thema wurden im Bd. 22, Nr. 5, vom Jahre 1927 der Trans. III. Eng. Soc. zwei einander in vielen Punkten ergänzende Darstellungen veröffentlicht. Die eine geht von den baulichen Umständen aus, die andere von den menschlichen Faktoren, die eine derartige Beleuchtungsanlage bestimmen oder bestimmen sollen, und ebenfalls in mancher Hinsicht verschieden sind die Ansichten über die passende Beleuchtungseinrichtung. Was die baulichen Umstände anlangt, so weist J. L. Stair darauf hin, daß in Amerika alle Kirchenbauarten vertreten sind: Die Basiliken und gotischen Kirchen mit ihrem reichen, malerischen Schmuck der Innen- und Außenwände, den zahlreichen Nebenkapellen und Altären; die unter dem Einfluß der Reformation und ihrer Ausläufer entstandene Konventikeltype, in der die Dekoration zurücktritt und die in der Hauptsache aus einer großen Halle besteht, mit dem Predigerpult an dem einen Ende. Schwierig gestaltet sich die Beleuchtung der älteren, gotischen und romanischen Kirchen, in denen künstliche Beleuchtung

Abb. 1. Besonders sorgfältige Anordnung der Leuchten, um die plastischen Werke und die Malereien recht wirkungsvoll hervortreten zu lassen.

nicht üblich war. Der Lichttechniker muß darauf bedacht sein, die Einzelheiten der Architektur passend hervorzuheben und eine gewisse Stimmung zu schaffen; beides leistet die Beleuchtung in bisher nicht erreichter Weise. Von den beiden Kirchentypen, der liturgischen oder ritualistischen und der Konventikel- oder protestantischen Type verlangt die erste Betonung des mysteriösen Gesamteindruckes, Unauffälligkeit des Priesters, in der letzteren ist es von Wichtigkeit, die Person des Predigenden deutlich zu sehen, ferner lesen zu können; dort muß der Altarraum sehr stark beleuchtet sein gegenüber dem übrigen Kirchenraum, in der protestantischen Kirche wird möglichst gleichmäßige und reichliche Beleuchtung des ganzen Raumes gefordert. In manchen protestantischen Kirchen läßt man aber auch gerne den Altarraum oder die Kommunionbank hervortreten, die Anwesenheit einer Kanzel bringt einen mehr rituellen Zug in das Kircheninnere, der wieder berücksichtigt werden will usw. Kenntnis des Kirchenbaues, des Gottesdienstes und der kirchlichen Gebräuche kann deshalb dem Lichtingenieur sehr zu statten kommen.

Der Verfasser stellt drei Gesichtspunkte für die Ausführung der Kirchenbeleuchtung auf: Nützlichkeit, ästhetische Wirkung und Hygiene. Die Nützlichkeit schließt ein: Genügende Beleuchtungsstärke für das Lesen, geringe Anlage- und Betriebskosten, daher möglichste Ergiebigkeit der Lichtquellen; möglichste Unterteilung in mehrere Lampenkreise, vielleicht auch noch lichtdämpfende Einrichtungen, beides, um Licht zu sparen, wenn die Aufmerksamkeit entweder nur der Kanzel oder nur dem Altar zugewandt ist; Vorkehrungen für leichte Instandhaltung. Ferner Ausgangs- und Notbeleuchtung, eine Lampe für den Predigenden usw. Erfahrungsgemäß machen die Auslagen für die Beleuchtungskörper 2 bis 3 vH der Bausumme aus. Um ästhetische Wirkungen zu erzielen, muß allem Symbolischen besondere Aufmerksamkeit geschenkt, der ganze Raum mit seiner Dekoration, wozu auch die Beleuchtungskörper zählen, zur Geltung gebracht werden, es müssen Würde und Stimmung zum Ausdruck kommen. Farbe und Schatten sind wohl zu beachten, alles Theatralische ist sorgfältig fern zu halten. Unbedingt einzuhalten sind die hygienischen Forderungen: Freiheit von Blendung jeder Art, richtige Diffusion des Lichtes. In gotischen Kirchen zum Beispiel wird als passendster Beleuchtungskörper die Kerzen- oder Laternentype verlangt; hier kann durch Verwendung schwach gefärbter Lampen oder Einschließen derselben in matt- bezw. farbige Glaszylinder Blendung vermieden und gut zerstreutes Licht erhalten werden. Die den Altarraum abschließende Wand soll keine Fenster erhalten, damit keine Blendung durch das Tageslicht eintritt; Lichtkegel von verborgenen Lampen haben Priester und Altar immer in der gleichen Weise kenntlich zu machen.

Besondere Beleuchtungssysteme für Kirchen gibt es nicht; alle bekannten Beleuchtungsarten sind verwendbar, was zwar die Aufgabe kompliziert, aber auch die Ausdrucksmöglichkeiten vermehrt. Die wichtigste Einzelaufgabe ist die Beleuchtung des Altarraumes. Hier wäre als Hauptregel anzusehen: Ausleuchtung des Altars und des ihn umgebenden Raumes (Abb. 1) durch verborgene Lichteinheiten und weiters aus dekorativen Rücksichten, durch Glühlampen in aufgehängten Armaturen, die die Höhe des Raumes zum Ausdruck bringen; ferner durch Glühlampen in Wandarmen, weiters Verwendung gefärbter Kerzenlampen und natürlicher Kerzen, wo sie symbolische Bedeutung haben. Das Hauptschiff oder in reformierten Kirchen das Auditorium hat im allgemeinen schwächere Beleuchtung zu erhalten als der Altarraum, selbst wenn Lesemöglichkeit gefordert ist; künstlerische Ausführung und Lichtqualität müssen auch hier übereinstimmen, wonach das Beleuchtungssystem zu wählen ist. Das indirekte System stellt sich bei genügender Unterteilung fast immer billiger als andere Systeme. Die Beleuchtungskörper wirken am besten, wenn sie möglichst unsichtbar, klein in den Abmessungen, unaufdringlich und mit der Architektur übereinstimmend ausgeführt sind. Lampenreihen verlängern, aufgehängte Lampen erhöhen scheinbar das Hauptschiff. Sind Seitenschiffe vorhanden, so hängt man Armaturen des Hauptschiffes vor die Mitte des Öffnungsbogens. Die dem Stil leicht anpaßbare Laternenarmatur (Abb. 2) hat sich sehr beliebt gemacht, sie vermag übrigens auch jede Art von Lichtsystemen zum Ausdruck zu bringen. Voutenbeleuchtung ist recht wirkungsvoll, meist leicht ausführbar, weil sich die Reflektoren hinter architektonischen Elementen anbringen lassen, jedoch müssen Leichtigkeit der Instandhaltung und Auswechslung der Lampen berücksichtigt werden. Das mehr oder weniger deutliche Hervortreten einzelner architektonischer Details, das der Künstler in der Zeichnung durch Lichter andeutet, kann entsprechend zum Ausdruck kommen und hiedurch die richtige Stimmung geschaffen werden. Auch kleine Kirchen oder Kapellen sind, sofern ihrer Ausführung Sorgfalt zugewandt worden, einer guten Beleuchtung wert (Abb. 3). D.

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1926, Heft 13, S. 121; 1927, Heft 1, S. 8.

Digitized by Google

indirekte Beleuchtung von in den Fenstersimsen verborgenen Spiegellampen zählt zur modernsten, im Kirchenbau verwendeten. Spezialleuchten auf dem Altare, dem Predigerpult, der Empore, sind sorgfältig blendungsfrei zu halten. Versammlungs- und Unterrichtsräume kommen meist mit der Nutzbeleuchtung aus, doch muß bei den ersteren für festliche Gelegenheiten Vorsorge getroffen sein.

In der Außenbeleuchtung vermittels Laternen oder Nischenlichter soll insbesondere ein schwer ersetzbares Glas vermieden werden. Beleuchtete Kirchenfenster sind auf Wirkung gegenüber den in und außerhalb des Gebäudes Befindlichen eingestellt; hier kommt meist verborgenes Spiegellicht in Verwendung. Um die Kirchen zur Nachtzeit weithin kenntlich zu machen, bedient man

Abb. 2. Empfehlenswerte Art diffuser Beleuchtung, bei der die Blendung durch farbige Glaszylinder um die Lampe herabgesetzt wird.

sich in Amerika verschiedener Methoden: Ein beleuchtetes Kreuz dreht sich (4 Drehungen je min.); eine Anleuchtung findet statt, entweder durch Scheinwerfer von der Ferne aus oder nach der Silhouettenmethode, wobei die Scheinwerfer hinter architektonischen Elementen angebracht sind, jedoch soll im letzteren Falle die Prüfung der Beleuchtung an einem Modell vorangehen. Wird ein Spitzturm angeleuchtet, so empfiehlt sich Steigerung der Beleuchtung gegen die Spitze zu, in anderen Fällen dagegen stärkste Beleuchtung an der Basis; Bauart und Umgebung der Kathedrale oder des Turmes geben hiefür den Ausschlag. Als Regel hat zu gelten, daß der für das Publikum deutlichst erkennbare Gebäudeteil die stärkste Beleuchtung erhalten soll.

Während S t a i r von objektiven Voraussetzungen ausgeht, meint Edward R a m b u s c h, der Anfang jeder guten Kirchenbeleuchtung sei das Zusammenarbeiten von Architekt, Priester und Lichttechniker. Alle drei stellen bestimmte Forderungen an die Beleuchtung. Der Lichttechniker will sie blendungsfrei, genügend stark und gut verteilt haben; der Architekt eine logische Austeilung der passend gestalteten Beleuchtungskörper unter Erhaltung der plastischen Wirkung der Architektur; Priester und Kirchenbesucher, die letzte und entscheidende Instanz, legen nur Wert auf die psychologische Wirkung, die Schaffung einer religiösen Stimmung, Gefälligkeit des Kircheninnern und Hinlenkung zu den Vorgängen des Gottesdienstes. Alle diese Wünsche denkt sich dieser Autor durch die im Folgenden beschriebene Ausführung der Beleuchtung erfüllt.

Das Äußere der Kirche zu beleuchten, ist ohne vorherige Einholung der Meinung des Architekten gewagt: diese Beleuchtung darf jedenfalls nicht zu aufdringend, nicht so zwingend sein, wie eine Schaufensterbeleuchtung und es müssen des natürlichen Eindruckes halber die Reliefpartien ihr Licht von oben bekommen. Eine schwache, dauernde Beleuchtung von gefälligem, warmen Ton, abstechend von der weißen Straßenbeleuchtung wäre hier geeignet. Stufen zur Kirche haben jedenfalls gut beleuchtet zu sein, insbesondere wegen des gefährlichen Eisbelages im Winter. Im Vestibül, das bei protestantischen Kirchen dem eigentlichen Kirchenraum vorgelagert ist, nicht zu reichliches, weißes Licht im Gegensatz zum wärmeren Licht des Hauptraumes einzuführen, muß als durchaus angezeigt bezeichnet werden. Mit Vorsicht hat die Durchleuchtung der Fenster von Innen aus zu erfolgen; unbedingt vermieden werde die Anbringung der Reflektoren am oberen Fensterrand, weil die Außenstehenden dort starke Lichtflecke sehen würden.

Für die Beleuchtung des Kirchenhauptraumes kann die Tagesbeleuchtung durch Fenster als Vorbild genommen werden. Wenn nun auch die künstliche Beleuchtung das Vorbild nicht zu erreichen vermag, so sind doch drei Eigenschaften des Tageslichtes wohl zu beachten und beizubehalten: Der sanfte Eindruck und die gute Zerstreuung nach allen Seiten, die Färbung durch das Fensterglas und die regelmäßige Austeilung der Lichtquellen, hier der Fenster. Indirekte Beleuchtung ist nur nach reiflicher Überlegung zu verwenden. Man kann ihr vielleicht störende Möglichkeiten vorwerfen wie: Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Altarraum, weil die Flächenhelligkeit der Decke größer ausfällt, als im übrigen Raume; Vernichtung der plastischen Wirkungen; teure Einrichtungs- und Erhaltungskosten. Eine Beleuchtung mit rund 60 vH direkter und 40 vH indirekter Komponente liefert das richtige Verhältnis zwischen Decken- und Bodenhelligkeit. Beleuchtungskörper dürfen niemals auf die Architektur selbst gesetzt werden, weil sie deren einheitlichen Ausdruck stören; es beleuchten zum Beispiel Lampen um die Säulenmitte diese am stärksten, gegen die Säulenenden zu immer schwächer, so daß es sicher eine Stelle gibt, die die Flächenhelle ihres Hintergrundes hat; dort verschwindet die Säule optisch und es wird unbegreiflich, wieso sie die Bogen zu stützen vermöge. Aufgehangene Beleuchtungseinheiten, die das Lesen gestatten und den übrigen Raum mit gedämpftem Licht füllen, versprechen beste Wirkung; freilich erst nach passender Anbringung, insbesondere Beachtung des Rhythmus der Architektur.

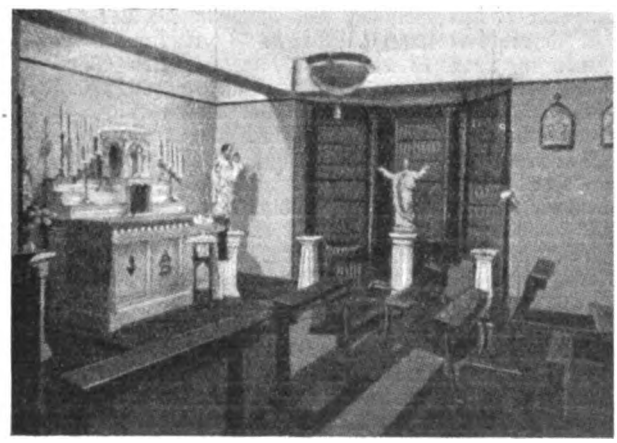


Abb. 3. Beleuchtung einer kleinen Kapelle vermittelst indirekter Leuchten und des Altars durch einfache Reflektoren am Balken vor dem Altarraum.

Deswegen soll auf jedes der Felder, aus denen sich architektonisch der Innenraum zusammensetzt, mindestens eine Lampe entfallen. Da aber eine zentrale Reihe solcher Lampen den Ausblick beengen und den Raum scheinbar halbieren würde, so sind zwei gleichhohe Reihen derselben vor den Seitenflügeln und gegenüber deren Bogenmitten anzuordnen. Die langen Ketten, an welchen die Beleuchtungskörper hängen, wirken dekorativ und jedenfalls besser, als von der Bogenmitte herabhängende Armaturen, da dann Säule und Armatur zu starr miteinander verbunden zu sein scheinen. Ist ein

Digitized by Google

Querschiff vorhanden, so dürfen die zwei Reihen der Beleuchtungskörper, die das Auge zum Altar hinleiten, dort nicht etwa unterbrochen sein. An den zwei Lampenreihen kann auch in den säulenlosen Kirchen festgehalten werden. Sind Balkone vorhanden, so legt man die zwei Armaturenreihen über die Balkone und unter den letzteren werden weitere Lampen befestigt; nur so bleibt der einheitliche Eindruck ungestört. Von der Verwendung jeder Art Luster mit den blendend wirkenden elektrischen Kerzen muß entschieden abgeraten werden; Laternen stilgemäß geformt und mit farbigen Glasscheiben abgedeckt, die das Licht derart streuen und färben, daß es durch seine Sanftheit Stimmung schafft, geben erfahrungsgemäß die beste Lösung der Beleuchtungskörperfrage. Eine Altarbeleuchtung durch 200 verschiedene Lampen zerstört die Plastik. Die moderne Methode besteht in der Konzentration von verborgenen Lampen an zwei Punkten, zum Beispiel unter den Ansatzstellen des Bogens vor dem Altarraum; Wandarme oder Soffitten mit drei Reflektoren zu je 200 W Lampen an jeder Bogenseite genügen im Mittel. Der Prediger soll von einer mindestens 3 m entfernten und 45° über dessen Kopf liegenden Lampe beleuchtet sein; Näherliegen stört die Zuhörer und wirft scharfe, das Gesicht bei jeder Bewegung entstellende Schatten. Ondracek.

Bibliotheksbeleuchtung. M. M. Samuels und James T. Holmes beschreiben die Beleuchtung in der Bibliothek der Ingenieur-Vereine in New-York City. Der Raum der Bücherei zerfällt in einen Mittelraum und acht durch Bücherkästen abgeteilte Seitenräume, je vier an jeder Längsseite; es entstehen so zwölf Deckenfelder, deren jedes ursprünglich eine 300 W Lampe hatte, welche in der Mitte der Decke oder eines abgrenzenden Bogens im Mittelraum aufgehangen war. Die im klassischen Stil ausgeführte Architektur gibt durch die vorhandenen Gesimse Gelegenheit zur Einrichtung einer Voutenbeleuchtung. Die alte Beleuchtungsanlage ergab 18 HLx, mit einer anderen Armatur 30 HLx, eine recht ungenügende Beleuchtung, die durch Benützung der 25 W Lesetischlampen nicht verbessert wurde, weil sich äußerst nachteilige Kontraste ausbildeten. Zwei ältere Typen von Tischlampen zeigten ebenfalls eine zum Lesen unbefriedigende Lichtverteilung: Auf 0·3 m betrug der Lichtabfall 46 vH von 180 HLx, bezw. 44 vH von 216 HLx auf 0·15 m, auch 72 vH auf 0·6 m. Auf den Galerien in den Seitenräumen störte die Blendung der 300 W Lichtquellen an der Decke. Bei der neuen Einrichtung wurde von Voutenbeleuchtung Abstand genommen, weil die Decke einen zu dunklen Ton hat, die Einrichtungs- und Erhaltungskosten demnach zu teuer ausgefallen wären und im übrigen die Beleuchtung einen kalten Eindruck macht, außerdem durch Aufhellung der etwas gegliederten Decke ihr architektonisches Bild zerstört worden wäre. Ähnliche Erwägungen führten auch zur Ablehnung der halbindirekten Beleuchtung, Für das als geeignet erscheinende direkte Beleuchtungssystem wurde ein Beleuchtungskörper in Form einer Laterne mit einer Lampe gefunden, die folgenden Anforderungen zu genügen hat: Harmonisch zur Architektur zu passen, genügend Beleuchtungsstärke zu liefern (und zwar ohne Benützung von Tischlampen), geringe Flächenhelligkeit gegen die Seiten zu zeigen, um den ruhigen Eindruck des Raumes nicht zu stören. Demzufolge besteht die Lichtquelle aus einer 300 W Lampe mit Spiegelreflektor, der außen weiß emailliert ist und unten ein streuendes Glas vorgelagert hat; nach oben liefert er wegen Opalglasabschlusses eine Komponente an die Decke, wodurch das Abzeichnen der Metallteile der Laterne an der Decke verhütet wird. Lampe samt Reflektor sind in eine Laterne eingeschlossen; die Glasscheiben dieser Laterne haben einen gelblichen zum Holzwerk der Tische und Bücherregale passenden Farbton. Der untere Teil der Laterne ist um ein Scharnier drehbar und gestattet den Lampenaustausch und die Reinigung der Armatur. Trotzdem in den Seitenräumen die Tischlampen entfernt waren, wodurch sich eine Ersparnis von 100 W oder 25 vH je Raum ergab, fanden sich im Mittel 96 HLx an gleichförmiger Beleuchtung vor gegenüber den ersten 18 HLx eine Verbesserung von 430 vH. Auf den Galerietischen gibt es noch 54 HLx und auch genügende Vertikalbeleuchtung für die Buchrücken auf den Regalen. Die der Laterne zugrundeliegende konstruktive Idee kann unter individueller Anpassung Armaturen für hohe Räume, wie Auditorien, und auch für niedrigere Räume liefern, dürfte sich aber kaum als eigene Beleuchtungseinheit einleben. To.

(El. World, Bd. 89, Nr. 4, 1927.)

Beleuchtung eines Schwimmbeckens[1]**).** Arthur J. J. Sweet bemüht sich, eine typische Lösung zu geben, die nach seiner Meinung von der Erfüllung der folgenden vier Bedingungen abhängt: 1. Möglichst gleichmäßige Beleuchtung des Bodens und der Wände des Beckens, ferner des Schwimmers in jeder seiner Lagen und auf allen seinen Körperseiten; 2. Blendungsfreiheit für den Schwimmer und den Zuschauer, und zwar sowohl beim Hineinsehen in eine Lichtquelle, als auch in dem vom Wasser reflektierten Lichte, letzteres namentlich für die normale Lage der Augen des Schwimmers unmittelbar über der Wasserfläche; 3. die unter Punkt 1 beschriebene Beleuchtung soll mehrfach stärker sein als die der Umgebung des Beckens; 4. zur Erzielung schöner Effekte und um dem Schwimmsport Anziehungskraft zu verleihen, werden Lichtquellen empfohlen, die die ganze Masse des Wassers färben, und auch noch farbige Kachelung.

Allen diesen Anforderungen entspricht eine kräftige Beleuchtung des Beckens durch an seinen Seitenwänden unter dem Wasser befindliche Lichtquellen zusammen mit einer viel schwächeren Beleuchtung der Schwimmhalle. Wird mit geringen Lampenwatt gerechnet, so ist das ganze Becken weiß auszukacheln; jedenfalls immer der Boden, während die farbige Kachelung der Seitenwände unten die hellsten, unmittelbar über der Wasserfläche die dunkelsten Töne aufweisen soll. Rotes oder besser weißes „Biskuit" mit eingebrannten Pigmentschichten liefern hier die geeigneten, zwar nicht auf dem Markte vorhandenen, aber nicht unerschwinglichen Kacheln. Die Lichtquellen sollen mindestens 15 cm unter dem Wasserspiegel eingebaut sein.

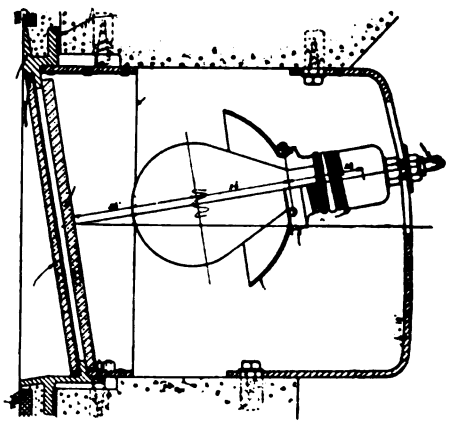


Abb. 4. Unterwasserleuchte samt Lampe für Schwimmbecken.

Die hier entwickelten Prinzipien wurden beim Bau der Schwimmschule eines Klubs in Milwaukee beachtet. Abb. 4 zeigt die eingebaute Unterwasserleuchte samt Lampe; zwei derartige Leuchten sind um rund die halbe Beckenbreite, um 4·5 m, voneinander entfernt. Die 500 W Lampe hat einen Spiegelreflektor und vor sich, gegen das Wasser zu, zwei quadratische Platten, von denen die der Lampe näherliegende das Licht konzentriert, die äußere sodann seitlich ausbreitet. Die Gluh-

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1927, Heft 10, S. 109.

Digitized by Google

lampe ist verstellbar; ihre Achse kann aus der gezeichneten Lage, in der sie auf der vorgelagerten Glasplatte senkrecht steht und deren Mittelpunkt trifft, nach oben oder unten zu verschoben werden, was passend bei einer Lage der Lampe unter bezw. über der mittleren Beckentiefe geschehen soll; dies, um möglichst gleichmäßige Beleuchtung der Beckenwandungen zu bekommen. Um farbiges Licht zu erhalten, wird eine farbige Scheibe vor der inneren Abdeckplatte eingeschoben. Zur Verhütung nachteiliger Erwärmung der Leuchte bekam die Bronzefassung reichliche, wärmeableitende Flächen gegen die Wasserseite zu, und die der Lampe nahen Gußteile wurden mit Asbest abgeschützt. Auch nach rückwärts ist der Leuchte Gelegenheit zur Abkühlung gegeben, denn dorthin zu mündet sie in einen, um das ganze Becken ziehenden Tunnel.

Direkte Blendung des normal Schwimmenden ist ausgeschlossen, da kein Lichtstrahl über den Wasserspiegel gelangt; schon in geringer Entfernung von der Unterwasser-Lichtquelle fallen nämlich die Strahlen so flach auf den Wasserspiegel, daß sie nur mehr total reflektiert werden, also gänzlich ins Wasser zurückkehren. Die am Beckenrande und auf den Galerien Stehenden wurden nicht geblendet, freilich aber die unter Wasser Schwimmenden, wenn sie, was sich selten ereignete, in die Richtung der größten Lichtstärke gerieten. Die Oberwasserbeleuchtung kommt von Lampen auf Wandarmen und unter den Galerien; ferner von vorwiegend indirekten Beleuchtungskörpern, die über der Beckenmitte und an der Hallendecke aufgehangen sind und je 500 W Tageslichtlampen enthalten. Die bloße Einschaltung der Unterwasser-Lichtquellen schafft für den Schwimmer, der sich in einer leuchtenden Wassermasse bewegt, die angenehmsten Verhältnisse; eine eigenartige ästhetische Wirkung geht noch von der Beleuchtung aus. Sind Zuschauer anwesend, so kommen zu den Unterwasserleuchten noch die leuchtenden Wandarme und Galerieleuchten, es bleibt aber die Leuchtwirkung des Schwimmbeckens aufs Auge vorherrschend. Falls Feste gegeben werden, bildet die Zuschauerschaft einen ebenso wichtigen Gegenstand des Interesses wie die Schwimmenden und es wird dann die ganze Oberwasserbeleuchtung eingeschaltet. Die alleinige Verwendung der Oberwasserbeleuchtung ist aus Nützlichkeits- und ästhetischen Gründen zu verwerfen. In den praktisch benützten Beleuchtungsfällen sieht man sogar die Bodenkacheln des Schwimmbeckens recht deutlich. Ferner, je mehr Oberwasserlichtquellen eingeschaltet sind, desto stärker spiegeln sich Hallendecke und Hallenwände usw. in der Wasseroberfläche. Unerwünscht ist die bekannte optische Täuschung der scheinbaren Hebung des Beckenbodens. Im Ganzen sind die Vorteile so groß, daß sie die Mehrausgaben für die Beleuchtung, die gegen die Herstellungskosten der vollständigen Badeanlage sehr gering ausfallen, rechtfertigen. O.

Trans. Ill. Eng. Soc., Bd. 22, Nr. 6, 1927.)

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

Protokoll der IV. ordentlichen Generalversammlung vom 22. Dezember 1927.

Der Vorsitzende, Präsident Direktor Ing. E. Karel, eröffnete die Versammlung, begrüßt zunächst die Anwesenden, insbesondere den Vertreter der Kammer für Handel, Gewerbe und Industrie, Herrn Kammerrat Ing. Wenzel Ruecker. Er stellt fest, daß die Generalversammlung rechtzeitig einberufen und der Behörde angezeigt wurde, ferner weist er auf die in Heft 13, 1927, der „Lichttechnik" auf Seite 148 veröffentlichte Tagesordnung hin. Der Präsident stellt die Beschlußfähigkeit der Generalversammlung im Sinne des § 5, 2. Absatz, der „Satzungen" fest. Den Mitgliedern wurde beim Eintritt in den Saal die Aufstellung der Bilanz von 15. Dez. 1927, der Gebarungsausweis und der Voranschlag für das Jahr 1928 ausgefolgt.

Vor Eingehen in die Tagesordnung hält der Präsident den zwei verstorbenen Mitgliedern der Gesellschaft, Prof. Hofrat Dr. Hugo Strache und Direktionsrat Ing. Schachner vom städtischen Elektrizitätswerk, einen warmempfundenen Nachruf. Die Versammelten hatten sich während des Nachrufes zum Zeichen der Trauer von ihren Sitzen erhoben und der Vorsitzende ordnete die Aufnahme dieser Kundgebung in das Protokoll an.

Die Versammlung wählt die Herren Ing. Otto Herbatschek und Ing. Bruno Lippert zu Verifikatoren des Protokolles.

Der I. Schriftführer Prof. Ing. Ondracek erstattet hierauf zu Punkt 1 der Tagesordnung den Bericht über die Tätigkeit der Gesellschaft.

Das Komitee für praktische Beleuchtungsfragen (Obmann Dr. A. Lederer) hat sich im abgelaufenen Jahr in einer Reihe von Sitzungen außer mit den laufenden Fragen vorzugsweise mit zwei Hauptaufgaben beschäftigt: Dem Entwurf von Normenblättern für gute Fabriksbeleuchtung, (Referent Herr Ing. Mildner vom Hauptverband der Industrie) ferner mit der Ausarbeitung eines Merkblattes über Schulbeleuchtung. In dieser Frage wurde schrittweise und auf Grund von Erfahrungen, die an vier mustergültig und einem schlecht eingerichteten Schulzimmer entnommen waren, vorgegangen. Namentlich zur Klärung der Frage nach der Größe der Beleuchtungsstärken konnte dieser Ausstellung für Schulbeleuchtung durch Messungen wichtiges Material entnommen werden. Hervorgehoben zu werden verdient, daß unter den sehr wenigen kontinentalen Staaten, die sich mit der Schulbeleuchtungsfrage bisher beschäftigten, Österreich zuerst in der durch das Merkblatt gegebenen Form Popularisierung und typenmäßige Ausführung dieser Beleuchtungsangelegenheit anstrebt. Das Merkblatt wird binnen kurzem veröffentlicht werden.

Das Komitee für theoretische Beleuchtungsfragen, (Obmann Dr. R. Hiecke) hat zwei Entwürfe ausgearbeitet. Der erste Entwurf bezieht sich auf „Leitsätze von Lampen und Beleuchtung" und wurde den Mitgliedern durch Veröffentlichung in der „Lichttechnik" 1927, Heft 1, Seite 10 zur Äußerung mit Frist bis zum 31. März 1927 vorgelegt.

Ein zweiter Entwurf betraf die Definitionen lichttechnischer Größen, veröffentlicht in der „Lichttechnik" 1927, Heft 5, Seite 60 zur Äußerung bis zum 30. Juni 1927 vorgelegt. Da bis zu den angeführten Terminen Abänderungsvorschläge nicht eingegangen waren, wurden beide Entwürfe vom Ausschuß der Gesellschaft in seiner Sitzung am 30. November 1927 zum Beschluß erhoben.

Die vom Obmanne des Komitees verfaßten „Erläuterungen der photometrischen Grundgrößen und Einheiten" wurden in der „Lichttechnik" 1927, Heft 3, Seite 30 veröffentlicht.

Das Vortrags- und Redaktionskomitee, (Obmann Prof. Ing. J. Ondracek) hat sich mit der Frage der literarischen Bearbeitung aktueller Beleuchtungsfragen wie zum Beispiel der Tagesbeleuchtung, der Schaufenster- und Reklamebeleuchtung befaßt. Diese Arbeiten fanden auch Aufnahme in das Organ der Gesellschaft, „Die Lichttechnik".

Vorträge wurden gehalten von den Herren:

Ing. Hanns Koch: „Neuzeitige Automobilbeleuchtung.

Digitized by Google

Ing. Fritz Reiter: „Moderne Schaufensterbeleuchtung". (Vgl. Die Lichttechnik 1927. S. 77.)

Ing. Otto Herbatschek: „Neuzeitliche Lichtreklame in Wien". (Vgl. Die Lichttechnik 1927. S. 61.)

Ing. Hanns Koch: „Die internationalen Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik". (Vgl. Die Lichttechnik 1927. S. 129.)

Das Österreichische Komitee der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission (I. B. C.) (Präsident Sektionschef Dr. L. Kusminsky) hat sich konstituiert. Zur Beschleunigung des Arbeitsganges hat der Ausschuß der Ö. L. G. das Komitee ermächtigt, mit Umgehung des Ausschusses mit den nationalen Komitees und mit dem Sekretariat der I. B. C. direkt zu verkehren, sowie seine Arbeiten nach seinem Dafürhalten unter den Mitgliedern zu verteilen. Das Ergebnis seiner Arbeit ist dem Ausschuß der Ö. L. G. vor der Weitergabe an das Sekretariat der I. B. C. vorzulegen. Die Ausarbeitung des österreichischen Komitees der I. B. C. zugewiesenen Themas „Über photometrische Prüfflächen" wurde bereits in Angriff genommen.

Die Versammlung nimmt mit Dankesworten an die Vorsitzenden der Komitees die Berichte einstimmig zur Kenntnis.

Punkt 2 der Tagesordnung: Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz. Der Schriftführer verliest den vom Kassaverwalter, Ing. W. Bonnwitt, erstatteten Bericht. Die Mitgliederzahl betrug im Dezember 1926 195. Ausgeschieden sind 14 Mitglieder, dagegen sind im Jahre 1927 14 neue Mitglieder beigetreten, so daß der Mitgliederstand gegenüber dem Jahre 1926 unverändert ist.

Herr Direktor Techen erstattet in seinem Namen und in dem des Prokuristen Kris den Bericht der Revisoren, demzufolge sich dieselben von der richtigen Buchführung volle Überzeugung verschafft haben; die Revisoren beantragen der Generalversammlung, dem Ausschuß das Absolutorium zu erteilen und dem Herrn Kassaverwalter für seine Bemühungen den wärmsten Dank auszusprechen (Einstimmig angenommen).

Punkt 3: Neuwahlen in den Ausschuß:

Der Ausschuß der Ö. L. G. hat sich in seiner Sitzung vom 30. November 1927 im Sinne des § 5 der „Satzungen" mit Vorschlägen hinsichtlich der für die abtretenden Mitglieder zu wählenden neuen Ausschußmitglieder beschäftigt und schlägt der Generalversammlung die nachstehende Liste der neu zu wählenden Ausschußmitglieder vor.

Präsident:

Karel, Ing. Eugen, Direktor der städtischen Elektrizitätswerke; Wien IX, Mariannengasse 4.

Vizepräsidenten:

Hiecke, Dr. Richard, Oberinspektor a. D. der städtischen Elektrizitätswerke; Wien XVII. Pretschgogasse 5.

Lederer, Dr. Anton, Wien XIII, Hermesvilla.

Schriftführer:

Ondracek, Ing. Josef, Professor an der Bundesgewerbeschule; Wien X, Pernerstorfergasse 81.

Grünhut, Ing. Alfred, Schriftleiter, Wien VI, Gumpendorferstraße 56.

Kassaverwalter:

Bonwitt, Ing. Wilhelm, Kommerzialrat; Wien IV, Starhemberggasse 6.

Ausschußmitglieder:

Bausenwein, Dr. Emil, Beamter der „Watt" A. G., Elektrische Glühlampenfabrik; Wien XIX. Heiligenstädterstraße 134.

Beron, Ing. Rudolf, Direktor-Stellvertreter der städtischen Elektrizitätswerke; Wien IX. Mariannengasse 4.

Brock, Ing. Friedrich, Generaldirektor der Niederösterreichischen Elektrizitätswirtschafts A. G.: Wien III. Ungargasse 2.

Ehrenfest, Ing. Otto, Kommerzialrat. Vertreter des Reichsverbandes der Elektrizitätsindustrie Österreichs: Wien IV, Gußhausstraße 3.

Geiger, Dr. Arthur, Direktor der „Vertex" Elektrizitätswerk G. m. b. H.; Atzgersdorf bei Wien.

Kann, Dr. techn. August, o. Professor für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule. Elektrotechn. Institut; Wien IV, Gußhausstraße 25.

Kaiser, Ing. Alexander, Direktionsrat der städtischen Gaswerke; Wien VIII, Josefstädterstraße 10—12.

Koch, Ing. Hanns, Leiter der Abteilung für Lichtwirtschaft der Osramlampen Ges. m. b. H.: Wien I. Fleischmarkt 1.

Kolban, Ing. Arthur, Prokurist der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke; Wien VI. Theobaldg. 12.

Kratochwil, Ing. Robert, Direktor der Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft: Linz a. D.

Krauss, Hofrat Prof. Franz, Architekt: Wien I. Auerspergstraße 4.

Kremenezky, Johann, Industrieller: Wien XX. Dresdnerstraße 55.

Kusminsky, Dr. Ludwig, Sektionschef a. D.: Wien VIII, Feldgasse 7.

Philippi, Franz, Ing. der Österreichischen Brown-Boveri-Werke A. G.: Wien X, Gudrunstr. 187.

Pick, Ing. Eduard, Direktor der „Elin" A. G. für elektrische Industrie; Wien VII, Neustiftgasse 31.

Rupp, Ing. Leopold, Filialleiter der A. E. G.-Union Elektrizitäts-Gesellschaft: Wien VIII. Friedrich-Schmidtplatz 5.

Schlögl, Ing. Heinrich, Oberbaurat im Stadtbauamt: Wien XIII, Diesterweggasse 14.

Vogel, Dr. Fritz, Zentralinspektor der Betriebsdirektion der Südbahn: Wien X, Ghegaplatz 4.

Revisoren:

Honigmann Emil, Kommerzialrat: Wien IX, Löblichgasse 4.

Pöchhacker Hans: Wien XVIII, Hernalser Hauptstraße 5.

Ersatzmänner für die Revisoren:

Kris Ph., Prokurist der „Tungsram" Glühlampen- und Elektr. G. m. b. H.; Wien XIX. Heiligenstädterstraße 134.

Techen Wilhelm, Direktor der Osramlampen G. m. b. H.; Wien I, Fleischmarkt 1.

Der in der vorliegenden Liste vom Ausschuß gestellte Antrag wird von der Versammlung einstimmig angenommen, sodaß dieselben für die kommende Arbeitsperiode als gewählt erscheinen.

Mit herzlichen Worten des Dankes an die abtretenden Ausschußmitglieder und an den Schriftführer Prof. Ing. Ondracek für ihre Tätigkeit schließt der Präsident die IV. ordentliche Generalversammlung.

Wien, am 22. Dezember 1927.

Der Präsident:
Ing. E. Karel e. h.

Der I. Schriftführer:
Prof. Ing. J. Ondracek e. h.

Die Verifikatoren:
Ing. O. Herbatschek e. h. Ing. B. Lippert e. h.

Pivernfilmer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 3 | **4. März 1927** | **5. Jahrgang**

INHALT: Dipl. Ing. A G Arnold. Die elektrische Schaufenster-Beleuchtung. S. 25 — Dr. techn. Adolf Velisek. Schalteinrichtungen für Reklame- und Straßenbeleuchtung. S. 28 — Neue Wege der Lichtreklame in Deutschland. S. 33. — RUNDSCHAU. S. 35 — CHRONIK. S. 36

Die elektrische Schaufenster-Beleuchtung.

Von Dipl. Ing. A. G. **Arnold**, Berlin.

Zusammenfassung: Das technische Rüstzeug für die einwandfreie Schaufensterbeleuchtung ist leicht erlernbar und einfach zu handhaben. Aus der Ableitung der Grundregeln der künstlichen Schaufenster-Beleuchtung folgt, daß neue Prinzipien nicht zu erwarten sind, also nach Erstellung der Beleuchtungsanlagen von Umdispositionen und Neuanlagen nicht die Rede sein kann. Da ferner die elektrischen Anlagen überhaupt betriebs- und feuersicher sind, so genügen diese Schaufenster-Beleuchtungsanlagen auch vollauf den baupolizeilichen Vorschriften.

Die Elektrizitätswirtschaft entwickelt sich mehr und mehr zu einem Grundpfeiler des volkswirtschaftlichen Gedeihens. Die angelegten Kapitalien werden von Jahr zu Jahr größer und der Ruf nach erhöhter Ausnutzung dieser Anlagen immer eindringlicher und bedeutungsvoller. Jahrelang hat der Ingenieur mit der technischen Sicherstellung der elektrischen Länderversorgung gerungen und hat daher dem Absatz seiner Ware, dem elektrischen Strom, nur soweit es unbedingt nötig war, seine Aufmerksamkeit gewidmet. Wenn auch Bedeutendes von den Leitern der Elektrizitätwerke und dem ortsansäßigen Installateurgewerbe in jahrelanger zäher Arbeit geleistet worden ist, so ist doch der kaufmännische Teil in der Verwaltung der Elektrizitätsversorgung erklärlicherweise nicht auf seine Kosten gekommen. Die Lichtwerbung als Teil der Elektrostromwerbung setzt daher den Hebel dort an, wo die höchste Wahrscheinlichkeit für den Erfolg zu suchen ist. Besonders günstig ist die Schaufenster-Beleuchtungsanlage, weil sie bis spät in die Nacht hinein gebrannt wird (in Berlin Benutzungsdauer zum Teil über 2000 Stunden).

Für den Kaufmann ist es von großer Bedeutung, die Ausnutzung des Schaufensters über die Tagesstunden hinaus bis tief in die Nacht hinein auszudehnen. Hier half die elektrische Sonne, welche auf einen Druck des Fingers dem Ladenbesitzer zur Verfügung steht. Aber leider wurde die elektrische Sonne fast stets in die Mitte des Schaufensters gehängt und damit ein schwerer Verstoß gegen die Grundsätze der Beleuchtungstechnik begangen.

Welches sind nun die Grundsätze der Beleuchtungstechnik? In einem Satz zusammengefaßt lautet die Antwort: Die Nachbildung der natürlichen Beleuchtung! Keinen einfacheren Fall der künstlichen Beleuchtung gibt es, der so überzeugend wirkt wie die Schaufensterbeleuchtung. Mit Recht hat man daher der Schaufensterbeleuchtung die erste Stelle in dem Zyklus der lichtwirtschaftlichen Werbungen eingeräumt (Schaufenster-Lichtwerbung[1]).

Der Leistungsaufwand der Schaufensterbeleuchtung ist in der umstehenden Tabelle zusammengestellt.

Wie sich aus derselben ergibt, ist die geforderte Beleuchtungsstärke in einem Schaufenster von mancherlei Faktoren abhängig. Da wir die Gegenstände durch das Licht erkennen, welches von ihnen in unser Auge gelangt, so wird das Rückstrahlvermögen (Reflexionsvermögen) der ausgestellten Waren zunächst von ausschlaggebender Bedeutung sein. Eine dunkle Ware, die zum Beispiel nur 15 vH des auf sie fallenden Lichtes zurückwirft, wird viermal soviel Beleuchtungsstärke benötigen als eine hellere ausgestellte Ware, welche 60 vH Reflexionsvermögen besitzt. Ferner wird es von Bedeutung sein, ob das Geschäft in einer hell erleuchteten Hauptstraße liegt oder in einer nur mittelmäßig beleuchteten Nebenstraße; denn ein wesentliches Merkmal unseres Sehprozesses (überhaupt aller Empfindungen) ist der Kontrast. In einer hell beleuchteten Straße wird also eine blickfangende Beleuchtungsstärke in einem Schaufenster bei viel höheren Werten als in einer dunkleren Nebenstraße einsetzen.

Um die Frontwirkung lebhafter und damit besser zu gestalten, kann man sich in vielen Fällen zweckmäßigerweise der farbigen Effektbeleuchtung bedienen. Die hierdurch hervorgerufene Wechselwirkung zwischen den normal und den farbig beleuchteten Fenstern ist sicher werbewirksam. Hierdurch geht man bewußt von der reinen Zweckbeleuchtung ab und appelliert an die Freude an der Farbe und an den Gefühls- und Stimmungswert, der dem fröhlichen Farbenspiel innewohnt. Weite Ausblicke, vielleicht bisher ungeahnte Möglichkeiten eröffnen sich hier unserm Blick. Erinnert sei nur an zwei Schlagworte: Farblichtmusik und Lichtarchitektur[2]).

[1]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1927, Heft 7.

[2]) Siehe A. G. Arnold, Das Licht auf der Gesolei, Licht ist Leben. Helios, Nr. 39 und 40, 1926.

Digitized by Google

Tabelle des Leistungsaufwandes für Schaufenster-Beleuchtung.

Maße des Schaufensters			Ausgestellte Waren	Geforderte Lux (Mindestwerte)		Anzahl der Strahler		Watt je Strahler		Farbige Beleuchtung (rot und grün) Watt je Strahler		Zusätzliche Soffitten-Lampen Watt je Soffitte		Anzahl der Str. mit Tageslichtlampen Watt je Lampe	
hoch	breit	tief		Hauptstraßen	Nebenstraßen	Hauptstraßen	Nebenstraßen	Hauptstraßen	Nebenstraßen	Hauptstraßen	Nebenstraßen	Hauptstraßen	Nebenstraßen	Hauptstraßen	Nebenstraßen
	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	2	1·5	hell	600	300	3 (4)	3 —	200 (150)	100 —	Dieselben Werte wie in Spalten 5 und 7 resp. 6 und 8 bezw. die nächsthöheren Lampentypen		5 bis 15 vH Watt unten und 5 bis 15 vH Watt zusammen seitlich der Werte der Spalten 5 und 7 bezw. der Spalten 6 und 8		2 bis 3 mal die Werte der Spalten 5 und 7 bezw. der Spalten 6 und 8	
			mittlere	1200	600	3 (5)	3 (4)	300 (200)	200 (150)						
			dunkel[1])	2400	1200	4 (6)	3 (5)	500 (300)	300 (200)						
3	3	2	hell	600	300	4 (6)	3 (5)	200 (150)	150 (100)						
			mittlere	1200	600	5 (8)	4 (6)	300 (200)	200 (150)						
			dunkel[1])	2400	1200	6 (9)	5 (8)	500 (300)	300 (200)						

[1]) Für Schwarz höhere Werte.

Wird ausnahmsweise von der Beleuchtung verlangt, daß sie dieselben Farbeneffekte wie die Tagesbeleuchtung widergebe, so wird eine wesentlich höhere Beleuchtungsstärke deshalb erforderlich werden, weil das Auge gewohnt ist, weißes Licht mit Sonnenlicht zu identifizieren und mithin den Maßstab der hohen Beleuchtungsstärke der Natur anlegt. Wir erreichen annähernd weißes Licht durch Blaufilter, welche vor unsere künstlichen Lichtquellen geschaltet werden. Dabei müssen wir allerdings den Verlust der Hälfte des Lichtstromes mit in Kauf nehmen.

Drei Gegner der vollen Ausnutzung des Schaufensters haben wir aber zu berücksichtigen:

1. Die Spiegelung in der Schaufensterscheibe.
2. Das Beschlagen der Schaufensterscheibe.
3. Das Ausbleichen der ausgestellten Waren.

1.) Es ist eine bekannte Erscheinung, daß oft der Wert der Schaufenster am Tage fast völlig illusorisch wird, da sich in der Schaufensterscheibe das Gegenüber der Strasse spiegelt und es dem Passanten nur durch ganz nahes Herantreten an die Schaufensterscheibe glückt, das Innere zu überblicken. Auch hier hilft die künstliche Beleuchtung. Allerdings muß die Helligkeit (Leuchtdichte) der ausgestellten Waren höher als die Leuchtdichte des Spiegelbildes des sonnenbeschienenen Gegenüber sein. Hier gilt es also, den Kampf der künstlichen mit der natürlichen Beleuchtung aufzunehmen. Mit Recht wird jeder sofort Zweifel an dem Siege der künstlichen Beleuchtung hegen. Tatsächlich ist es nicht möglich, wenn die Umstände ungünstig liegen, die Spiegelung ganz zum Verschwinden zu bringen, wohl aber in unschädlichen Grenzen zu halten.

2.) Das Beschlagen der Schaufensterscheiben wird zurzeit durch chemische Mittel bekämpft. Wir hoffen, bald über die Resultate Näheres angeben zu können.

3.) Hatten wir im Kampfe gegen die Spiegelung — durch natürliche Beleuchtung hervorgerufen — Zweifel an unseren Erfolgen, so ist es ganz anders in Bezug auf das Ausbleichen der ausgestellten Waren. Die Zeiten für gleiches Ausbleichen bei gleicher Beleuchtungsstärke verhalten sich wie folgt:

bei gasgefüllten Lampen	10
bei direkten Sonnenstrahlen	8·6
bei Bogenlichtlampen	7·5
bei diffusem Tageslicht	3·6

Den reziproken Wert dieser Zeiten könnte man mit Ausbleichfaktor bezeichnen. Setzt man den Ausbleichfaktor des diffusen Tageslichts gleich 100, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

diffuses Tageslicht	100 vH
Bogenlampenlicht	48 vH
direkte Sonnenstrahlen	41·8 vH
gasgefüllte Lampen	36 vH

Da die künstliche Beleuchtungsstärke nur etwa ein Zehntel und weniger der Beleuchtungsstärke des diffusen Tageslichts beträgt, so ist der tatsächliche auftretende Ausbleichfaktor der gasgefüllten Lampen nur 3·6 vH und weniger, also verschwindend klein.

Hinsichtlich der Vorteile, die die Schaufensterbeleuchtung dem Elektrizitätswerk bringt, sei daran erinnert, daß der Ausnutzungsfaktor der Elektrizitätswerke noch gering ist, besonders der der städtischen Werke. In den Großstädten Deutschlands werden die Kraftwerke nur etwa 20 vH bis 30 vH des Jahres voll ausgenutzt, also nur rund 2300 Stunden, ein gewiß sehr schlechtes Ergebnis, wenn man bedenkt, welche bedeutenden Teile des Volksvermögens in der Elektroversorgung in Deutschland investiert sind. Es ist daher auch der Kapital-Umschlag, das heißt der Prozentsatz, welchen das Bruttoeinkommen je Jahr vom

Digitized by Google

angelegten Kapital ausmacht, entsprechend gering (rund 20 bis 30 vH).

Die Elektrowirtschaft hat sich deshalb in richtiger Erkenntnis ihrer Belange auf Hebung der Ausnutzung ihrer Anlagen, also auf Absatzsteigerung, eingestellt. Wie steht es nun mit der Benutzungsdauer der Schaufensterbeleuchtung? Eine bedeutende deutsche Hansastadt nennt bei 7 Uhr Geschäftschluß 960 Stunden Benutzungsdauer des Höchstwertes der Schaufenster-Installationen. Es ist jedoch ein leichtes, die Benutzungsdauer weit über 1000 Stunden zu steigern. Das Universalmittel ist der preiswerte Tarif. So ist es geglückt, die Durchschnittsbenutzungsdauer der Schaufensterbeleuchtung von Städten auf 1500 Stunden und 1800 Stunden zu steigern. Ein Geschäft in der Leipzigerstrasse in Berlin hat eine Benutzungsdauer seines Anschlußwertes von sogar 2350 Stunden, gewiß ein Abnehmer, den man mit Recht unter die Großabnehmer zu rechnen hat, zumal der Anschlußwert über 100 kW beträgt.

Einige Beispiele über die in Deutschland geltenden Tarife für Schaufenster- und Ladenbeleuchtung seien hier angeführt[3]).

Das klassische Beispiel für die Anwendung des Grundgebührentarifes auf Schaufenster- und Ladenbeleuchtung ist der Tarif des Berliner Elektrizitätswerkes, der 42.— M. je kW und Jahr Leistungspreis und 16 Pfg. je kWh Arbeitspreis verlangt. Der Strompreis für Ladengeschäfte wird in Berlin bei etwa 18 Pfg./kWh liegen (selbst der Kleinabnehmer, zum Beispiel Haushaltungen etc., bezahlt im Durchschnitt in Berlin für die kWh, soweit er Abnehmer der „Bewag" ist, 23 Pfg.). Im allgemeinen wird ein Doppeltarif für Beleuchtung von Läden und Schaufenstern derart in Deutschland eingeführt, daß nach 7 Uhr abends etwa die Hälfte des Strompreises angerechnet wird und dieser Strompreis bis 6 Uhr früh gilt.

Das Nürnberger Elektrizitätswerk ist soweit gegangen, den Strompreis für Laden- und Schaufensterbeleuchtung auf 10 Pfg. per kWh festzusetzen (dreifacher Tarif).

In München ist seit längerer Zeit eine Verbilligung des Laden- und Schaufensterstrompreises, der normalerweise 40 Pfg./kWh beträgt von 7 Uhr abends bis 8 Uhr früh auf 16 Pfg./kWh festgesetzt.

In Stettin haben die städtischen Werke ihren Strom für die Schaufenster- und Ladenbesitzer von 7 Uhr abends ab um 50 vH ermäßigt (statt 50 Pfg., 25 Pfg./kWh).

Das Elektrizitätswerk Leipzig hat einen Grundgebührentarif, bei dem die Arbeitsgebühr 27 Pf./kWh beträgt, die Leistungsgebühr 66 Mk. je kW und Jahr. Für Ladenbesitzer, welche mehr als 100 kWh je Monat verbrauchen, ermäßigt sich der Strompreis von 9 Uhr abends bis 6 Uhr früh auf 9 Pf./kWh.

Das Elektrizitätswerk Görlitz hat seit dem Herbst 1925 eine Verbilligung des Laden- und Schaufensterstrompreises, der normalerweise 45 Pfg/kWh beträgt, von 7 Uhr abends bis mindestens 11 Uhr nachts auf 20 Pfg/kWh eintreten lassen. Eine besondere Zählung findet nicht statt, sondern die Zahl der Lampen und deren Wattzahl werden dem Elektrizitätswerk auf besonderen Formularen mitgeteilt, und es findet eine Gutschrift der Differenz von 25 Pfg/kWh auf die Monatsrechnung statt, wobei die Stunden von 7 Uhr abends bis mindestens 11 Uhr nachts verrechnet werden. Der Erfolg seit Einführung war so gut, daß in einem Jahre die Anzahl der Geschäftsleute, die davon Gebrauch machen, sich verdoppelt hat.

Das Elektrizitätswerk Rostock i. Mecklenburg hat seit einiger Zeit eine Verbilligung des Laden- und Schaufensterstrompreises, der normalerweise 45 Pfg beträgt, von 7 Uhr bis 9 Uhr abends an Werktagen und an Sonntagen von 5 bis 8 Uhr abends auf 25 Pfg/kWh festgesetzt. Eine doppelte Zählung tritt wie in Görlitz nicht ein, sondern die Anzahl der Lampen und deren Wattzahl werden dem Elektrizitätswerk mitgeteilt und es findet eine Gutschrift der Differenz von 20 Pfg/kWh auf die Monatsrechnung statt, wobei die Stunden, wie oben angegeben, eingesetzt werden.

Das Stuttgarter Elektrizitätswerk hat für Ladenbesitzer einen Grundgebührentarif (sogenannter Tarif II) und verlangt einen Leistungspreis von 108 M für jedes kW und 15 Pfg Arbeitspreis für die kWh. Die Stromabgabe innerhalb dieses Tarifes nahm im Jahre 1926/27 gegenüber dem Vorjahre um 50 vH zu. Da aber in diesen Tarif II ein Teil der Abnehmer des Tarifes I im Verlaufe des Jahres hinüber genommen wurde und damit der Lichttarif I um 7 vH gegenüber dem Vorjahre abgenommen hat, ist die Zunahme von 50 vH nicht allein auf die Schaufenster-Lichtwerbung zurückzuführen. Rechnet man beide Tarife ineinander, so ergibt sich eine Zunahme der Lichtstromabgabe für Schaufenster, Geschäfts- und Büros, also ohne Wohnungen und

[3]) Für die Zwecke der Reklamebeleuchtung haben die Wiener Städt. Elektrizitätswerke folgende Tarife festgesetzt:

Tarif I. Ab 18 Uhr ein 5 bis 20prozentiger Rabatt auf den Lichtstrompreis bei vollkommen freier Wahl der Brenndauer, und zwar bei einem Mindestverbrauch in sechs Wochen von

250	Hektowattstunden . .	5 vH
500	„ „ . .	8 „
1000	„ „ . .	12 „
1500	„ „ . .	15 „
2000	„ „ . .	17 „
2500	„ „ . .	18 „
3000	„ „ . .	19 „
4000	„ „ . .	20 „

Tarif II. 50 vH Rabatt auf den Lichtstrompreis nach 18 Uhr bei täglicher Benützung der Reklamebeleuchtungsanlage bis mindestens 22 Uhr.

Tarif III. Ab 18 Uhr für Saisongeschäfte ein 35prozentiger Rabatt auf den Lichtstrompreis bei täglicher Benützung der Reklamebeleuchtungsanlage bis mindestens 22 Uhr. Die Schriftleitung.

Digitized by Google

ohne Kraft- und Wärmeabgabe, von 24 vH. Die Gesamtspitze stieg gegenüber dem Vorjahre um 12·6 vH. Selbst wenn man der Schaufenster-Beleuchtung und der Lichtreklame den hohen Anteil der Spitzenerhöhung von 10 vH zuschiebt, so bleibt diese Zunahme noch immer bedeutend kleiner als die prozentuale Zunahme der reinen Lichtstromabgabe von 24 vH. Also, ungünstig gerechnet, ist die Erhöhung der abendlichen Stromabgabe zweieinhalb mal so groß wie die Erhöhung der Spitze.

Zum Schluß werfen wir noch einen Blick auf die Bedeutung der Schaufenster-Beleuchtung im Rahmen der Elektro-Stromversorgung. Wir können in Deutschland mit rund 1 Mill. Ladengeschäften rechnen. Diese Zahl ist aus folgenden Überlegungen geschätzt. Aus der Schaufenster-Lichtwerbung 1925[4]) ergab sich die Erfahrungszahl von mittleren Städten von 1 vH der Bevölkerungsziffer = Anzahl der in der Stadt vorhandenen Läden. Wir würden bei einer Bevölkerung von 62 Mill. also auf 620 000 Läden in Deutschland kommen. Diese Zahl ist jedoch sicher zu niedrig gegriffen, da Großstädte 2, sogar 2·5 vH der Bevölkerungsziffer an Läden aufweisen. In der amerikanischen Literatur finden wir für rund 110 Mill. Einwohner 2 Mill. Läden. Bei rund der Hälfte der Einwohner würden wir also auf 1 Mill. Läden kommen. Aus diesen zwei Überlegungen ergibt sich mit einem einigermaßen begründeten Wahrscheinlichkeitsfaktor die oben angeführte Zahl. Bedenken wir nun, daß die Schaufensterlichtwerbung 1926 eine weitere Erfahrungsziffer geliefert hat, nämlich, daß je Laden eineinhalb Schaufenster (genau 1·6 Schaufenster) zu rechnen sind, so haben wir in Deutschland mit 1·5 Mill. Schaufenstern zu tun. Rechnen wir nun je Schaufenster einen Anschlußwert von 1 kW, so erhalten wir für Deutschland einen Totalanschluß von 1·5 Mill. kW. Bei einer Benutzungsdauer von 1500 Stunden erhalten wir mithin einen Absatz von 2·25 Milliarden kWh im Jahre. Rechnen wir nun mit dem sicher zu tief gegriffenen Werte von 10 Pfg für die kWh, so erhalten wir eine jährliche Bruttoeinnahme von 225 Mill. M, ein gewiß nicht unbedeutendes Geschäft! Rechnen wir ferner mit einem Anlagewerte von 600 M je Schaufenster, so erhalten wir ein investiertes Kapital von 900 Mill. M in der elektrischen Installation der deutschen Schaufenster. Der Kapitalumschlag wäre mithin rund 25 vH.

Nicht von der Hand zu weisen ist die Erhöhung der Spitze der Elektrizitätswerke durch einwandfreie Schaufensterbeleuchtung. Im Grunde ist dies eine selbstverständliche, notwendige Folge, und, da die Benutzungsdauer der Spitze genügend groß ist, durchaus kein Hinderungsgrund gegen ihre Einführung.

Um die Schaufensterbeleuchtung möglichst rasch auf ein der modernen Beleuchtungstechnik entsprechendes Niveau zu bringen, sind in der Schaufensterlichtwerbung die preiswerten Tarife die Hauptmittel. Zweckmäßig wird das Elektrizitätswerk noch ein Demonstrationsschaufenster, richtig und falsch beleuchtet, das automatisch die richtige und falsche Beleuchtung mit Erklärung abwechselnd einschaltet, aufbauen. Am zweckmäßigsten wird das aufleuchtende Schild zugleich die Wattstärke der Anlage und die resultierende Beleuchtungsstärke angeben.

Die Kostenanalyse und die Kundenkartothek sind ferner zwei unerläßliche Mittel, um den Puls des Fortschrittes der Elektrifizierung im Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerkes zu fühlen. Erst hierdurch wird auch ein Vergleich der erreichten Elektrifizierungsgrade in den einzelnen Versorgungsgebieten Deutschlands möglich. Da aus diesen auch die Benutzungsdauer als Funktion des Tarifes sich ergeben muß, so können wichtige Rückschlüsse auf die Gestaltung der Tarife gemacht werden.

[4]) Vgl. „Die Lichttechnik" 1928, Heft 1, S. 11.

Schalteinrichtungen für Reklame- und Straßenbeleuchtung.

Von Dr. techn. Adolf **Velisek**, Wien.

Vom wirtschaftlichen Standpunkte sind die Bestrebungen nach möglichster Intensivierung der Auslagen- und Reklamebeleuchtung sehr zu begrüßen und es ist daher selbstverständlich, daß auch die stromliefernden Unternehmen durch entsprechende Rabattierung der Stromtarife dazu beitragen, das Straßenbild unserer Städte ähnlich wie in anderen Ländern mit einer noch weit wirksameren, lebhafteren und eindringlicheren Lichtreklame zu versehen.

Auch die Wiener Elektrizitätswerke haben diesen Bestrebungen Rechnung getragen und führten schon vor längerer Zeit besondere Tarife für Reklamebeleuchtung ein, wobei unter Reklamebeleuchtung nicht nur die außerhalb der Geschäfte installierten Beleuchtungskörper, sondern auch die gesamte Auslagenbeleuchtung verstanden ist[1]).

Um die Rabattabrechnung zu ermöglichen, muß die gesamte Auslagen- und Außenbeleuchtung von der übrigen Geschäftsbeleuchtung getrennt und an einen eigenen Zähler angeschlossen werden. Erfolgt die Verrechnung nach dem Doppeltarifsystem, so verwendet man am besten einen Spezialzähler mit zwei Zählwerken, von

[1]) Vgl. eine Zusammenstellung der Tarife auf S. 27 dieses Heftes.

Digitized by Google

NEON-LEUCHTRÖHREN

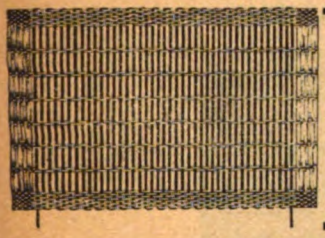
ERZEUGUNG

URBAN & Co

SPEZIALUNTERNEHMEN FÜR MODERNE LICHTREKLAME

Telephon 46-1-91 WIEN II, VEREINSGASSE 9 Telephon 46-1-91

Wiederverkäufer Rabatt • Vertretungen zu vergeben



Elektrische Heizgitter für starke Wärmeentwicklung

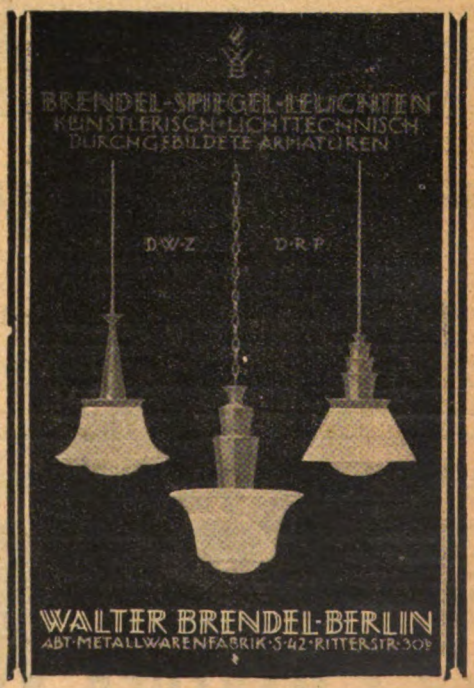
Widerstandsgitter / Widerstandsbänder / Elektrische Öfen
für Zimmer-, Fabrikssaal-, Garagenbeheizung, Trockenanlagen

SEBASTIAN SCHÖPF, Elektro-Unternehmen, Innsbruck, Kirchgasse 6

ALEXANDER SZURAN, Wien I, Schottenring 33

Telephon 16-2-79

Verkaufsbüro und Lager für Österreich der Fabrik elektrischer Glühlampen, **GUSTAV GANZ & Co., Wien**

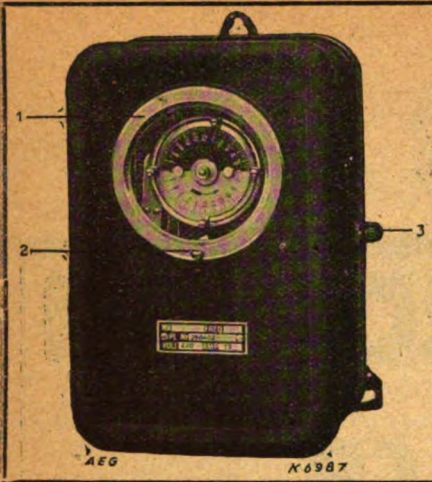


Zur Frühjahrsmesse vom 4.—10. März

HAUS DER ELEKTROTECHNIK

Stand 67

Digitized by Google



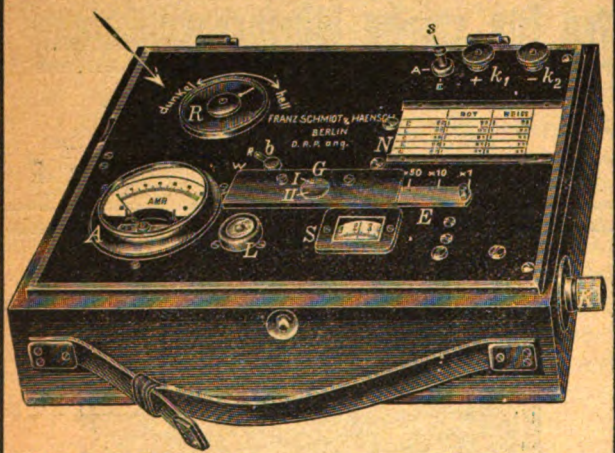
SCHALTUHREN

FÜR LICHTREKLAME,
HEISSWASSERSPEICHER, STRASSEN-
BELEUCHTUNG ETC.

AKT. GES. FÜR ELEKTR. BEDARF, WIEN
VII, NEUBAUGASSE 15 TELEPHON 38560—62

Franz Schmidt & Haensch

Optisch-mechanische Werkstätten
Berlin S 42 Prinzessinnenstraße 16

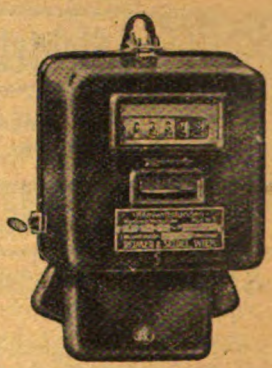


Neuer Beleuchtungsmesser (Luxmeter)
nach Bechstein,
auch in Verbindung mit Schatten-
werfeinrichtung nach Dr. Norden
zur Kontrolle von Beleuchtungsanlagen

Vertreter für die Österr. Republik **Oskar Orgel, Wien III** Ungargasse Nr. 15 Telephon 93-1-76

Die Qualitäts-Marke

Wechselstromzähler Type W 3



Mit Schutz gegen Stromdiebstahl

REIMER & SEIDEL

ELEKTRIZITÄTSZÄHLER-FABRIK

WIEN XVIII, RIGLERGASSE 4

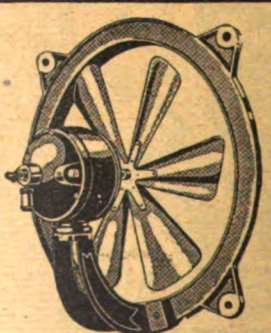
Spezialwerkzeuge für Elektrotechniker

Flaschenzüge, Froschklemmen, Steig-
eisen, Sicherheitsgürtel, Lötlampen, Löt-
kolben, Zangen aller Art, Mauerbohrer,
Bohrapparate etc. sowie sämtliche
Werkzeuge für Werkstätten und
Montage • Betrieb

PICK & MAUTNER

Wien

VI, Gumpendorferstr. 124, Telefon 4120
Preisliste E und Offerte auf Verlangen



Gleich-, Wechsel- und Drehstrom-Motoren in Einheitstypen
1/4, 1/3 u. 1 PS

Ring-Ventilatoren
Blackman-Ventilatoren
Doppelschraubenventilatoren

Schmiedefeuer-Ventilatoren
Umformer- u. Ladeaggregate

Kabé Kleinmotoren- u. Ventilatorenfabrik A.-G.

WIEN XVII, ROSENSTEINGASSE 83—85 / Tel. 24-302 u. 63-2-58
Verlangen Sie Prospekt oder Spezialangebot!

Digitized by Google

denen das eine den Stromverbrauch, beispielsweise von 18 bis 7 Uhr, und das andere jenen von 7 bis 18 Uhr registriert. Das Einschalten solcher Anlagen bei Eintritt der Dämmerung, bezw. deren Ausschalten um 22 Uhr oder später geschieht derzeit meistens von Hand aus oder mittels einer in den Lichtstromkreis einzubauenden Schaltuhr, kann aber auch mittels selbsttätiger Weiterschalter erfolgen, wobei eine mit dem Doppeltarifzähler kombinierte Schaltuhr sowohl das Umschalten der Zählwerke als auch die Betätigung der Weiterschalter besorgt.

Im folgenden soll nun die prinzipielle Wirkungsweise dieses automatisch gesteuerten Doppeltarifsystems näher beschrieben werden.

rifes erfolgt automatisch durch die Schaltuhr mit Hilfe der sogenannten Tarifschaltwalze, welche das Zählerrelais steuert.

Die Schaltuhr besteht aus einer 24-Stundenscheibe, einem Gehwerk, aus einer mit entsprechenden Kontakten versehenen Tarifschaltwalze, ferner — wie Abb. 1 zeigt — aus einer Schützenschaltwalze *S* und besitzt schließlich noch einen selbsttätigen elektrischen Aufzug. In die 24-Stundenscheibe sind eine Reihe von Schaltstiften eingeschraubt, welche im Verlaufe eines Tages bei einmaliger Umdrehung der Stundenscheibe auf entsprechenden Hebeln zum Anschlag gelangen, womit dann die Schaltbewegung der beiden Walzen ausgelöst wird. Die Schaltstifte

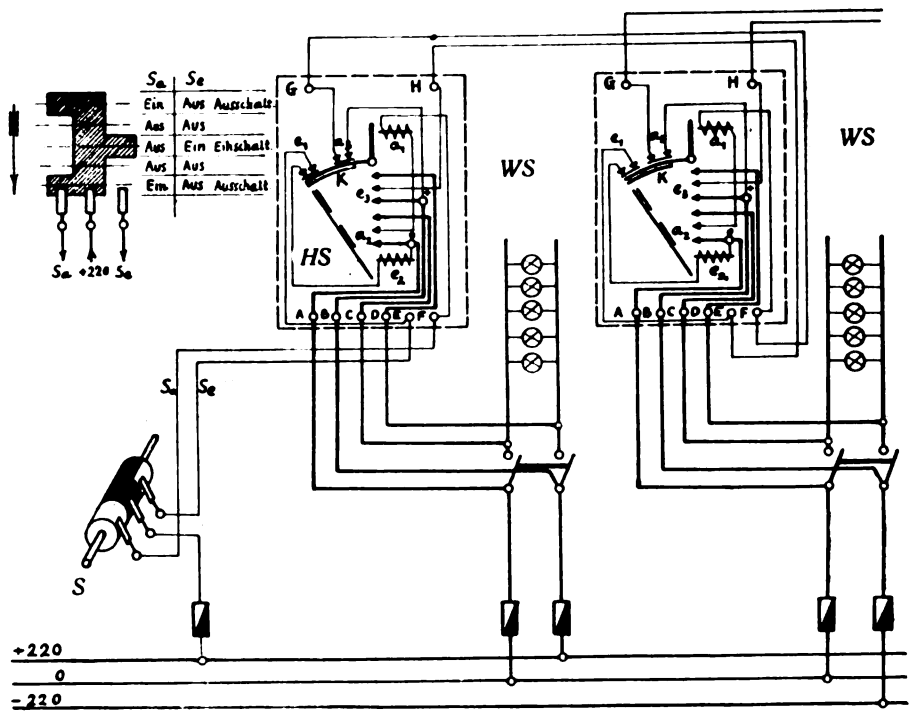


Abb. 1. Schaltungsschema einer Lichtreklameanlage (Doppeltarifsystem) mit mehreren Weiterschaltern.

Eine derartige Lichtreklameanlage besteht aus einem Doppeltarifzähler zur Registrierung des Verbrauches nach Tarifzeiten, ferner aus einer elektrischen Schaltuhr zur Steuerung der beiden Zählerwerke des Zählers und zur Steuerung des Ein- und Ausschaltens des Lichtstromkreises, dann aus mehreren Weiterschaltern, welche die von der Schaltuhr verlangten Schaltvorgänge bei den einzelnen Lampengruppen durchführen und schließlich aus den notwendigen Schalt- und Steuerleitungen. Sehr häufig findet man auch einfache Handschalter vor, welche den Schützenschaltern parallel geschaltet werden, um die Anlage unabhängig von den Schaltzeiten jederzeit einschalten zu können.

Der Zweifachtarifzähler besitzt ein Relais und ein Zählwerk mit zwei von gemeinsamer Welle angetriebenen Ziffernreihen, von denen mit Hilfe einer Kupplung jeweils nur eine mit der Antriebswelle in Eingriff steht. Die Umschaltung des Ta-

können beispielsweise so eingesetzt werden, daß von der Schaltuhr folgende Schaltungen gesteuert werden:

1) Ausschalten des normalen Lichttarifes und Einschalten des ermäßigten Lichttarifes um 18 Uhr.
2) Ausschalten des ermäßigten Lichttarifes um 7 Uhr und Wiedereinschaltung des normalen Lichttarifes.

} mittels der Tarifschaltwalze

3) Astronomisches Einschalten der Reklamebeleuchtung bei Einbruch der Dämmerung.
4) Ausschalten der Reklamebeleuchtung um 22 Uhr.

} mittels der Schützenschaltwalze

Die Schützenschalter finden als Leistungsschalter sowohl bei Reklame- und Schaufensterbeleuchtung als auch für Warmwasserspeicher und Speicheröfen in Verbindung mit Schaltuhr und Mehrfachtarifzähler Anwendung, um die von der Schaltuhr durch Steuerströme angezeigten Schal-

Digitized by Google

tungen durchzuführen[2]). Sie werden nötigenfalls mit Fortschaltekontakten versehen, um bei größerem Anschlußwerte der Anlage die gesamte Schaltleistung zwecks Vermeidung von allzugroßen

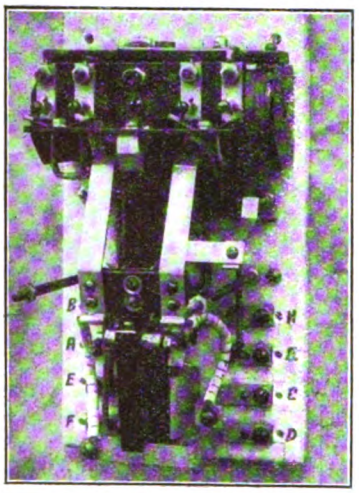


Abb. 2. Zweipoliger Weiterschalter mit Ein- und Ausschaltspule, Weiterschaltkontakten und Zeithemmwerk für eine Reklamebeleuchtungsanlage.

Stromstößen auf mehrere Weiterschalter zu verteilen.

In diesem Falle sind dann die Weiterschalter *WS* mit einer kurzen Zeitverzögerung ausgerüstet, um diese nicht gleichzeitig, sondern in Intervallen von zirka 1 sek zum Anschluß bringen zu können. Die Schalter sind zweipolig ausgeführt (e_3, a_2) und besitzen zwei Systeme von Steuerkontaktstellen, welche den Steuerstrom der Schützenschaltwalze

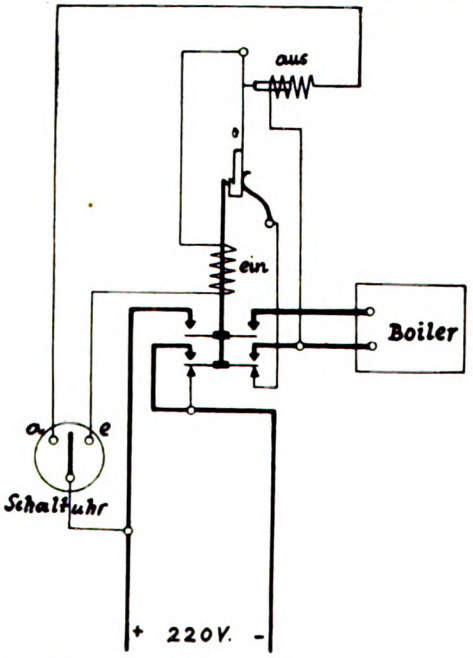


Abb. 3. Schaltschema eines zweipoligen Boilerschalters.

an die entsprechende Schaltmagnetspule des Schalters weiterleiten, resp. einen Steuerstrom dem nächstfolgenden Weiterschalter vermitteln.

[2]) Vgl. Tippelt: Schaltuhren für elektrische Verbrauchsapparate, in E. u. M. 1928, H. 10, S. 219.

Abb. 2[3]) zeigt einen derartigen Weiterschalter. Einen einfacheren, zweipoligen, sogenannten Boilerschalter mit Ein- und Ausschaltespule, aber ohne Weiterschaltkontakte und Zeithemmwerk zeigt im Prinzip das Schaltschema Abb. 3. Bei allen Weiterschaltern wird zweckmäßig eine Einrichtung vorgesehen, wonach sich die Schaltspulen nach erfolgtem Schaltvorgang selbsttätig unterbrechen. Es gibt Schalterausführungen, die für Ein- und Ausschalten zwei getrennte Spulen oder aber nur eine einzige Spule verwenden. Die Weiterschalter werden für eine Schaltenergie von 220 V und 10 A oder 110 V und 20 A, also für 2·2 kW gebaut. Soferne die Schaltleistung eine größere ist, werden mehrere Weiterschalter mit ebensoviel Stromkreisen verwendet.

Es sollen nun an Hand des Schaltschemas Abb. 1 die einzelnen Schaltvorgänge besprochen werden. Vorausgesetzt sei, daß die beiden Weiterschalter *WS* ausgeschaltet seien und der Zähler den normalen Lichttarif registrieren möge. Betätigt nun die 24-Stundenscheibe der Schaltuhr

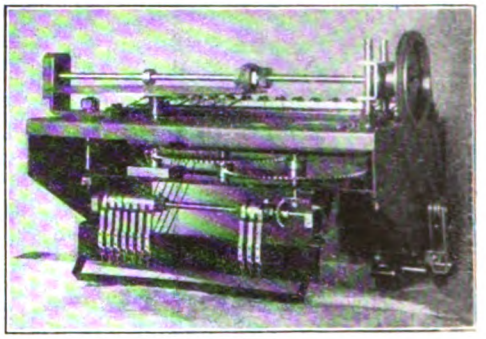


Abb. 4. Ölschaltwalze zur Steuerung von Beleuchtungseffekten.

mit ihren Schaltstiften zum Beispiel um 17 Uhr die Schützenschaltwalze *S*, so verbindet sie den +Pol der Sammelschiene über die Leitung S_6 zu Klemme *E* des Weiterschalters *WS* und von hier über e_1 zur Einschaltspule e_2, welche nun den Schalter *HS* einlegt. Wenn *HS* durch Berührung mit den Kontakten e_3, a_2 eingeschaltet hat, so fällt die Kontaktbrücke *K* und unterbricht dabei den Stromkreis der Einschaltspule e_2. Mit dem Einschalten des Schalters schließt sich aber auch der Hilfskontakt e_3, so daß Spannung über e_3 nach *H* und weiter zum Punkt *E* des folgenden Weiterschalters gelangt; damit erhält dessen Einschaltspule e_2 Strom und schaltet den zweiten Weiterschalter *WS* ein. Dieser Vorgang wiederholt sich nun vermöge der Zeitverzögerungseinrichtungen in Intervallen von je 1 sek so oft, als Weiterschalter vorhanden sind.

Um 18 Uhr betätigt ein Schaltstift der 24-Stundenscheibe über Hebelgestänge die Tarifschaltwalze, welche dem Zählerrelais Strom gibt.

[3]) Diese sowie die folgenden Originalaufnahmen der Apparate wurden mir von der Firma Scheiber & Kwaysser zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

Dieses schaltet nun den ermäßigten Lichttarif ein, so daß von da an die 2. Ziffernreihe des Zählers zum ermäßigten Stromtarif bei gleichzeitiger automatischer Sperre der 1. Ziffernreihe registriert.

Bei Betriebsschluß der Reklamebeleuchtung, also etwa um 22 Uhr, vermittelt ein Schaltstift der 24-Stundenscheibe der Schützenschaltwalze die nächste Schaltbewegung, wodurch die Abschaltsteuerleitung S_a Spannung erhält und diese über F dem Abschaltrelais a_1 zuführt. Da der Stromkreis des Abschaltrelais über die Kontakte a_2 geschlossen ist, erfolgt Auslösung des Schalters HS und gleichzeitig auch Unterbrechung des Abschaltsteuerstromes bei a_2. Die Kontaktbrücke K wird gehoben und schließt die Kontakte a_3, womit Spannung zum Punkt G und damit zum Punkt F des folgenden Weiterschalters gelangt. Hier wiederholt sich nun der gleiche Abschaltvorgang. Auch im Falle des Abschaltens pflanzt sich der Abschaltsteuerstrom vermöge der Zeitverzögerungseinrichtung in Intervallen von zirka 1 sek von einem Schütz zum anderen fort, bis endlich alle Stromkreise ausgeschaltet sind.

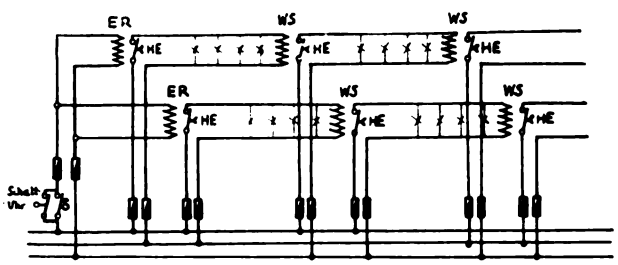


Abb. 5. Schaltschema einer automatischen Straßenbeleuchtungsanlage (Parallelschaltung).

Um 7 Uhr betätigt nunmehr noch ein letzter Schaltstift der 24-Stundenscheibe die Tarifschaltwalze, welche jetzt den ermäßigten Lichttarif wieder aus- und gleichzeitig den normalen Lichttarif einschaltet. Damit ist der Kreislauf, der sich an Schaltvorgängen in 24 Stunden vollzieht, beendet und es kann bei Einbruch der Dämmerung das Spiel von neuem beginnen.

Erwähnt soll noch werden, daß eine Reklamebeleuchtungsanlage häufig auch verschiedentliche Beleuchtungseffekte aufweisen soll, wozu eine Reihe von Schützen, Schaltwalzen usw. notwendig ist. Eine neue Konstruktion einer derartigen vollständig in Öl arbeitenden Schaltwalze zeigt Abb. 4, bei welcher durch Verschieben des Friktionsrades auf der Tellerscheibe die Geschwindigkeit des gesamten Schaltmechanismus kontinuierlich geregelt werden kann. Die einzelnen Kontakte schalten Spannungsspulen kleiner Leistung, welche dann mit Hilfe von Schützen die größeren Leistungsschaltungen durchführen. Eine derartige Schaltwalze war in erstmaliger Ausführung auf der Ausstellung „Wien und die Wiener" im Frühjahr 1927 in dauerndem Betrieb und hat sich sehr gut bewährt.

Ähnlich wie bei der Reklamebeleuchtung von einer Zentralstelle aus alle notwendigen Schaltvorgänge durch Weiterschalter automatisch übertragen werden können, kann man auch bei der elektrischen Straßenbeleuchtung die bisher für jede einzelne Lampengruppe vorgesehenen Schaltuhren

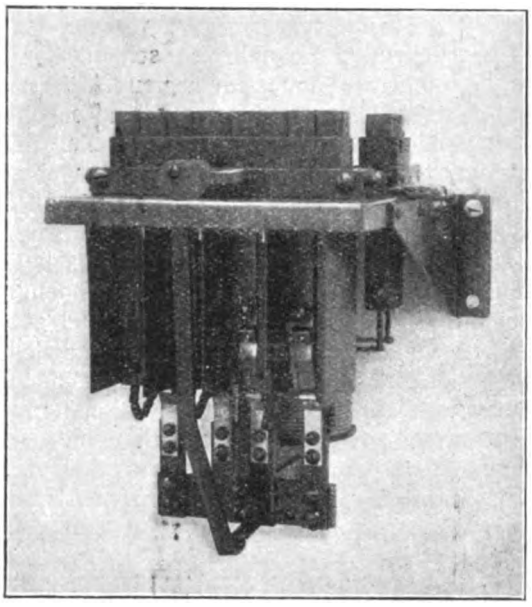


Abb. 6. Einpoliger Weiterschalter für gleichzeitiges Schalten von vier Stromkreisen.

durch eine Zentralschaltuhr ersetzen, welche mit Hilfe von Einschalt- und Weiterschaltrelais eine beliebige Zahl von Lampenserien, von welcher wieder jede Serie in mehrere Gruppen unterteilt sein kann, zu einstellbaren Zeiten zu- und abschalten kann. Die Schaltuhr versieht man in diesem Falle am besten mit einem Präzisionswerk

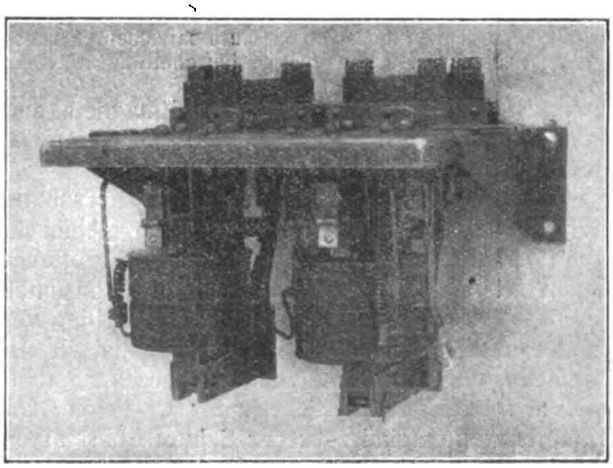


Abb. 7. Einpoliger Weiterschalter für zwei Stromkreise mit getrennter Schaltzeit (ganz- und halbnächtige Beleuchtung).

mit astronomischer Selbsteinstellung der Schaltzeiten, um Kontrolle und Wartung auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Der Vorteil, der sich durch die zeitlich verzögerte Einschaltung der einzelnen Stromkreise und die damit verbundene Herab-

Digitized by Google

setzung des Einschaltstoßes ergibt, bleibt natürlich auch hier so wie bei den Weiterschaltern für Reklamebeleuchtung voll erhalten.

Abb. 5 zeigt nun beispielsweise das prinzipielle Schaltbild einer Straßenbeleuchtungsanlage bei Verwendung einer Zentralschaltuhr, welche mittels ihrer Schützenschaltwalze Stromimpulse an zwei Einschaltrelais *ER* gibt, welche dann die zunächst liegenden Stromkreise schließen. Die an diese Stromkreise angeschlossenen Weiterschaltrelais *WS* werden nunmehr erregt und schalten so den folgenden Stromkreis zu. Wie das Schema zeigt, werden die Weiterschalter jeder einzelnen Gruppe so an die Netzspannung gelegt, daß deren Relais durch die vorhergehende Lampengruppe erregt wird und der durch dieses Relais betätigte einpolige Schalter die nachfolgende Lampengruppe einschaltet. Die in der Zeichnung parallel geschalteten Einschaltrelais *ER* können natürlich bei entsprechender Wicklungsauslegung auch in Serie gelegt werden, ebenso ist es auch möglich, die Weiterschaltrelais statt mit einer Spannungswicklung mit einer Stromwicklung zu versehen, um sie in Serie mit den einzelnen Lampengruppen zu schalten. Bedingung für diese Anordnung ist bloß, daß dann die Schaltmagnete auch noch bei zirka 40%iger Belastung des Lampenkreises sicher ansprechen.

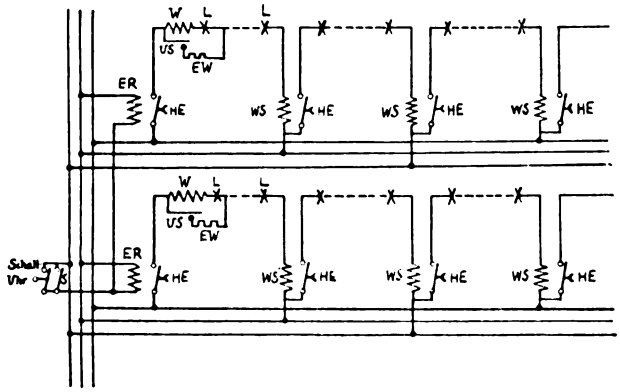


Abb. 8. Schaltschema einer automatischen Straßenbeleuchtungsanlage (Serienschaltung).

Abb. 6 zeigt einen einfachen Weiterschalter mit einer Magnetspule zum einpoligen gleichzeitigen Schalten von vier Stromkreisen in offenem Zustande. Da man von diesen Apparaten unbedingte Zuverlässigkeit bei geringster Wartung verlangen muß, baut man sie zweckmäßig als Ölschützen, da dann sämtliche Unterbrechungsstellen und alle beweglichen Teile unter Öl liegen. Den Hauptkontakten sind zu deren Schutz Abbrennkontakte vorgesetzt, ein kleiner Umleghebel gestattet durch einfachen Handgriff Handbetätigung des Schalters. Die Ausschaltestromstärke beträgt bei Wechselstrom bis 380 V oder Gleichstrom 250 V zirka 15 A, bei Gleichstrom 440 V zirka 8 A und bei Gleichstrom 650 V zirka 6 A. Dieser Weiterschalter kann auch so gebaut werden, daß er — wie früher — eine Magnetspule zum gleichzeitigen einpoligen Schalten mehrerer Stromkreise besitzt und so konstruiert ist, daß bei einer eventuell erforderlichen Revision kein einziger Verbindungsdraht gelöst zu werden braucht. Ein einfaches Herausziehen des Apparates aus dem Ölkessel ähnlich wie bei einer Steckvorrichtung wird durch Messerkontakte ermöglicht. Die Abb. 7 zeigt einen ähnlichen Weiterschalter mit zwei Magnetspulen zum Schalten der ganznächtigen und halbnächtigen Beleuchtung, deren jede Spule separat von Hand betätigt werden kann. Bemerkenswert ist noch die Zweiteiligkeit der Spulen, um diese durch Parallel- resp. Serienschaltung gleichzeitig für zwei verschiedene Spannungen verwendbar zu machen.

Vom wirtschaftlichen Standpunkte ist auch noch eine andere Schaltanordnung der Beleuchtungskörper zu empfehlen, in der mehrere, etwa je fünf Lampen, bei 220 V in Serie geschaltet werden. Bei dieser Serienbeleuchtung muß dann Sorge getragen werden, daß beim Durchbrennen einer Lampe die anderen Lampen der Serie weiterbrennen können. Dies geschieht dadurch, daß jeder einzelnen Lampe ein ihr entsprechender ohmscher Widerstand parallel gelegt wird, der an ihrer Stelle beim Durchbrennen der Lampe von einem Umschaltrelais automatisch in den Lampen-Stromkreis geschaltet wird. Im übrigen bleibt die schon beschriebene Anordnung ungeändert. Abb. 8 zeigt das Schaltungsschema für diesen Fall. Man findet wieder die automatische Zentralschaltuhr, *S* ist ein zu ihr parallel gelegter Handschalter, um die Lampenserien auch außerhalb der normalen Brennzeit oder im Falle eines Versagens der Schaltuhr einschalten zu können. *L* sind die Lampen, *EW* deren Ersatzwiderstände und *US* die Umschaltrelais. Die Wicklung W dieser Umschaltrelais ist in Serie mit den Lampen geschaltet, sodaß sie stromlos wird, sobald die zugehörige Lampe durchbrennt. Das Relais fällt dann ab und schaltet den der Lampe entsprechenden Ersatzwiderstand in den Stromkreis. Die Unterbringung von Umschaltrelais und Ersatzwiderstand erfolgt in der Lampenarmatur oder in den Mastsockeln. Das Umschaltrelais ist kompendiös und ist in ein tropfwasserdichtes Gehäuse montiert. Es zeichnet sich durch geringen Eigenverbrauch aus, sodaß fünf solcher Umschalter pro Serie nur 2 V Spannungsabfall hervorrufen. Der Ersatzwiderstand ist so bemessen, daß er nach entsprechender Einstellung den gesamten Wattverbrauch der zu ersetzenden Lampe übernehmen kann. *WS* und *HE* sind wieder, wie früher, die Weiterschaltrelais mit vorgesehener Handeinschaltung.

Digitized by Google

SCHMIDT & Co.

Fabrik isolierter Drähte u. Kabel

Wien II, Untere Augartenstr. 15—17

Telephon 40-1-94 Telegr.-Adr.: „Schmidtkabel"

Leitungsdrähte, Glühlichtschnüre, Wachsdrähte, Baumwoll- u. Seidendrähte, Tasterschnüre etc.

Außer Kartell!

Verlangen Sie bitte unsere Preislisten

Kugellager und **Stahl-Kugeln** **Bronce-Kugeln**

in jeder Dimension und für jeden Zweck prompt ab Lager lieferbar

Biegsame Wellen und Apparate für alle Industriezwecke

F. Kvasnička, Wien, XIII.

Tel. 80371 Linzerstr. 47 Tel. 80371

SPEZIALITÄT:

Kugellager-Einbau in neue und bestehende Maschinen

MARKE „PLANIA"

Dynamo- und Motoren-Bürsten

aller Art in erstklassiger, unübertroffener Qualität

Kinokohlen **Elementkohlen**

SCHWARZ & MAROS

Schwechat, Tel. 99-0-86

Wien V, Hamburgerstraße 12, Tel. 94-64

Ständiges Lager aller gangbaren Sorten

Alleinvertretung der

Rütgerswerke Aktiengesellschaft, Abteil. „PLANIAWERKE"

CHARLOTTENBURG 2

KANDEM-

Tageslichtlampen

zur Vermeidung grober Farbenunterschiede in Sortier- und Prüfräumen Verkaufsräumen

Allgemein- u. Platz-Beleuchtung!

Telephon Nr. 59180

H. Pöchhacker & Co.

Wien IV, Wiednergürtel 6

Verkaufsbüro für Österreich, Ungarn u. S. H. S.

Wien V, Bräuhausgasse 63

Fernsprecher: 53-4-62 Tel.-Adr.: Kunstkohle

Digitized by Google

FORMSTÜCKE

aus

Spritzguß

Zink **Aluminium** Hartblei

Weißenseeguß A. G. Berlin-Weißensee

(Inhaberin der Doehlerpatente)

Kostenlose Angebote nach Muster oder Zeichnung

Porzellan u. Fayence

Rauschert-Konzern (Paul Rauschert G. m. b. H. & Gebr. Pohl A. G.)

Fabriken: Hüttengrund — Schmiedeberg im Riesengeb. — Rothenkirchen — Steinbach am Wald — Steinwiesen

Steatit

von Döbrich & Heckel G. m. b. H. Lauf bei Nürnberg

(Isolierteile, wie Büchsen, Reiter, Scheiben für Fassungen, Schalter, Heiz- und Kochapparate etc.)

Zinn-Spritzguß

f. Zählerteile wie Zahlenrollen, Triebe etc.

Otto Hardtmann,
Spritzgußfabrik,
Berlin O 27

Alleinvertretung für Österreich:

Techn. Büro

ADOLF KASTNER

WIEN, XIX.,

Springsiedelg. 36

Tel. A 15-2-29

Zählwerke

mit Zahlenrollen und Scheiben (Hub- und Umlaufzähler Drahtmeßapparate, etc.)

Ernst Hardtmann,
Zählerfabrik,
Berlin O 27

Uhrwerke

Laufwerke,
Zeitauslösungen,
Uhrwerke für registrierende Apparate, Schaltuhren, Zeigerwerke f. elektr. Zähler u. Gasmesser, Hemmwerke f. aut. Schalter, Belichtungsuhren für Kopierlampen etc.

T. Baeuerle & Söhne,
St. Georgen im Schwarzwald

Präzisions-Schrauben

Muttern etc.

von der Spezialfabrik
Präzisions-Schraubenfabrik Fahr & Co.
Weil-Friedlingen
bei Leopoldshöhe, Baden

Der transportable **De Laval**

Ölreinigungs-Separato

reinigt

unübertroffen, **ohne Filter**

Transformatoröle

von Wasser und Schmutz

BERGEDORFER EISENWERK A/G

WIEN XII. Wienerbergstraße 31 - Tel. 83-3-93

Digitized by Google

Neue Wege der Lichtreklame in Deutschland.

Unter den bisher gebräuchlichen Formen der Lichtreklame nimmt heute die Flutlichtbeleuchtung einen ganz besonderen Platz ein. Sie besteht bekanntlich darin, daß Reklamewände, Häuserfassaden und dgl. mehr nach Einbruch der Dunkelheit durch Reflektoren beleuchtet werden; vorausgesetzt, daß die Beleuchtungsstärke genügend hoch und die Beleuchtung gleichmäßig ist, werden auf diese Weise ganz vorzügliche Wirkungen hervorgerufen[1]).

Besonders günstige Objekte für Flutlichtbeleuchtungen sind vor allem die Reklametexte an den Feuermauern der Häuser, denn diese, mit großen Textbuchstaben und Bildern bemalten Flächen ergeben bei entsprechender Stärke und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ein gut leserliches und werbewirksames Bild, vorausgesetzt, daß eine genügend große Zahl von Reflektoren in entsprechenden Abständen voneinander angeordnet wird und deren Stellung zu den beleuchteten Flächen eine Spiegelung unbedingt vermeidet.

Ein außerordentlich gutes Beispiel für eine moderne Geschäftshausbeleuchtung, bei welcher allerdings auf das Hervorheben der architektonischen Gliederung des Hauses kein Wert gelegt wurde, ist das Kaufhaus des Westens an der Ecke Wittenbergplatz—Tauentzienstraße in Berlin, das in seiner Gesamtheit wirkungsvoll beleuchtet erscheint, ohne Einzelheiten besonders zu betonen. Eine starke Fassadenbeleuchtung durch vier Flutlichtbatterien auf hohen Masten zu je fünf Lampen läßt das Kaufhaus imposant aus seiner Umgebung hervortreten, wobei eine Neonanlage auf dem Dache die Gesamtwirkung erfolgreich erhöht.

Ein Beispiel für die Mannigfaltigkeit der Mittel, deren sich heute der moderne Lichtreklametechniker bedient[2]), welches zeigt, wie an frequentierten Punkten der Stadt die Reklameanlagen jeden verfügbaren Raum für sich in Anspruch nehmen, um von dort aus ihre wirkungsvolle Sprache zu sprechen, ist zweifellos das Europahaus am Askanischen Platz vor dem Anhalter Bahnhof in Berlin. Früher eine wenig auffallende Gegend, die keineswegs die ankommenden Reisenden großstädtisch angemutet hat, besitzt heute der Platz durch die zahlreichen Reklameanlagen in den verschiedensten Ausführungsarten, die teilweise durch ruhendes, teilweise durch bewegtes Licht werben, durchaus das Gepräge eines modernen Geschäftsviertels, wozu noch kommt, daß die gesamte Anlage auch bei Tag eine vorzügliche Wirkung ergibt. Den Hauptteil der Hausfront (Abb. 1), die etwa 30 m lang und 18 m hoch ist, nimmt die von der AEG gebaute Reklame der Film-A.-G. Phoebus in Anspruch, welche aus offenen Leuchtbuchstaben gebildet ist, ebenso wie die im Mittelrechteck auswechselbar montierten Buchstaben, die den Titel der jeweils aufgeführten Filme anzeigen. Diese Textzeilen werden von in drei Reihen angeordneten Glühlampen gebildet, die, der Buchstabenform entsprechend, in Leuchtkanälen angeordnet sind, wobei in der Mitte eine Reihe gelbgetönter Lampen liegt, die zu beiden Seiten von weißen eingesäumt sind. Die Umrahmung des Filmtitels und die beiden, an den Enden der ersten Textzeile angebrachten Sterne beleben durch ihr flimmerndes Licht die gesamte

Abb 1.

Reklamefront. Die Tageswirkung dieser Texte hingegen ist nicht besonders günstig und erscheint bei den Worten „Hefter" und „Mokka Express" durch den abgedeckten Leuchtkanal bedeutend verbessert, da die Lampen in diesem Falle durch gekantete Platten vollkommen abgeblendet werden. — Durch Anbringung dieser Platten wird das Licht, welches die Glühlampen direkt ausstrahlen bezw. der diffuse Leuchtkanalanstrich reflektiert, nur durch den Spalt zwischen Kastenwand und Abdeckung austreten. — Geringere Tageswirkung besitzen die Texte „Vossische Zeitung", „Ullstein" und „Europahaus Kasino". Die beiden ersteren erstrahlen in blauem Leuchtröhrenlicht, während die Worte „Europahaus Kasino" aus Neonleuchtröhren gebildet sind. Die Worte „Vossische Zeitung" erscheinen auf gelbem Grund, „Europahaus Kasino" auf weißem mit rosa Rand. Von allen Reklametexten besitzt jedoch das Wort „Ullstein", das in kräftigem, gelben Ton gehalten ist, die beste Tageswirkung. Auf dem Dache des Hauses befindet sich noch eine Wechselschriftanlage mit ungefähr 4000 Glühlampen zu 25 W.

[1]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1926, S. 31, 120; 1927, S. 20, 71.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, Heft 6.

Digitized by Google

Zwei weitere bemerkenswerte Lichtreklameanlagen[3]), die im Zusammenhange stehen mit dem Werbefeldzug der SSW für die Dienstbarmachung der Elektrizität zugunsten der Hausfrau, der unter dem Leitwort „Protos dient der Hausfrau" in die Öffentlichkeit tritt, wurden in allerletzter Zeit gebaut.

Die kleinere, bereits im März dieses Jahres geschaffene Anlage befindet sich am Askanischen Platz und besteht aus einem großen aus Neonleuchtröhren gebildeten Fünfeck (dem Protoswarenzeichen) vor einem vorhandenen Dachaufsatz; die Inschrift „Protos" erstrahlt in Leuchtbuchstaben, während an Stelle des

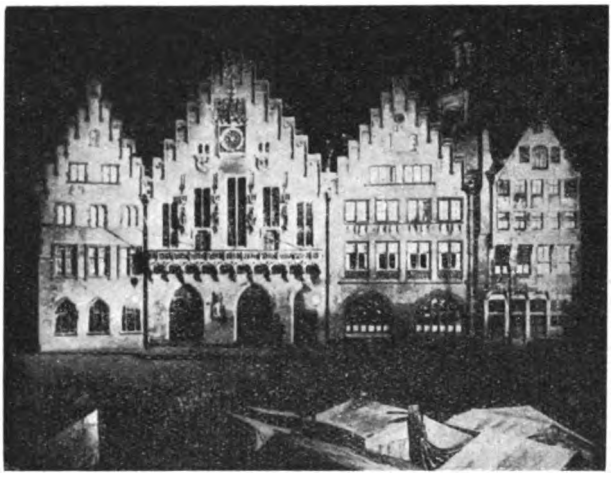


Abb. 2.

„SS" durchleuchtete Bilder von Protoserzeugnissen eingefügt sind, die sich in Zeitabständen von 10 sec mit entsprechenden Schriften (Bezeichnungen der Hausgeräte) abwechseln. Die Bilder sind auf einem laufenden Band untergebracht. Zur Zeit des Bildwechsels schalten die hinter dem Bilde befindlichen Scheinwerfer aus, um erst nach erfolgter Fortschaltung wieder aufzuleuchten, so daß nun in dem kreisrunden Fenster zunächst ein Text erscheint, der das nächste Bild ankündigt, nach weiteren 10 sec erscheint dann das Bild des angesagten Gerätes. Eine derartige Anlage mit auswechselbaren Bildern ist in dieser Größe bisher noch an keiner Stelle zu finden.

Die neuere und größere Anlage nimmt die Front eines Hauses am Kurfürstendamm ein und ist die größte bisher bestehende Einzellichtreklame in Deutschland überhaupt. Das fünfeckige Schild an der Kuppel mit dem Zeichen „SS" und das oben angeführte Leitwort in vier Zeilen angeordnet, bewirkt eine starke Hervorhebung der Hausecke. Den Zusammenhang der ganzen Reklame betonen ständig das Protosschild mit seiner weißen Umrandung und die weißen Linien an der Hausfassade die die verschiedenen Zeilen einfassen, dauernd brennen und aus einem mit Milchglasscheiben abgedeckten Blechkanal bestehen, in dem sich Glühlampen befinden. Durch entsprechende Ausbildung der Abdeckung wird bei den Leuchtstreifen der Eindruck einer durchlaufenden, gleichmäßig beleuchteten Linie erhalten. Sämtliche Texte einschließlich des Warenzeichens „SS" sind aus Agelindusleuchtröhren gebildet und werden in zweckmäßigen Abständen nach einander geschaltet. Für diese Lichtreklame mußte eine besondere Hochspannungsstation mit dem dazugehörigen Transformator von 75 kVA Leistung und den Schalteinrichtungen geschaffen werden. Zum Betrieb der Neonleuchtröhren ist eine Spannung von etwa 4000 V erforderlich; diese Hochspannung wird durch Transformatoren erzeugt, die in der Kuppel hinter dem Protosschild untergebracht sind.

Der gesamte Arbeitsverbrauch der Anlage setzt sich zusammen aus:

1. Anschlußwert für die Leuchtröhren: 123 Leuchtbuchstaben und das Warenzeichen im Protosfünfeck (unter Berücksichtigung der Phasenverschiebung) . . . . . 18 kW
2. Anschlußwert für insgesamt 2400 Lampen zu je 15 W: Umrandung des Protoszeichens, Schriftleisten . . . . . 36 kW

Insgesamt rund 54 kW

Bei Annahme einer durchschnittlichen Brenndauer von 5 Stunden ergeben sich 1800 Brennstunden im Jahr und ein jährlicher Verbrauch von etwa 97 500 kWh.

Jedoch nicht nur Berlin versteht es die Werbekraft des Lichtes sich nutzbar zu machen, sondern auch andere Städte sind seinem Beispiel gefolgt, insbesondere aber Frankfurt a. M., das mit seinem Lichtfeste[4]) am 4. Dezember v. J. einen erfolgreichen Abschluß der Schaufenster-Lichtwerbung feierte. 19 Gebäude wurden mittels Flutlichtanstrahlung nach Einbruch der Dunkelheit wirkungsvollst beleuchtet, wobei die Partie am Main zweifelsohne am imposantesten wirkte. Das Wahrzeichen der Stadt, der Turm des Domes, wurde von Leuchten bestrahlt mit einem Anschlußwert von 15 kW, während die Innenausstrahlung durch 28 Flutlichtstrahler (abwechselnd 750 und 1000 W, Gesamtanschlußwert 30 kW) erfolgte und durch Anwendung von Gelbfiltern ein sehr wirkungsvoller Gegensatz zu der Außenbeleuchtung geschaffen wurde. Abb. 2 zeigt die Gesamtfront des „Römer", die bei Tag in hellem Rot leuchtet, bei künstlicher Beleuchtung jedoch gedämpftes rosa Licht ausstrahlte. Auf der gegenüberliegenden Seite dieses Platzes waren in Giebelfenstern eine Anzahl Spiegelstrahler untergebracht, die mit insgesamt 7·5 kW die Front des Römers bestrahlten. Der Römer war insofern ein dankbares Objekt, als das Reflexionsvermögen der Fläche für künstliches Licht verhältnismäßig günstig war in Anbetracht der starken Rotempfindlichkeit des Auges. Der gesamte Anschlußwert sämtlicher angeleuchteter Gebäude betrug angenähert 350 kW einschließlich dem

Abb. 3.

Osramschild auf dem Kiosk am Roßmarkt mit einem Anschlußwert von 60 kW.

Der Gedanke derartiger Lichtwerbung machte rasch Schule und, als die Vereinigung der Elektrizitätswerke von Mitteldeutschland ihre Verbandstagung im Jänner in Worms abhielt, wurden der Dom und das Lutherdenkmal, ersterer mit 20, letzterer mit 8 Schaco-Flutlichtstrahlern der Firma Schanzenbach & Co. vorteilhaft beleuchtet (Abb. 3).

Aus diesen Beispielen geht hervor, wie wirkungsvoll richtig ausgeführte Lichtreklameanlagen sind und wie vor allem mit der in Österreich kaum bekannten Flutlichtbeleuchtung vorzügliche Effekte erzielt werden können.

Ing. H. Koch.

[3]) Vgl. Siemens-Zeitschrift, November 1927.

[4]) „Das Lichtfest in Frankfurt a. M.", herausgegeben von der Zentrale der Deutschen Schaufensterlichtwerbung und „Die Lichtparade", Licht u. Lampe, 25. 1927.

Digitized by Google

Rundschau.

Die Lebensdauer von blinkenden Glühlampen. W. C. Brown. Es ist eine sehr häufige Frage die an den Installateur und Lichtreklametechniker gestellt wird, ob die Lebensdauer von Glühlampen der Reklamebeleuchtungen darunter leidet, wenn eine Blinkvorrichtung ein ständiges Ein- und Ausschalten der Lampen vollzieht, oder nicht. Zur Beantwortung dieser Frage wurden im Nela Park-Laboratorium umfangreiche Versuche in der Weise angestellt, daß je 30 Lampen der Größen 10 bis 25 W sowohl mit als auch ohne Blinkvorrichtung brannten. Je ein Drittel der Lampenzahl wurde horizontal brennend montiert, das zweite Drittel vertikal nach aufwärts und das dritte Drittel vertikal nach abwärts. Schließlich wurde eine solche Lampenbatterie mit Gleichstrom betrieben und eine zweite mit Wechselstrom, so daß damit alle im Betrieb vorkommenden Möglichkeiten erschöpft wurden. Die Ergebnisse zeigten, daß nur die blinkenden 10 W-Lampen, die mit Wechselstrom betrieben wurden, eine etwas kürzere Lebensdauer aufwiesen, während bei den anderen kein Unterschied wahrgenommen wurde, bezw. sogar eine längere Lebensdauer der blinkenden gegenüber den konstant brennenden Lampen konstatiert werden konnte.

L.

(Light, Bd. 5, Nr. 9, November 1927.)

Dekorativbeleuchtung im Heim. A. L. Powell. Licht, als dekoratives Mittel verwendet, vermag mindestens ebenso gefällige Wirkungen auszulösen wie die gewöhnlichen Draperien, Vorhänge, Decken und Umfassungen aus Glas oder Metall. Die Eigentümlichkeiten des Lichtes, Stimmungen hervorzurufen und gegenüber dem ziemlich bestimmten Charakter der farbigen Materialien Unberührbarkeit und Flüchtigkeit aufzuweisen, läßt es als ganz neues Ziermittel erscheinen. Es kann zwar nicht behauptet werden, daß bisher bei der Nutzbeleuchtung künstlerische Gesichtspunkte gänzlich vernachlässigt wurden, jedoch zeigen die entwickelten Typen etwas klobige Formen und erst in der neuesten Zeit wenden sich französische Kunstgewerbler der Aufgabe, Licht nur als Dekoration ins Heim einzufügen, mit Erfolg zu. Grundsätzlich muß bei der Heimbeleuchtung, für die größere Lichtmassen einzig in gelblicher oder Tageslichtfärbung in Betracht kommen, andersfarbiges Licht lediglich in diskreter Form, also über Flächen von kleinen Ausmaßen ausgegossen, auftreten, ähnlich wie in Gemälden das Rot. Französische Fabrikate der erwähnten Beschaffenheit wurden in dem Edison Lighting Institute, das sich bezüglich der Kreise des besichtigenden Publikums mit unserem Technischen Museum vergleichen läßt, aufgestellt. Der Eindruck der Ausstellung war, nach der Kauflust der Besucher beurteilt, ein guter.

Die Möglichkeit der Ausführung einer solchen Zierbeleuchtung ist allerdings an eine besondere, kleine Glühlampe gebunden: bei den Objekten der erwähnten Ausstellung war es eine 10 W—115 V-Lampe mit einer Glasbirne von 25 mm Durchmesser, einschließlich des Sockels im Ganzen rund 63 mm lang. Eine elektrisch nahezu gleiche Glühlampe von fast denselben Abmessungen mit Klarglasbirne, die auch gefärbt sein kann, wurde auch in Amerika ausgebildet. Typisch heben sich aus der Reihe der Zierbeleuchtungsobjekte die sogenannten „brule-parfums" und Statuetten heraus. Die als „bruleparfums" bezeichneten Gegenstände sind durch eine über der Lampe liegende kleine Vertiefung gekennzeichnet, in der wohlriechende Dämpfe erzeugt werden; sie bestehen aus einem metallischen Sockel, der einen verschiedenfärbigen Glaskörper aufnimmt. Schöne Wirkungen zeigen sich bei der Anleuchtung von Statuetten, wie zum Beispiel eine Frauengestalt mit einem durchleuchteten Fruchtkorb in den hocherhobenen Armen oder Figuren, die von unten herauf beleuchtet werden. Zierlichtobjekte in der Bedeutung von Ornamenten im engeren Sinne des Wortes, mannigfachster Art, waren im Edison Lighting Institute zu sehen: zum Beispiel ein Glaswürfel in metallischer Zierfassung, an der Wand hängend; tragbare Miniaturlampen von rund 15 cm Höhe auf den beiden Seiten einer Speisezimmerkredenz. Es ist ferner leicht möglich, irgend einem Teil eines Raumes einen besonderen Charakter durch die Beleuchtung zu geben, zum Beispiel, eine Frühstücknische in Gegensatz zum übrigen, rein auf Nutzung eingerichteten Raum zu bringen, indem die Lampe über dem Frühstücktisch einen durchscheinenden, im Charakter der Fenstervorhänge verzierten Schirm erhält und etwa noch ein Zierlichtobjekt an die Wand gehangen wird. To.

(Trans. Ill. Eng. Soc., Bd. 22, Nr. 9, 1927.)

Über die Projektierung einer Schaufensterbeleuchtung. Die Angabe der Watt oder des Lichtstromes je laufenden Meter der Schaufensterlänge ist ein zu roher Behelf für die Projektierung: es müßte wohl mindestens die Verteilung der Beleuchtungsstärke durch Messungen bestimmt werden. Als Meßflächen wählte W. E. Jones die Begrenzungsflächen, in erster Linie den Boden, die Rückwand und die Fensteröffnung, sodann auch die Endflächen: die ersteren zwei und in recht geringem Maße die letzteren sind allein als produktiv anzusehen. Die durch das Luxmeter an 30 cm voneinander abgelegenen Meßstellen dieser Flächen gewonnenen Beleuchtungsstärken gestatten den Entwurf der Linien gleicher Beleuchtungsstärke oder der Isoluxkurven. Die durch Benützung des Planimeters erhaltene Fläche zwischen zwei Isoluxkurven gibt, mit der mittleren Beleuchtungsstärke auf diesem Flächenstreifen multipliziert, den auf den Streifen entfallenden Lichtstrom. Auf diese Weise wurden die den einzelnen Begrenzungsflächen des Schaufensters zugehenden Lichtströme ermittelt und eine Methode der Vorausberechnung der Beleuchtungsverhältnisse auf den Nutzfaktor, hier als der Prozentquotient aus den Lichtströmen des Bodens und der Rückwand zum Lampenlichtstrom aufzufassen, gegründet. Der Nutzfaktor hängt natürlich sehr von den Raumabmessungen ab und auch von der gewählten Reflektortype, die in zwei Hauptformen vertreten ist: Eine für tiefe und eine für schmale Schaufenster. Verluste an Lichtstrom treten im Reflektor, der Schaufensteröffnung und meistens an den Endflächen auf. Nutzfaktor und Endverluste sind im folgenden für die beiden Hauptfälle des tiefen und schmalen Schaufensters unter Voraussetzung üblicher Dimensionen und 30 cm Lampenentfernung mitgeteilt, wobei zu bemerken ist, daß die Aufnahme der Isoluxkurven bloß für einen Reflektor vollständig genügte: bei mehreren Reflektoren waren diese Kurven nur entsprechend der Reflektorentfernung übereinanderzulegen, die übereinanderliegenden Beleuchtungsstärken zu addieren und dann die Isoluxen zu konstruieren. Ein Schaufenster von 2·4 m Höhe und 1·2 m Tiefe lieferte die angeschlossenen Ergebnisse.

Tafel I. Reflektor für relativ tiefe Schaufenster.

Länge des Fensters	vH Lumen a. d Rückwand	vH Lumen a. d. Boden	Nutzfaktor	vH Endverlust
4	15·1	14·0	29·2	39·9
6	19·2	19·2	38·5	30·6
8	21·6	22·1	43·5	25·6
16	26·2	24·0	50·5	18·5

Für diese und andere übliche Abmessungen liefert die Abb. 1 die Abhängigkeit des Nutzfaktors von der Schaufensterlänge in Fuß. Unter Frontverlust ist der Verlust durch die Fensteröffnung gemeint. Der Nutzfaktor wächst mit der Fensterlänge, überschreitet jedoch nicht den Wert 69·0. Ein Reflektor für schmale Schaufenster oder solche, bei denen das Verhältnis von Höhe zu Tiefe in den Grenzen 4/1 bis 2/1 liegt, ergab die folgende Tafel.

Digitized by Google

Tafel II. Reflektor für schmale Schaufenster.

Tiefe	Höhe	Schaufensterlänge in Fuß 16	14	12	10	8	6	4
3	6	56·5	56·0	55·2	54·0	51·5	48·5	41·0
3	9	41·0	41·0	40·0	38·0	35·0	31·0	25·0
4	9	40·5	39·8	38·5	36·5	34·0	30·0	23·5
6	8	40·0	45·0	43·5	41·0	38·0	33·0	26·5

Die Höhe der Beleuchtungsstärke hängt wesentlich mit dem Kontrast der ausgestellten Ware zum Hintergrund zusammen, aber auch mit der Anziehungskraft; diese aber stellt sich bei gleicher Flächenhelle der Waren für längere Schaufenster unbedingt

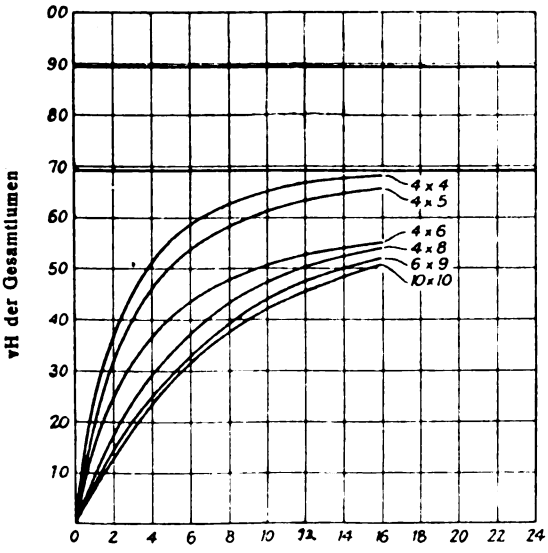


Abb. 1.

größer heraus, wegen der Auffälligkeit aus weiter Entfernung. Kleinere Schaufenster sollen daher stärkere Beleuchtung erhalten als längere. Leicht läßt sich einsehen, daß sich die mittlere Beleuchtungsstärke aus der Formel:

$$\text{Mittlere Beleuchtungsstärke} = \frac{\text{Lampenzahl} \times \text{Lampenlumen} \times \text{Nutzfaktor}}{\text{Fläche des Bodens und der Rückwand}}$$

ergibt. Es ist zum Beispiel aus Abb. 1 für ein 3·6 m (12 ft) hohes, 3 m (10 ft) breites und 3 m (10 ft) hohes Schaufenster, das von 12 Stück 100 W, 200 V gasgefüllten Lampen beleuchtet wird, der Nutzfaktor zu 45 vH entnehmen. Damit kommt die mittlere Beleuchtungsstärke E_m zu

$$E_m = \frac{12 \cdot 1100 \cdot 0{\cdot}45}{12 \cdot (10 + 10)} = 25 \text{ fc oder } 300 \text{ Lux.}$$

Nach der gleichen Formel läßt sich ferner die Anzahl der 100 W-Lampen berechnen, die einer angenommenen mittleren Beleuchtungsstärke entspricht. In erster Annäherung dürfte diese Vorausberechnungsmethode auch für andere als die hier zugrunde gelegten Reflektoren verwendbar sein. J. O.

(The Electrician, Bd. 99, Nr. 2576, 1927.)

Zur Frage der Spiegelung von Schaufensterscheiben. Ausgehend von der Tatsache, daß die meisten Geschäftsleute unter der unangenehmen Erscheinung der Spiegelung ihrer Schaufensterscheiben zu gewissen Tageszeiten zu leiden haben, welche ein ungestörtes Betrachten der ausgestellten Waren hindert und somit die Werbewirksamkeit des betreffenden Schaufensters stark beeinträchtigt, sucht Dr. F. Putnoky das Wesen der Blendung mit Hilfe einer Versuchsanordnung zu erklären und gelangt zu der Erkenntnis, daß die Spiegelung in Schaufensterscheiben lediglich durch die Leuchtdichten-(Helligkeits-)Unterschiede bedingt ist, die zwischen der durch die Schaufensterscheibe sichtbaren Dekoration und dem Bild der sich in der Schaufensterscheibe spiegelnden Gegenstände herrschen. Ist also die Dekoration im Schaufenster wesentlich heller als das Spiegelbild der gegenüberliegenden Straßenfront, so wird die Dekoration sehr gut zu erkennen sein, während eine störende Spiegelung sofort eintreten muß, wenn die Leuchtdichte des Spiegelbildes die der Dekoration erheblich übersteigt. Jedenfalls ist das Auftreten von Spiegelungserscheinungen nicht von der Art des verwendeten Glases abhängig. Möglichkeiten zur Beseitigung bestehen in der Entfernung der Schaufensterscheibe, Schrägstellen derselben usw.; da dieser Weg nicht eingeschlagen werden kann, muß der oberwähnte Unterschied zwischen den Leuchtdichten der ausgestellten Gegenstände erhöht werden[1]). Dies kann erreicht werden durch:

1. Herabsetzung der Leuchtdichte der Gegenstände, die sich in der Schaufensterscheibe spiegeln.
2. Erhöhung der Leuchtdichte der ausgestellten Gegenstände.

Zu 1. Dies ist praktisch undurchführbar, da die Leuchtdichte der gegenüberliegenden Häuserfront von dem auffallenden Lichtstrom und von ihrem Reflexionsvermögen abhängt, Größen, die nicht beliebig geändert werden können.

Zu 2. Hier ergeben sich drei Möglichkeiten: *a*) Erhöhung des Reflexionsvermögens der Dekoration. *b*) Erhöhung der Beleuchtungsstärke. *c*) Kombination aus 1 und 2.

Besonderes Augenmerk schenkt der Verfasser dem Problem der Spiegelung bei hellen Häuserfronten und starkem Sonnenschein und entwickelt die Möglichkeiten einer zumindest teilweisen Spiegelungsvermeidung in derartigen Fällen. Koch.

(Kristall-Spiegelglas Hefte 4 bis 6, 1927).

[1]) Vgl. a. S. 26 dieses Heftes.

Chronik.

Mr. Leon Gaster. Am 7. Jänner d. J. starb nach kurzer Krankheit der Gründer der Englischen Lichttechnischen Gesellschaft, Mr. Leon Gaster. Als Sohn des im holländischen diplomatischen Dienste gestandenen Chevalier A. E. Gaster. 1872 in Bukarest geboren, studierte er in Bukarest und Zürich und ließ sich 1903 als Zivilingenieur in London nieder. In dieser Eigenschaft bevorzugte er das neue Gebiet der Lichttechnik in hervorragendem Maße und errang als Fachschriftsteller bemerkenswerte Erfolge, wie das von ihm mitverfaßte Buch „Modern Illuminants and Illuminating Engineering" und zahlreiche Aufsätze in Fach- und Tageszeitungen beweisen. Durch zahlreiche Reisen ins Ausland erwarb er sich die eingehendsten Kenntnisse über den neuesten Stand der Lichttechnik, was sich in seinen Arbeiten vorteilhaft geltend machte: In vorsichtiger Beurteilung der lichttechnischen Anschauungen des Tages und im Hinweis auf Probleme der nächsten Zukunft. Seine Absichten, überall lichttechnische Bestrebungen zu fördern, brachten ihn auch in unmittelbare Verbindung mit der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft.

Der Hingang dieses von fast fanatischem Eifer für die Lichttechnik ergriffenen Mannes — gehörte er doch nicht weniger als beinahe 40 Komitees an — wird nicht nur in Fachkreisen aufrichtig bedauert werden.

J. Ondracek.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 4 **15. April 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. Ing. L. Bloch. Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe. S. 37 — Die Jahrestagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Hamburg (1927). S. 42 — RUNDSCHAU. S. 45 — PATENTBERICHT. S. 47

Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe.

Von Dr. Ing. L. **Bloch**, Berlin[1]).

Als Maßstab für die Beurteilung der Fortschritte der Lichttechnik gilt oft das Erscheinen neuer Lampenarten und die Erhöhung der Lichtausbeute der in Gebrauch befindlichen Typen. Von diesem Standpunkte aus betrachtet tritt die seit dem Jahre 1913 verstrichene Zeit unbestreitbar zurück gegenüber den früheren seit der Jahrhundertwende vergangenen Jahren. Denn bis 1913 sahen wir in rascher Folge immer neue Lampenarten auf den Plan treten, und sowohl die Bogenlampe wie auch die Glühlampe wetteiferten in grundlegenden Verbesserungen, die schließlich mit der gasgefüllten Metalldrahtlampe in jenem Jahre ihren Höhepunkt erreichten. Seit damals sind dagegen keine grundsätzlich neuen Lampenarten hinzugekommen. Von den älteren sind manche ganz oder nahezu von der Bildfläche verschwunden. Dagegen hat sich die gasgefüllte Metalldrahtlampe in ungeahnter Weise ausgebreitet. Für den oberflächlichen Betrachter hat sie sich seit ihrem ersten Auftreten nicht sehr wesentlich verändert. Trotzdem wäre es durchaus verfehlt, hieraus den Schluß ziehen zu wollen, daß in den 15 Jahren des Bestehens dieser Lampenart nichts mehr zu ihrer Weiterentwicklung getan worden ist. Schon die nähere Betrachtung der für normale Beleuchtungszwecke benutzten Lampen beweist das Gegenteil. Aber noch viel auffälliger tritt dies zutage, wenn man die Entwicklung auf den Sondergebieten der Lichttechnik überblickt. Eines dieser Gebiete, die Verwendung der Glühlampe für Projektionsgeräte und Scheinwerfer, soll hier näher ins Auge gefaßt werden[2]).

Das kennzeichnende Merkmal dieses Anwendungsgebietes ist die Zusammendrängung des von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichtstromes auf eine eng begrenzte Fläche unter Heranziehung optischer Hilfsmittel, die entweder Linsen oder Spiegel sein können. Das Haupterfordernis für die Erzielung der gewünschten Wirkung ist stets eine hohe Leuchtdichte der Lichtquelle, das heißt eine möglichst hohe Lichtstärke im Vergleich zu der gesehenen Oberfläche des leuchtenden Teiles. Die gasgefüllte Metalldrahtlampe brachte in dieser Hinsicht einen sehr erheblichen Fortschritt gegenüber allen älteren Glühlampenarten. Sie erreichte mit etwa 8 bis 12 HK/mm² ungefähr den fünffachen Wert im Vergleich zur Leuchtdichte der älteren luftleeren Metalldrahtlampe und sogar den fünfzehnfachen Wert gegenüber der Kohlefadenlampe. Auch der früher wegen ihrer verhältnismäßig hohen Leuchtdichte recht geschätzten Nernstlampe war sie um das Zwei- bis Dreifache überlegen. Im Gegensatz hierzu zeigt jedoch ein Vergleich der gasgefüllten Metalldrahtlampe mit der Reinkohlenbogenlampe, die früher hauptsächlich für Projektionszwecke Verwendung fand, doch noch einen recht weiten Abstand in der Leuchtdichte dieser beiden Lampenarten. Die Reinkohlenbogenlampe erreicht eine Leuchtdichte von etwa 60 bis 120 HK/mm². Der Unterschied in der Leuchtdichte der beiden Lampen vergrößert sich noch dadurch, daß für die Anwendung zu Projektionszwecken es weniger auf die Leuchtdichte des einzelnen Leuchtdrahtes ankommt, wofür der oben angegebene Zahlenwert gilt. Vielmehr ist hier die gesamte vom Leuchtkörper der Lampe eingenommene Fläche für die Wirkung maßgebend. Die hierbei erhaltenen Werte sind für die Gasfüllungslampe naturgemäß ungünstiger, als wenn nur die Oberfläche des Leuchtdrahtes allein in Betracht gezogen wird. Immerhin gelang es aber doch schon wenige Jahre nach der Einführung der gasgefüllten Metalldrahtlampe, ihren Leuchtkörper speziell für Projektionszwecke auf einen viel engeren Raum als bei der für normale Beleuchtungszwecke gebrauchten Lampe zusammenzudrängen. Auf diese Weise konnte die von 1 mm² Leuchtkörperfläche unter Hinzurechnung

[1]) Erweiterter Abdruck des am 26. Jänner 1928 in der Mitgliederversammlung der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien gehaltenen Vortrages.

[2]) Vgl. a. E. u. M. 1922, Anz., S. 155; 1923, S. 607; Die Lichttechnik 1926, S. 33, 44, 72, 82, 122.

Digitized by Google

der Zwischenräume ausgestrahlte Lichtstärke von 0·1 HK bei den hochkerzigen luftleeren Metalldrahtlampen und 0·6 HK bei den gasgefüllten Lampen für Beleuchtungszwecke bis auf etwa 4 bis 8 HK bei den ersten gasgefüllten Lampen für Projektionszwecke erhöht werden (Abb. 1).

Im Laufe der Jahre wurden die Projektionsglühlampen immer weiter verbessert. Insbesondere brachte die Anwendung von Projektionslampen in Röhrenform aus schwer schmelzbarem Glase eine erhebliche Erhöhung der Lichtausbeute und Leuchtdichte. Heute kann mit diesen Lampen bei der üblichen Gebrauchsspannung von 110 V schon eine Leuchtdichte bis zu etwa 15 HK für 1 mm² Leuchtkörperfläche und bei hochkerzigen Lampen für niedrige Spannung sogar bis zu annähernd 30 HK für 1 mm² erreicht werden. Die Leuchtdichte der Bogenlampen ist hiermit zwar noch nicht erreicht, aber es

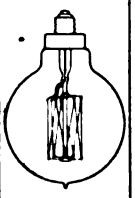
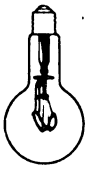
Lampenart		Luftleere Hochkerzen-Lampe	Normale gasgefüllte Lampe	Osram-Nitra Projektionslampe in Kugelform	Osram-Nitra Projektionslampe in Röhrenform
Ausführung					
Leuchtdichte etwa (HK/mm²)	Bei 110 Volt	0·1	0·6	8	14
	Bei 15 Volt	—	—	—	28

Abb. 1. Steigerung der Leuchtdichte bei Metalldrahtlampen für 500 W.

ergaben sich doch bei der Verwendung von Glühlampen an Stelle von Bogenlampen so große Vorteile, daß sie schon seit Jahren für Projektionszwecke verschiedenster Art Eingang gefunden haben. Es braucht hier wohl kaum auf die bequeme Ein- und Ausschaltbarkeit, den Wegfall einer offenen Flamme mit ihren störenden Lichtschwankungen und Geräuschen, die Vermeidung jeder Gas- und Staubentwicklung, ferner auf die hohe Lebensdauer und bequeme Auswechselbarkeit gegenüber dem häufigen Kohlenersatz für Bogenlampen hingewiesen werden.

Die verschiedenen Gebiete, die sich die Projektionsglühlampe dank ihrer Vorzüge im Laufe der Jahre erobern konnte, sollen im folgenden der Reihe nach besprochen und hierbei auch die Lampen erwähnt werden, die hierfür speziell ausgebildet wurden.

Am einfachsten gestaltete sich der Ersatz der Bogenlampe durch die Glühlampe in den Projektionsapparaten für ruhende Projektion von Glasbildern (Abb. 2). Die Ansprüche an eine hohe Leuchtdichte der Lichtquelle sind hier nicht übermäßig groß, wenn nur durch Verwendung eines genügend großen Projektionsobjektivs dem Umstand Rechnung getragen wird,

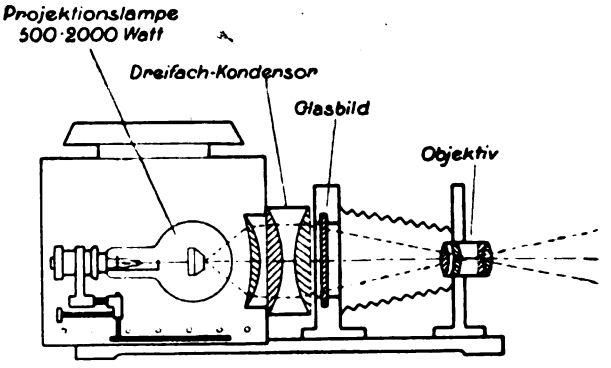


Abb. 2. Projektionsapparat für Projektion von Glasbildern.

daß der Leuchtkörper der Glühlampe stets größer ausfällt als bei der Bogenlampe. In vielen Fällen gelang es, die Bogenlampe ohne Abänderung der Optik des Projektionsapparates durch eine Projektionsglühlampe zu ersetzen. Um ein voll befriedigendes Ergebnis zu erhalten, ist es allerdings wünschenswert, daß die Optik des Projektionsapparates der Eigenart der Glühlampe angepaßt ist. Auf diese Weise konnten die Projektionsapparate für Schulräume und für große Hörsäle ohne Schwierigkeiten für den Glühlampenbetrieb eingerichtet werden. Es gelangten hiefür zunächst hauptsächlich die älteren Projektionslampen für 500 W bis zu 1500 W mit kugelförmigem Glaskolben zur Anwendung (Abb. 3). Für die verschiedenen Arten von Lampengehäusen wurden sie für stehende, sowie für liegende Ausführungsform (Abb. 2) hergestellt. Neuerdings werden sie mehr und mehr durch die bedeutend wirksameren Projektionslampen in Röhrenform (Abb. 4 und 5) ersetzt.

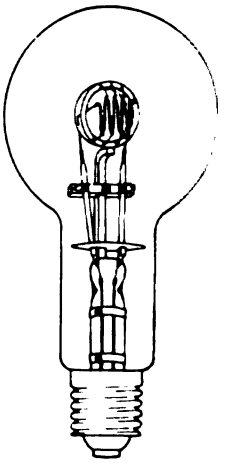


Abb. 3. Projektionslampe in Kugelform für stehende und hängende Brennlage.

Abb. 4. Projektionslampe in Röhrenform für 100 W.

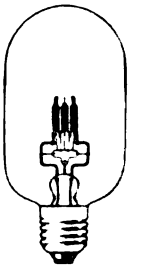


Abb. 5. Projektionslampe in Röhrenform für 500 W.

In den letzten Jahren sind die Projektionsapparate, die ausschließlich für die Projektion von

Digitized by Google

ruhenden Glasbildern bestimmt sind, in den Schul- und Vortragssälen nicht mehr soviel im Gebrauch, da die Apparate für Projektion undurchsichtiger Bilder (Episkope) und die Kinoapparate hier rasch

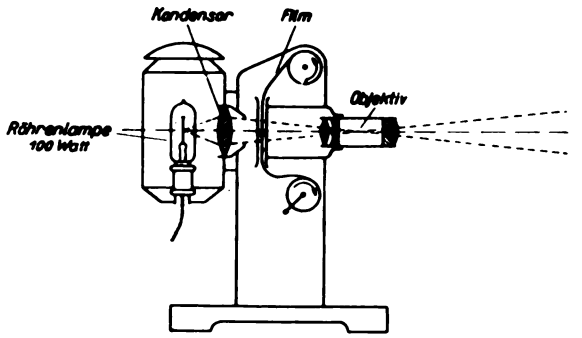


Abb. 6. Heimprojektionsapparat für Bildreihen auf Filmstreifen.

Eingang finden. Mit diesen Apparaten läßt sich in einfacher Weise eine Vorrichtung zur Projektion von Glasbildern verbinden, wobei dieselbe Glühlampe für beide Projektionsarten benutzt werden kann.

Immer mehr zunehmende Bedeutung gewinnt dagegen der kleine Projektionsapparat für den Heimgebrauch (Abb. 6). Besonders trägt hierzu die Benutzung von Aufnahmeapparaten mit Filmen kleinen Formats durch die Amateurphotographen bei. Die Abmessungen dieser Filmaufnahmen sind so klein, daß das Bild nur vergrößert richtig wirken kann. Das bequemste Gerät für die vergrößerte Vorführung ist ein kleiner Projektionsapparat. Zu seinem Betrieb reicht eine Projektionsglühlampe in Röhrenform für 100 W völlig aus, um die in Wohnräumen erforderliche Vergrößerung und Beleuchtungsstärke auf der Bildwand zu erzielen.

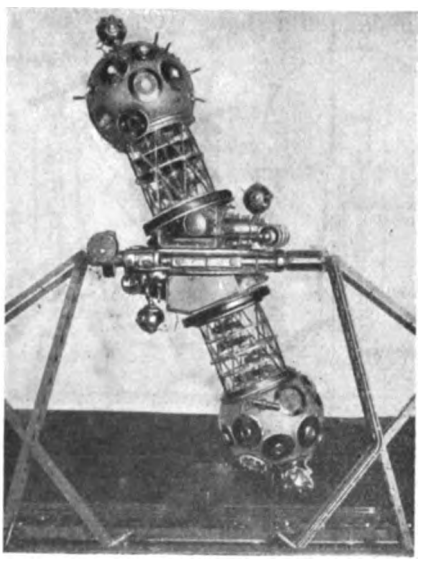


Abb. 7. Gesamtansicht des Zeiss-Planetariums.

Für die Anfertigung photographischer Vergrößerungen von kleinen Negativen hat sich die gasgefüllte Metalldrahtlampe ebenfalls als die beste Lichtquelle erwiesen. Man benutzt in den Vergrößerungsapparaten, die mit den Projektionsapparaten grundsätzlich übereinstimmen, Projektionsglühlampen, deren Licht mittels einer Mattscheibe gleichmäßig auf dem Negativbild zerstreut wird; aber auch die gewöhnliche Gasfüllungslampe in Verbindung mit einer Milchglasscheibe oder mit Opalglocke (Nitra-Opallampe) hat sich für diesen Zweck in modernen Vergrößerungsapparaten schon recht gut bewährt.

Im Laufe der letzten Jahre wurde eine ganze Reihe verschiedenartiger Sonderanwendungen des Glühlampen-Projektionsapparats ausgebildet. Es mögen von ihnen nur folgende hier Erwähnung finden:

Wenn man die Projektionsglühlampe über ihre normale Beanspruchung hinaus mit erhöhter Span-

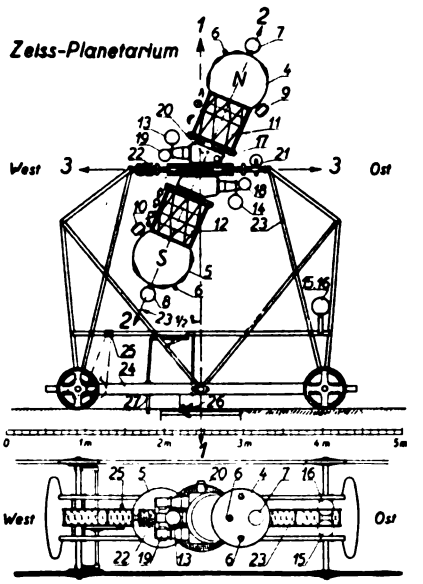


Abb. 8[3]) Seitenansicht und Grundriß des Zeiss-Planetariums.

1—1 : Polarachse.
2—2 : Ekliptikachse.
3-3 : Achse für die Veränderung der geographischen Breite.
4 u 5 : 2 Fixsternkörper mit 32 Projektionsapparaten für die Darstellung von 5400 Sternen.
6 : 18 Projektionsapparate für Nebelflecken, Sternhaufen usw.
7 u. 8 : 32 Projektionsapparate für die Sternbildnamen und den Kreis der Polwanderungen.
9 u. 10: 2 Projektionsapparate für die Milchstraße.
11 : 10 Projektionsapparate für die Sonne, ihre Aureole, Mond, Saturn und Zodiakallicht.
12 : 8 Projektionsapparate für Merkur, Venus, Mars, Jupiter.
13 u. 14: 12 Projektionsapparate für Ekliptik und Äquator.
15 u. 16: 4 Projektionsapparate für Meridiankreis.
17 : Projektionsapparat für Ablesung der Jahresskala.
18 : 2 Motoren für den Tagesgang.
19 : 3 Motoren für den Jahresgang.
20 : Motor für die Kreiselbewegung der Erde.
21 : Motor für die Drehung um die Achse 3-3.
22 : Stromzuführung zu den beweglichen Teilen.
24 : Transportwagen.
25 : Handantrieb des Wagens.
26 : Einschalter für alle Stromleiter.
27 : Verriegelung des Wagens im Fußboden.

nung betreibt und sich mit einer geringeren als der je nach Bauart üblichen Lebensdauer von 100 bis 300 Stunden begnügt, kann man mit Glühlampen-Projektionsapparaten eine so starke Beleuchtung des Bildschirms erzielen, daß eine Verdunkelung des

[3]) Die Abb. 7 und 8 sind dem Aufsatz von H. v. Klüber, Berlin, „Das Zeiss-Planetarium", Die Naturwissenschaften, Bd. 15, Heft 11, entnommen.

Digitized by Google

Vorführungsraumes nicht mehr erforderlich ist. Auf diese Weise werden zum Beispiel in großen Sporthallen die Ergebnisse der Wettkämpfe mit Glühlampen-Projektionsapparaten im hellen Raume laufend bekanntgegeben.

Eine besonders bemerkenswerte Anwendung des Glühlampen-Projektionsapparates ist das Zeiss-Planetarium (Abb. 7 und 8) von Prof. Bauersfeld. Zu dem Gelingen dieses Wunderwerkes der modernen Technik hat die Ausbildung der Projektionsglühlampen mit beigetragen. Eine Projektionsglühlampe für 1000 W mit einem nach den verschiedensten Raumrichtungen möglichst gleichmäßig strahlenden Leuchtkörper dient hier als gemeinsame Lichtquelle für 16 kleine Projektionsapparate, die den Fixsternhimmel der einen Hemisphäre auf der Kuppel des Vorführungsraumes entwerfen. Eine zweite Lampe gleicher Art ist für die Beleuchtung von ebenso vielen Projektionsapparaten der anderen Hemisphäre bestimmt. Außerdem sind noch 87 kleine Projektionsapparate in dem Planetarium vorgesehen, die zum Entwerfen der Bilder von Sonne, Mond und Planeten sowie verschiedener die Orientierung

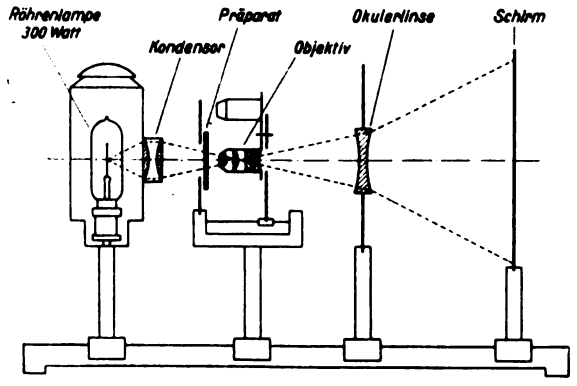


Abb. 9. Mikroprojektionsapparat.

erleichternder Bezeichnungen dienen. Sie werden mit Projektionslampen für 100 W und noch kleineren Verbrauch betrieben.

Ein Sondergebiet der Projektionstechnik stellen die Geräte für Mikroprojektion und Mikrophotographie (Abb. 9) dar. Die hier an die Lichtquelle gestellten Anforderungen sind erheblich schärfer als bei den zuvor erwähnten Apparaten. Man benötigt nicht nur Lampen von besonders hoher Leuchtdichte, sondern auch sehr kleine Leuchtkörperabmessungen. Aus diesen Gründen hat man die Verwendung von Glühlampen als Ersatz der hierfür früher allgemein benützten kleinen Bogenlampen lange Zeit für unmöglich gehalten. Mit ihrer fortschreitenden Verbesserung hat sich die gasgefüllte Lampe aber auch hier Eingang zu verschaffen gewußt. In erster Reihe sind es die Schulgeräte und Mikroprojektionsapparate für den biologischen Unterricht, für die sich die Glühlampen als Lichtquelle schon recht gut bewährt haben. Dann sind aber allmählich auch schon größere Apparate für Mikroprojektion und Mikrophotographie mit Glühlampen ausgestattet worden, in denen man früher Bogenlampen für einen Verbrauch bis zu etwa 3 A benutzt hatte. Nur für die großen Mikroprojektionsapparate mit Bogenlampe für höhere Stromstärken wird bisher diese Lampenart noch bevorzugt. Für die Mikroprojektion werden ausschließlich Glühlampen für niedrige Spannungen

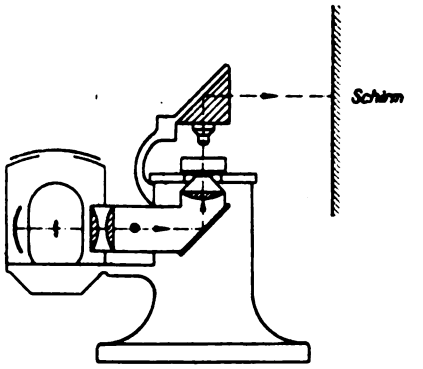


Abb. 10. Trichinoskop.

von 6 bis 30 V mit Rücksicht auf die kleinen Abmessungen ihres Leuchtkörpers benützt. Sie eignen sich besonders gut für die Verwendung in Wechselstromnetzen im Anschluß an einen Kleintransformator, zumal hier die Bogenlampen erheblich weniger befriedigend als bei Gleichstrombetrieb arbeiten.

Neben dem Unterricht gibt es mancherlei praktische Anwendungen der Mikroprojektion, bei denen für einen dauernden Betrieb die Verwendung einer Glühlampe erheblich bequemer und vorteilhafter als das Arbeiten mit einer Bogenlampe ist. Als Beispiel sei auf das Trichinoskop (Abb. 10) für die Untersuchung des Fleisches auf Trichinen in den öffentlichen Schlachthäusern hingewiesen. Hierfür sind Mikroprojektionsgeräte mit Glühlampen für 15 oder 30 V und 300 W ausgebildet worden, die mit sehr befriedigendem Erfolge arbeiten. Auch die für die Glühlampenfabrikation hergestellten dünnen Drähte werden mit Hilfe von

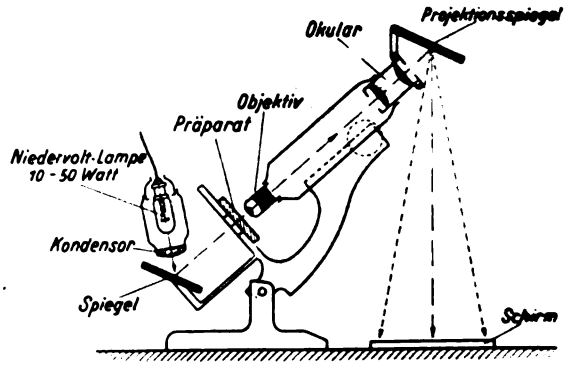


Abb. 11. Mikroskop mit Beleuchtungs- und Projektionsvorrichtung.

Mikroprojektionsapparaten mit Projektionsglühlampen laufend auf fehlerhafte Stellen nachgeprüft.

Recht zweckmäßig sind ferner Beleuchtungsvorrichtungen mit kleinen Niedervoltlampen für 6 bis 10 V und nur etwa 5 W, die an gewöhnlichen Mikroskopen angebracht werden können (Abb. 11). Man kann diese Mikro-

Digitized by Google

skope sowohl zur subjektiven Beobachtung wie auch zur objektiven Projektion des zu untersuchenden Gegenstandes benützen. Bei letzterer ist die Beobachtung erheblich erleichtert. Sie gestattet besonders beim Unterricht, auf die zu beachtenden Stellen bequem hinzuweisen, und ermöglicht ferner in einfacher Weise das Nachzeichnen der beobachteten Gegenstände. Wenn höhere Anforderungen an die Beleuchtungsstärke gestellt werden, benützt man für diesen Zweck neben dem Mikroskop aufgestellte Projektionsvorrichtungen mit einer Glühlampe für 8 bis 10 V und 60 W, deren Lichtbündel auf den Spiegel des Mikroskopes konzentriert wird.

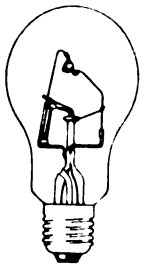


Abb. 12. Wolframbogenlampe mit selbsttätiger Zündung.

Für die Mikroprojektion und besonders die Mikrophotographie ist neben der Glühlampe auch die Wolfram-Bogenlampe (Abb. 12) gut geeignet[4]). Sie besitzt als Leuchtkörper eine vollkommen gleichmäßig leuchtende Kugel oder Halbkugel aus Wolframmetall, die durch einen elektrischen Lichtbogen auf hohe Temperatur erhitzt wird und in einen normalen Glühlampenkolben eingeschmolzen ist. Die Lampe erreicht mit etwa 15 bis 20 HK/mm² ungefähr dieselbe Leuchtdichte wie die gasgefüllten Projektionslampen in Röhrenform. Die Zündung des Lichtbogens vollzieht sich völlig selbsttätig. Wo es auf eine möglichst gleichmäßig ohne Schwankungen mit hoher Leuchtdichte glühende Fläche besonders ankommt, da ist die Wolfram-Bogenlampe besonders am Platze.

Für Spezialzwecke der Mikroskopie sowie für Spaltbeleuchtung hat man auch schon Glühlampen mit bandförmigem Wolfram-Leuchtkörper[5]) hergestellt. Man erhält mit ihnen ebenfalls recht gleichmäßig leuchtende

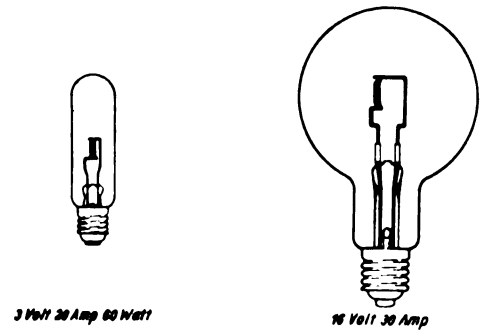


Abb. 13. Wolframbandlampen.

Flächen, erreicht aber nicht die hohen Leuchtdichten der zuvor erwähnten Lampenarten und muß sich bei diesen sogenannten Bandlampen (Abb. 13) mit etwa 9 bis 12 HK/mm² begnügen.

Einen großen Fortschritt in der Projektionstechnik hat die episkopische Projektion mit sich gebracht. Sie dient zum Entwerfen von Bildern undurchsichtiger Gegenstände, von denen man nicht erst Glasbilder für den Projektionsapparat herstellen will. Die ersten Episkope wurden für Bogenlampenbetrieb ebenso wie die Projektionsapparate eingerichtet. Aber erst seit die Glühlampe für das Episkop Verwendung finden konnte, hat es in größerem Umfange Eingang in den Schulen und Hörsälen gefunden. Die Anforderungen an die Lichtquelle sind hier andere als beim Projektionsapparat. Ein besonders kleiner Leuchtkörper mit hoher Leuchtdichte ist hier nicht unbedingt erforderlich. Dagegen muß das zu projizierende Bild eine außerordentlich hohe Beleuchtungsstärke erhalten, damit von ihm ein zur Projektion ausreichender Lichtstrom zurückgeworfen wird. Die an sich schon in Projektionsgeräten recht geringe Ausnützung des Lichtstroms fällt bei der episkopischen Projektion besonders niedrig aus. Denn von dem Lichtstrom, der auf das undurchsichtige Bild fällt, tritt nur ein ganz geringer Bruchteil in das Projektionsobjektiv ein. Von diesem gelangt auch wieder nur ein Teil auf die Bildwand. Während bei den Projektionsapparaten für Glasbilder im allgemeinen etwa 3 bis 10 vH des von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichtstroms auf die beleuchtete Bildwand gelangen, kann man bei der episkopischen Projektion einer weißen Bildfläche meist nur etwa 0·1 bis 0·4 vH des von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichtstroms auf die Bildwand bringen. Unter diesen ungünstigen Verhältnissen erscheint es einigermaßen erstaunlich, daß es schon mit verhältnismäßig kleinen Glühlampen gelungen ist, für Schulräume und kleine Säle befriedigende Episkope auszubilden. Tatsächlich war dies bereits vor Einführung der gasgefüllten Metalldrahtlampen der Fall; die Entwicklung dieser Lampenart mit ihrer bedeutend verbesserten Lichtausbeute hat die Ausbildung der Glühlampenepiskope weiter sehr gefördert. Heute hat sich die gasgefüllte Metalldrahtlampe für 500 W mit einer besonderen Leuchtdrahtanordnung als die für Episkope hauptsächlich geeignete Lampe (Abb. 14) weitgehend eingeführt. Mit nur einer Lampe dieser Art kann ein Episkop in Räumen von der Ausdehnung eines großen Schulzimmers bei gut ausreichender Lichtwirkung betrieben werden. Mittels einer Umschaltvorrichtung kann dieselbe Lampe als Lichtquelle für eine Projektionseinrichtung zur Vorführung von Glasbildern gleichfalls benützt werden; diese Apparate werden als Epidiaskope bezeichnet (Abb. 15).

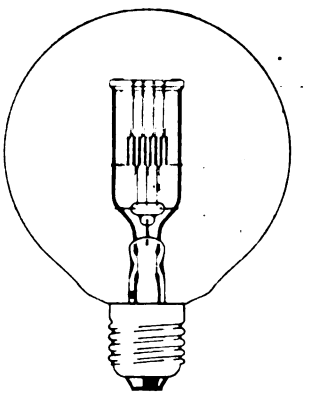


Abb. 14. Episkoplampe für 500 W.

Die Steigerung der Leistung der Episkope durch Verwendung einer größeren Lampenzahl scheiterte lange Zeit an der zu großen Wärmeentwicklung auf der Fläche des zu projizierenden

[4]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 27; 1927, S. 17, 46.
[5]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 27.

Digitized by Google

Bildes, das eine außerordentlich hohe Beleuchtungsstärke erhalten muß. Nachdem man sich aber entschlossen hatte, die entwickelte Wärme mittels eines in den Apparat eingebauten Ventilators künstlich zu beseitigen, gelang es auch, Episkope mit 4 bis 5 Glühlampen für je 500 W auszubilden. Mit ihnen kann ein noch größeres und stärker beleuchtetes Bild erzielt werden, als es früher mit den großen Bogenlampenapparaten für 30 bis 40 A Stromstärke möglich war. Die Glühlampe arbeitet somit hier nicht nur bequemer und ruhiger, sondern auch erheblich billiger als die früher gebräuchlichen Bogenlampenapparate.

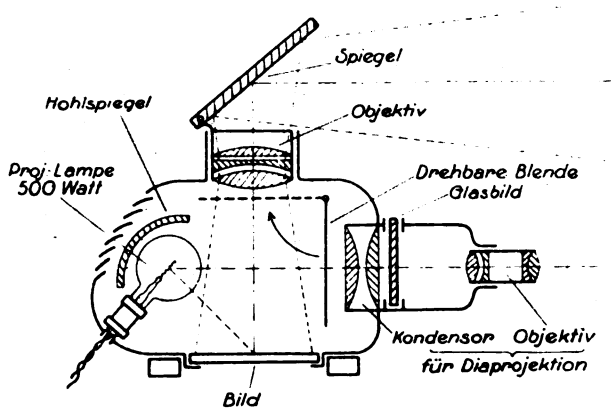


Abb. 15. Epidiaskop zur Projektion von undurchsichtigen Bildern und von Glasbildern.

Die Anwendung der Episkope hat durch die Einführung der gasgefüllten Metalldrahtlampe eine sehr starke Verbreitung erfahren. Bei der großen Erleichterung des Unterrichtes durch die Möglichkeit, beliebige Zeichnungen und Bilder auf der Projektionswand vorführen zu können, und bei der Einfachheit im Gebrauch der Episkope darf man annehmen, daß sie sich allmählich ganz allgemein für den Unterricht in Schulen jeder Art einführen werden.

(Schluß folgt.)

Die Jahrestagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Hamburg (1927).

Die letzte Jahrestagung der D. B. G. fand in ihrem ersten Teile gemeinsam mit der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene statt, um die wichtigen Fragen der Beleuchtungshygiene vor einem möglichst breiten Forum behandeln zu können.

Zunächst sprach Oberregierungsrat Prof. Dr. F. Holtzmann, Karlsruhe i. B., über „Gesundheitliche Schädigungen des Auges durch schlechte Beleuchtung". Er behandelte im wesentlichen den Einfluß der sichtbaren Strahlung auf das Auge. Unter Aufführung der natürlichen Schutzvorrichtungen am Auge, dem Irispigment, der reflektorischen Pupillenveränderung, dem Tränenfluß und dem Lidschlag betonte er den geringen Regulierbereich dieser Schutzvorrichtungen, die den Einfluß zu starker Reize nicht zu kompensieren vermögen. Das Ergebnis ist dann Blendung, die in verschiedenen Formen und in verschiedener Stärke auftreten kann. Hier muß deshalb der Beleuchtungstechniker eingreifen, der durch die Mittel der Technik ausreichenden Schutz zu bewirken hat. Diese Mittel sind Herabsetzung der Leuchtdichte der Lichtquellen, deren Abschirmung und eventuell die Anwendung von Augenschutzgläsern.

Eine zweite Form der Augenschädigung tritt bei ungenügender Beleuchtung ein. Das Auge wird überanstrengt, Schwächung der Augenmuskeln, periodisches Schielen und Doppelsehen sind die Folge. Weiter führt Überanstrengung der Augenmuskeln und der Akkomodation zu Blutandrang nach dem Kopfe, Kopfschmerz und Bindehautkatarrh. Auch starke Schwankungen in der örtlichen und zeitlichen Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erzeugen Augenermüdung, die als Nystagmus der Bergarbeiter bis zur Arbeitsunfähigkeit führen kann. Blendung und Ermüdung haben auch wirtschaftliche Konsequenzen: schlechte langsame Arbeit, erhöhte Unfallsgefahr usw. Bezüglich der Kurzsichtigkeit ist zu bemerken, daß — entgegen der früher verbreiteten Ansicht — die Ursache nicht in zu niedriger Beleuchtungsstärke und schlechter Kopfhaltung zu erblicken ist, sondern in der Hauptsache in erblicher Veranlagung.

Prof. Dr. med. Franz Schütz vom Hygienischen Institute der Universität Berlin sprach über die „Ärztlich-hygienischen Grundsätze einer richtigen Beleuchtung", indem er eine eingehende hygienische Interpretation der von der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft aufgestellten Leitsätze brachte.

Einen kritischen Bericht „Über den derzeitigen Stand der Erforschung der Strahlenschädigung des Auges" lieferte Dr. O. Thieß, Augenarzt in Dessau. Nach einem kurzen Hinweis darauf, daß alle Strahlen des Spektrums biologisch die gleiche Wirkung haben können, sofern sie nur in der gleichen Weise absorbiert werden, wandte er sich den Schädigungen zu, die durch ultraviolette und ultrarote Strahlen erzeugt werden können. Das Ultraviolett der Sonnenstrahlung wirkt hauptsächlich im Hochgebirge und an der See. Beim ungeschützten Auge tritt dann leicht Schneeblindheit ein, die sich in Schwellung der Haut der Lider und des Gesichtes, Lidkrampf, lästiger Bindehautentzündung äußert. Diese Entzündung ist nach neueren Untersuchungen als Begleiterscheinung einer oberflächlichen Hornhautentzündung aufzufassen. Analog wirken künstliche Lichtquellen mit hohem Ultraviolettgehalte, wie sie der elektrische Lichtbogen bei Bogenlampen und bei der elektrischen Schweißung aufweist. Auflockerung und Ödem der Bindehaut, Abhebung des Hornhautepithels, Quellung der Hornhautlamellen, Zerfall der Hornhautkörperchen und Leukozytheninfiltration sind die objektiven Befunde bei längerer Einwirkung ultravioletter Strahlen auf das Auge. Entzündliche Veränderungen der tieferen Teile konnten jedoch nicht nachgewiesen werden, was für die Behandlung der „Ophthalmia electrica" von Wichtigkeit ist.

Die Schädigungen durch ultrarote Strahlen sind besonders durch Vogt erforscht. Das kurzwellige Ultrarot erzeugt bei intensiverer Einwirkung oberflächliche Verbrennungen, Störungen in der Pupillenmuskulatur, Entfärbung der Regenbogenhaut, Kammerwassertrübung und Startrübung der Linse. Der bekannte Glasmacherstar ist wohl ausschließlich auf die Ultrarotstrahlung zurückzuführen.

Die Schädigungen des Auges durch Röntgen- und Radiumstrahlen im äußersten Ultraviolett, die besonders in amerikanischen Röntgenlaboratorien beobachtet worden sind und die außerordentlich schwer zu heilen sind,

Digitized by Google

können nur durch gewissenhafte Beachtung der erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen hintangehalten werden.

Bei allen Strahlenschädigungen ist die Prophylaxe die Hauptsache. Mit dieser Prophylaxe beschäftigte sich Dr. L. Bloch in seinem Vortrage über „Die Wirksamkeit der Augenschutzgläser im unsichtbaren Gebiete". Der Vortragende legte den Hauptnachdruck auf eine genaue Kennzeichnung der Wirksamkeit der Augenschutzgläser, für die er eine neue Methode ausgearbeitet hat. Der technische Ausschuß für Brillenoptik hatte die Schutzgläser durch die Angabe von drei Schwächungszahlen für rotes, grünes und blaues Licht, sowie durch die Angabe der Glasfarbe gekennzeichnet. Die Schwächungszahlen wurden mit Hilfe von Jenaer Farbgläsern gemessen. — Mit dieser Charakterisierung ist aber die Kennzeichnung der Wirksamkeit im unsichtbaren Gebiete noch nicht gegeben. Sie kann natürlich durch Angabe der spektralen Durchlässigkeitskurve erfolgen. Für die Praxis ist diese Methode jedoch zu umständlich, denn für das Ultraviolett wird ein Spektrograph mit Quarzoptik erforderlich und für das Ultrarot muß ein Spektroskop mit Flußspat- oder Steinsalzprisma, Bolometer (bezw. Thermoelement) und Galvanometer benützt werden. Für das Ultrarot kann ein vereinfachtes Verfahren angewandet werden, indem man sich auf die Bestimmung der Gesamtdurchlässigkeit beschränkt, wofür das Ardometer[1]) von Siemens & Halske ein leicht anwendbares Instrument ist. Von dem Vortragenden sind bloß Messungen der integralen Ultrarot-Durchlässigkeit von verschiedenen Schutzbrillengläsern mit einer kleinen Thermosäule der Firma Kipp-Zonen in Delft und einem Spiegelgalvanometer von $1 \cdot 10^{-8}$ A Empfindlichkeit gemacht worden. Die Schwächungszahlen im sichtbaren Gebiete wurden mit einem Universalphotometer der Firma Schmidt & Hänsch bestimmt. Die Beurteilung der Ultraviolett-Durchlässigkeit geschah mit Hilfe der Analysenquarzlampe. Zur Kennzeichnung der Augenschutzgläser im unsichtbaren Gebiete schlägt dann L. Bloch vor, zur Angabe der Schwächungszahlen die negativen Logarithmen der Durchlässigkeit für die ultrarote und die ultraviolette Strahlung zu benützen.

„Den Einfluß der Beleuchtung auf die Leistungsfähigkeit des Menschen" behandelte schließlich Dipl.-Ing. Schneider, Berlin, in einer scharfsinnigen Untersuchung. Beleuchtungsstärke bezw. Leuchtdichte sind die Grundbedingungen für die Lichtempfindung. Als leistungshemmender Faktor ist die Blendung zu betrachten. Nach ihr kommen die Schattigkeit, die für die Körper- und Raumwahrnehmbarkeit bestimmend sind und schließlich die Lichtfarbe als beeinflussende Faktoren der Wahrnehmbarkeit in Betracht.

Zunächst wurde das Problem der erforderlichen Beleuchtungsstärke historisch-kritisch besprochen. Weder die Methode der Sehschärfenprüfung noch die Leistungsprüfung nach der Lesemethode können befriedigende Ergebnisse liefern, da das Wahrnehmen von Gegenständen ein viel zu komplizierter Vorgang ist, als daß er mit den genannten primitiven Methoden erfaßt werden könnte. Ein Ausweg aus diesem Dilemma wurde mit Hilfe der Psychotechnik zu finden gesucht. Die bisher mit ihr erzielten Ergebnisse sind aber nicht durchweg brauchbar, weil weder die Versuchsanordnungen noch die Ergebnisse mit der erforderlichen Kritik gewertet worden sind. Befriedigende Resultate werden erst dann zu erwarten sein, wenn die Kluft zwischen der ophthalmologischen Sehschärfe- und der psychotechnischen Leistungsprüfung durch Physiologie und Psychologie überbrückt sein werden.

Auf die physiologische Seite der Frage legte der Vortragende in erster Linie sein Augenmerk. Er ging hier von den zahlreichen Untersuchungen aus, die an verschiedenen Stellen gemacht worden sind, die aber wegen der stark voneinander abweichenden Untersuchungsmethoden und Versuchsanordnungen und wegen des häufigen Fehlens zuverlässiger Angaben über die physikalischen Versuchsbedingungen nur schwer unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammenzufassen sind. Es ist das besondere Verdienst des Vortragenden, durch kritische Analyse der in der Literatur vorgetragenen Untersuchungsergebnisse eine Plattform geschaffen zu haben, auf der diese Ergebnisse miteinander verglichen werden können. Die gewaltige Arbeit, die der Verfasser hierbei geleistet hat, ist kaum geringer, als wenn er alle wesentlichen Untersuchungen noch einmal selbst unter einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen hätte.

Der Vortragende geht von der Fähigkeit des Auges aus, Leuchtdichten-Unterschiede wahrzunehmen, deren Höchstleistung die Unterschiedempfindlichkeit ist. Der zweite Schritt ist die Fähigkeit, Formen auf Grund von Leuchtdichteunterschieden wahrzunehmen, die Formenempfindlichkeit. Der dritte Faktor ist die Empfindungszeit, die Reaktionszeit vom Auftreffen des Reizes bis zur Auslösung der Empfindung. Erst durch das Hinzutreten der Zeit kann von einer Leistung gesprochen werden. Ihre Kombination mit der Unterschiedsempfindlichkeit ergibt die Schwellenwerte für kurzdauernde Reize und ihre Kombination mit der Formenempfindlichkeit, die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die Grenzzeit, die erforderlich ist, um einen Kontrast von einer bestimmten Form eben noch deutlich wahrnehmen zu können. Mit dieser Prägnanz sind meines Wissens die physiologischen, innerlich allerdings auch psychologisch miteinander verknüpften Vorgänge beim Sehen bisher noch nicht dargestellt worden. Die weiteren Ausführungen des Vortragenden geben dann illustratives Beweismaterial für diese Gedankenkette. Vorausgesetzt wird hierbei immer normale Arbeit des Auges, also Akkomodation und Adaptation. Die von vielen Forschern geschaffenen künstlichen Zwangsbedingungen waren es wesentlich, die die eindeutige Analyse des Sehvorganges erschwerten.

Einiges von dem illustrativen Materiale L. Schneiders sei hier herausgehoben. Nach den auf Grund der von Schröder angestellten Untersuchungen umgerechneten Werten von König und Brodhun über die Unterschiedsempfindlichkeit ergibt sich beispielsweise, daß diese bis zu einer Leuchtdichte von 200 „Lux auf Weiß" ansteigt (1 Lux auf Weiß ist ein Arbeitsmaß für die Leuchtdichte einer Fläche mit der Reflexion 1, die von einem Lux beleuchtet wird. Sie ist das $\pi \cdot 10^4$-fache von 1 Stilb oder 1 HK/cm²), dann bis ungefähr 2000 Lux auf Weiß nahezu konstant bleibt, um dann wieder abzufallen. Der Bereich zwischen 200 und 2000 Lux auf Weiß stellt also den für die Wahrnehmbarkeit geringster Leuchtdichtenunterschiede günstigsten Leistungszustand des Auges dar. Diese Werte kennzeichnen allerdings nur einen Spezialfall für eine bestimmte Leuchtdichtenverteilung im Gesichtsfelde. Die Leuchtdichtenschwelle ändert sich mit der Größe des Gesichtsfeldes und der Verteilung der Leuchtdichten im Gesichtsfelde erheblich. Ist zum Beispiel einmal eine kleine leuchtende Fläche in vollkommen dunkler Umgebung (König) vorhanden, das andere Mal die gleiche Fläche in gleich heller Umgebung (Blanchard), so kann im letzteren Falle die Unterschiedsempfindlichkeit zehnmal größer sein als im ersten. (Ein Ergebnis das unter anderem für die Ausstattung von Photometerräumen — einmal mit ganz dunklen, das andere Mal mit hellen Wänden — entscheidend ist).

In analoger Weise wird die Formenempfindlichkeit behandelt, die für eine exakte Bestimmung von Brechungsanomalien des Auges, aber auch für die praktische Beleuchtungstechnik von grundlegender Bedeutung ist. Je nach Größe der Kontraste und der Gegenstände sind die für die Wahrnehmbarkeit von Formenunterschieden erforderlichen Leuchtdichten häufig niedriger als die für ein Maximum der Unterschiedlichkeitsempfindlichkeit erforderlichen Werte. Nicht selten aber ist auch das Umgekehrte der Fall, so bei kleinen Gegenständen, bei denen nur geringe Leuchtdichtenunterschiede vorhanden sind. Deshalb sind zum Beispiel bei der Unterscheidung feiner Wolframdrähte auf dunklem Hintergrunde Beleuchtungsstärken bis 10 000 Lux erforderlich, um deutlich unterscheiden zu können.

[1]) Vgl. E. u. M. 1922, S. 9.

Digitized by Google

Beim Sehen bewegter Gegenstände kommt dann noch die Zeit hinzu, die unter Umständen außerordentlich kurz ist, und in der dazu noch eine ganze Reihe von Eindrücken zum Bewußtsein kommen müssen, damit wir eine Wahrnehmung registrieren können. Es ist also die Empfindungsschwelle der Leuchtdichte für sehr kurze Reize zu ermitteln, und außerdem noch die Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Formenunterschiede gleich großer oder verschieden großer Objekte bei gleichen und verschieden starken Kontrasten. Zahlenwerte für die Empfindungsschwellen unter charakterisierten Versuchsbedingungen werden angegeben. Sie stellen Grenzwerte dar, die in der Praxis nie unter- bezw. überschritten werden.

Trotz der Bestimmung der Schwellenwerte für die Grundempfindungen des Auges und ihrer Kombination, sind die hieraus ermittelten Werte der erforderlichen Beleuchtungsstärke für die Beleuchtungspraxis doch nicht ohne weiteres maßgebend, denn es kommen noch die Einflüsse der Blendung und der Farbe hinzu. Diese Einflüsse müssen gleichfalls aus den Grundempfindungen des Auges ermittelt werden. Der Verfasser gibt den Weg der eingeschlagenen Untersuchungen an und teilt einige Messungsergebnisse mit. Er hebt aber selbst hervor, daß wir hier erst am Anfange einer Entwicklung stehen, die es ermöglichen wird, den Einfluß der Beleuchtung auf die verschiedenen Arbeitsverrichtungen zahlenmäßig festzulegen und die für jede Arbeitsverrichtung wirtschaftlichste Beleuchtung zu errechnen.

An die Vortragsfolge, die im Interesse der Gewerbehygiene gehalten worden war, schloß sich an einem zweiten Sitzungstage noch eine Reihe von Vorträgen an, die durch den genius loci der Hafenstadt Hamburg bedingt war.

Oberbaurat Wundram vom Hafenamte Hamburg sprach über Hafen, Strom- und Werftbeleuchtung. An Hand eines ausgezeichneten Lichtbildermaterials gab der Vortragende ein anschauliches Bild von den großartigen Beleuchtungsanlagen des Hamburger Hafens. Welchen Umfang diese Anlagen haben, geht schon aus der Tatsache hervor, daß allein die mit Hebezeugen ausgerüsteten Kaistrecken, soweit sie mit Umschlagschuppen besetzt sind, eine Länge von 20 km besitzen. Die Beleuchtung geschieht heute fast ausschließlich mit elektrischen Glühlampen. An den etwa 550 Portalkränen tragen Portal und Ausleger sogenannte Sonnenbrenner mit mehreren Glühlampen von zusammen 250 W. Verladebrücken und ähnliches von größerer Bauhöhe sind mit Tiefstrahlern für 500 bis 1000 W-Lampen ausgerüstet. Bei den wenigen nicht elektrisch betriebenen Kränen geschieht die Beleuchtung vom Dach der Kai- oder Lagerschuppen aus. Die Kaistrecken sind außerdem noch durch Glühlampen beleuchtet. Besonders wichtig, zugleich aber auch recht schwierig, ist die Beleuchtung der meist sehr niedrigen Umschlageschuppen am Ufer. Die Mindestbeleuchtungsstärke muß es gestatten, die an den Verpackungen angebrachten Marken zu erkennen, das Höchstmaß wird dort verlangt, wo noch Unterschiede in Art und Güte von Waren festgestellt werden sollen. Diese Beleuchtungsstärken schwanken zwischen 1 und 10 Lux.

Interessant war an dieser Stelle eine Schilderung der Entwicklung, die die Beleuchtung seit 1866 genommen hat, vom offenen Gasschnittbrenner über Gasglühlicht, Bogenlampen zunächst in Serien, dann in Parallelschaltung, Dauerbrandbogenlampen bis zur Gasfüllungslampe, die heute die Bogenlampe fast vollständig verdrängt hat. Ein besonderes Kapitel bildete die zweckmäßige Beleuchtung der im Hafen vorhandenen über 1000 Waagen. Die besten Ergebnisse wurden mit einem halbrunden Emailreflektor erzielt, der durch eine Schlitzöffnung ein Strahlenbündel auf die Skala des Waagebalkens sendet. Bei den sich allmählich einbürgernden halb- und vollautomatischen Waagen werden durchscheinende Skalen- oder Zifferblätter mit eingebauter Lampe benützt. Die Anlegestellen, Landungsbrücken und Piers, die sich je nach den Gezeiten wechselnder Pegelhöhe anzupassen haben, wurden bis vor Kurzem noch immer mit Petroleumlampen beleuchtet. Erst 1915 sind in Hamburg die letzten Reste dieser Beleuchtung durch elektrisches Licht mit beweglichen Anschlüssen ersetzt worden. Die Beleuchtung der riesigen Hellingen mit ihren hohen Eisenkonstruktionen geschieht heute ebenfalls ausschließlich durch Gasfüllungslampen von 1000 bis 1500 W, meist in Tiefstrahlern, auf 1000 W entfallen hier etwa 1000 m² Arbeitsfläche. Trocken- und Schwimmdocks tragen an ihren Seitenwänden Lichtmaste mit Auslegern. Besondere Sorgfalt wird hier darauf verwandt, Blendung der im Hafen verkehrenden Schiffe zu vermeiden.

Zum Schlusse ging dann der Vortragende noch auf die richtungsweisende und signalgebende Beleuchtung des Hafens und auf die Befeuerung des Schiffahrtsweges nach der freien See ein. Als Leuchtmittel werden hier verwendet: Petroleum; Leucht-, Blau- und Fettgas; sowie Elektrizität. Dazu kommen noch das Sturmzeichen und das Zeitzeichen der Seewarte, die beide durch Lichtsignale gegeben werden. Was die Leuchten anbelangt, so haben sich am besten gußeiserne emaillierte Armaturen bewährt. Bei der Benutzung offener Glühlampen konnte von der Anwendung besonderer Schutzgläser abgesehen werden .

Herr Regierungsrat Dr. Burath von der Deutschen Seewarte Hamburg behandelte die Probleme der Sichtigkeit mit besonderer Berücksichtigung der Sichtigkeit von Positionslaternen.

Die atmosphärische Luft wirkt zum Teil selektiv absorbierend, zum Teil diffus streuend auf den Durchgang der Lichtstrahlen. Die letztere Erscheinung, die „Extinktion" oder der reziproke Wert, die „Transmission" auf die Dicke Eins der durchstrahlten Schicht bezogen, dient zur Charakterisierung des augenblicklichen Zustandes der Atmosphäre. Bei strenger Definition muß auch auf die Lichtfarbe Rücksicht genommen werden. Zwischen dem jeweiligen Grade der Durchsichtigkeit der Luft und der zur Zeit herrschenden Wetterlage bestehen Zusammenhänge, deren Ergründung in der letzten Zeit angestrebt wurden, nicht zuletzt mit der Absicht, die Ergebnisse der Forschung für die Wettervorhersage nutzbar zu machen.

Zur Definition der Luftdurchsichtigkeit in horizontaler Richtung ist dann noch der Begriff der „Sicht" eingeführt worden, unter der man die Erkennbarkeit mehr oder weniger entfernter Gegenstände versteht. Außer von dem jeweiligen Zustande der Atmosphäre wird die Güte der Sicht noch von der Beleuchtung der Luftstrecke zwischen Zeit und Beobachter beeinflußt. Bei Sonnenschein zum Beispiel erhält man bei gleicher Sicht verschiedene Wert für die Sichtweite, je nach dem Winkel, den die Zielrichtung mit dem Sonnenvertikal bildet. Zur Bestimmung der Sicht begnügt man sich in der Meteorologie mit einfachen Schätzungen. Der Zustand der Atmosphäre wird dann als sehr sichtig, diesig, dunstig, neblig oder stark neblig bezeichnet, entsprechend Sichtweiten von 20 km bis herab zu 1 km und darunter. Um von Willkürlichkeiten in der Schätzung frei zu werden, hat Prof. Wiegand einen Apparat, den sogenannten Stufensichtmesser, angegeben, der die Sicht und damit auch unter Umständen Distanzen zu messen gestattet. Bei diesem Apparate wird zu der Trübung der Luft noch eine meßbare künstliche Trübung hinzugefügt, die ein anvisiertes Ziel gerade zum Verschwinden bringt.

Für die Schiffahrt von Bedeutung ist natürlich in erster Linie die Frage, welche Beziehungen zwischen den Lichtstärken der Positionslaternen und ihrer Sichtweite bestehen und welche Rolle hierbei der augenblickliche Zustand der Atmosphäre spielt. Maßgebend für die Anforderungen an die Schiffslaternen ist die Seestraßenordnung vom 5. Februar 1906, nach der die weiße Topplaterne bei klarer dunkler Nacht mindestens auf 5 Seemeilen, die farbige Seitenlaterne auf mindestens 2 Seemeilen sichtbar sein müssen. Unter Berücksichtigung der Transparenz τ gilt für die Beleuchtungsstärke E durch eine Lichtquelle von der Intensität J in der Entfernung von s Seemeilen die Gleichung

$$E = \frac{J \cdot \tau^s}{s^2}.$$

Digitized by Google

Findet in der Entfernung x der τ entsprechenden Sichtweite grade das Verschwinden statt, so gilt

$$E' = \frac{J \cdot \tau^x}{x^2}.$$

Für alle Lichtstärken und die verschiedenen Sichtigkeitsgrade der Luft wird der Grenzwert E' immer der gleiche sein, wenn man sich nur jedesmal in die Sichtweite begibt. Es ist dann also $J\tau^x/x^2$ eine Konstante $= c$; auf Grund zahlreicher Versuche ist $c \sim 0{\cdot}35$ und demnach ist

$$J = c \cdot x^2 \cdot \tau^{-x} = 0{\cdot}35 \cdot x^2 \cdot \tau^{-x}.$$

Aus dieser Gleichung ist die Sichtweite einer bestimmten Lichtquelle für jeden Sichtigkeitwert der Luft zu berechnen oder es ist diejenige Lichtstärke einer Lichtquelle zu ermitteln, die für die verschiedenen Zustände der Atmosphäre zur Erzielung einer bestimmten Sichtweite erforderlich ist. Das gilt allerdings nur für weißes Licht.

Das grüne Licht der Steuerbordlaterne erleidet infolge diffuser Reflexion beim Durchgange durch die Atmosphäre eine stärkere Extinktion als das rote Licht der Backbordlaterne; während beim weißen Lichte eine quadratische Beziehung besteht, muß beim grünen Lichte etwa eine kubische Beziehung angenommen werden. Bei weißem Lichte ist zur Erzielung der vorgeschriebenen Sichtweite eine Lichtstärke von mindestens 21 HK notwendig; obwohl nun die Praxis wesentlich höhere Lichtstärken erforderlich macht, ist bei der Benützung von Petroleumlampen selbst die Minimallichtstärke nur unter Benützung von Linsen zu erreichen. Die Linse muß dabei nach deutschen Vorschriften eine solche Streuung aufweisen, daß bei einer Neigung der Laterne um 5° nach vorn und hinten immer noch $^3/_4$ der vorgeschriebenen Lichtstärke in horizontaler Richtung vorhanden sind. Die englischen Vorschriften sind weit strenger. Bei der Verwendung elektrischer Lampen können Linsen durch zylindrische Gläser ersetzt sein; die geforderte Lichtstärke ist dann auch bei geneigter Laterne zu erzielen. Nach Versuchen aus der jüngsten Zeit kann bei Verwendung von Wendeldrahtlampen den Bedingungen mit einer 40 Wattlampe sowohl bei den weißen als auch den farbigen Signallichtern genügt werden; an Stelle der bisher benützten gelbgrünen Vorsteckgläser müßten allerdings dunklere Gläser benützt werden. Dann würde die Lichtstärke weit unter die zulässige herabgesetzt werden, was gegen die Verwendung glatter Gläser und für die Verwendung von Linsen spricht. Zweckmäßiger wird aber anstatt der Wendeldrahtlampe eine langfädige Wolframdrahtlampe benützt, bei der auch das gelbgrüne Glas verwendbar bleibt. Die langfädigen Lampen liefern auch günstigere Streuungen durch die Linsen als die Wendeldrahtlampen. Bei Positionslaternen mit elektrischen Lampen sollen Reflektoren nicht verwendet werden, bei solchen mit Petroleumlampen werden in England Reflektoren mit hohem Reflexionsvermögen verlangt. In Deutschland müssen die mit 10″ bezw. 14″ Rundbrennern versehenen Laternen auch ohne Reflektoren den Vorschriften genügen.

Besondere Aufmerksamkeit lenkte der Vortragende auf die Eigenschaften, die die farbigen Vorsteckgläser der Seitenlaternen haben müssen. Die im Handel vorkommenden durch Kupfer gefärbten roten Überfanggläser genügen allen Ansprüchen, bei Petroleumlampen liefern auch die Goldrubingläser gute Ergebnisse. Dagegen macht die Wahl der grünen Gläser große Schwierigkeiten, weil diese noch einen großen Teil gelber und roter Strahlen hindurchlassen. Die Frage der grünen Signalgläser wird gegenwärtig in Deutschland von der deutschen Seewarte, sowie der Seezeichenabteilung des Verkehrsministeriums unter Mitwirkung der hierzu eingesetzten Kommission der D. B. G. sowie der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft eingehend studiert.

Über die Anforderungen an Lichtquellen für Leuchtfeuer berichtete hierauf an Hand reichen Bildermateriales Herr Dipl. Ing. Jädicke, Berlin. Die Ansprüche, denen eine Lichtquelle für Leuchtfeuer zu genügen hat, sind: Optik, Betriebssicherheit, Kennungsgebung und einfache Bedienung. Die Zusammenhänge zwischen Lichtquelle und Optik werden bei Verwendung einer kreisförmigen Scheinwerferlinse oder eines Spiegels durch die Beziehung gegeben

Lichtstärke = Leuchtdichte der Lichtquelle × Fläche der Linse,

Bei einer ringförmigen Einstellinse besteht die Beziehung

Lichtstärke = Leuchtdichte der Lichtquelle × × Breite der Lichtquelle × Höhe der Linse.

Der wichtigste Punkt ist die Leuchtdichte der Lichtquelle, nachdem die Optik hinsichtlich Öffnung und Brennweite an der Grenze des Möglichen angelangt ist. Der ideale Fall der Konzentrierung der ganzen Leuchtdichte auf einen Punkt ist nicht realisierbar, man muß sich deshalb immer mit ausgedehnten leuchtenden Flächen begnügen. Aber aus diesem Grunde sind für die Praxis auch die ungleichmäßige Verteilung der Leuchtdichte auf der leuchtenden Fläche und die Gesamtbreite der Lichtquelle zu berücksichtigen.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden die einzelnen Lichtquellen und die optischen Einrichtungen der Leuchtfeuer besprochen: Drahtlampen, Dampf- und Gasglühlichtlampen, elektrische Bogen- und Gasglühlichtlampen. Jede Lichtquelle beansprucht eine besondere Ausbildung der Optik. Ölgas, Blaugas und Pintsch-Flüssiggas, in geeigneten Gasglühlichtbrennern verbrannt, spielen in der Leuchtfeuertechnik auf Leuchttürmen, Leuchtfeuern und an Leuchtbojen eine überragende Rolle. Günstig ist auch, besonders für Leuchtbojen, die offene Azetylenflamme; Azetylengasglühlicht gibt häufig zu Störungen Anlaß. Von Bogenlampen kommt nur die Gleichstrombogenlampe mit horizontaler positiver und schräger negativer Elektrode wirklich in Betracht. Ein bedeutender Fortschritt wurde aber auch in der Leuchtfeuertechnik durch die Einführung der gasgefüllten Glühlampe erzielt. Für größere Leistung kommt nur die Projektionsglühlampe in Betracht. Man erreicht mit ihr Leuchtdichten bis 1000 Stilb. Bei einer erst neuerdings von der Julius Pintsch A.-G. entwickelten Gasfüllungslampe, die einen in einer Kugeloberfläche angeordneten Wendeldraht aus Einkristalldraht aufweist, ist man sogar zu einer Leuchtdichte von 2400 Stilb gelangt. Bei Überlastung um 10 vH stieg die Leuchtdichte bis auf 3000 Stilb. Die Versuche mit dieser Lampe sind noch im Gange, um vor allem die Lebensdauer zu prüfen und die Leuchtdichte noch weiter zu steigern.

Die weiteren Ausführungen des Vortragenden erstreckten sich dann auf die optischen Einrichtungen, auf die Sicherheitseinrichtungen beim plötzlichen Versagen einer Lichtquelle und auf die mechanischen Einrichtungen zur Kennungsgebung. Dr. H. Lux.

Rundschau.

Neuzeitliche Beleuchtungsanlagen in Karlsruhe. Die Lichttechnische Gesellschaft zeigte kürzlich ihren Mitgliedern drei neue Beleuchtungsanlagen in Karlsruhe, die nach den modernsten lichttechnischen Grundsätzen ausgeführt wurden.

Bei der Beleuchtung der Stadtkirche haben Prof. Dr. Alker als Architekt und Prof. Dr. Teichmüller als Lichtingenieur versucht, eine stimmungsvolle Beleuchtung zu schaffen. Das Mittelschiff ist durch Voutenlicht ganz indirekt beleuchtet. Es sind in 30 cm Abstand 240 Glühlampen zu 60 W, insgesamt also 14 400 W, installiert. Die Vouten ließen sich am unteren Teile des Architravs in Form von emaillierten Blechrinnen anbringen, weil der Architrav aus Holz hergestellt und hohl ist, so daß er begangen werden kann. Die Emporen in den Seitenschiffen wurden in ähnlicher Weise durch Glühlampen beleuchtet, die unter der Decke möglichst tief an den Architraven angebracht wurden. Für den im

Digitized by Google

Mittelschiff der Kirche Stehenden erscheinen deshalb auch die Seitenschiffe in indirekter Beleuchtung. Die Beleuchtungsstärke ist von oben nach unten abgestuft, nämlich in der obersten Empore am schwächsten, in der untersten am stärksten; dadurch kommt die starke Deckenbeleuchtung im Mittelschiff zu einer besonders kräftigen und stimmungsvollen Wirkung. In den oberen Emporen sind 28 Lampen, in der mittleren 54 Lampen in 60 cm Abstand und in der unteren 56 Lampen in 50 cm Abstand, alle mattiert, zu einer Leistung von je 15 W installiert. Die Gesamtleistung in der Kirche beträgt also rund 16·5 kW. Zur stärkeren Beleuchtung des Altarplatzes sind, verborgen hinter den Kapitälen der dem Altar nächsten Säule, zwei Scheinwerfer angebracht; diese sollen besonders bei trüben Tagen zur Unterstützung der Tageslichtbeleuchtung am Altar dienen. Die mittlere Beleuchtungsstärke im Mittelschiff beträgt zurzeit etwa 12 Lux und wird nach Neuausmalung der Kirche auf 15 bis 17 Lux steigen.

In der Matthäuskirche handelte es sich im Gegensatz zu der eben besprochenen Kirche um einen Bau, bei dem die Beleuchtungsanlage gleichzeitig mit dem Gebäude entworfen wurde. Es sind hier, in jeder durch Mauer und Binder gebildeten Ecke, große Geleuchte, die in ihrer Form etwa einem Papierdrachen ähneln, eingebaut, und zwar jedesmal in den dem Altar zugekehrten Ecken, so daß der nach dem Altar schauende Andächtige auch bei beleuchteter Kirche nichts von den Geleuchten wahrnimmt. Jedes dieser Geleuchte enthält, von oben nach unten aufgeführt, drei Lampen zu je 100 W, zwei Lampen zu je 75 W und zwei Lampen zu je 60 W, insgesamt also 570 W. Zur Beleuchtung des Schiffes dienen also im Ganzen 4560 W. Der Altarraum ist durch zwei besondere Wandgeleuchte zu stärkerer Wirkung heller beleuchtet. Der Anstrich des Schiffes und die malerische Ausstattung der Altarnische wurden in Verbindung mit der Beleuchtung so gewählt, daß eine sehr ruhige stimmungsvolle Beleuchtung erzielt und das Auge nach dem Altarraum gezogen wird. Der Erbauer der Kirche, Prof. Dr. Alker, gab Aufschluß über die besondere Bauart der Kirche, die als billigste Kirche in Deutschland bezeichnet werden kann.

Zur Beleuchtung der Festhalle, von den städtischen Ämtern und der AEG-Karlsruhe ausgeführt, sind in jedem der großen in der Mitte der neun Felder angebrachten Deckengeleuchte drei Lampen zu 500 W angebracht und in den beiden Emporen zwischen je zwei Säulen 50 Deckengeleuchte, die in der obersten Reihe je zwei Lampen zu 60 W, in der Mitte je eine Lampe zu 100 W und unten je zwei Lampen zu 75 W enthalten. Insgesamt sind also rund 25 kW installiert. Zwei Deckengeleuchte sind aus Sicherheitsgründen umschaltbar auf das städtische Drehstromnetz und die Gleichstromanlage des städtischen Vierordtbades angeschlossen; aus dem letzteren wird auch die Notbeleuchtung an den Ausgängen und in den Garderoben gespeist. Die Lampen können so geschaltet werden, daß entweder alles oder $^2/_3$ oder $^1/_3$ brennt, auch im letzten Falle wird noch eine jedenfalls bei Vorträgen ausreichende Beleuchtungsstärke erzielt. Auch hier ist die Beleuchtungsanlage, wenn auch nicht mit dem Bau, so doch mit einem neuen Anstrich entworfen und ausgeführt; sie ist wirtschaftlicher wie die seitherige und wirkt außerordentlich festlich.

Sportplatzbeleuchtung. Um einen Boxkampf im Stadion von Chicago einer Zuschauermenge von 150 000 Personen sichtbar zu machen, entschloß man sich, das Match während der Abendstunden abzuhalten, weil es sich zeigte, daß man bei künstlicher Beleuchtung besser sehen konnte als bei Tageslicht. Die große Kontrastwirkung zwischen dem dunklen Zuschauerraum und dem ungewöhnlich stark beleuchteten Podium der Kämpfenden, ließ die Figuren wesentlich deutlicher hervortreten, als es bei Tageslicht der Fall gewesen wäre. Über dem nur etwa 25 m² großen Kampfpodium wurden 43 Tiefstrahler angebracht, deren jeder mit einer 1000 W-Lampe versehen war. Man erreichte dadurch eine horizontale Beleuchtungsstärke von 16 620 HLx in 75 cm über dem Boden gemessen. Die vertikale Beleuchtungsstärke, die besonders für photographische Aufnahmen von Wichtigkeit ist, betrug in Augenhöhe 4968 HLx. Es war dadurch möglich, ständig kinematographische Aufnahmen des Kampfes zu machen und sogar Momentaufnahmen mit Teleobjektiven sind ausgezeichnet gelungen. Der Zuschauerraum wurde durch insgesamt 142 Lampen zu 1000 W erleuchtet. L.

(Light, Bd. 5, Nr. 9, November 1927.)

Mehr Licht? Von Dr. Ing. L. Bloch. Es wird in einem Sonderabdruck aus ETZ, Jahrgang 1927, Heft 16, die Frage behandelt, welche Argumente gegenwärtig für die Vergrößerung des Lichtkonsums sprechen, nachdem die Steigerung des Lichtverbrauches bis jetzt zumeist aus der Konstruktion von Gas- und elektrischen Lampen und der Entwicklung des Verhältnisses zwischen den Einheitspreisen für Strom und Gas erklärlich ist. Der Autor stellt sich zunächst die Frage, ob es überhaupt geraten wäre, die Beleuchtung zu steigern und findet dies wegen der Beschaffenheit der künstlichen Lichtquellen bei deren passender Verteilung als durchaus empfehlenswert. Er entwickelt weiters, daß die Erhöhung der Ergiebigkeit von Lichtquellen und Arbeitsleistung sowie der persönlichen Sicherheit im Straßenverkehr, auch des persönlichen Wohlbehagens, für mehr Licht sprechen; außerdem betragen die Lichtkosten gegenwärtig nur einen sehr geringen Teil der Ausgaben, wie zum Beispiel in einem Haushalte, oder des Nettoeinkommens, wie zum Beispiel besonders in einem Warenhaus. Aus diesen Gründen sei der Standpunkt, nicht möglichst billiges, sondern gutes und reichliches Licht zu fordern, durchaus berechtigt für Wohnungen, kaufmännische und technische Büros, Werkstätten, Verkaufsräume, Schaufenster, öffentliche Verkehrsmittel und Straßen. Auch für die Zentralen bedeutet eine Konsumsteigerung eine Steigerung ihrer Ergiebigkeit. J. O.

Verbesserung der Beleuchtung im Steinkohlenbergbau[1]**).** Von Dr. W. Matthias, Bottrop. Der erste Schritt zur Verbesserung der bisher ungemein dürftigen Beleuchtung in Kohlengruben wurde durch den teilweisen Ersatz der Davyschen Sicherheitslampe durch Akkumulatoren-Handlampen gemacht, die zwar eine drei- bis zehnfache Erhöhung der Lichtstärke brachte, ohne damit aber alle Verbesserungsmöglichkeiten zu erschöpfen. Erst durch den Anschluß an das allgemeine Starkstromnetz konnte die gewünschte Beleuchtungsintensivierung erzielt werden. Da aber nicht alle Gruben über ein ausgedehntes, untertags verlegtes, elektrisches Leitungsnetz verfügen, ist man darangegangen, eigene, preßluftgetriebene Lichtaggregate einzustellen. Einzellampen, in deren Sockel der Druckluftmotor und die Lichtdynamo eingebaut sind, werden groß und schwer und sind natürlich nur dort anwendbar, wo mit der pneumatischen Schrämm-Maschine gearbeitet wird, der die Druckluftleitung folgen muß. Außerdem tritt bei der lichtstarken, wenn auch mattierten Glühbirne, eine starke Blendwirkung auf und schließlich ist die Lampe gegen Schwankungen in der Druckluftspannung sehr empfindlich, da der Einbau eines Reglers infolge des beschränkten Raumes unmöglich ist. Besser bewähren sich die Beleuchtungsanlagen, die gleichzeitig mehrere Lampen speisen. Bei diesen treibt ein Preßluftdrehkolbenmotor, dessen Tourenzahl durch einen Geschwindigkeitsregler konstant gehalten wird, einen Gleichstrom-Nebenschluß-Generator von 32 V und 0·4 kW Leistung an, welcher ausreicht, um 12 Lampen zu 25 W oder zu 10 und 30 W mit Strom zu versorgen. Ein Luftabsperrhahn, ein Siebkasten, ein Drucköler und der Kabelstecker vervollständigen die Einrichtung, die in einem Blechschutzkasten von den Dimensionen 105 × 40 × 42 cm mit den Maschinen zusammen untergebracht ist. Das Ganze wiegt ohne Kabel und Druckluftschlauch 121 kg. Die Regelfähigkeit

[1]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1926, S. 32; 1927, S. 11.

Digitized by Google

wurde durch das plötzliche Abschalten von neun Lampen geprüft und man konnte an der einen noch brennenden Lampe nur ein kurzes Hellerwerden beobachten. Die Tatsache, daß durch eine bessere Beleuchtung des Arbeitsplatzes eine mengen- und gütemäßige Steigerung der Arbeitsleistung eintritt, konnte natürlich auch in diesem Fall wieder nachgewiesen werden. Interessant ist, daß auch die Arbeiter sofort bestätigten, daß durch die stärkere Beleuchtung die Unterscheidung zwischen Flötz und taubem Gestein viel leichter ist, was wieder zu einer reineren Förderung, also zur gütemäßigen Leistungssteigerung führte. Insbesondere wurde durch die Einführung von Reinlichtglocken, den sogenannten Tageslichtlampen[1]), diese Unterscheidung noch mehr erleichtert. Schließlich hatte die bessere Beleuchtung noch einen weiteren, nicht zu unterschätzenden Vorteil. Die größere, auf das Hangende fallende Lichtmenge, läßt Gefahr anzeigende Risse, Spalten, hängende Schalen und dergleichen wesentlich leichter erkennen und dadurch plötzlichen Abbrüchen oft noch rechtzeitig zuvorkommen.

(Glückauf Jg. 63, Nr. 42, 1927.)

Die Beleuchtung in Fabriks- und Gewerbebetrieben. Der Bericht der Gewerbeinspektoren für das Jahr 1926[2]) enthält einige aufschlußreiche Bemerkungen über den Stand der Beleuchtung in den im genannten Jahre kontrollierten Betrieben. Sowohl bei der Besprechung der Unfallsverhütung als auch bei Erörterung der gewerbehygienischen Maßnahmen wird darauf hingewiesen, daß gute Allgemein- und Platzbeleuchtung nicht nur ein wirksames Unfallverhütungsmittel bildet, sondern auch stark produktionsfördernd wirkt. Gleichzeitig wird aber über das mangelnde Verständnis der meisten Unternehmer diesen Fragen gegenüber Klage geführt. Wenn auch durch Verwendung von Gasfüllungslampen höherer Wattzahl (die offenbar unter den im Bericht angeführten „stromsparenden Starklichtlampen" zu verstehen sind) an Stelle von gänzlich veralteten niedrigkerzigen Vakuumlampen im allgemeinen eine Hebung der Beleuchtungsstärken zu konstatieren war, so hatte sich die Beleuchtungsgüte durch diese Maßnahmen in den meisten Fällen eher verschlechtert, da starke Blendungserscheinungen auftraten, gegen welche das Auge des Arbeiters nur in den seltensten Fällen geschützt wurde. Solche mangelnde Abblendungen können, worauf der Bericht besonders hinweist, gerade bei Arbeitsplatzbeleuchtung, bei welcher sich die Lampe gewöhnlich unmittelbar vor den Augen des Beschauers befindet, Überanstrengungen derselben zur Folge haben und dadurch zu Unfällen Anlaß geben. Der Bericht betont deshalb, daß eine genügende Abblendung der Arbeitsplatzleuchten zunächst viel wichtiger erscheint als das Anbringen höherwattiger Lampen an dieser Stelle, um vor allem die Augen vor dem zu grellen Licht zu schonen.

Aber auch die unmittelbar durch Blendung Geschädigten zeigen für derartige wünschenswerte Verbesserungen noch nicht das genügende Verständnis. In einer Lorrainestickerei (Aufsichtsbezirk Bregenz) war eine Platzbeleuchtung derart an den Maschinen angebracht, daß sie die Arbeitsstelle gut beleuchtete, die Augen der Stickerinnen aber vor den direkten Lichtstrahlen schützte; diese Maßnahme wurde jedoch von den Arbeiterinnen (aus im Berichte nicht angegebenen Ursachen) abgelehnt.

Der Bericht hebt hervor, daß es in den meisten Fällen überhaupt an einer genügenden Beleuchtung mangelt, bezw. die Art ihrer Ausführung gewöhnlich als verfehlt angesehen werden muß. Nur in wenig Fällen ist von einer durchgreifenden Umgestaltung der Beleuchtungsanlagen die Rede, wobei fast stets eine nachweisliche Mehrleistung bei kaum erhöhten Stromkosten festgestellt werden konnte.

Der Bericht läßt leider — bis auf einen einzigen Fall — Angaben über die durch mangelhafte Beleuchtung (einschließlich Notbeleuchtung) verursachten Unfälle vermissen. Bloß das Gewerbeinspektorat für Bauarbeiten in Graz gibt an, daß sich aus der genannten Ursache 15 Unfälle, vor allem in den Kellergeschoßen von Häusern ereigneten, außerdem fünf weitere beim Bau eines Großkraftwerkes durch Straucheln über unbeleuchtete Gleisanlagen. Die vielen in Betrieben unmittelbar oder mittelbar auf ungenügende Beleuchtung oder Blendung zurückzuführenden Unfälle sind aus den Tabellen nicht ersichtlich. Angaben über Datum und Stunde des Unfalles würden sicherlich eine Steigerung der Unfälle während der lichtarmen Tage und dunklen Stunden nachweisen lassen. Eine Ergänzung der so wertvollen Arbeiten des Berichtes durch diese Angaben würden überzeugender für die Notwendigkeit zweckmäßiger Beleuchtung sprechen. Schließlich weist der Bericht noch auf die mangelhafte Signalbeleuchtung und die dadurch hervorgerufene Unfallsgefahr bei Land- und Flußfahrzeugen hin.

Herb.

Beleuchtung und öffentliche Sicherheit. L. Lingenfelser. Da außer der Beleuchtung viele verschiedenartige Einflüsse bei dem Zustandekommen eines Verbrechens mitspielen, ist es schwierig, gerade den Einfluß der Beleuchtung herauszuschälen. Als zweckmäßig erschien es, die Verteilung der Straftaten über die Monate des Jahres zu untersuchen. Auf Grund von Angaben des Polizeipräsidiums Berlin versucht der Verfasser einen Zusammenhang zwischen Verbrechen und Beleuchtung zu finden. Bringt man die Anzahl der Verbrechen in jedem Monat in Beziehung zu der durchschnittlichen Tageslänge in Stunden, so ergibt sich in fast allen Fällen, wie vom Verfasser graphisch gezeigt wird, eine starke Zunahme der Verbrechen mit abnehmender Tageslänge, die zu einem gewissen Teil durch die länger dauernde Dunkelheit begründet erscheint. Interessant ist der Bericht über die Versuche, die in Cleveland angestellt wurden und eine ganz bedeutende Abnahme der Kriminalität in dem gut beleuchteten Teil der Stadt ergaben. Aus einer Gegenüberstellung der jeweils im Sommer- und Winterhalbjahr begangenen Verbrechen erkennt man, daß nicht nur die Spitzenwerte in die dunkle Jahreszeit fallen, sondern daß auch die absolute Zahl der begangenen Verbrechen in fast jeder Gruppe im Winter bedeutend höher ist als im Sommer.

Koch.

(Licht und Lampe, Nr. 14, 1927.)

Patentbericht.

Einrichtungen zur Lichtreklame.

Zum Aufleuchtenlassen sogenannter Universal-Lichtreklamebuchstaben pflegt man die verschiedenen Zeichen, Buchstaben, Zahlen oder dergleichen in Form von Kontakttypen an Kontaktfedern vorbeigehen zu lassen, wobei die Kontakttypen so mit Ausschnitten bezw. Ansätzen versehen sind, daß bei ihrem Vorbeistreichen an den Kontaktfedern ein Aufleuchten der zur Bildung des gewünschten Zeichens erforderlichen Lampen erfolgt. Die einzelnen Typen werden hierbei auf umlaufenden Trommeln angeordnet und bestehen aus flachen Stäben, welche an den aus der Trommel herausragenden Kanten abwechselnd mit Einschnitten und Schultern versehen sind. Der Nachteil dieser Einrichtung liegt darin, daß zum Übergehen von einer Inschrift auf eine andere ein Stillsetzen der Vorrichtung und ein Auswechseln der Kontakttypen in den Trommeln erforderlich ist.

Man hat nun bereits vorgeschlagen, die Kontakttypen in Ketten anzuordnen, die zwar eine leichtere Auswechslungsmöglichkeit geben, da die Ketten, insbesondere wenn sie verhältnismäßig lang und richtig geführt sind, zugänglicher sind als Trommeln, jedoch ist auch hier das Wechseln einer Inschrift während des Betriebes der Vorrichtung verhältnismäßig schwierig. Eine Erfindung der Firma E. A. Krüger & Friedeberg in Berlin hilft diesem Übelstand dadurch ab, daß von einem Auswechseln der einzelnen

[1]) Die Lichttechnik 1925, S. 9, 84.
[2]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 5, S. 118.

Digitized by Google

Kontakttypen beim Übergang von einem Zeichen auf ein anderes ganz abgesehen wird, vielmehr sind die Verzahnungen der Kontakttypen selbst derart einstellbar, daß man jede einzelne Type während des Ganges der Vorrichtung rasch in eine andere umwandeln und daher wechselnde Inschriften oder fortlaufende längere Texte erzeugen kann. Die Kontakttypen bestehen aus beiderseits an Ketten angeschlossenen Trägern, die einstellbare Kontaktstifte tragen. Die niedergedrückten Stifte eines Trägers kommen mit Kontaktfedern in Berührung und schließen die Stromkreise der gewünschten Lampen. Nach dem Vorbeigehen an den Kontaktfedern werden die Kontakttypenträger einer Trommel zugeführt, welche die vorher in Arbeitsstellung gewesenen Kontaktstifte freigibt und die Umschaltung auf einen anderen Buchstaben ohne Stillsetzung der Vorrichtung bewirkt. Die Trommeln, durch welche die Einstellung der Kontaktstifte erfolgt, besitzen feste Typen, die so gegen die einstellbaren Kontaktstifte bewegt werden können, daß je nach der Gestalt der festen Typen verschiedene Kontakttypen in die Arbeitsstellung bewegt werden.

(D. R. P. Nr. 433905.)

Zur Herstellung von Universallichtreklame wird häufig ein Verfahren verwendet, bei dem die Lampen durch gelochte Jacquardkarten oder Jacquardbänder gesteuert werden. Mit dieser Art der Steuerung war es aber bisher nicht möglich, Buchstaben von bestimmter Form darzustellen. Gemäß einer Erfindung von Dr. Arthur Korn in Charlottenburg sollen jedoch Schriften und Bilder jeder Art durch Lochregisterstreifen erzeugt werden. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß die von der Sendestation entsprechend der Geberfolie auf telautographischem Wege auf die Empfangsstation übertragenen und gestanzten Lochregisterstreifen unmittelbar zur Steuerung der zugehörigen Lampen benutzt werden. Zur Ausführung des Verfahrens werden in bekannter Weise eine Anzahl Lampen bis zur Zahl m in einer Anzahl Reihen bis zur Zahl n verwendet. Die Anordnung ist daher folgende:

$$\begin{array}{cccc} a\,\mathrm{I}\,1, & a\,\mathrm{I}\,2, & a\,\mathrm{I}\,3, \ldots & a\,\mathrm{I}\,m \\ a\,\mathrm{II}\,1, & a\,\mathrm{II}\,2, & a\,\mathrm{II}\,3, \ldots & a\,\mathrm{II}\,m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a\,n\,1, & a\,n\,2, & a\,n\,3, \ldots & a\,n\,m. \end{array}$$

$a\,i\,k$ bezeichnet demnach die k-te Lampe in der i-ten Reihe. Die Lampe $a\,i\,k$ leuchtet dann auf, wenn ein zu ihr gehöriger Taststift $d\,i\,k$ durch das Loch eines Lochstreifens hindurch, wie er bei der Telegraphie verwendet wird, einen Kontakt herstellt. Das Stanzen der Lochstreifen soll mit Hilfe des telautographischen Verfahrens selbsttätig geschehen. Die Schrift, Zeichnung oder dergleichen, welche durch die aufleuchtenden Lampen dargestellt werden soll, wird in nicht leitendem Stoffe auf eine Metallfolie aufgetragen und die Folie um einen drehbaren Metallzylinder gewickelt. Auf der Folie schleift ein metallischer Stift, der sich wie ein Grammophonstift bei jeder Drehung des Zylinders ein klein wenig in der Richtung der Zylinderachse verschiebt. Wenn der Stift einen metallischen Teil der Folie berührt, wird über ein Relais ein Strom geschlossen. Das Relais steuert einen zweiten Stromkreis, der den Stanzmagneten enthält. Die gestanzten Lochstreifen werden zerschnitten und die einzelnen Stücke aufeinanderfolgend unter die Taststifte d_{1k}, $d_{2k} \ldots d_{nk}$ gebracht. An Stelle der einzeiligen Lochstreifen können auch mehrzeilige, zum Beispiel dreizeilige (wie bei dem Wheatstoneschen System) oder fünfzeilige (wie bei dem Siemensschen Schnelltelegraphen) verwendet werden.

(D. R. P. Nr. 435774.)

Bei einer anderen bekannten Vorrichtung zum Schalten elektrischer Lichtreklamen bewegen sich die von den gelochten Jacquardkarten oder Jacquardbändern gesteuerten Kontaktstifte zwischen zwei Stromleitern. Eine Erfindung der Firma Electro-Automaten m. b. H. in Heilbronn a. N. besteht nun darin, daß die Kontaktstifte unter dem Einflusse einer unter Druck gesetzten Membran stehen und in Gemäßheit der Verteilung der Durchlaßöffnungen der Jacquardkarten oder -bänder durch die sich aufbauschenden Membranteile in Kontaktstellung gebracht werden. Die Einschaltung der Einzellampen erfolgt durch Einführung eines leitenden Steckers in die entsprechende Unterbrechungsstelle der durch eine Kontaktplatte gehenden Zuleitung. Die Kontaktplatte enthält so viele Unterbrechungsstellen, als die Schaufläche Lampen aufweist. Diese Kontaktplatte ist auf einem Tisch so angebracht, daß ihre Kontaktlöcher genau über den in einer zweiten Tischplatte geführten Kontaktstiften zu stehen kommen, wobei unter jeder Kontaktöffnung sich ein Kontaktstift befindet. Eine dem wiederzugebenden Bilde entsprechend gelochte Zwischenplatte wird zwischen die Kontaktplatte und die Tischplatte geschoben. Hierauf wird in einen unter der Tischplatte befindlichen Kasten Druckflüssigkeit (Luft, Gas, Wasser, Öl) geleitet. Infolgedessen wird sich die elastische Membran, welche die obere Kastenwand bildet, aufbauschen und gegen die Kontaktstifte drücken, wobei jene Stifte, die unter den vorgelochten Öffnungen der Zwischenplatte liegen, hochgedrückt werden und eine leitende Verbindung in der Kontaktplatte herstellen, so daß die entsprechenden Lampen auf der Schautafel aufleuchten und den gewünschten Linienzug sichtbar machen. (D. R. P. Nr. 437992.)

Bei Schilder, deren leuchtende Wanderschrift durch abwechselndes Ein- und Ausschalten von Glühlampen erzeugt wird, besteht der Übelstand, daß die Lampen nach dem Ausschalten noch eine kurze Zeit, wenn auch mit rasch abnehmender Helligkeit, leuchten, wodurch die sich bewegenden Schriftzeichen verschwommen erscheinen. Das Nachleuchten entsteht dadurch, daß der Glühfaden nicht augenblicklich nach dem Ausschalten erkaltet, sondern eine gewisse Zeit braucht, um von der Weißglut über Gelb- und Rotglut so weit abzukühlen, daß er kein Licht mehr ausstrahlt. Nach einer Erfindung der Firma Schwabe & Co. Akt.-Ges. in Berlin wird das Nachleuchten der Lampen durch Einschalten eines die langwelligen Strahlen absorbierenden oder schwächenden Filters in den Strahlengang ganz oder zum Teil aufgehoben. Das vom weißglühenden Faden ausgehende Licht geht nämlich unter verhältnismäßig geringer Schwächung durch das Filter, während das von dem gelb- bis rotglühenden Faden ausgestrahlte Licht ganz oder größtenteils absorbiert wird. Als zweckmäßiges Filter hat sich das bei den sogenannten Tageslichtlampen verwendete bewährt, das in einer ziemlich hellen Blaufärbung des Glühlampenkolbens besteht. (D. R. P. Nr. 435121.)

Eine Erfindung von Hermann Holzer in Wien betrifft eine transparente Reklametafel, bei der auf eine durchscheinende Grundplatte Buchstaben, Zierate oder dergleichen aus dem gleichen, vorteilhafterweise durchsichtigen Stoff aufgeklebt sind. Nach der Erfindung wird Kunstharz, das heißt Kondensationsprodukte von Phenolen und Formaldehyd bezw. auch von Harnstoff und Formaldehyd verwendet. Wird hinter der fertigen Tafel, die besonders in Auslagen auch bei kleinstem Format auffallender wirkt als ein Glastransparent, eine Lichtquelle angeordnet, so erscheint die Grundtafel leuchtend, während mit einfachen Mitteln rasch, je nach Wunsch, schöne, plastisch wirkende und farbenprächtige Transparente in künstlerischer Ausführung zusammengestellt werden können. Gegenüber Glastransparenten besteht der Vorzug, daß die aufgesetzten Teile in der Farbe reiner und in der Kontur schärfer hervortreten, da das Kunstharz, das bekanntlich auch zur Nachahmung von Halbedelsteinen verwendet wird, wie zum Beispiel Pollopas, eine besonders intensive Leuchtkraft besitzt. (Ö. P. Nr. 106114.)

(Fortsetzung folgt.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 5 | **20. Mai 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. Ing. L. Bloch. Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe (Schluß). S. 49 — PATENTBERICHT. S. 56 — LITERATURBERICHTE. S. 56.

Die Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe.

Von Dr. Ing. L. **Bloch**, Berlin.

(Schluß aus Heft 4, Seite 37.)

Das jüngste Glied in der Kette der Projektionsgeräte, der Kinoprojektor, hat in seiner kurzen Entwicklungszeit alle anderen Projektionsgeräte an Verbreitung und Bedeutung weit hinter sich gelassen. Wegen der geringen Größe des zu beleuchtenden Filmbildes verlangt der Kinoprojektor Lampen von recht hoher Leuchtdichte. Man hat deshalb lange Zeit nur die Bogenlampe als Lichtquelle für ihn benutzt. Aber schon beim ersten Auftreten der gasgefüllten Metalldrahtlampe wurde der Wunsch laut, sie zum Betrieb von Kinoprojektoren heranzuziehen. Es gelang dies aber nur in recht bescheidenem Umfange, solange die Projektionslampen in der älteren Kugelform ausgebildet

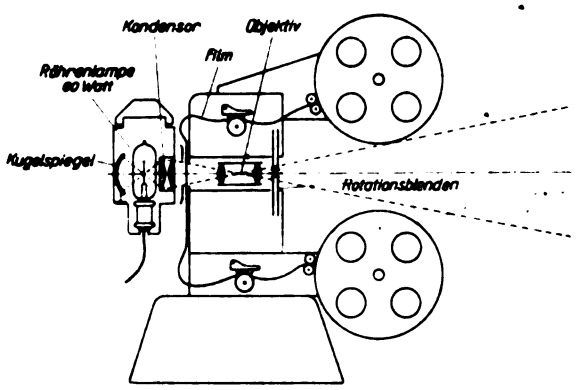


Abb. 16. Heimkino.

wurden. Nur kleine Apparate für den Hausgebrauch und für kleine Schulräume konnten damals mit gasgefüllten Niedervolt-Glühlampen einigermaßen befriedigend betrieben werden.

Ein grundlegender Fortschritt wurde hier erst durch die Ausbildung der Projektions-Glühlampen in Röhrenform, der sogenannten Kinolampen (Abb. 4 und 5; siehe Seite 38), erzielt. Durch Verwendung schwer schmelzbaren Glases konnten bei diesen Lampen die äußeren Abmessungen stark reduziert und somit der Leuchtkörper der Lampe näher an den Kondensor des Apparates herangebracht werden. Außerdem ließ sich, wie oben bereits erwähnt, die Lichtausbeute und Leuchtdichte bei den Röhrenlampen erheblich steigern. Mit diesen Lampen gelang es zunächst, die Kinoprojektoren für den Heimgebrauch (Abb. 16) bedeutend zu verbessern und leistungsfähiger zu gestalten. Die Kinolampe für 100 W und 110 V hat sich für diese Gebrauchszwecke als recht brauchbar erwiesen; noch bessere Ergebnisse werden mit Niedervoltlampen für gleichen Verbrauch erzielt. Die Einführung des Schmalfilms mit seinen verkleinerten Abmessungen hat die Anwendung des Heimkinos sehr gefördert; denn hierdurch wurden die Ausgaben für die Beschaffung der Filme stark herab-

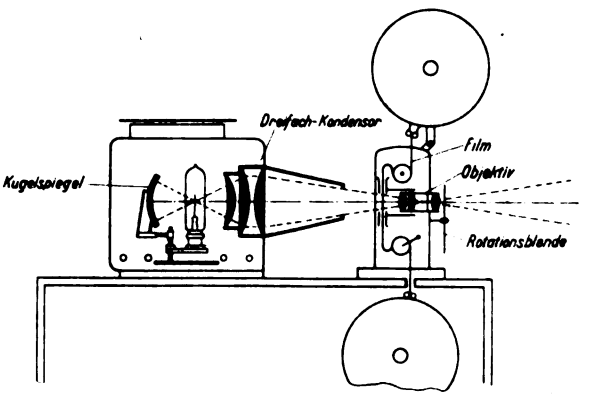


Abb. 17. Schul- und Wanderkino mit Glühlampe für 250 bis 600 W.

gesetzt. Wünschenswert bleibt noch eine Verbilligung der Vorführungsapparate, damit sie auch den weniger bemittelten Bevölkerungsschichten für den Gebrauch im Hause zugänglich werden.

Die Röhrenglühlampe ist nicht nur für die Hausapparate, sondern auch in den Kinoprojektoren (Abb. 17) für Schulräume, Vortragssäle und für die sogenannten Reise- und Wanderkinos heute die allgemein gebräuchliche Lichtquelle geworden. Es kommen hierfür hauptsächlich Lampen für 250 und 500 W zur Verwendung. Sie zeichnen sich durch besonders gedrungene Bauart aus und benötigen deshalb

Digitized by Google

nur kleine Lampengehäuse. Die Lampe für 500 W hat bei einem Durchmesser von nur 65 mm dieselbe Länge von 135 mm wie die Lampe für 100 W. Für Gleichstrom werden mit Rücksicht auf die erforderlichen Vorschaltwiderstände die Lampen für 110 V bevorzugt. Bei Wechselstrombetrieb sind dagegen die Niedervoltlampen für 30 und 15 V wegen ihrer höheren Leuchtdichte und dementsprechend besserem Wirkungsgrad mehr am Platze. Mittels eines Kleintransformators kann für sie leicht die erforderliche Niederspannung beschafft werden. Gerade für den Gebrauch des Kinoprojektors in den Schulen, sowie auf Reisen hat sich die Einführung der Glühlampe als sehr fördernd erwiesen, weil die Geräte hier meist von ungeschulter Hand bedient werden und der Gebrauch einer Bogenlampe manche Schwierigkeiten hervorrufen würde.

Ohne Zweifel hätte sich die Glühlampe auch in den noch größeren Kinoprojektoren, wie sie für Theaterzwecke benötigt werden, heute schon in großem Umfange eingeführt, wenn hier nicht die Bogenlampe durch Einführung des Spiegels an Stelle des Kondensors einen großen Fortschritt erzielt hätte. Der Stromverbrauch der Bogenlampen für Kinotheater ging hierdurch mit

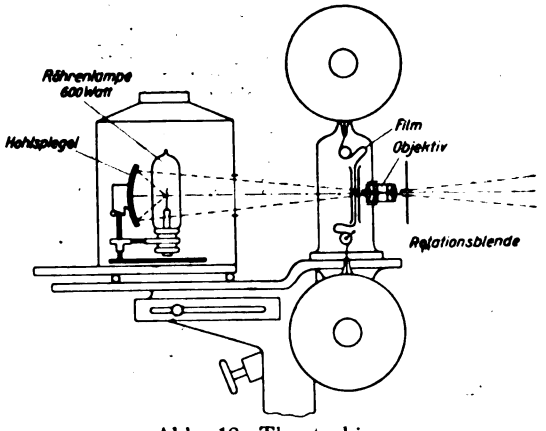


Abb. 18. Theaterkino.

einem Male auf den dritten bis vierten Teil des bisherigen zurück. Ein Teil der hierdurch ermöglichten Stromersparnis wurde meist zur Erzielung reichlich hoher Beleuchtungsstärke auf der Bildwand ausgenutzt. Demgegenüber konnte die Röhrenglühlampe in den Anfängen ihrer Entwicklung kaum standhalten. Trotz dieser erschwerten Bedingungen ist es ihr aber mit der Zeit doch gelungen, auch in den Kinotheatern Eingang zu finden. Die Erhöhung der Leuchtdichte der Lampen bis auf annähernd 30 HK für 1 mm² und die Verkleinerung ihres Leuchtkörpers durch Wahl einer recht niedrigen Lampenspannung von nur 15 V und entsprechend hoher Stromstärken von 40 A und noch darüber hat hierzu hauptsächlich beigetragen. In Verbindung mit diesen Lampen konnte auch beim Glühlampenbetrieb an die Stelle des Kondensors der Hohlspiegel mit seiner verbesserten Ausnützung des Lichtstromes treten (Abb. 18). Während nun aber bei der Bogenlampe vermöge der Art ihrer Lichtverteilung der größte Teil des ausgestrahlten Lichtstromes an sich schon auf den Hohlspiegel gelangt, ist dies bei der Projektions-Glühlampe in viel geringerem Maße der Fall. Denn bei ihr wird nach der dem Spiegel abgewandten Seite die Hälfte des Lichtstromes nutzlos ausgestrahlt. Durch Anwendung eines besonderen, kugelförmigen Hilfsspiegels kann ein erheblicher Teil dieses Lichtstromes aufgefangen und in die Zwischenräume des Leuchtkörpers zurückgestrahlt werden. Allerdings darf dieser Spiegel nicht zu groß ausfallen, weil er sonst zu viel von dem Hauptlichtstrom abschatten würde. Neuerdings ist es gelungen, den Hilfsspiegel in der Lampe selbst nur 12 mm vom Leuchtkörper entfernt unterzubringen (Abb. 19). Bei der hohen Temperatur des Leuchtdrahtes und der damit verbundenen starken Erhitzung des Spiegels wurde eine derartige Anordnung ursprünglich für ganz unmöglich angesehen, hat sich aber inzwischen im Gebrauch schon gut bewährt. Es wurde auf diese Weise eine Erhöhung des Nutzlichtstromes auf der Bildwand um etwa 30 vH erzielt und damit erreicht, daß eine Projektionslampe für nur 600 W Verbrauch auch für den Betrieb kleiner Theater völlig ausreicht. Es ist schon eine erhebliche Anzahl von Kinotheatern, insbesondere in Österreich, mit Lampen dieser Art ausgestattet und ein recht befriedigendes Ergebnis erzielt worden. Es ist durchaus möglich, daß bei der Ausbildung dieser Lampen auch noch weitere Fortschritte erzielt werden und damit der Anwendungsbereich der Glühlampe in Kinotheatern noch weiter ausgedehnt wird.

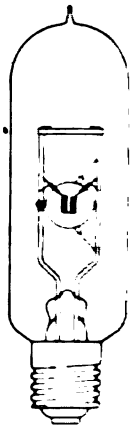


Abb. 19. Kinolampe für 600 W, 15 V mit eingebautem Hilfsspiegel.

Die niedrige Spannung von 15 V, die für die Projektionslampen für Kinotheater hauptsächlich benutzt wird, läßt sich in der heute weitaus überwiegenden Mehrzahl der Anlagen, in denen Wechselstrom zur Verfügung steht, in einfacher Weise und ohne große Umformungsverluste mit Hilfe eines kleinen Transformators beschaffen. Er wird zweckmäßig regulierbar eingerichtet und auf diese Weise mit ihm zugleich die Stromstärke der Lampe richtig eingestellt. Die Projektions-Bogenlampen arbeiten bei Wechselstrom erheblich ungünstiger als bei Gleichstrom. Die Umformung des Wechselstromes in Gleichstrom für die Speisung einer Bogenlampe ist sowohl mit Rücksicht auf die Beschaffungskosten eines Umformers wie auch im Betrieb erheblich teuerer als der Betrieb der Glühlampe mit Transformator.

Die Aufnahme von Kinofilmen erfolgt heute zum weitaus überwiegenden Teil bei künstlichem Licht. Es sind hier Beleuchtungsstärken in der Größenordnung von etwa 5000 bis 10000 Lux erforderlich. Solange nur der gewöhnliche, nicht sensibilisierte Film benutzt wurde, kam als Lichtquelle für das Kinoaufnahmeatelier hauptsächlich die Bogenlampe und die Quecksilberlampe in Frage. Das im Vergleich zu ihnen mehr gelbe und

Digitized by Google

rote Strahlen enthaltende Licht der Gasfüllungslampen ist zur Belichtung des gewöhnlichen Filmes erheblich weniger photographisch wirksam und erfordert deshalb noch eine weitere Steigerung der Beleuchtungsstärke. Man beschränkte daher die Anwendung von Glühlampen für die Kinoaufnahmen auf die Belichtung eng umgrenzter Flächen, wie sie besonders bei technischen Filmaufnahmen vorkommen. Neuerdings ist der panchromatische Film an die Stelle des gewöhnlichen getreten. Er kann alle Farbentöne ungefähr ihrer Helligkeit entsprechend wiedergeben, da er für die langwelligen Strahlen annähernd ebenso empfindlich ist wie für die kurzwelligen. Infolgedessen können bei Anwendung dieses Films die aufzunehmenden Gegenstände mit Gasfüllungslampen beleuchtet werden, ohne daß die erforderliche Beleuchtungsstärke erheblich gesteigert zu werden braucht. Man hat deshalb in letzter Zeit die Gasfüllungslampen schon recht häufig zu Aufnahmen in Filmateliers mit sehr befriedigendem Erfolge an Stelle der früher benutzten Lichtquellen angewandt.

Abb. 20.
Glühlampe mit Reflektorgestell für Heimaufnahmen.

Abb. 21. Bühnenscheinwerfer mit Glasspiegel.

Abb. 22. Bühnenscheinwerfer mit Projektionslinse und Farbglasscheibe.

Hauptsächlich werden hier die Projektionslampen für 2000 bis 5000 W benutzt. Besonders kommt es hierbei auf die Verwendung guter Reflektoren mit scheinwerferartiger Wirkung an, damit das von den Lampen ausgestrahlte Licht möglichst vollständig zur Beleuchtung der aufzunehmenden Gegenstände ausgenutzt wird. Daneben werden für die allgemeine Aufhellung des Szenenbildes neuerdings an Stelle der Quecksilberlampe großflächige Leuchten mit Gasfüllungslampen für 100 bis 500 W in großer Anzahl in Kinoateliers benutzt.

Erheblich niedrigere Beleuchtungsstärken als bei Kinoaufnahmen sind in photographischen Ateliers und in Reproduktionsanstalten für die Belichtung der aufzunehmenden Gegenstände erforderlich. Hier haben sich die Gasfüllungslampen in Verbindung mit gut wirkenden Reflektoren schon seit längerer Zeit durchgesetzt und die früher benutzten Bogenlampen verdrängt. Neuerdings haben sich die Gasfüllungslampen auch für Heimaufnahmen rasch eingeführt. In kleine Reflektorgestelle eingesetzt, sind sie leicht beweglich und in jeder Lage benutzbar (Abb. 20). Die besonders für diese Zwecke ausgebildete Osram-Nitraphotlampe verbraucht 500 W und kann an jede Lichtleitung angeschlossen werden.

In hartem Kampfe mit dem Kinotheater muß heute die Sing- und Sprechbühne sich das Interesse des Publikums zu erhalten suchen und dabei alle Fortschritte der Technik nach Kräften ausnützen. Gerade hier hat die Beleuchtungstechnik durch die Ausbildung und Einführung der gasgefüllten Metalldrahtlampen einen völligen Umschwung erfahren, und zwar hat er sich in der Hauptsache während der Kriegsjahre und der schwierigen Nachkriegszeit vollzogen. Die wichtigste Rolle für die Bühnenbeleuchtung spielen heute die Projektionsapparate und die Bühnenscheinwerfer, die beide zumeist mit gasgefüllten Metalldrahtlampen betrieben werden[6]). Die früher benutzten niedrigkerzigen Glühlampen sind von der Bühne fast vollständig verschwunden. Die allgemeine Beleuchtung der Bühne und des Horizonts wird von Gasfüllungslampen von mindestens 100 bis zu mehreren 1000 W in geeigneten Reflektoren bewerkstelligt. Außerdem erhalten alle Stellen, die besonders hervorgehoben werden sollen, durch leicht einstellbare Scheinwerfer oder Projektionsapparate noch eine besonders wirkungsvolle Beleuchtung. Wo größere Flächen beleuchtet werden sollen, werden die Scheinwerfer (Abb. 21) benutzt, die das Licht mit Hilfe von Glas- oder Metallspiegeln auf die zu beleuchtende Fläche konzentrieren. Für eng begrenzte Flächen gelangen Linsen an Stelle der Spiegel zur Anwendung. Diese Linsenscheinwerfer (Abb. 22) können zugleich

[6]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 339.

Digitized by Google

auch als Projektionsapparate für die Projektion von Glasbildern eingerichtet werden. Man benutzt für sie Projektionslampen für 500 bis zu 3000 W.

Ein Bühnenprojektionsgerät besonderer Art stellt der Wolkenapparat (Abb. 23) dar, der die Bilder ziehender Wolken in den verschiedensten Formen und Farben auf den Bühnenhorizont

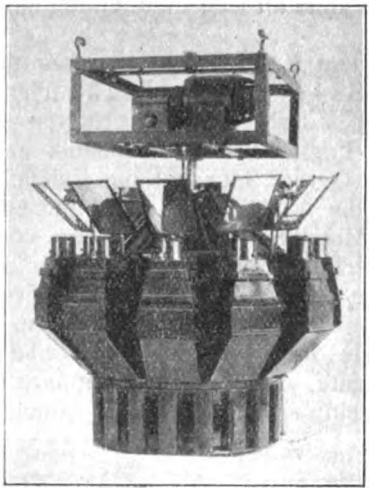


Abb. 23. Wolkenapparat mit Projektionsglühlampe für 3000 W.

wirft. Er enthält eine Projektions-Glühlampe für 1000 bis 3000 W und bis zu 20 Einzelprojektionsapparate, die durch einen Elektromotor betrieben der Reihe nach mit ihren Bildern zur Wirkung gelangen.

Neben diesen durchweg mit Glühlampen betriebenen Apparaten ist die Bogenlampe auf der Bühne stark in den Hintergrund getreten und wird

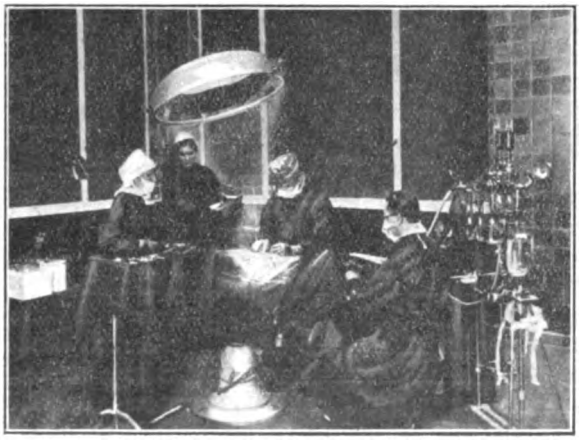


Abb. 24. Beleuchtung eines Operationstisches.

nur noch benutzt, wo ganz besonders hohe Lichtstärken erforderlich sind. Die weitgehende Regulierbarkeit der Glühlampenbeleuchtung und ihre bequeme Anpassungsfähigkeit hat in der Bühnenbeleuchtung zu großen Erfolgen geführt. Die großen Kinotheaterbühnen machen sich neuerdings die Fortschritte der Bühnenbeleuchtung ebenfalls zunutze und werden mit denselben Beleuchtungseinrichtungen ausgestattet, wie sie für die Sprechbühne geschaffen worden sind. Ein besonderer Vorzug der modernen Bühnenbeleuchtung mit Glühlampen ist ihre Übertragbarkeit auf Bühnen von kleineren Ausmaßen. Man kann hier heute mit nicht zu kostspieligen Mitteln annähernd dieselben Effekte wie auf den größten Bühnen erzielen, während früher diese kleinen Bühnen gegenüber den großen stark zurücktraten. Selbst die kleinsten Singspielbühnen und Kabaretts bedienen sich heute durchweg der Projektionsgeräte und Scheinwerfer mit Gasfüllungslampen.

Eine wichtige Anwendung der Projektionstechnik ist die Beleuchtung der Operationstische in den Operationssälen der Krankenhäuser[7]). Hier werden recht hohe Beleuchtungsstärken von meheren 1000 Lux benötigt, und eine besonders erschwerende Bedingung ist eine trotz annähernd senkrechtem Lichteinfall möglichst schattenlose Beleuchtung. Lange ist hier nach den verschiedensten Richtungen hin- und herprobiert worden, aber erst in den letzten Jahren ist es gelungen, das Problem durch Verwendung von scheinwerferartig wirkenden Spiegeln mit gasgefüllten Metalldrahtlampen befriedigend zu lösen (Abb. 24). Durch geeignete ellipsenförmige Ausbildung der Scheinwerferspiegel erreicht man schon mit einer Lampe für 150 W Beleuchtungsstärken von 4000 bis 7000 Lux auf dem Operationstisch und die gewünschte Schattenfreiheit, auch wenn Kopf oder Hände des Arztes einen Teil des Lichtstromes verdecken.

Noch weit höhere Beleuchtungsstärken bis zu etwa 200 000 Lux können durch Anwendung von Projektions-Glühlampen für 1000 bis 5000 W in Verbindung mit besonders angeordneten Linsen und Spiegeln erzielt werden. Auch hierbei sind Lampen und Spiegel ganz außerhalb des Bereiches des operierenden Arztes und seiner Gehilfen gerückt und das Auftreten störender Schatten vermieden. Mit dieser Anordnung sind schon öfters wohlgelungene farbige Filmaufnahmen von Operationen vorgenommen worden, die ein wertvolles Bildungsmittel für den Unterricht darstellen.

Ein bei uns ziemlich junges Anwendungsgebiet der Projektionstechnik ist das sogenannte Flutlicht zum Anleuchten von Gebäuden. In Amerika schon seit Jahren eingeführt, hat es sich bei uns in letzter Zeit ebenfalls rasch ausgebreitet[8]). Zur wirksamen Ausnutzung des Lichtstromes der hierfür benutzten Gasfüllungslampen für 1000 bis 2000 W genügen scheinwerferartig ausgebildete Reflektoren aus gut emailliertem Blech. Sie werden an geeigneten Stellen gegenüber den Gebäuden oder auf besonderen Masten gut verteilt angebracht und lassen mit einem Aufwand von einigen kW die beleuchtete Fassade recht wirksam gegenüber der dunklen Umgebung hervortreten (Abb. 25). In ähnlicher Weise werden Reklameschriften auf großen Giebelwänden und Schildern angeleuchtet. Projektions-Glühlampen sind hier nicht unbedingt erforderlich; es genügen

[7]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 122.

[8]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 35, 136; 1927, S. 31, 120; 1927, S. 20, 71; 1928, S. 10, 33.

Digitized by Google

die normalen Gasfüllungslampen. Man kommt hier mit Beleuchtungsstärken von 50 bis 200 Lux je nach dem Reflexionsvermögen der anzuleuchtenden Flächen im allgemeinen aus.

Ein besonders umfangreiches Anwendungsgebiet hat sich der Glühlampenscheinwerfer im Dienste des Verkehrs erobert. Zu den kleinsten hier benutzten Typen ist der Kraftfahrzeug-Scheinwerfer zu rechnen[9]). Die Glühlampe hat hier im Laufe der letzten Jahre alle früher benutzten Lampenarten, insbesondere den Azetylenscheinwerfer, fast vollständig verdrängen können. Da die Glühlampen für Kraftfahrzeuge mit der niedrigen Spannung von nur 6 bis 12 V betrieben werden, besitzen sie einen recht kleinen Leuchtkörper. Mit den gasgefüllten Niedervoltlampen lassen sich deshalb leicht die für Kraftfahrzeuge erforderlichen maximalen Lichtstärken von etwa 50 000 HK erzielen. Es war sogar notwendig, durch behördliche Vorschriften allzu hohe Lichtstärken und die damit verbundenen zu starken Blendwirkungen auszuschließen. Die seit mehreren Jahren in Deutschland hiefür erlassenen Vorschriften unterscheiden zwischen einem starken Fernlicht für den Überlandverkehr und einem abgeblendeten Licht für den Verkehr innerhalb bewohnter Ortschaften und beim Begegnen mit anderen Fahrzeugen. Zur Vermeidung der Blendung ist beim Fernlicht der Verbrauch der Lampen auf höchstens 35 W eingeschränkt. Beim abgeblendeten Licht muß entweder die Lichtstärke stark herabgesetzt oder dafür gesorgt werden, daß die Mitte des Lichtkegels auf die Fahrbahn in geringer Entfernung vom Wagen auftrifft. Es

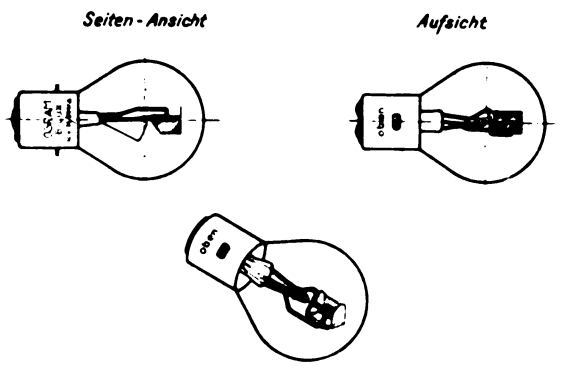


Abb. 26. Zweifadenlampe für Kraftfahrzeugbeleuchtung.

sind eine Reihe verschiedener Abblendungsarten ausgebildet worden, die den behördlichen Vorschriften entsprechen. In den letzten Jahren hat sich besonders das System der Zweifadenlampen umfangreich eingeführt. Die nach diesem System arbeitende Osram-Biluxlampe (Abb. 26)[10]) besitzt zwei Leuchtkörper. Der eine von ihnen ist für das Fernlicht ganz normal ausgebildet und wird in den Brennpunkt des Scheinwerfers eingestellt. Der zweite Leuchtkörper steht außerhalb des Scheinwerferbrennpunktes und ist ferner durch eine Kappe gegen die untere Hälfte des

Abb. 25. Anleuchtung eines Gebäudes durch neun Flutlichtstrahler mit Gasfüllungslampen für je 1000 W.

Scheinwerfers hin abgeblendet. Auf diese Weise wird von dem Scheinwerfer im abgeblendeten Zustand das Licht ausschließlich nach unten ausgestrahlt, während das Licht, das zu Blendung Veranlassung geben könnte, wirksam abgelenkt ist (Abb. 27). Während mit dem Fernlicht die Fahr-

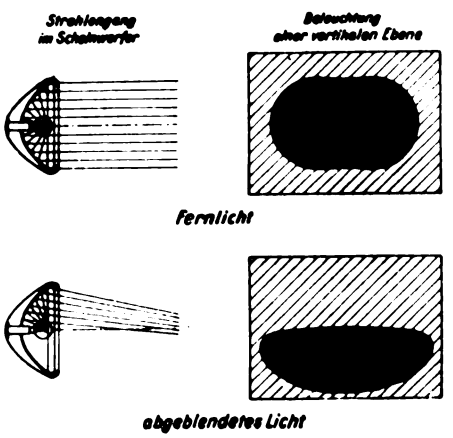


Abb. 27. Wirkungsweise einer Osram-Bilux-Lampe.

bahn bis zu 300 m Abstand vor dem Wagen beleuchtet wird, konzentriert sich beim abgeblendeten Licht diese Beleuchtung in ungefähr gleichbleibender Stärke auf etwa den vierten Teil der vor dem Wagen liegenden Fahrbahnstrecke.

Auch in Amerika, wo bisher nur eine unveränderliche Beleuchtung für den Stadt- und Über-

[9]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 245; 1925, S. 39, 124; 1926, S. 6, 44, 72, 77, 79, 82, 119.

[10]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. [illegible].

Digitized by Google

landverkehr vorgeschrieben war, beginnt sich das Zweifadensystem vielfach einzuführen und man ist dort dabei, die behördlichen Vorschriften nach ähnlichen Grundsätzen auszugestalten, wie sie sich bei uns schon seit mehreren Jahren gut bewährt haben.

Ebenso wie auf dem Lande spielt auch bei dem Verkehr auf dem Wasser der Scheinwerfer eine wichtige Rolle. Die großen Handelsschiffe, und besonders die Kriegsschiffe, sind mit einer stattlichen Anzahl von Scheinwerfern zum Ableuchten ihrer Umgebung ausgerüstet. Soweit es

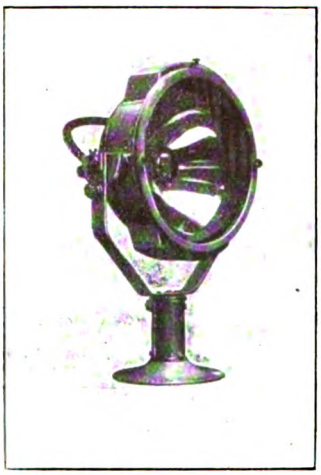


Abb. 28. Glühlampenscheinwerfer mit Scheinwerferlampe für 500 W.

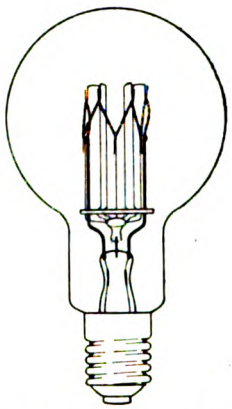


Abb. 29. Scheinwerfer-Glühlampe.

sich um große Scheinwerfer mit Lichtstärken von vielen Millionen Kerzen handelt, beherrschen hier bisher die Bogenlampen noch das Feld. Bei den kleinen Fahrzeugen für den Küsten- und Flußschiffahrtsverkehr kommt man dagegen mit Glühlampen bis zu 500 W schon völlig aus und kann mit den für sie bestimmten Scheinwerfern Lichtstärken von mehreren 100 000 Kerzen leicht erreichen. Die Glühlampen-Scheinwerfer (Abb. 28) besitzen hier den Vorzug eines breiteren Lichtbündels und einer größeren Streuung. Man benutzt für sie hauptsächlich die Spezial-Scheinwerferlampen (Abb. 29). Bei ihnen ist der Leuchtdraht auf einem engen Zylindermantel angeordnet; sie erreichen ungefähr dieselbe Lichtausbeute wie die Projektionslampen. Die Scheinwerferlampen können heute schon für einen Verbrauch bis zu 10 000 W hergestellt werden und es lassen sich mit ihnen bei Ausbildung geeigneter Scheinwerferspiegel maximale Lichtstärken bis zu etwa 50 Mill. Kerzen erzielen. Wenn sie auf großen Schiffen bei uns bisher noch nicht Eingang gefunden haben, so mag dies hauptsächlich daran liegen, daß dort an geschulter Bedienungsmannschaft für die großen Bogenlampenscheinwerfer kein Mangel ist. Schon während des Krieges wurden Glühlampenscheinwerfer mit Scheinwerferspiegeln von 1 m Durchmesser und Lampen für 2000 W hergestellt, die maximale Lichtstärken bis zu etwa 15 Mill. Kerzen zu erzielen gestatteten.

Von besonderer Wichtigkeit für den Schiffsverkehr sind die Leuchtfeuer an den Seeküsten und auf den Feuerschiffen. Hier hat die Glühlampe in den letzten Jahren rasch Fuß gefaßt und die bisher benützten Bogenlampen, Gasglühlicht-, Benzol- oder Petroleumglühlichtbrenner in vielen Fällen mit bestem Erfolge ersetzt[11]). Die gestellten Anforderungen gingen hierbei oft wieder nach ganz anderen Richtungen, als wir es sonst bei Projektionsgeräten gewohnt sind. Eine möglichst enge Konzentration des Leuchtkörpers, wie wir sie mit den Projektions- und bis zu einem gewissen Grade auch mit den Scheinwerfer-Glühlampen zu erzielen vermögen, kommt hier nur beim Ersatz von Bogenlampen in Frage. An den deutschen Seeküsten sind in den letzten Jahren eine Reihe von Leuchtfeuern mit Bogenlampen für Stromstärken bis zu 20 A durch Glühlampen für 2000 W gleichwertig ersetzt worden und es sind jetzt nur noch wenige Bogenlampenleuchtfeuer in Betrieb.

Erheblich zahlreicher waren aber die mit Flüssiggas, Benzol oder Petroleum betriebenen Glühlichtbrenner, die in den letzten Jahren bei uns fast durchwegs durch Glühlampen für 200 bis 2000 W ersetzt wurden (Abb. 30). Hier wurde besonderer Wert darauf gelegt, die bisher benützte Linsenoptik unverändert beizubehalten, zumal häufig ein Glühlichtbrenner als selbsttätiger Ersatz bei Störungen der elektrischen Stromlieferung herangezogen wird. Die hierfür in Frage kommenden Glühlampen mußten deshalb ungefähr dieselbe Leuchtkörperform wie die bisher benützten Glühstrümpfe aufweisen; durch besondere Anordnung des Leuchtdrahtes hat sich dies auch ermöglichen lassen (Abb. 31).

Neben den Verkehr zu Wasser und zu Lande ist neuerdings der Luftverkehr getreten und hat die Lichttechnik und besonders die Projektionstechnik vor neue wichtige Aufgaben gestellt. Während ein Seeschiff, wenn es sich erst einmal außerhalb des Bereichs der Küste befindet, mit

Abb. 30. Glühlampe für Leuchtfeuer mit besonderer Leuchtdrahtanordnng.

Abb. 31. Leuchtfeuer mit Linsenoptik und Scheinwerferglühlampe für 300 W nebst Ersatzlampe.

Signallichtern von überraschend geringen Lichtstärken völlig auskommt und seinen Weg ganz im Dunkeln findet, ist das Flugzeug beim Nachtverkehr auf eine gute Bezeichnung nicht nur seines Lan-

[11]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 120.

Digitized by Google

dungsplätzes, sondern auch seiner ganzen Flugstrecke durch Leuchtfeuer und Scheinwerfer angewiesen. Erst nach befriedigender Lösung dieser Aufgabe ist ein Nachtflugverkehr praktisch möglich. So lange dieser nicht eingeführt ist, ist die Beförderung von Passagieren durch die Luft mit der Bahnbeförderung nicht voll konkurrenzfähig. In den letzten Jahren hat die Befeuerung der Flugstrecken sehr rasche Fortschritte aufzuweisen. Man hat hier von Anfang an mit den modernsten Lichtquellen arbeiten können und in der Hauptsache nur die Glühlampe und das Neonlicht herangezogen. Zunächst versuchte man, wenige Scheinwerfer mit sehr hohen Lichtstärken in großen Abständen von 100 und mehr km aufzustellen, erkannte aber bald, daß es besser ist, die Abstände der einzelnen Feuer viel enger zu halten und dafür kleinere und billigere Lichtquellen anzuwenden. Denn gerade bei Nebel, wo die Feuer hauptsächlich notwendig sind, werden die in großen Entfernungen voneinander aufgestellten Scheinwerfer völlig unwirksam. Für die heute in Frage kommenden kleineren Entfernungen von 20 bis 40 km reichen Scheinwerferglühlampen für 1000 bis 3000 W völlig aus. Sie werden vorzugsweise mit Scheinwerferspiegeln bis zu 60 cm Durchmesser benützt und drehbar aufgestellt. Man findet aber auch die Linsenoptik häufig im Gebrauch. In diesem Falle wird das Aufblitzen und Wiederverschwinden des Lichtes durch Auf- und Abbewegen der Lampe in der Optik erzielt (Abbildung 32). Bei starkem Nebel wird die Sichtweite aller Leuchtfeuer außerordentlich stark herabgesetzt. Am günstigsten verhalten sich in diesem Falle Lampen mit ausgesprochen rotem Licht, wie es die Neonröhren liefern. Diese werden deshalb öfters zwischen den Glühlampenleuchtfeuern als Notbeleuchtung bei starkem Nebel vorgesehen und in Abständen von etwa 10 km aufgestellt.

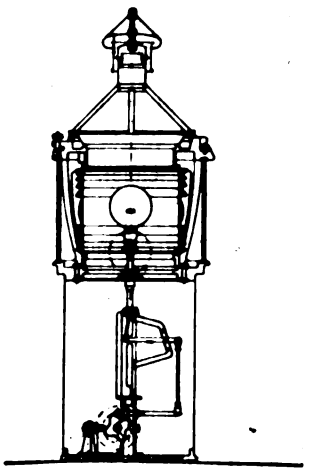


Abb. 32. Leuchtfeuer für Luftverkehr mit ringförmiger Linsenoptik und Scheinwerferglühlampe.

Noch wichtiger als die Beleuchtung der Flugstrecken ist die der Flugplätze, damit das Landen der Flugzeuge sicher und gefahrlos vor sich gehen kann[12]). Hier ist in erster Reihe durch ein starkes Leuchtfeuer der Ort des Flugplatzes dem Flieger kenntlich zu machen. Ferner ist die Umgrenzung des Fluggeländes und des Landungsplatzes zu kennzeichnen. Außerdem muß auf gefährliche Hindernisse durch Beleuchtung aufmerksam gemacht und schließlich dem Flieger die Windrichtung angegeben werden, damit er die Landung gegen den Wind ausführen kann. Die verschiedensten Arten von Lichtquellen werden heute auf den Flugplätzen angewandt und unter diesen spielen die Scheinwerfer und Leuchtfeuer mit Glühlampenbetrieb eine wichtige Rolle. Es gelangen für sie die verschiedensten Typen von Scheinwerferlampen bis zu einem Verbrauch von 10 000 W auf den Flugplätzen zur Verwendung. Ob starke Scheinwerfer oder schwache und möglichst wenig blendend wirkende Lampen für Flugplätze vorzuziehen sind, ist zurzeit noch ein Gegenstand der Erprobung. Zur Unterstützung der Landung insbesondere bei Notlandungen dient dem Flieger ein auf dem Flugzeug selbst angebrachter Scheinwerfer, der stets mit Glühlampen betrieben wird. Man verwendet hierfür Niedervoltglühlampen für 100 bis 250 W und Scheinwerferspiegel mit etwa 30 cm Durchmesser. Man kann mit ihnen maximale Lichtstärken bis zu etwa 300 000 HK erreichen.

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen wohl deutlich zu ersehen ist, wurde seit dem ersten Auftreten der gasgefüllten Metalldrahtlampe eine recht umfangreiche Entwicklungsarbeit geleistet, um die Glühlampe auf allen hier erwähnten Sondergebieten an die Stelle der bisher benützten Lichtquellen treten zu lassen. Bei der überragenden und unbestrittenen Stellung, welche die Bogenlampe für die meisten Anwendungsgebiete der Projektionstechnik früher einnahm, kann es wohl nicht als übertrieben bezeichnet werden, wenn hier von einer Eroberung der Projektionstechnik durch die Glühlampe gesprochen wurde. Bei der Fülle des zu behandelnden Stoffes konnte allerdings leider auf Einzelheiten nicht in der Weise eingegangen werden, wie es vielleicht erwünscht wäre.

An dem, was bisher erreicht wurde, haben sich eine ganze Reihe von Glühlampenfabriken in edlem Wettstreit beteiligt. Ebenso hat auch eine große Zahl von Firmen, die Projektionsgeräte und Scheinwerfer herstellen, an den für die Einführung der Gasfüllungslampen zu schaffenden Neukonstruktionen mitgewirkt. Auch die österreichische Industrie hat hieran einen sehr beachtenswerten Anteil. Die besten Ergebnisse bei der Ausbildung neuer Geräte wurden stets erzielt, wenn die Hersteller der Geräte mit den Glühlampenfabriken von Anfang an möglichst eng zusammenarbeiteten. Es konnten dann für die neu zu schaffenden Geräte die am besten geeigneten Lampen richtig ausgewählt werden und bei der Ausbildung der Neukonstruktionen konnte auf die besonderen Anforderungen der Glühlampentechnik gebührend Rücksicht genommen werden. Die weiter noch in Aussicht stehenden Fortschritte lassen sich natürlich heute noch nicht übersehen. Jedenfalls arbeitet die Glühlampentechnik an der Vervollkommnung ihrer Erzeugnisse nach den verschiedensten Richtungen eifrig weiter und auch die Projektionstechnik ist noch lange nicht am Ende ihrer Leistungsfähigkeit angelangt. Durch eifrige Fortführung der technischen Zusammenarbeit werden ohne Zweifel noch manche weitere Erfolge für die Anwendung der Glühlampe in der Projektionstechnik zu erzielen sein.

[12]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 53; 1926, S. 104, 120.

Digitized by Google

Patentbericht.

Reflektoren.

(Schluß aus Heft 1, Seite 11.)

Ein optisches Signal, bei dem das Licht mittels Sammellinse scheinwerferartig in eine bestimmte Richtung geworfen wird, hat die Firma Siemens & Halske Aktiengellschaft in Berlin und Wien angegeben. Die Abb. 4 zeigt die Sammellinse, die Stufenform besitzt. An der Oberfläche der Linse sind Riffelungen angeordnet, die so ausgebildet sind, daß eine Ver-

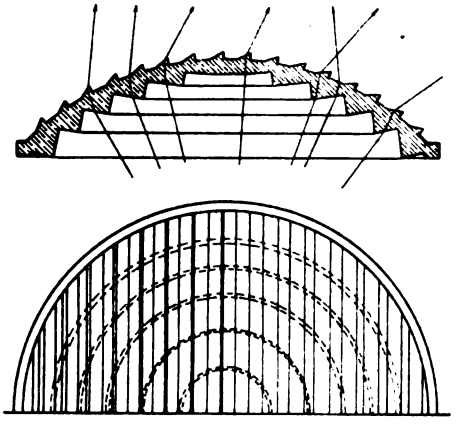


Abb. 4.

breiterung des Lichtkegels nach einer Seite hin bewirkt wird. Die Erfindung ist besonders zweckmäßig für optische Signale, die am Ende einer Kurve, eines Gefälles oder einer Steigerung liegen. Durch Verbreiterung des Lichtkegels nach einer Seite hin wird nämlich ermöglicht, das Lichtsignal nach verschiedenen Stellen der Strecke hin mit gleicher Lichtintensität sichtbar zu machen.[1]) Ö. P. Nr. 103 873.)

Scheinwerferlampen enthalten im wesentlichen eine Lichtquelle, einen Hauptreflektor, eine vordere Projektionslinse und einen Obturator, das heißt einen undurchsichtigen Körper mit einer Kante quer zu dem auf die Linse auffallenden Lichtbündel. Bei diesen Lampen bestand die Schwierigkeit, gleichzeitig eine scharfe Trennung der durch die Obturatorkante erzeugten dunklen Zone und der durch den Reflektor und die Linse konzentrierten hellen Lichtzone zu erzielen, ohne die Lichtstärke der letzteren und ihre Tragweite zu vermindern. Nach einer Erfindung von Duncan James Ritchie in London wird diese Bedingung dadurch ermöglicht, daß das von dem Hauptreflektor zurückgestrahlte Lichtbündel der Lichtquelle zu einer hellen Zone gesammelt wird, welche dicht an der wirksamen Kante des Obturators liegt, wobei die Linse ebenfalls in der Nähe der Kante ihre Brennebene besitzt. *R* (Abb. 5) ist ein ellip-

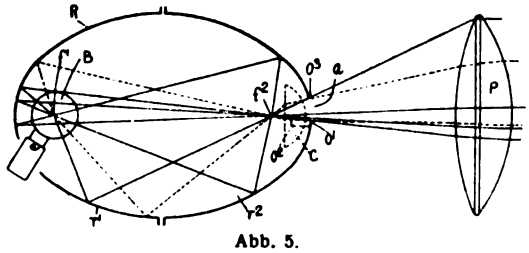


Abb. 5.

soidales Reflektorgehäuse, das aus dem Hauptreflektor r' und dem Hilfsreflektor r^2 gebildet wird. Der Hilfsreflektor r^2 hat an seinem vorderen Ende eine Öffnung *a*, die halbkreisförmig ausgebildet sein kann mit einer geradlinigen, wagrechten unteren Begrenzung. Der Obturator ist durch die gerade Kante *o'* der Öffnung *a* gebildet oder er kann von dieser Kante aus etwas abgesetzt sein (gestrichelte Linie o^2). Die Lichtquelle *B* befindet sich im Brennpunkt f^1 des Reflektors *R*. Die Projektionslinse *P* liegt so, daß ihre Brennebene die Kante des Obturators enthält, um das Licht, das durch die Öffnung kommt, zu sammeln und die Öffnung nach vorne im umgekehrten, vergrößerten Bild in einer beträchtlichen Entfernung vor der Lampe zu projizieren. Die hinterste Hauptbrennebene der Linse *P* fällt fast mit der lotrechten Ebene durch die Kante des Obturators zusammen, *C* ist eine Sammellinse. Die Obturatorkante muß scharf ausgebildet werden, um eine Begrenzung zu erzielen. Wenn der Obturator *o'* verwendet wird, wird die untere Begrenzung des Lichtbündels, das oben durch die Kante *o* der Öffnung *a* begrenzt wird, ebenfalls gut abgegrenzt infolge ihrer verhältnismäßig nahen Lage an der Brennpunktebene. Wenn jedoch der Obturator o^2 verwendet wird, wird die untere Begrenzung des Lichtbündels allmählich abgestuft oder verschwommen. An Stelle eines ellipsoidalen Hilfsreflektors kann auch ein halbellipsoidaler Hauptreflektor verwendet werden, der mit einem Reflektor vereinigt wird, welcher seine Strahlen nach hinten richtet. (D. R. P. Nr. 427 143.)

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Heft 17, S. 342, 343 und „Die Lichttechnik" 1927, Heft 3, S. 30.

Literaturberichte.

3670 **Beleuchtungskörper-Stilkunde.** Ein Leitfaden. Von Dr. Gerhard Schmidt. 243 Seiten mit 136 Abb. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin SW 19. Preis Mk. 14·—.

Unter den zahlreichen Werken, die über die Entwicklung der Kunst im allgemeinen und über Stilkunde im besonderen geschrieben wurden, fehlte bisher eine Spezialarbeit, die den Architekten und Lichttechnikern, überhaupt allen Kreisen, die sich mit Fragen der künstlerischen Gestaltung von Lichtträgern beschäftigen, einen Überblick gibt, wie die Stilformen der ältesten Kunstepochen bis herauf in die Gegenwart die Entwicklung der Beleuchtungskörper beeinflußt haben. Dr. Gerhard Schmidt hat nun mit seinem Buche diese Lücke in glücklicher Weise ausgefüllt. Als Leitfaden vom Verfasser bezeichnet, gibt das Werk einen umfassenden Überblick über die Stilformen der verschiedenen Kunstepochen und über die jeweilige Gestaltung der Lichtträger, vom primitiven Beleuchtungskörper, wie die ägyptische Tonlampe, bis zum modernen Lichtträger. Ein wertvolles Nachschlagewerk für die gewerbliche Praxis, das Vielen reiche Belehrung geben kann und dessen Studium mit voller Überzeugung jedem, der für die Entwicklung der Beleuchtungskörper in den einzelnen Kunstepochen ein wenn auch nur geringes Interesse hat, zu empfehlen ist. Die Ausstattung des Buches ist eine vortreffliche. Ing. Koch.

3691 **Leitfaden der Lichttechnik für Unterricht und Praxis.** Von Prof. Dr. Ing. W. Voege. Mit 47 Abb. im Text und zahlreichen Tabellen. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis Mk. 4·50.

In den beschränkten Raum von etwa 80 Seiten ist es dem Verfasser gelungen dasjenige zusammenzudrängen, was der Schüler und praktische Installateur über Beleuchtung wissen muß. In klarer und übersichtlicher Weise werden zunächst die Grundlagen der Lichttechnik erörtert und sodann ihre Anwendung in verschiedenen Fällen gezeigt. Besonders begrüßenswert sind die zahlreichen Beispiele, die überall eingestreut sind, da diese dem Lernenden und Praktiker am besten den zu betretenden Weg weisen und das Verständnis außerordentlich erleichtern. Hoffentlich wird es möglich werden, den Umfang des Buches in einer zweiten Auflage zu erweitern, da zum Beispiel das Kapitel über Schaufensterbeleuchtung viel zu kurz ausgefallen ist und die gegenwärtig so wichtig gewordene Reklamebeleuchtung fehlt. Das Büchlein kann bestens empfohlen werden.

Dr. Krah

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 6 | **17. Juni 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Dipl. Ing. A. G. Arnold. Die Reklamebeleuchtung vom Standpunkt der Elektrizitäts-Wirtschaft. S. 57. — Dr. Rich. Hiecke. Abänderungsvorschläge zum Ostwaldschen Farbensystem und ausländische Farbensysteme. S. 59. — RUNDSCHAU. S. 62. — CHRONIK. S. 63. — PATENTBERICHT. S. 63.

Die Reklamebeleuchtung vom Standpunkt der Elektro-Wirtschaft.

Von Dipl. Ing. A. G. **Arnold**, Berlin.

Das optische Erinnerungsvermögen des Menschen ist dem Erinnerungsvermögen, welches durch irgendeinen anderen Sinn in Anspruch genommen wird, im allgemeinen überlegen. Instinktiv hat daher die Werbung das gesehene Zeichen in den Vordergrund gestellt. Das geschriebene Wort und Bild (beide ohne künstliche Beleuchtung), und in neuester Zeit die Lichtreklame bilden das Hauptmittel. Aber während die erstgenannten Werbemittel in den ihnen zur Verfügung stehenden Kontrasten stark beschränkt sind, hat die Lichtreklame technisch fast keine Kontrastgrenzen. Sie wird also weit auffallender, mehr blickfangend wirken als das geschriebene Wort oder das Bild ohne Anwendung der künstlichen Beleuchtung. Da die Lichtreklame aber noch einen Bewegungseffekt erreichen und außerdem mit einfachen Mitteln die verschiedensten Reklameideen darstellen kann, so sind ihre Anwendungsgebiete und ihre Verbreitung stetig im Wachsen begriffen.

Die moderne Lichtreklame bedient sich praktisch nur des elektrischen Stromes zur Hervorrufung des Lichteffektes. Das Interesse für die Verbreitung dieser Werbung liegt daher auf seiten der Elektroindustrie und der Elektrizitätswerke. Die Elektroindustrie liefert die Apparatur, das Elektrizitätswerke den Strom, der diese nutzbringend zur Verwendung führt, während der Einbau der Apparatur dem Installateur obliegt.

Wir werfen die Frage auf: 1. Welche Vorteile bringt die Lichtreklame dem Elektrizitätswerk und 2. wie kann eine erhöhte Benutzung von Lichtreklame erreicht werden?

Zu 1) Immer mehr setzt sich die Erkenntnis durch, daß der Erhöhung des thermo-dynamischen Wirkungsgrades der Kraftwerke nicht die Rolle heute mehr zukommt, wie zurzeit der ersten Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft. Von eminenter Bedeutung ist daher, wie nicht genug hervorgehoben werden kann, die Absatzsteigerung; denn mit ihr hebt sich bei etwa gleichbleibender Kapitalanlage die Rentabilität des Werkes. Die hohe Benutzungsdauer und zugleich die bis spät in die Nacht reichende Zeit, zu der die Lichtleistung noch verlangt wird, bieten einen großen Anreiz für das stromversorgende Werk. Der Einfluß auf die Spitze ist natürlich wie fast bei jedem Neuanschluß nicht von der Hand zu weisen. Aber mit Recht hat man darauf hingewiesen, daß bei einer gleichmäßigen, energisch betriebenen Werbung für alle Anwendungen des elektrischen Stromes der Belastungsfaktor, wie er zurzeit sich ergibt, auf keinen Fall geringer wird. Sollte dieses trotzdem eintreten, so ist der Beweis geliefert, daß die Werbeabteilung des Elektrizitätswerkes nicht richtig gearbeitet hat. Daß die Lichtreklame gewöhnlich im Zentrum des Versorgungsgebietes liegt, ist außerdem von Wichtigkeit, da dieselbe also mit dem geringsten Kapitalaufwand hergestellt werden kann. Wie sich weiter unten ergibt, verlangt sie keine Zählervorrichtungen, und Unterschiede in der Leuchtdichte sind verhältnismäßig weniger von Bedeutung. So berichtet die Springfield Light and Power Co., Springfield, Ohio, hinsichtlich der Werbung für Reklamebeleuchtung, daß bei einer Ausgabe von etwa 1200 RMk. für Werbung das Werk eine Mehreinahme von 14 000 RMk. erzielte.

Zu 2). Ist es also erwiesen, daß wesentliche Vorteile durch Reklamebeleuchtung dem Werk erwachsen, so kommen wir zur Beantwortung der obigen zweiten Frage. An erster Stelle nennen wir den Tarif. Die Basis für jede Werbung von erhöhtem Stromabsatz ist der preiswerte — nicht „billige"! — Strom.

Um den Anreiz zu erhöhtem Verbrauch zu geben, sollte das Elektrizitätswerk nicht warten, bis der Mehrverbrauch einsetzt und damit eine Verbilligung des Stromes sich zwangläufig ergibt, sondern durch Schaffung eines geeigneten Tarifes den ersten Schritt tun.

Aus diesem Grunde verdienen die Sonderbedingungen, die bei der Aufstellung eines Tarifes für die Reklamebeleuchtung zu beachten sind, besonderes Studium. Aus dem Brennkalender, der örtlich bestimmt ist, ergibt sich die Zeit des Anfangs der Wirksamkeit der Reklamebeleuchtung. Da das Werk nun mit den Abnehmern von Reklamebeleuchtung die Zeitdauer zweckmäßiger-

Digitized by Google

weise vertraglich festlegen wird, so folgt, daß die einzige Variable in dieser Stromabnahme die Leistung ist. (Der Leistungsfaktor wird konstant sein.) Man wird daher zu dem Schluß gedrängt, daß ein besonders günstiger Tarif für Reklamebeleuchtung der Pauschaltarif ist. Hierbei ist die Kundengebühr vernachlässigt, die jedoch bei der Größe der Abnahme im allgemeinen eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle spielen wird.

Welchen Maßstab für die Leistungsgebühr wird man nun einführen? Zunächst liegt der Gedanke nahe, die Leistungsgebühr proportional der angeschlossenen Wattzahl der Lampen zu setzen. Da aber der ausgesandte Lichtstrom (Lumen) nicht proportional der Wattzahl ist, sondern mit einer höheren Potenz als 1 steigt, so ergibt sich vom Standpunkt des Kunden aus, daß die Leistungsgebühr je Watt mit erhöhter Wattzahl sinken muß. Diesem Gesichtspunkt wird das Werk schon aus psychologischen Gründen Rechnung tragen. Vielfach erweist es sich weiterhin als zweckmäßig, den Ersatz der Lampen in den Pauschalpreis einzukalkulieren. Da es nun für den Ersatz der Lampen fast völlig gleichgültig ist, ob dieselben groß oder klein sind, so folgt hieraus ein weiterer Grund, warum die Leistungsgebühr mit erhöhter Wattzahl je Leistungseinheit abnehmen muß. Hinzu kommt noch die Tatsache, daß der größere Kunde dem Elektrizitätswerk in jeder Hinsicht mehr zur Verbilligung seiner Produktion verhilft als der kleine Kunde.

Im Nachfolgenden seien einige Tarife für Reklamebeleuchtung als praktische Beispiele angeführt.

1. Commonwealth Edison Co. Chicago. Tarif für Propaganda- und Reklamebeleuchtungszwecke.

Das Elektrizitätswerk, wie bekannt eines der bedeutendsten der ganzen Welt, liefert Propaganda- und Reklamebeleuchtungsstrom unter folgenden Bedingungen:

Das Elektrizitätswerk liefert, installiert, unterhält und beleuchtet die Aushängeschilder zu folgenden Preisen:

Benutzungsdauer je Woche	Dämmerung bis 10 Uhr abds. 6 Wochentage; bis Mitternacht 1 Wochentag	Dämmerung bis 11 Uhr abds. 6 Wochentage; bis Mitternacht 1 Wochentag	Dämmerung bis Sonnenaufgang 7 Wochentage;
	Dollar		
1. Reklameschilder.			
a) mit drei 210 W-Lampen.			
Erste 104 aufeinanderfolgende Wochen:			
Strompreis je Woche	3·44	3·50	3·83
Nächste 156 Wochen: Strompreis . . .	2·25	2·35	3·—
Nach 260 Wochen: Strompreis	2·—	2·05	2·75
b) mit zwei 410 W-Lampen.			
Erste 104 aufeinanderfolgende Wochen:			
Strompreis Je Woche	2·82	2·86	3·10
Nächste 156 Wochen: Strompreis . . .	1·85	1·90	2·35
Nach 260 Wochen: Strompreis	1·50	1·55	1·95
2. Außenhängende Reklameschilder.			
a) mit einer 300 W-Lampe.			
Erste 104 aufeinanderfolgende Wochen:			
Strompreis je Woche	1·40	1·45	1·90
Nächste 104 Wochen: Strompreis . . .	1·—	1·04	1·30
b) mit einer 500 W-Lampe.			
Erste 104 aufeinanderfolgende Wochen:			
Strompreis je Woche	1·70	1·80	2·50
Nächste 104 Wochen: Strompreis . . .	1·34	1·37	1·94

2. Rockford City, Ill.

a) die Kundengebühr wird mit 50 Mk. je Jahr eingesetzt,

b) die Leistungsgebühr für Watt-Lampe und Jahr

	Mk.
25	mit 21
40	„ 33
60	„ 50
100	„ 84
150	„ 126
250	„ 210

Aus dem obigen geht hervor, daß dieser Tarif als nicht richtig zu bezeichnen ist.

Indessen hat ohne intensive Werbe- und Aufklärungstätigkeit selbst der günstigste Tarif nicht den gewünschten Erfolg. Neben den Verwaltungs- und Betriebsingenieur gehört daher der Werbeingenieur. Er stützt sich auf die Kostenanalyse und befaßt sich mit dem Elektrifizierungsgrade seines Versorgungsgebietes. Zwei Erhebungen — in Ermanglung deutscher Unterlagen — über die Lichtreklame-Abnehmer geben ein Bild über die Absatzverteilung auf diesem Gebiet in den Vereinigten Staaten. Tabelle 1 zeigt für New York (nach Zählungen der New York Edison Co.), daß die zahlreichsten Lichtreklame-Anlagen bei den Restaurants erreicht wurden, während Tabelle 2 zeigt, daß für das ganze Land, (nach Zählungen der General Electric Co. aus dem Jahre 1923), die Autogeschäfte und Garagen die meisten Lichtreklame-Anlagen hatten.

Tab. 1. Lichtreklame in New York.

	Anzahl der Anlagen
Restaurants	2232
Zigarrengeschäfte	708
Bekleidungsgeschäfte	615
Zahnärzte und Ärzte	488
Theater	478
Autogeschäfte, Garagen	454
Schuhgeschäfte	408
Drogerien und Apotheken	405

Die größte Einzeln-Reklameanlage hat einen Anschlußwert von 130 kW mit 17 266 Lampen.

Tab. 2. Lichtwirtschaft in den Vereinigten Staaten.

	Anzahl der Anlagen
Autogeschäfte und Garagen	29 500
Restaurants	27 000
Hotels	15 500
Drogerien und Apotheken	14 700
Theater	13 700
Bekleidungsgeschäfte	11 700
Schuhgeschäfte	7 500
Konfektionsgeschäfte	6 300

Im ganzen wurden 250 000 Lichtreklameanlagen gezählt, deren Anschlußwert 185 000 kW beträgt; der jährliche Zuwachs ist mit 15 vH festgestellt worden.

An der Seite des Werbeingenieurs steht, was nur nebenbei erwähnt sei, die Finanzierungs-

Digitized by Google

gesellschaft, die dem angehenden Kunden die wirtschaftliche Möglichkeit gibt, sich Neuanlagen zu beschaffen. In welcher Größenordnung liegt aber der Vorstoß, den die Werke durch Anstellung von Werbeingenieuren zu machen haben?

Hierüber gibt eine Veröffentlichung in „Electrical World" vom 8. Jänner 1927 Aufschluß. Aus diesen Angaben geht der Satz hervor, daß die Leistung eines Werbeingenieurs, in erzieltem Umsatz ausgedrückt, eine Konstante ist, deren Wert dort 40 000 bis höchstens 50 000 RMk. je Werbeingenieure und Jahr beträgt. Diese Summe ist unabhängig von der Anzahl der bearbeiteten Kunden, die zwischen 500 und 6500 schwankt. Schätzen wir nun die Anzahl der bei den Elektrizitätswerken Deutschlands angeschlossenen Kunden auf nur 7 000 000, so erhalten wir selbst bei Unterstellung der außerordentlich schlechten Bearbeitung von 6000 Kunden je Werbeingenieur die beträchtliche Anzahl von rund 1200 notwendigen Ingenieuren. Hiervon wären allerdings die zur Zeit angestellten Werbeingenieure abzuziehen, die sich doch wohl auf schätzungsweise 200 bis 300 beziffern dürften.

Abänderungsvorschläge zum Ostwaldschen Farbensystem und ausländische Farbensysteme.

Von Dr. Rich. **Hiecke.**

Wilhelm Ostwald betrachtete seine Farbenlehre, deren Grundlagen an dieser Stelle[1]) vom Verfasser dargelegt wurden, stets nur als eine für das praktische Bedürfnis ausreichende, erste Näherung, die künftige Verbesserungen nicht ausschließt.

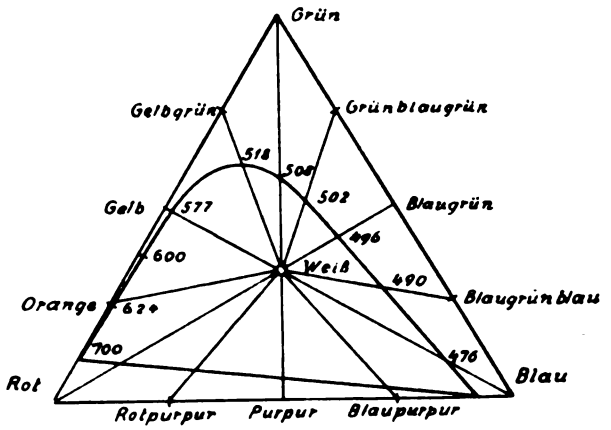


Abb. 1.

Ein Vorschlag in dieser Richtung wurde kürzlich von A. Klughardt[2]) gemacht. Er betrifft erstens die Einteilung des Farbenkreises und zweitens die Definition der Vollfarbe als Farbenhalb. Dieser Autor geht bezüglich des ersten Punktes von den „Grundempfindungskurven" nach König und Dieterici aus, auf denen sich das Farbendreieck Abb. 1[3]) aufbaut. Die Einordnung der Spektralfarbenkurve in das Dreieck beruht auf dem Grundsatze, daß die Ordinaten der Grundempfindungskurven für Rot (r), Grün (g) und Blau (b) als Gewichte in den Eckpunkten des im übrigen als gewichtslos betrachteten Dreiecks angebracht werden. Der dieser Gewichtsverteilung entsprechende Schwerpunkt ist dann der Ort der betreffenden Spektralfarbe. Gleiche Ordinaten r, g und b geben Weiß, der Weißpunkt fällt also mit dem Schwerpunkt der Dreiecksfläche zusammen. Man kann deshalb den Farbenort auch so bestimmen, daß man die kleinste der drei Ordinaten, es sei dies zum Beispiel b, im dreifachen Betrage im Weißpunkt und $r-b$, sowie $g-b$ im R- und G-Punkte als Gewichtsbelastung angebracht denkt. Die beiden letzteren geben dann den gesättigten Farbenanteil

$$f = r + g - 2b = r + g + b - 3b,$$

der auf der Linie RG zum Beispiel im Punkte „Gelbgrün" liegt und $3b = w$ stellt den Weißgehalt der Spektralfarbe dar. Der Schwerpunkt des mit f belasteten Peripheriepunktes und des mit w belasteten Weißpunktes stellt dann den auf der Geraden zwischen Weiß- und Peripheriepunkt liegenden Farbort dar. Klughardt bezeichnet nun als Sättigung σ den Bruch

$$\sigma = f/(f + w)$$

Man erkennt leicht, daß die Punkte je einer vom Weißpunkt ausgehenden Geraden gleichen Farbtönen aber verschiedener Sättigung entsprechen. Es wird nun ein neuer Begriff zur Kennzeichnung der Lage der gesättigten Empfindung auf den Dreieckseiten eingeführt, und zwar für die RG-Seite der „Rotstich" ϱ und für die GB-Seite der „Blaustich" β. Diese Größen werden durch die Gleichungen

$$\varrho = (r-g)/f; \quad \beta = (b-g)/f$$

definiert. Es entspricht nun:

Farbe:	Rot	Orange	Gelb	Gelbgrün	Grün	Grünblaugrün	Blaugrün	Blaugrünblau	Blau	Blaupurpur	Purpur	Rotpurpur	Rot
$\varrho =$	1	0·5	0	−0·5	−1				−1	−0·5	0	0·5	1
$\beta =$					−1	−0·5	0	0·5	1	0·5	0	−0·5	−1

Abb. 2 zeigt den Verlauf von σ, ϱ und β im Sichtbarkeitsbereich des Spektrums als Funktion der Wellenlängen. Der Farbenkreis Abb. 3 wird nun proportional den - und -Werten in 25 Einzelfarben eingeteilt. Die im Spektrum nicht enthaltenen Purpurfarben werden im

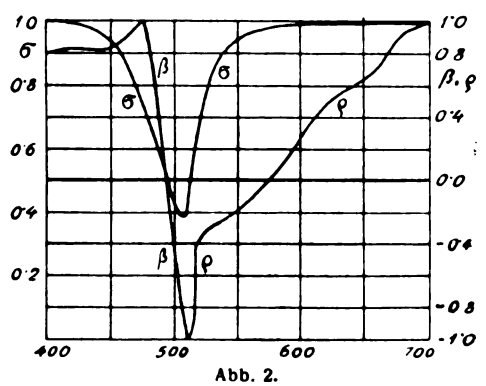


Abb. 2.

[1]) R. Hiecke, „Einführung in Ostwalds Farbenlehre", Die Lichttechnik 1927, H. 8, S. 93 und H. 9, S. 101.

[2]) A. Klughardt, „Untersuchungen zur Farbenlehre", Z. f. techn. Physik 1927, Nr. 8, S. 299.

[3]) Das Farbendreieck in „Die Lichttechnik" 1927, H. 8, S. 93, Abb. 4 bezieht sich auf die von König und Dieterici unmittelbar beobachteten „Elementarempfindungen", aus denen sich die „Grundempfindungen" linear zusammensetzen und ist daher vom obigen etwas verschieden.

Digitized by Google

Farbenkreise ebenfalls nach ihrer Rot- und Blaustichigkeit eingeteilt, sie sind in der Abbildung durch ihre komplementären Wellenlängen (zum Beispiel K 502), oder ihre komplementären Farbnummern (zum Beispiel K 11) gekennzeichnet. Bei dieser Einteilung des Farbenkreises geht allerdings das Ostwaldsche Prinzip, daß die komplementären Farben je an den Enden eines Durchmessers einander gegenüberliegen, im allgemeinen verloren, da es nur mehr für die Paare Rot-Blaugrün, Blau-Gelb und Grün-Purpur gilt. Die übrigen komplementären Beziehungen sind in Abb. 3 durch die gebrochenen Linien dargestellt.

Ostwald bezeichnete bekanntlich als Vollfarbe die Mischung aller Wellenlängen mit der ihnen im Sonnenlichte zukommenden relativen Intensität zwischen zwei Gegenfarben, die in seinem Farbenkreise beiderseits vom betrachteten Farborte um 90° entfernt waren, das sogenannte „Farbenhalb". Klughardt findet eine andere Festsetzung zweckmäßiger. Man kann jeden Farbton auch durch die Mischung aller Wellenlängen eines beliebigen endlichen Spektralbereiches darstellen. Einem solchen Spektralbereiche entsprechen bestimmte Flächenabschnitte der Grundempfindungskurven,

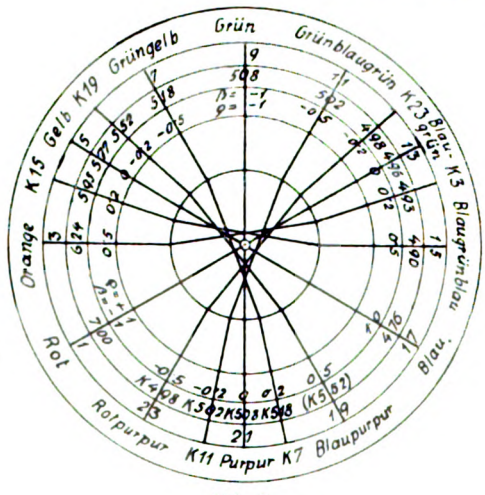


Abb. 3.

die zwischen den Ordinaten liegen, welche zu den Grenzwellenlängen des Bereiches gehören. Diese Flächen seien mit

$$F_r = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} r_\lambda \, d\lambda; \quad F_g = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g_\lambda \, d\lambda; \quad F_b = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b_\lambda \, d\lambda$$

bezeichnet. Werden nun zum Beispiel für einen Farbton zwischen R und G die Grenzen λ_1 und λ_2 so gewählt, daß

$$F_r - F_b : F_g - F_b = r_0 - b_0 : g_0 - b_0$$

ist, worin r_0, g_0, b_0 die zur Wellenlänge λ_0 gehörigen Ordinaten bezeichnen, so hat die Mischfarbe des Sonnenlichtes aller Wellenlängen zwischen λ_1 und λ_2 den Farbton von λ_0; nur mit dem Unterschiede, daß die Sättigung der Mischfarbe um so geringer ist, je breiter der Bereich λ_1 und λ_2 gewählt wird. Wird der Rest des Spektrums ebenfalls gemischt, so liefert er die Gegenfarbe zu λ_0 und ist um so weniger gesättigt, je gesättigter die erste Mischfarbe ist. Stellt man die Sättigungszahlen beider Mischungen in Kurvenform als Funktion der einen der beiden Grenzwellenlängen dar (die zweite ist eine von der ersten abhängige Veränderliche), so schneiden sich die beiden Kurven in einem Punkte gleicher Sättigung, den dann Klughardt als Grenzwellenlänge für die beiden „Vollfarben" wählt. Allerdings ist die gemeinsame Sättigungszahl für die verschiedenen Gegenfarbenpaare verschieden. Die Beziehung nach Ostwald, daß sich die Helligkeiten zweier Gegenvollfarben zur Helligkeit 1 des weißen Lichtes ergänzen, bleibt dabei aufrecht. Die Unterschiede gegen Ostwald zeigt an einigen Beispielen die folgende Zusammenstellung:

Farbe	λ	Vollfarbe nach Klughardt σ	λ_1	λ_2	Vollfarbe nach Ostwald σ	λ_1	λ_2
Rot	700	0·225	576	435	0·20	572	440
Gelb	577	0·690	506	424	0·22	492	700
Grün	508	0·210	469	548	0·17	477	584
Blaugrün . .	496	0·225	435	574	0·27	470	580
Blau	476	0·690	424	508	0·72	400	492
Purpur K508		0·210	548	469	0·22	584	477

Abgesehen von den beträchtlichen Unterschieden in den komplementären Wellenlängen, die darauf zurückzuführen sind, daß die von Klughardt benutzte Zuordnung nach König und Dieterici sehr weit von der Ostwaldschen abweicht[4]), zeigt sich eine wesentliche Abweichung zwischen den Sättigungsgraden der Vollfarben nach Klughardt und Ostwald eigentlich nur in der Umgebung des Gelb. Im übrigen wird beim Übergange vom Ostwaldschen auf den Klughardtschen Farbenkreis hauptsächlich das Intervall Rot-Gelb von 90° auf 60° reduziert und dafür das Intervall Rot-Purpur-Blau von 90° auf 120° erweitert. Klughardt nimmt für seinen ganzen Farbenkreis die Gleichabständigkeit in Anspruch, wenngleich er sie auf anderer Grundlage ermittelt als Ostwald, der sie empirisch mittels eines Kalibrierverfahrens herstellt. Es ist richtig, daß Ostwald diese Gleichförmigkeit der Farbenskala nur auf einer Hälfte seines Farbenkreises durchführt und dann diametral gegenüber den Farben dieses Halbkreises die genauen Gegenfarben anordnet. Diese Einrichtung des Farbenkreises trägt aber wichtigen praktischen Gesichtspunkten Rechnung, indem sie das Aufsuchen von Farbenharmonien sehr vereinfacht und erleichtert. Das Sättigungskriterium für die Vollfarben erscheint ferner nicht weniger willkürlich, als die Ostwaldsche Annahme des Farbenhalbs, weil immer nur Sättigungsgleichheit zwischen je einem komplementären Farbenpaar, aber keineswegs im ganzen Farbenkreise möglich ist. Die erheblichen Sättigungsunterschiede zwischen benachbarten Farben, wie zum Beispiel Rot und Gelb, dürften wohl mehr ins Auge fallen, als solche zwischen Gegenfarben. Schließlich können die Spektralbereiche gleicher Sättigung nicht als besonders ausgezeichnete Bereiche betrachtet werden, so lange sie nur aus dem Farbendreieck für das Zapfensehen abgeleitet werden. Der Verfasser[5]) hat nachgewiesen, daß das Stäbchensehen auch im Bereiche normaler und hoher Beleuchtungsstärken wesentlich an der Lichtempfindung beteiligt ist. Die wahre Sättigung läßt sich also nicht aus dem Farbendreiecke allein ableiten, wodurch der Vollfarbenbegriff Klughardts seine Grundlage einbüßt. Vor allem sollte aber vor Aufstellung eines neuen Farbenkreises die Zuordnung der Gegenfarben als vereinbarter Mittelwert aus einem möglichst umfangreichen Versuchsmaterial geklärt werden. Bisher liegen hierüber zu wenige und außerdem voneinander sehr stark abweichende Beobachtungen vor, unter denen die Werte von König und Dieterici von Ostwalds Angaben in einem beträchtlichen Bereiche am weitesten entfernt liegen. Die Farbtöne können natürlich auch nach dem Klughardtschen Kreise normiert werden, doch scheint die empfohlene Verwendung des Pulfrichschen Stufenphotometers[6]) zur Farbtonbestimmung an Stelle des Ostwaldschen Polarisationsmischers für die Anwendung und Ausbreitung des Systems in der gewerblichen Praxis gerade keinen Vorteil zu bedeuten.

König und Dieterici haben ihre Farbenempfindungskurven mit Hilfe des ausgezeichneten Farbenmischapparates von Helmholtz ermittelt. Dieser ist aber nicht zur Bestimmung von Körperfarben geeignet. Diesem Zwecke entspricht besser das von I. Runge[7])

[4]) S. „Die Lichttechnik" 1927, H. 8, Abb. 5 auf S. 95.

[5]) R. Hiecke, „Neue Folgerungen aus den Farbenempfindungskurven von A. König und C. Dieterici": Z. f. Sinnesphysiologie, Bd. 58 (1927), S. 111.

[6]) Vgl. „Die Lichttechnik", 1925, S. 26.

[7]) I. Runge, „Zur Farbenlehre", Z. f. techn. Physik, 1927, Nr. 8, S. 289.

Digitized by Google

beschriebene Spektralkolorimeter von B. G. Nutting[8]), das in Abb. 4 schematisch dargestellt erscheint. Auf einen Lummer-Brodhunschen Photometerwürfel fallen einerseits der Strahl I von dem zu bestimmenden Farbmuster, andererseits eine Mischung der Strahlen II (weißes Licht) und III (mono-chromatisches

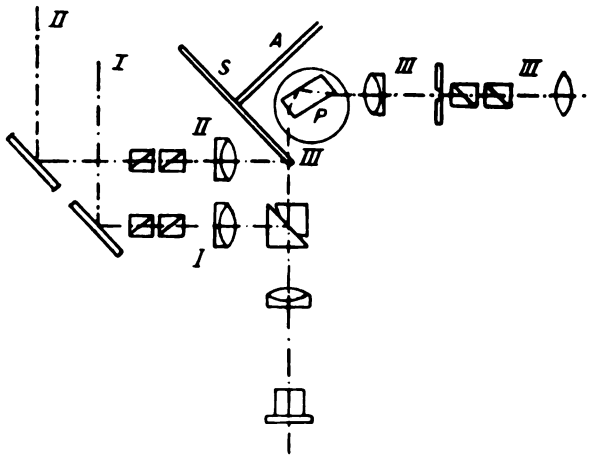


Abb. 4.

Licht aus dem Spektrum des Prismas *P*). Die Mischung erfolgt durch die um *A* rotierende Spiegelscheibe *S*, an deren Rande durchsichtige und verspiegelte Stellen abwechseln. Im Wege jedes der drei Strahlen befindet sich ein Paar Nicolscher Prismen, durch deren Verdrehung die Lichtstärke beliebig geschwächt werden kann. Es ist möglich, hiemit die Komponenten *f* und *w* einer Farbe zu bestimmen, so daß sie in das Farbendreieck eingeordnet werden kann. Dies setzt allerdings die Verwendung ein und derselben Lichtquelle für die Strahlen II und III und außerdem die Eichung des Apparates mit Hilfe von Farbmustern, deren Einordnung in das Farbendreieck bekannt ist, voraus. Für diese Farbmuster könnte der Ort im Farbendreieck kaum anders als durch Bestimmung der *R*-, *G*- und *B*-Komponenten mit Hilfe von Helligkeitsvergleichen über den ganzen Sichtbarkeitsbereich festgelegt werden.

Aus diesem Grunde erscheint das ebenfalls von I. Runge l. c. angeführte Kolorimeter von Guild[9]), mit welchem zwei Paare von Spektralfarben aufgesucht werden, welche je zu einer nach Farbton und Sättigung mit dem Muster übereinstimmenden Mischfarbe vereinigt werden können, vorzuziehen. Der Ort des Farb-

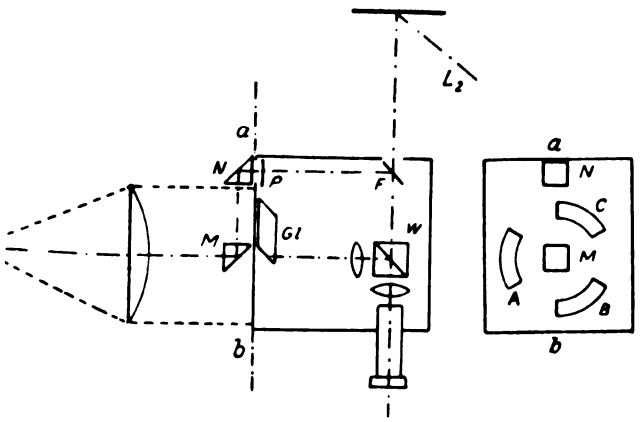


Abb. 5.

musters im Farbendreieck liegt dann im Schnittpunkte der Verbindungslinien der beiden Spektralfarben je eines Paares. An derselben Stelle beschreibt Runge auch ein trichromatisches Kolorimeter von Guild[10]), das in Abb. 5 dargestellt ist und dem gleichen Zwecke der Einordnung von Farbmustern in das Farbendreieck dient. *A*, *B* und *C* sind drei Normalfilter in den Farben Rot, Blau und Grün, die von der Lichtquelle L_1 gleichmäßig beleuchtet werden und deren Mischfarbe durch das rotierende Glasprisma *Gl* auf den Photometerwürfel *W* geworfen wird. Auf die andere Seite von *W* fällt das vom Farbmuster zerstreute Licht L_2. Die Normalfilter können durch Sektoren beliebig abgeblendet werden. Ihre Mischfarbe wird dem Farbmuster nach Farbton und Sättigung angeglichen und so die Lage der Farbe in einem Farbendreiecke, an dessen Ecken die Normalfilterfarben stehen, bestimmt. Liegt das Farbmuster außerhalb dieses Farbendreieckes, so wird auf dem Wege *MNPQF*, in den bei *P* ein Filter einer der drei Normalfarben eingeschaltet wird, so viel farbiges Licht beigemischt, bis die Abgleichung möglich ist. Alle drei Apparate gestatten aber nicht ohne weiteres den „Schwarzgehalt" von Körperfarben zu bestimmen, der nach Ostwald zu ihrer Kennzeichnung und Einordnung in seinen Farbenkörper unbedingt erforderlich ist, können also die von Ostwald angegebenen einfachen Hilfsmittel nicht ersetzen. Hiezu sind unbedingt Helligkeitsvergleiche unter Benutzung ein und derselben Lichtquelle für Muster und Norm erforderlich. Nach I. Runge l. c. hat Cl. Schaefer[11]) zunächst festgestellt, daß ungeachtet der Schwierigkeiten der heterochromen Photometrie der Begriff der Helligkeit des farbigen Lichtes exakt definierbar ist. Er hat mehrere Farbenkreise aus dem Ostwaldschen Farbenatlas in kleinen Stufen durchgemessen und nach dem Durchlaufen des ganzen Kreises für die als Einheit angenommene Ausgangsfarbe abgesehen von Meßungenauigkeiten wieder den Wert 1 gefunden. Es war dabei gleichgültig, ob man längs des Farbenkreises oder in passenden Stufen über den Weißpunkt die Ausgangsfarbe wieder erreichte. Ob die anderen gebräuchlichen Methoden, unter denen besonders die Flimmermethode hervorzuheben ist, mit der Stufenmethode übereinstimmende Ergebnisse liefern, also dieselbe Größe messen, wurde noch nicht exakt festgestellt. Schon durch Abney, Pirani, K. W. F. Kohlrausch und F. Exner wurde ferner festgestellt, daß die Helligkeit eines Gemisches innerhalb der gegenwärtigen Genauigkeitsgrenzen der Summe der Helligkeiten seiner Komponenten entspricht. Dies würde nach der einmaligen und endgültigen Festlegung einer durchschnittlichen „Empfindlichkeitskurve" für das ganze Spektrum die Zurückführung der heterochromen Photometrie auf einfache Energievergleiche gleichfärbigen Lichtes ermöglichen. Diese Vergleiche könnten dann auch mit physikalischen Mitteln, wie Bolometer, Thermosäulen oder Photozellen vorgenommen werden.

E. Schrödinger setzt an Stelle des Ostwaldschen Farbkörpers, der einen Doppelkegel mit dem Schwarz- und Weißpunkt als Spitzen und dem Farbenkreis als Basis darstellt, einen räumlichen Dreikant mit der Intensität Null im Scheitel, dessen Querschnitte ebene Farbendreiecke verschiedener Helligkeitsstufen (Schwarzgehaltstufen) darstellen. Er hat auch eine Theorie zur quantitativen Angabe des Unterschiedes zweier Farben, nach Riemannschem Maße gemessen, aufgestellt, die aber bisher mit der Erfahrung nicht in genügende Übereinstimmung zu bringen war. Die Praxis dürfte sich wohl kaum mit der Riemannschen Metrik befreunden können.

In Amerika ist seit 1887 das Farbensystem von Joseph W. Lovibond für die Analyse, Synthese, Bestimmung und Messung von Farben im praktischen Gebrauche. In einer jüngst erschienenen Veröffentlichung des „Bureau of Standards"[12]) wird es kurz beschrieben. Es besteht aus einem Satze von logarithmisch nach der Tiefe der Farbe abgestuften Glasfiltern von roter, gelber und blauer Farbe. Von jedem der drei Farbtöne sind 20 Stufen vorhanden, wovon wieder die niedrigeren

[8]) Bull. Bur. of Standards, 9 (1913), I.
[9]) Trans. Opt. Soc., Bd. 27 (1925/26), S. 130, 137.
[10]) Trans. Opt. Soc., Bd. 27 (1925/26), S. 106.
[11]) Phys. Z. S., Bd. 26 (1925), S. 58 und 908.
[12]) Bureau of Standards, Nr. 547 (1927), „The Lovibond System".

Digitized by Google

Stufen in Zehntel- und selbst Hundertstel-Stufen geteilt erscheinen. Ausnahmsweise werden auch noch höhere Stufen, wie zum Beispiel die für die Farbprüfung des Baumwollsamenöles gebrauchte Stufe Gelb 35 hergestellt. Die roten Gläser sind hauptsächlich mit Gold, die gelben mit Silber und die blauen mit Kobalt gefärbt. Gleich bezifferte Stufen aufeinandergelegt, sollen neutrales Grau geben. Meist bleibt aber wegen der spezifischen Durchlässigkeit der Kobaltgläser für das äußerste Rot ein rötlicher Stich zurück. Dieses Grau ist gewissermaßen der Ausgangspunkt des Systems und hinsichtlich seiner Gesamtdurchlässigkeit für die Einteilung und Bezifferung der Farbstufen maßgebend. Durch Übereinanderlegen passender Stufen der verschiedenen Farben wird der zu bestimmende Farbton angeglichen und nach den verwendeten Stufennummern bezeichnet. Zur Ausführung der Messung dient ein einfaches, in der angeführten Veröffentlichung nicht näher beschriebenes Instrument, das „Tintometer". Der Vergleich soll bei Tageslicht, am besten gegen Norden oder gegen einen weißen Seenebel vorgenommen werden. Die Stufeneinheit ist willkürlich gewählt und entspricht den kleinsten Unterschieden, die in den tieferen Farbstufen bei normalem Sehvermögen noch wahrgenommen werden können. Die Herstellungsgenauigkeit der Filter läßt immerhin noch zu wünschen übrig. Durch Beschwerden der Baumwollölfirmen über abweichende Ergebnisse mit verschiedenen Filtersätzen, sah sich das Bureau of Standards zu einer Untersuchung seiner eigenen Sätze hinsichtlich Wellenlänge des Farbtones, Reinheit und Helligkeit (diese letztere nach der integralen Durchlässigkeit

$$T = \Sigma E\lambda\, V\lambda\, T\lambda \,/\, \Sigma E\lambda\, V\lambda;$$

$E\lambda$ = relative Energie der Lichtquelle, $V\lambda$ = rel. Sichtbarkeit, $T\lambda$ = Durchlässigkeit, alles bei der Wellenlänge λ,

beurteilt) veranlaßt. Die integralen Durchlässigkeiten der drei Stufenreihen, sowie des aus ihnen zusammengestellten Grau sollten auf Koordinatenpapier mit den Stufennummern als Abszissen und dem $\log T$ als Ordinaten aufgetragen in gleichen Abständen auf geraden Linien liegen. Es zeigten sich jedoch mancherlei nicht zu vernachlässigende Abweichungen. Auch hinsichtlich des Farbtones wurden einzelne Abweichungen festgestellt. Immerhin erscheint das System bei entsprechender Korrektur der Fehler und Kompensation der Oberflächenreflexion durch klare Zusatzgläser zur praktischen Farbenbestimmung sowohl an durchsichtigen Körpern und unter Benützung eines Normalweißmusters auch an undurchsichtigen Körpern brauchbar.

In Frankreich wird durch René Toussaint[13]) ein anderes Farbensystem in Vorschlag gebracht, das auf der Verwendung von sechs Normalfiltern der Type Wratten-Kodak für die Farben Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange und Rot beruht. In einem Photokolorimeter wird die relative Helligkeit gegenüber einem Normalweiß unter Zwischenschaltung der verschiedenen Filter mit Hilfe einer Photozelle und eines Zeiger- oder Spiegelgalvanometers bestimmt. Hiebei kann insoferne auch eine Nullmethode verwendet werden, als man die Helligkeit des Normalweiß durch Zwischenschaltung einer an einem Gradbogen mehr oder weniger schräg zu stellenden Spiegelplatte schwächen kann, bis beide Flächen den gleichen Galvanometerausschlag liefern. Beim Vergleich zweier Farbmuster wird an Stelle des Normalweiß das Vorlagemuster eingeschaltet und für jede Farbe die Abweichung des zweiten Musters von der Vorlage bestimmt. Dies ist zur Verbesserung einer versuchten Färbung von großem Vorteile. Die Helligkeit des Normalweiß oder des Vorlagemusters wird gewöhnlich für jede Farbe gleich 100 gesetzt. Man erhält dann für das Normale eine gerade Linie im Abstande 100 parallel zur Abszissenachse und für die zu prüfende Farbe eine Kurve, die ihre Zusammensetzung kennzeichnet. Im allgemeinen genügt jedoch die Kennzeichnung des Farbmusters durch vier Punkte, nämlich die vorherrschende Farbe, deren Gegenfarbe und die der vorherrschenden rechts und link benachbarten Farben, wobei Rot und Violett als benachbart gelten. Es bedeutet zum Beispiel ein Blau 48·12 — 45·15 eine relative Helligkeit von 48 Skalenteilen im Blau, 12 im Orange, 45 im Violett und 15 im Grün usw. In vielen Fällen genügen bei ausgesprochenen Farben für Vergleiche im Färbereibetriebe die vorherrschende Farbe und ihre beiden Nachbarn. Bei trüben Farben, wie sie zum Beispiel die Khakistoffe für Uniformen aufweisen, muß man allerdings zur Kennzeichnung alle sechs Punkte anführen. Die von der englischen Kodakgesellschaft gelieferten, bezüglich des Spektralbereiches ziemlich engen Filter bestehen aus gefärbten Gelatineschichten auf Glas, deren Farbtöne den Wellenlängen 400, 450, 530, 620 und 680 entsprechen. Das System ermöglicht jedenfalls eine praktisch ausreichende Kennzeichnung der Farben; seine Zuverlässigkeit hängt jedoch von der Reproduzierbarkeit und Lichtechtheit der Filter ab. Das Photokolorimeter kann auch zur Bestimmung des Glanzes von Flächen dienen, indem die zu prüfende Fläche einmal unter 45° so aufgestellt wird, daß das regelmäßig zurückgeworfene Glanzlicht die Photozelle trifft und das anderemal um einen gewissen Winkel aus dieser Lage herausgedreht wird: im ersten Falle mißt man Glanz + Farbhelligkeit, im zweiten Falle letztere allein und kann aus der Differenz den Glanz bestimmen. Ferner kann das Photokolorimeter zur Bestimmung des Grades schwacher Trübungen durch Niederschläge in Flüssigkeiten sowie zur Bestimmung des Politurgrades von Oberflächen und dgl. mehr dienen. In diesem Apparate erscheint das oben erwähnte Prinzip der physikalischen Messung des Energieverhältnisses in verschiedenen Farbtonbereichen verwirklicht, wenngleich zu einem anderen Zwecke als der Bestimmung der Gesamthelligkeit. Immerhin bleibt abzuwarten, ob sich das Instrument, das einen ziemlich teueren Apparat darstellt, und damit auch das Farbensystem eine weitere Verbreitung sichern kann.

[13]) René Toussaint, „Photo-Colorimetre T. C.-B. à Mésures indépendentes de l'oeil pour la Mésure des Couleurs dans l'Industrie". Bull. de la Soc. d'Encouragement pour l'Industrie nationale, Nr. 6, Juni 1927, S. 421.

Rundschau.

Die Berechnung der Lichtverteilungskurven von Straßenarmaturen unter bestimmten gegebenen Verhältnissen behandelt M. S. Gilbert in allgemein anwendbarer Form[1]). Zugrunde gelegt werden die Beleuchtungsverhältnisse einer großen amerikanischen Geschäftsstraße mit beiderseits am Rande der Fahrbahn einander gegenüberliegenden einflammigen Beleuchtungsständern. Zur Festlegung der horizontalen Beleuchtungsverteilung ist zunächst eine Annahme über die Gleichförmigkeit derselben in der Richtung quer zur Straßenachse erforderlich. Diese ergibt sich zwangläufig aus der Forderung, daß an der Stelle größter Verkehrsgeschwindigkeit, also in Straßenmitte, die größte Beleuchtungsstärke E_{max} notwendig ist, während gegen die Ränder der Fahrbahn zu eine gewisse Abnahme zulässig erscheint, die je nach dem betrachteten Fall mehr oder minder groß gewählt und zum Beispiel bei einem Punkte X (Abb. 1) zu $E_x = E_{max}\, y$ vH angenommen werden kann. Der Anteil der beiderseits der Straße befindlichen Einheiten an der Beleuchtung irgend eines Punktes ihrer Oberfläche betrage für die Einheit der einen Straßenseite a vH, für die der anderen b vH, so daß für einen

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 141.

Digitized by Google

Punkt in Straßenmitte von jeder Seite 50 vH, für jeden beliebig anderen a vH + b vH = 100 vH zu der dort herrschenden Beleuchtung beigetragen werden. Um die Rechnung übersichtlich zu gestalten, sei sie für den Fall völliger, also 100 prozentiger Gleichförmigkeit der Beleuchtung in der Richtung der Straßenachse durchgeführt; der gesamte Gleichförmigkeitsgrad ergibt sich dann aus dem Produkt der Werte für die Längs- und Querrichtung. Als bekannt ist bei gegebener Straßen-

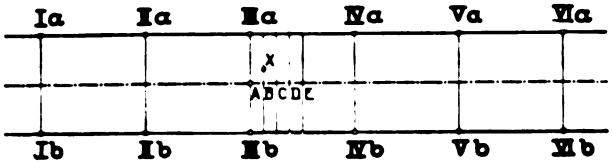


Abb. 1.

breite die Lichtpunkthöhe und Lampenentfernung, ferner die Beleuchtungsstärke E_A, E_B, E_C ... angenommen, die eine bisher gebräuchliche Armatur an verschiedenen, nicht zu weit (etwa 3 m) voneinander entfernten Punkten A, B, C in Straßenmitte erzeugt. Aus praktischen Versuchen ist außerdem die Entfernung ermittelt, bis zu welcher bei der gebräuchlichen Lampengröße das von einer Einheit ausgesandte Licht noch meßbare Werte der Beleuchtung ergibt. Für jeden der Punkte A, B, C . . . kann nun die tatsächlich dort herrschende Beleuchtungsstärke ΣE_A, ΣE_B, ΣE_C . . . durch Addition aller noch in Betracht kommenden Anteile E_{AI}, E_{AII}, E_{BI}, E_{BII} . . . der Armaturenpaare I, II . . . an derselben ermittelt werden. Die sich ergebende Beleuchtung — ihr Mittelwert sei M — weist einen bestimmten, von dem geforderten (also 100 prozentigen) abweichenden Gleichförmigkeitsgrad auf. Um letzteren zu erreichen, ist es notwendig, die Werte E_A, E_B . . . mit den Faktoren k_A, k_B . . . zu multiplizieren, die sich aus

$$k_N = \frac{M}{\Sigma E_N}$$

errechnen lassen. Die erhaltenen Werte $E'_A = k_A E_A$ . . . der Beleuchtungsstärken werden zur Vereinfachung der weiteren Entwicklung in Prozenten derart umgerechnet, daß ihr Höchstwert zu 100 vH angesetzt wird, und ebenso wie oben nun die Prozentsumme $\Sigma E'_A$, $\Sigma E'_B$ . . . gebildet. Um schließlich den prozentuellen Anteil jedes Armaturenpaares I, II . . . an der den gestellten Bedingungen entsprechenden Beleuchtung der Punkte A, B . . . zu bestimmen, ist jeder der in Prozenten ausgedrückten Summanden E'_{AI}, E'_{AII} . . . der Summen $\Sigma E'_A$ . . . durch diese selbst zu dividieren.

Mit den solcher Art errechneten, zweckmäßig in Tabellen vereinigten Werten läßt sich auf einfache Weise die Lichtstärke errechnen, die jede Einheit in der bezüglichen Richtung aussenden muß, um auf irgend einem Punkt der Straßenoberfläche eine den Bedingungen entsprechende Beleuchtungsstärke zu erzeugen. Nach dem Lambertschen Gesetz ist

$$J = \frac{E_h}{\frac{\cos^3 \alpha}{H^2}},$$

wobei J die Lichtstärke der Lichtquelle in der Richtung des betreffenden Punktes, die mit der Vertikalen den Winkel α einschließt, E_h die horizontale Beleuchtungsstärke und H die Aufhänghöhe bedeutet. Die horizontale Beleuchtung eines Punktes setzt sich aus den prozentuellen Anteilen der einzelnen Armaturen an derselben (quer und längs der Straßenachse) zusammen. Es ergibt sich daher zum Beispiel die Beleuchtung, die die Armatur Ia auf einen Punkt X, der auf der Transversale durch b gelegen ist, erzeugt zu

$$E_{hx} = E_x \,.\, a \text{ vH} \,.\, \frac{E'_{BI}}{\Sigma E'_B}$$

und daraus nach Ermittlung der Werte für $\cos^3 \alpha$ und H^2 die gesuchte Lichtstärke J in der betreffenden Richtung. Da vorausgesetzt werden kann, daß die Armaturen gleich und mit gleichen Lampen ausgestattet sind, so lassen sich, wenn diese Rechnung für jeden in Betracht kommenden Beleuchtungskörper beider Straßenseiten und für eine genügend große Zahl von Punkten durchgeführt wird, die Lichtverteilungskurven für verschiedene Horizontal- und Vertikalebenen ermitteln und damit der Charakter der Armatur eindeutig festlegen. Wird ein beliebiger Gleichförmigkeitsgrad gefordert, so ist es nur notwendig, die Faktoren k_A, k_B . . . entsprechend zu verändern. Die Vertikalbeleuchtung wird bei Erreichung genügender Gleichmäßigkeit der Horizontalbeleuchtung ohne weiteres ausreichende Werte ergeben.

Herb.

(Electrical World, Bd. 90, Nr. 26, 1927.)

Chronik.

16. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, Karlsruhe 22. bis 24. Juni 1928. Die diesjährige Jahresversammlung der D. B. G. findet in Karlsruhe statt.

Die Hauptversammlung am 22. Juni (im großen Rathaussaal) behandelt das Thema: „Das Licht im Dienste der Werbung" durch Vorträge von Dr. H. Lux, „Allgemeines über Lichtreklame vom technischen Standpunkt": Prof. Dr. h. c. P. Behrens, „Lichtreklame im Städtebild": Dr. ing. Jacob, „Lichtreklame und Wirtschaft": Dr. ing. K. Wiegand, „Die Verwendung der Glühlampe und der Gasentladungsröhre in der Lichtreklame": Dr. ing. J. Adolph, „Das Anleuchten von Gebäuden": Dr. W. Bertelsmann, „Die Verwendung des Leuchtgases zur Reklame": Dipl. Ing. M. Haase, „Wanderschriftreklame". Anschließend Aussprache.

Am 23. Juni (im Chemisch-Technischen Institut der Technischen Hochschule) folgen den Verhandlungen des geschäftlichen Teiles Vorträge über das Thema: „Lichttechnische Belehrungen durch praktische Darbietungen. Ein Vortrag von Dipl. Ing. L. Schneider behandelt „Lichttechnische Vorführungen und ihre Ausbildung", ein Vortrag von Prof. Dr. J. Teichmüller, „Die neue Lichthalle des Lichttechnischen Institutes der Technischen Hochschule".

Besichtigungen im Lichttechnischen Institut, der Stadt und Ausflüge in die Umgebung beschließen die Tagung.

Patentbericht.

Einrichtungen zur Lichtreklame.

(Schluß von Heft 4, Seite 48.)

Eine bekannte Lichtreklamevorrichtung beruht auf folgendem Prinzip. Ein endloses Band, das mit Buchstaben bildenden Lochungen versehen ist, wird über mehrere Führungsrollen zwischen dem Fenster und den Lichtquellen bewegt, so daß die Buchstaben deutlich am Fenster erscheinen. Nach einer Erfindung von S. Jarratt in Brixton und W. A. Mc Mullen in London wird für das Fenster ein- oder mehrfarbiges

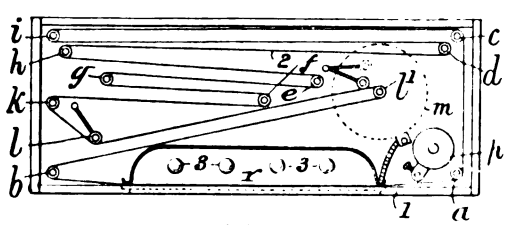


Abb. 1.

Mattglas verwendet, um die Wirkung der durch die kleinen Löcher des Bandes austretenden Lichtstrahlen zu erhöhen. In einem Kasten 1 (Abb. 1) ist das endlose,

Digitized by Google

die Reklameschrift tragende Band 2 über Rollen *a* bis *k* geführt. Das Band wird von einem Motor *p* über ein Antriebsrad *m* bewegt. Um das Band 2 immer gespannt zu erhalten, sind Spannrollen *l*, *l*¹ vorgesehen, die auf schwingbaren, unter Federwirkung stehenden Armen sitzen. In dem vorderen Teil des Kastens 1 sind die elektrischen Lampen 3 angeordnet, vor denen das Band 2 vorüberbewegt wird. Das Fenster kann als ein Stück aus mattem Glas oder Opalglas hergestellt sein. Die Buchstaben im Band 2 sind durch Reihen kleiner Löcher gebildet, so daß das Licht in Form feiner Strahlen auf das matte Glas trifft, auf dem die Schrift aus Lichtperlen oder Lichttropfen gebildet erscheint.

(Ö. P. Nr. 104851.)

Elektrische Leuchtröhren, die in Zeichen- oder Buchstabenform gebogen sind, besitzen neben den zur Zeichengebung benutzten Röhrenteilen auch stets zurückgekröpfte Röhrenteile, die die zwischenbildenden Röhrenteile untereinander und mit den ebenfalls zurückgekröpften Elektrodenteilen verbinden. Damit nur die eigentlichen zeichenbildenden Röhrenteile beim Betrieb leuchtend sind, hat man die verbindenden Röhrenteile mit einem den Austritt des Lichtes verhindernden, dunklen Anstrich versehen. Solche dunkel angestrichene Röhrenteile sind aber bei Tag sichtbar und der zeichenbildende Teil der Röhre ist von der Schildplatte zu weit entfernt. Man hat auch die verbindenden Röhrenteile hinter die Schildplatte verlegt, indem man die zeichenbildenden Teile mittels an ihnen angebrachten, rechtwinkelig zurückgebogenen Schenkeln einzeln in kreisrunde Löcher der Schildplatte einsetzte und darauf einzeln mit den an der Rückseite des Schildes angeordneten Verbindungsröhren zu einer zusammenhängenden Leuchtröhre vereinigte. Die Firma Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische Glühlampen m. b. H. in Berlin gibt eine wesentlich einfachere Anbringung einer vorher in allen ihren Teilen fertiggestellten Leuchtröhre am Leuchtschild bei gleichzeitig verdeckter Anordnung der verbindenden zurückgekröpften Röhrenteile an. Hierbei wird die Schildplatte mit Schlitzen versehen, die entweder der Form aller nicht zeichenbildenen oder auch der Form aller zeichenbildenden Röhrenteile entsprechen. Im Gehäuse *a* (Abb. 2) des Leuchtschildes sind der Transformator *b* und die zu den Elektroden *c* der

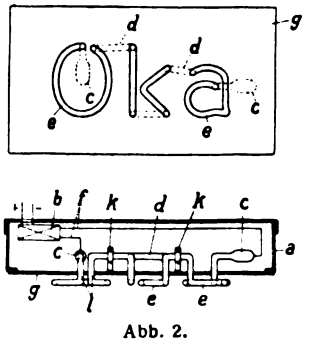


Abb. 2.

Leuchtröhre *d*, *e* führenden Hochspannungsleitungen *f* untergebracht. Die die Leuchtröhre tragende Vorderplatte *g* ist mit Schlitzen *d* versehen, die den rückwärtigen, nicht zur Zeichenbildung ausgenutzten, ebenfalls mit *d* bezeichneten Verbindungsteilen entsprechen. Die Leuchtröhre wird von vorne nach hinten durch die Schlitze soweit hindurch geschoben, bis die zeichenbildenden Teile *e* in der dargestellten Lage sind. In dieser Stellung wird die Röhre durch Halteklammern *k* befestigt. Entsprechen die Schlitze den zeichenbildenden Teilen, so wird die Leuchtröhre von hinten nach vorne hindurchgeschoben. (Ö. P. Nr. 105861.)

Eine Vorrichtung, mittels welcher verschiedene Materialien, wie Flüssigkeiten, Pulver oder dergleichen dadurch dem Beschauer vorgeführt werden können, daß sie in dünner Schicht über geneigte, von rückwärts beleuchtete Tafeln geleitet werden, über die sie in Schleierform abfließen, wurde der Firma The Asiatic Petroleum Co. Ltd. in London patentiert. Es können auch mehrere Tafeln nebeneinander angeordnet werden, über welche gesonderte Ströme verschiedener vorzuführender Materialien fließen, wodurch ein wirksamer Kontrast zwischen den verschiedenen Farbgraden der einzeln vorzuführenden Flüssigkeiten erzielt wird. Eine Tafel 1 (Abb. 3) aus durchscheinendem Material, zum Beispiel Opalglas, ist mit ihrer unteren Kante 4 so gelagert, daß sie eine geneigte Stellung gegenüber einer horizontalen Platte 3 einnimmt. Das untere Ende 4 der Tafel ist mit einem Sammelbecken 5 versehen, das einen über die ganze Breite des Rahmens 2 sich erstreckenden und mit der Oberfläche der Tafel zusammenwirkenden Einlaufschlitz aufweist. Oberhalb der Tafel 1 ist ein Trog 7 in solchem Abstand von der Tafel angebracht, daß das durch seine Auslaßöffnung 8 austretende Material als zusammenhängender Schleier auf die Oberfläche der Tafel 1 fällt. Um ein Zusammenziehen des Schleiers zu verhindern, ist eine besondere Tafel 27 aus durchscheinendem Material zwischen dem Trog 7 und der Tafel 1 vorgesehen, die den Flüssigkeitsschleier während der Fallperiode vom Trogauslaß bis zu der im Winkel angeordneten Tafel 1 gleichmäßig ausbreitet. Der Trog 7 ist mit den Leitungen 9, 10 verbunden, die in den Druckstutzen 11 einer Flüssigkeitspumpe 12 münden. Der Saugstutzen 13 der Pumpe 12 ist durch ein Rohr 14 mit dem Sammelbecken 5 verbunden. Die Farben der über die Tafeln fließenden Flüssigkeiten kann man noch dadurch besonders augenfällig machen, daß die Rückseite jeder der durchscheinenden Tafeln mittels einer elektrischen Lampe 26 beleuchtet wird, wobei opalisierendes Glas eine besonders gleichmäßige Beleuchtung der ganzen Tafelfläche hervorruft. (Ö. P. Nr. 105440.)

Abb. 3.

Eine einfache, auch von Laien bedienbare Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Wanderschrift haben H. K. Th. Lindquist und Ch. V. Madsen in Kopenhagen angegeben. Auf einer eine rotierende Trommel umgebenden zylindrischen Wand sind mehrere Reihen von Elektromagnetspulen angeordnet, die an ein Schaltbrett angeschlossen sind. Das Schaltbrett besitzt eine Tastatur, ähnlich einer Schreibmaschine. Jeder Elektromagnetspule ist ein in der Trommel gelagerter Anker zugeordnet, der auf dem Kopf einer axial verschiebbaren Spindel aufruht. Das andere Spindelende ist mit einer Schleiffeder versehen, die auf Kontaktschienen eines innerhalb der Trommel angeordneten, feststehenden Zylinders gleitet. Wird eine Taste gedrückt, so wird der ihr entsprechende Elektromagnet erregt und sein Anker angezogen, wodurch die frei gewordene Kontaktspindel nach innen schnellt und auf den Kontaktschienen des inneren Zylinders gleitet. Hierdurch wird der zugehörige Lampenstromkreis geschlossen. Während der Drehung der Trommel wandert die Schrift auf dem Lampenbrett, da die Kontaktspindel mit im Kreise angeordneten Lampenkontakten nacheinander in Berührung kommt. Nachdem alle Felder durchlaufen sind, werden die Spindelkontakte zurückgeschoben und von den Ankern ergriffen und festgehalten. Zwischenräume zwischen den einzelnen Buchstaben werden durch Unterlassen eines Tastendruckes erzeugt. Durch Anhalten des die rotierende Trommel antreibenden Motors ist es möglich, ein auf dem Lampenfeld befindliches Wort längere Zeit stillstehen zu lassen. (D. R. P. Nr. 442767.)

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grunhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 96.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 7 | **22. Juli 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Ing. Fr. Grill und Ing. H. Koch: Die Lichttechnik im Rahmen der Energiewirtschaftsausstellung in Graz. (Mit einer Tafel.) S. 65 — 16. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. (Karlsruhe, 22. und 23. Juni 1928.) S. 68 — RUNDSCHAU. S. 70. — LITERATURBERICHT. S. 72.

Die Lichttechnik im Rahmen der Energiewirtschaftsausstellung in Graz.

(Mit einer Tafel.)

Von Ing. Fr. **Grill** und Ing. H. **Koch**, Wien.

Die 800-Jahrfeier der Stadt Graz ist Veranlassung für eine Reihe von Veranstaltungen, unter denen die Energiewirtschaftsausstellung zweifellos die größte Bedeutung besitzt. Diese Schaustellung soll einen vollständigen Einblick in das Wesen der Energiewirtschaft geben, nicht nur allein hinsichtlich der Energieerzeugung, beziehungsweise -gewinnung, sondern auch alle jene Fortschritte der Technik dem Beschauer vor Augen führen, die sich auf die Verteilung der Energie und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe, Verkehrswesen und Landwirtschaft, sowie Haushalt beziehen.

In Gruppe I der Ausstellung, die sich mit dem Wesen, der Entwicklung und den Zielen der Energiewirtschaft beschäftigt, wird in Abteilung 6 das Problem der Lichtenergie und Lichttechnik behandelt. Die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft in Wien, als die für diese Frage zuständige Stelle, übernahm es, in Gemeinschaftsarbeit mit den in Betracht kommenden Industrien das Problem der Lichttechnik und Lichtwirtschaft möglichst überzeugend zu demonstrieren. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Ausschusses der Gesellschaft ein Komitee unter Vorsitz des Vizepräsidenten Dr. Hiecke gebildet, das sämtliche Arbeiten für die Ausstellung durchgeführt hat.

Der beschränkte Raum, der zur Verfügung stand, ermöglichte nur die Aufstellung von drei Gruppen, von denen sich die erste mit der Entwicklung der Lichterzeugung beschäftigt, die zweite das Wesen der Blendung und deren Vermeidung behandelt, während die dritte Abteilung an Hand eines Demonstrationsschaufensters die Nachteile einer schlechten und die Vorteile einer guten Schaufensterbeleuchtung zeigt (Abb. 1).

Abb. 1. Gesamtansicht der Kojen der Ö. L. G.

Abb. 2. Koje für die Demonstration der Blendung und deren Vermeidung.

Gruppe 1: „Die geschichtliche Entwicklung der Lichtquellen"

Ausgehend von den Anfängen der Lichterzeugung mit dem Kienspan werden in den ausgestellten Vitrinen durch interessante Schauobjekte vorerst alle jene Lichtquellen gezeigt, die mit festen, flüssigen und in weiterer Folge mit gasförmigen Brennstoffen gespeist wurden. Talgkerze, Öllampe, Petroleumlampe mit Flach- und Runddocht, die

Digitized by Google

verschiedensten Gasbrenner, Jablochkoffsche Kerze und Bogenlampen bilden die Einleitung zu jenem Teil dieser Schaustellung, welcher ausschließlich von der elektrischen Glühlampe beherrscht wird, deren Entwicklung von den ersten Versuchen zu Ende des vergangenen Jahrhunderts über die alte Kohlenfadenlampe, Lampen mit metallisiertem Kohlenfaden, Nernst-, Osmium- und Tantallampe bis zu der Wolframfadenlampe mit gespritztem Faden und letzten Endes der Wolframdrahtlampe dargestellt wird. Diese interessante Schaustellung läßt deutlich erkennen, welche anstrengende Forscherarbeit erforderlich war, um aus den bescheidenen Anfängen der Lichterzeugung Lichtquellen zu schaffen, die in rationeller Weise chemische, vor allem jedoch elektrische Energie in Lichtenergie umformen, und wie der Techniker das Problem der zweckmäßigen Energiebewirtschaftung auf dem Gebiet der Lichttechnik gelöst hat.

Der zweite Teil dieser Gruppe zeigt die verschiedensten Typen der von der Glühlampenindustrie erzeugten Lampen. Schautafeln bringen eine kurz gefaßte chronologisch geordnete Darstellung der wichtigsten Erfindungen und Ereignisse in der Geschichte der künstlichen Lichtquellen sowie eine graphische Darstellung der wirtschaftlichen Entwicklung der künstlichen Lichtquellen, aus der die Steigerung der Lichtausbeute der verschiedenen Lichtquellen in der Reihenfolge ihrer Entwicklung hervorgeht.

Gruppe 2: Das Wesen der Blendung.

Es ist lebhaft zu begrüßen, daß die Österreichische Lichttechnische Gesellschaft diesem Gebiet, als einem der Hauptfaktoren der Beleuchtungstechnik, ihr besonderes Augenmerk schenkte. Denn gerade die Blendung ist es, welche die meisten Beleuchtungsanlagen — ob es sich nun um die Beleuchtung von Schaufenstern oder Werkstätten usw. handelt — trotz ausreichender Beleuchtungsstärke unbrauchbar macht.

Um eine sinnfällige Demonstration der Blendung zu ermöglichen, wurde hierfür eine besondere Koje (Abb. 2) hergerichtet, welche eine Größe von 3×2 m bei einer Höhe von 2·40 m hat und deren Wände und Decke vollkommen schwarz gehalten sind. Auf einem Tische an der Rückwand der Koje ist ein Kasten aufgebaut und auf diesem verschiedene Glühlampen bzw. solche mit verschiedenen Überglocken montiert und zwar:

1. Klarglas-Glühlampe.
2. Klarglas-Glühlampe mit Klarglas-Glocke.
3. Mattierte Glühlampe.
4. Klarglas-Glühlampe mit säurematttierter Glocke.
5. Klarglas-Glühlampe mit sandmattierter Glocke.
6. Klarglas-Glühlampe mit Opalin-Glocke.
7. Opal-Glühlampe.
8. Klarglas-Glühlampe mit Massiv-Opalglocke.
9. Klarglas-Glühlampe mit Opalüberfangglocke.

Um einen zutreffenden Vergleich anstellen zu können, sind durchwegs 60 W-Glühlampen installiert. Man erkennt deutlich, daß die nackte Glühlampe Blendungserscheinungen zur Folge hat und wie diese allmählich durch die Verwendung besonders bearbeiteter Gläser bzw. Glasarten herabgemindert und schließlich ganz beseitigt wird. Den vollkommenen Blendungsschutz stellt die Kombination „Klarglas-Glühlampe mit opalüberfangener Glocke" dar, wobei die Größe der Überglocke im richtigen Verhältnis zum Lichtstrom der Glühlampe gewählt ist.

Damit der Besucher der Koje sich sofort ein Bild über die demonstrierten Gegenstände machen kann, ist der bereits oben erwähnte Kasten, auf dem die Glühlampen montiert sind, in Fächer eingeteilt und jedes Fach als Transparent ausgebildet. Jedes Transparent wird separat durch eine 25 W-lampe beleuchtet, die zu dem entsprechenden Demonstrationsobjekt parallel geschaltet ist. Auf den Transparenten werden die Vorteile bzw. Nachteile der einzelnen Kombinationen dem Besucher vor Augen geführt. So wird zum Beispiel die nackte Klarglas-Glühlampe als stark blendendes und schlechtes Beleuchtungsmittel gekennzeichnet. Das gleiche gilt von der Kombination Klarglas-Glühlampe mit Klarglas-Überglocke; letztere stellt lediglich einen Schutz der Glühlampe gegen Beschädigung dar. Die mattierte Glühlampe, ebenso die mattierten Überglocken sind als unvollkommener Blendungsschutz bezeichnet. Auch die Opalin-Glocke kann die Blendung nicht beseitigen und hat zudem den Nachteil einer schlechten Gesamtwirkung. Bedeutend besser wird die Opalglühlampe beurteilt, obwohl auch hier das Verhältnis des Leuchtsystems zur strahlenden Oberfläche noch zu gering ist. Erst die Kombination Klarglas-Glühlampe mit der richtig dimensionierten Massiv-Opalglocke bzw. Opalüberfang-Glocke stellt einen vollkommenen Blendungsschutz dar, wobei letztere Anordnung die zweckmäßigste und wirtschaftlichste ist.

Es war zunächst beabsichtigt, die einzelnen Lampen mittels einer Schaltwalze nacheinander einzuschalten. Infolge gewisser Schwierigkeiten mußte jedoch hievon abgegangen werden. Der nunmehr beschrittene Weg, der darin besteht, daß sämtliche Lampen gleichzeitig brennen, dürfte auch der vorteilhaftere sein, da man die Wirkung der nackten Glühlampe als schlechtestes und die Kombination Klarglas-Glühlampe mit Opal-Überfangglocke als das beste Beleuchtungsmittel deutlich wahrnehmen kann.

Während bei dem bis jetzt beschriebenen Demonstrationsmittel das Wesen bzw. die Vermeidung der Blendung durch lichtstreuende Hüllen gezeigt wird, ist in der Koje weiter veranschaulicht, wie die Blendung durch die Verwendung von zweckmäßig geformten, tiefgezogenen, undurchsichtigen Reflektoren beseitigt werden kann. Zunächst ist an einem Pendel eine nackte Glühlampe gezeigt, die wieder das Wesen der Blendung darstellt; weiters ist ein Pendel installiert, das mit einer Klarglas-Glühlampe und einem Flachreflektor ausgerüstet ist. Diesen Beleuchtungsfall kann man in der Praxis in den meisten Fällen wahrnehmen. Die Verwendung eines flachen Reflektors ist vollkommen zwecklos da er sowohl die Blendung nicht beseitigen, als

Digitized by Google

auch die Beleuchtungsstärke nicht in genügendem Maße erhöhen kann. Deutlich merkt man die Vermeidung der Blendung, sowie die Zunahme der Beleuchtungsstärke an dem Pendel das mit einem tiefgezogenen Reflektor ausgerüstet ist. Hier werden die direkten Strahlen der Lichtquelle durch den undurchsichtigen Reflektor abgeschirmt und das Licht zweckmäßig verteilt; also die Beleuchtung sowohl physiologisch als auch technisch wirtschaftlich gestaltet.

Entsprechende Texttafeln führen dem Beschauer wiederum die Nach- bzw. Vorteile der einzelnen Demonstrations-Objekte vor Augen.

Auf der Rückwand der Blendungskoje sind auffällige Plakate angebracht, die teils aufklärender, teils werbender Natur sind. Eine große Tafel trägt den Text:

„SCHÜTZE DEINE AUGEN VOR BLENDUNG"

Eine weitere Tafel behandelt die physiologischen, ebenso die wirtschaftlichen Folgen der Blendung, während eine zweite Tafel die Mittel gegen die Blendung nochmals anführt. Zwei kleine Plakate tragen den Text: „Sorgt für reichliches, blendungsfreies Licht in Heim und Arbeitsstätte" und „Laßt euch ausschließlich durch Lichtfachleute beraten".

Gruppe 3: Demonstrationsschaufenster.

Besondere Beachtung verdient das in einer Koje aufgebaute Demonstrations-Schaufenster (Abb. 3). Schon beim Betreten der Koje fällt dem Beschauer die zweckmäßige und vorteilhafte Anordnung des Schaufensters auf. Die Schaufensterscheibe wird durch einen breiten Rahmen eingefaßt, der es ermöglicht, die Beleuchtungskörper vollkommen verdeckt anzubringen. Die Dekoration ist schlicht und doch kunstvoll gehalten und kommt erst zur vollen Wirkung bei der richtigen Beleuchtung des Schaufensters.

Wiederum wird zunächst eine schlechte Beleuchtung, wie man sie in den meisten Schaufenstern vorfindet, gezeigt, und zwar durch die Verwendung nackter Glühlampen. Durch die hierbei auftretenden Blendungerscheinungen ist es dem Beschauer unmöglich, die ausgestellten Objekte deutlich zu erkennen. Auch ist die Beleuchtung ungenügend, da ein großer Teil des Lichtes nutzlos verloren geht. Weiters ist eine diffuse Leuchte angebracht, die wohl die Beleuchtung verbessert, aber denoch den Blick des Beschauers durch ihre zu hohe Leuchtdichte ablenkt; eine blendende an den Seiten angebrachte Zusatzbeleuchtung wird durch nicht abgeschirmte Soffittenlampen demonstriert. Der dritte Beleuchtungsfall zeigt das gut beleuchtete Schaufenster. Durch verdeckt angebrachte, zweckmäßig konstruierte Reflektoren wird eine intensive und dabei vollkommen blendungsfreie Beleuchtung des Schaufensters erreicht. Die ausgestellten Waren können mit Muße betrachtet werden; keine blendende Lichtquelle lenkt den Blick des Beschauers ab und hindert ihn am deutlichen Sehen. Der Beleuchtungseffekt wird noch gesteigert durch eine verdeckt angebrachte, mittels Soffitten bewerkstelligte Zusatzbeleuchtung.

Alle drei Beleuchtungsfälle werden nacheinander mittels einer Schaltuhr eingeschaltet. Gleichzeitig mit der jeweiligen Beleuchtung wird wieder ein Transparent beleuchtet, das dem Beschauer vor Augen führt, ob es sich um eine schlechte oder gute Beleuchtung handelt und welche Nach- bzw. Vorteile mit der Beleuchtung verbunden sind. Das Transparent ist dabei unauffällig in die Dekoration eingefügt und doch so angeordnet, daß es dem Besucher deutlich sichtbar ist.

An der Vorderfront des Schaufensters sieht man noch ein gut beleuchtetes Firmenschild. Die Beleuchtung geschieht mittels Soffittenlampen, die so angeordnet sind, daß sie lediglich das Schild intensiv beleuchten. Gegen den Beschauer sind sie durch einen zweckmäßig geformten Reflektor vollkommen abgeschirmt. Das beleuchtete Schild trägt den Text

„LICHT LOCKT LEUTE"

ein Wortlaut, der gerade für die Schaufensterbeleuchtung von großer Wichtigkeit ist.

Durch besondere an den Wänden der Koje angebrachte Plakate wird noch auf die Werbewirk-

Abb. 3. Koje mit Demonstrationsschaufenster.

samkeit des Lichtes bzw. einer richtigen Beleuchtung hingewiesen.

Tafeln an den Wänden sämtlicher drei Kojen geben in instruktiver Weise durch Text und Bild Aufklärung über die wichtigsten lichttechnischen Gesetze, Größen und Einheiten. Eine Reihe dieser Schautafeln ist dem Gebiet der Lichtwirtschaft gewidmet und zeigt auf Grund statistischer Aufzeichnungen, wie durch Verbesserung der Beleuchtung die Produktion in gewerblichen und industriellen Betrieben gesteigert wird und führt den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Unfälle und der Güte der Beleuchtung deutlich vor Augen. In weiterer Folge wird dargestellt, wie die Anziehungskraft der Schaufenster durch gute Beleuchtung erhöht werden kann, wobei im besonderen noch auf die Vorteile einer guten Instandhaltung der Beleuchtungsanlagen im allgemeinen hingewiesen wird.

In der Abteilung Photographie und Kinematographie (Objekt 8) wird gezeigt, welche Bedeutung die elektrische Glühlampe für diesen Zweig

Digitized by Google

der Technik besitzt, wobei selbstverständlich nur ein ganz genereller Überblick über die von der Industrie für die verschiedensten Spezial-Zwecke auf diesem Gebiet erzeugten Lampen-Typen gegeben werden kann.

Unter den Kino-Lampen ist vor allem die neueste Konstruktion, eine Niedervolt-Lampe für 900 W, 15 V, mit eingebautem Hilfsspiegel, erwähnenswert. Neben anderen Typen, wie Lampen für Kinomaschinen und Projektionsapparate, sind auch Scheinwerferlampen ausgestellt, unter denen als größter Vertreter eine Scheinwerferlampe mit einer Leistung von 10 000 W und einem Lichtstrom von 250 000 Lumen für Flugplatzbeleuchtung ein interessantes Schauobjekt darstellt.

Das Gebiet der Amateurphotographie beherrscht die Nitraphotlampe, deren starke Belastung die Wirtschaftlichkeit dieser Lampe wesentlich gesteigert hat.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auch diese Abteilung deutlich vor Augen führt, wie in der Kino- und Projektionstechnik das Problem rationeller Bewirtschaftung des Lichtes in vollkommenster Weise gelöst wurde.

Besonderes Augenmerk wurde auf die richtige Beleuchtung der in Gruppe III „Verwendung der Energie im Haushalt und Gewerbe" ausgestellten Wohn- und Arbeitsräume eines Hauses gelegt. Das Wesen einer richtigen Beleuchtung in Wohn-, Schlaf- und Badezimmer sowie in der Küche wird in überzeugendster Weise durch lichttechnisch einwandfreie Beleuchtungsköper dem Besucher vor Augen geführt. Durch entsprechende Hinweise auf Tafeln wird die Aufmerksamkeit besonders auf die Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit einer richtigen Beleuchtung gelenkt. Es wird demonstriert, welche Bedeutung gute und reichliche Beleuchtung in Wohn- und Arbeitsräumen für das Wohlbefinden und die Arbeitsleistung des Menschen hat und wie fallweise Allgemeinbeleuchtung und Platzbeleuchtung anzuwenden sind.

In gleicher Weise wurde in dem von der Landwirtschaftskammer errichteten Elektrohof eine einwandfreie Beleuchtung installiert, die geeignet ist, den Gedanken für richtige Beleuchtung auch in die Kreise der ländlichen Bevölkerung zu tragen.

Um die Aufklärungstätigkeit auf möglichst viele Kreise zu erstrecken und die Erkenntnisse der Lichtwirtschaft weitesgehend populär zu machen, wurde im Komitee für praktische Beleuchtungsfragen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft ein Merkblatt über gute Beleuchtung ausgearbeitet[1]), das folgende Überschrift trägt: „Ist die Beleuchtung Ihrer Räume wirklich gut und zweckmäßig?". In diesem Flugblatt werden allgemein die Kennzeichen einer guten Beleuchtung, wie genügende Beleuchtungsstärke, Blendungsfreiheit, Gleichmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit im Betrieb behandelt. Da es in verschiedenen Abteilungen der Ausstellung zur Verteilung gelangt, wird es sicherlich dazu beitragen, dem gewünschten Erfolg näherzukommen.

[1]) Siehe die beigelegte Tafel.

16. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. (Karlsruhe, 22. und 23. Juni 1928.)

Der Vorsitzende der D. B. G., Herr Lempelius, wies in seiner Eröffnungsrede auf die Bedeutung von Karlsruhe für die Entwicklung der Lichttechnik hin. In Karlsruhe war der Sitz der von Geh. Rat Dr. Bunte gegründeten und geführten 1. Internationalen Lichttechnischen Kommission. In Karlsruhe ist auch der Gedanke zur Gründung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft durch Bunte zur Tat geworden. Diese Stadt ist auch der Sitz des von Prof. Teichmüller gegründeten und mit zäher Energie durchgeführten ersten Lichttechnischen Institutes an der Technischen Hochschule, dem in der ganzen Welt nichts derartiges an die Seite gestellt werden kann.

Die Vorträge des ersten Tages der Jahresversammlung waren der Erörterung des Themas: „Das Licht im Dienste der Werbung" gewidmet.

Den einleitenden Vortrag hielt Dr. Lux über „Allgemeines über Lichtreklame vom technischen Standpunkt". Zunächst wird ein kurzer geschichtlicher Abriß über die Entwicklung der Lichtreklame gegeben. Der erste Vorläufer war das primitive Transparent unserer Großeltern und die elektrischen und Gas-Illumination-Leuchtschilder. In den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts entwickelte sich dann von Amerika ausgehend durch wechselndes Einschalten der Glühlampen das bewegte Schild, das wie mit Geisterhand eine Leuchtschrift als Reklame auf die Hausfront warf. Bis zum Ausbruch des Weltkrieges wurde viel Erfindungsgeist auf die Gestaltung immer neuer Formen verwandt. Die Theorie für die günstigste Wirkung der Lichtreklame war aber zunächst vollständig vernachlässigt worden. Erst in unseren Tagen beginnt die Entwicklung einer solchen Theorie auf der Grundlage physiologischer Kenntnis. Der Vortragende skizziert die physiologischen Voraussetzungen, die von der Grundempfindung des Auges ausgehen müssen. An der Hand instruktiver Bilder zeigt er, wie die Fähigkeit, Leuchtdichteunterschiede als solche wahrzunehmen, und die Formempfindlichkeit in Verbindung mit der Perzeptionszeit benutzt werden müssen, um das Maximum der Wirkung zu erzielen. Mit der Aufstellung von empirischen Formeln für den Einfluß der Irradiation der Buchstabengröße und -breite, der Anordnung und Zahl der zu verwendenden Glühlampen bei Berücksichtigung des Beobachtungsabstandes sind bereits beachtenswerte Grundlagen für die Entwicklung der Theorie der Lichtstärke gegeben. Der Vortragende zeigt dann an Hand instruktiver Beispiele, wie eine gute Lichtreklame beschaffen sein muß, um eine gute Werbewirkung zu erzielen. Bei Erfüllung auch der ästhetischen Ansprüche kann die Lichtreklame zu einer neuen Kunstform werden, die zu entwickeln Aufgabe des bildenden Künstlers sein müsse, während der Lichttechniker hier nur die technischen Mittel anzugeben habe[1]).

Dipl. Ing. M. Haase hielt einen Vortrag über „Wanderschrift-Lichtreklame". Nachdem der altehrwürdige Elektrograph mit seinen Universalbuchstaben über 30 Jahre lang das Feld der Lichtreklametechnik beherrscht hat, ist ihm in den letzten Jahren in der Wanderschrift ein ernster Konkurrent erwachsen. Die Wanderschrift mit ihrer faszinierenden Bewegung und mit ihrer reizvollen Nachrichtenwieder-

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1927, H. 6.

Digitized by Google

gabe befriedigt in erhöhtem Maße das Auge des anspruchsvollen Großstädters[2]). Sie ist die Erfindung eines Amerikaners, dessen Patent seit 1915 erloschen ist, da ein brauchbarer Kontaktapparat damals noch nicht konstruiert worden ist. Fünf Jahre später kam der englische Schwachstromtechniker Coleman mit einem Kontaktapparat, der sich noch nicht als robust genug erwiesen hat, um täglich mit jedem seiner vielen hundert Kontakte die vielen hunderttausend Ein- und Ausschaltungen zu vertragen. Bald gelang es aber Schwabe & Co., Berlin, einen mit einem gelochten Papierband betriebenen brauchbaren Schaltapparat herauszubringen, bei dem die leichte Zerreißbarkeit des gelochten Schriftbandes einen immerhin noch erträglichen Nachteil bildet. Der heute in Deutschland jetzt aber zumeist benutzte Wanderschrift-Apparat der Werbelicht A.-G., Frankfurt a. M., ist nach den Patenten Haase mit einer unverwüstlichen Buchstabenkette vollkommen betriebssicher durchkonstruiert und man kann sagen, daß die Elektrotechnik mit diesem Schaltapparat den Werbefachleuten ein technisch vollendetes Instrument in die Hand gegeben hat. Die Forderungen nach klarer, gut lesbarer Schrift, nach leichter Auswechselbarkeit der Texte im Betrieb, nach Unzerreißbarkeit der Kette, nach vollautomatischem Betrieb sind in diesem Apparat restlos erfüllt. Das wichtigste ist, daß an ihm die Kontakte als unverwüstlich sich erwiesen haben. Bei einer in diesen Tagen in Betrieb gebrachten Lichtanschrift aus den drei Buchstaben R. W. E., welche an einem 121 m hohen Leitungsmast am Rhein bei Koblenz montiert worden ist, wurden Buchstaben von 60 m Höhe, welche bei Tag so gut wie unsichtbar sind und bei Nacht infolge ihrer Größe und Lichtstärke eine geradezu gewaltige Wirkung ausüben, angebracht. Die Hauptschwierigkeiten — nämlich die Beherrschung des Winddruckes und die Auswechselbarkeit der Lampen — scheinen restlos überwunden zu sein, so daß ein neues Anwendungsgebiet sich der Lichtechnik eröffnen dürfte.

„Die Verwendung der Glühlampe und der Gasentladungsröhre in der Lichtreklame" behandelt Dr. Ing. K. Wiegand. So mannigfaltig die Ausführungsformen der modernen Lichtreklame heute auch sind, sie lassen sich alle auf zwei Grundelemente zurückführen, auf die Glühlampe und die Gasentladungsröhre. Es ist zunächst nicht leicht einzusehen, daß zwei in ihrer Art so grundverschiedene Bauelemente, wie die Glühlampe und die Gasentladungsröhre, sich das Gebiet der Lichtreklame teilen sollen. Der Grund hierfür ist aber darin zu suchen, daß beide sich in ihrer speziellen Eignung für den vorgenannten Zweck weitgehendst ergänzen.

Für die Glühlampe ist charakteristisch, daß sie ohne besondere Hilfsmittel direkt an ein vorhandenes Netz, einerlei, ob es sich um Gleich- oder Wechselstrom handelt, angeschlossen werden kann. Durch Verwendung farbiger oder gefärbter Gläser läßt sich das an sich weißgelbe Licht in alle Farbennuancen umformen. Durch die weitgehendste Unterteilung der Typen in bezug auf Lichtstärke kann jede beliebige Helligkeit erzielt werden. Die Auswechselung der einzelnen Lampen erfordert keinerlei technische Vorkenntnisse. Demgegenüber ist als Nachteil zu erwähnen, daß ein Schriftzug oder darzustellendes Reklamezeichen nur aus punktförmigen Lichtelementen zusammengesetzt werden kann. Bei nicht ausreichender Entfernung des Beschauers kann eine gewisse Blendung hervorgerufen werden. Die mittlere Lebensdauer der Glühlampe ist zeitlich auf zirka 1000 bis 1500 Stunden begrenzt. Gegenüber der Gasentladungsröhre ist der Stromverbrauch verhältnismäßig hoch. Der Preis der Glühlampe ist durch die Massenanfertigung überaus niedrig.

Die Gasentladungsröhre[3]), bekanntlich eine technisch vervollkommnete Geisslersche Röhre mit Edelgasfüllung, läßt zich zurzeit nur durch Wechselstrom betreiben, der außerdem noch auf einige Tausend Volt herauftransformiert werden muß. Der Unterschied zwischen Zünd- und Brennspannung bedingt einen Beruhigungswiderstand für jedes Leuchtrohrsystem. Durch die Einzelanfertigung und die Nebenapparate ist der Preis der Gasentladungsröhre ein Vielfaches von dem der Glühlampe. Andererseits ist durch die Tatsache, daß die Gassäule in ihrer ganzen Länge Licht ausstrahlt, die Leuchtröhre besonders geeignet zur Darstellung von Schriftzügen oder Reklamezeichen. Die große lineare Ausdehnung verhindert eine Blendung auch bei Inaugenscheinnahme von geringster Entfernung. Die farbigen Lichteffekte werden nicht durch Filter, die mehr oder weniger unökonomisch sind, erzielt, sondern sie sind dem zur Anwendung gelangenden Edelgas eigen. Die Ökonomie ist überaus gut. Der Stromverbrauch beträgt zirka 1/7 von einer gleichartigen Glüh-Lichtreklame. Da ein Verschleiß der Gasfüllung nur in ganz geringem Umfange eintritt, beträgt die mittlere Lebensdauer mehr als 5000 Brennstunden.

Architekt H. Häring sprach über „Lichtreklame im Städtebild". Die Lichtreklame hat die historische Fassadenarchitektur am Geschäftshaus vollkommen beseitigt. Noch Messel-Wertheim nimmt keine Rücksicht auf die Forderungen der Reklame, während moderne Architekten, wie Mendelsohn, Luckhardt, Korn, überhaupt ihre Fassaden aus Fensterflächen und Lichtreklame aufbauen. Größere Wichtigkeit als das Tagbild bekommt das Nachtbild der Fronten durch die Werbekraft des beleuchteten Hauses. Bezüglich der Lichtreklame selbst in ihrer Verwendung im Stadtbild ist zu unterscheiden: Eine lediglich flächenhafte Anlage der Lichtreklame an Häuserfronten, Platzwänden, Straßenfronten, vollkommen unräumlich, — die Hauswände sind wie Annoncenseiten der Zeitungen —, dann eine Entwicklung einer Lichtkomposition nach der Tiefe zu, wobei Werbeschriften usw. in die Kompositen eines größeren räumlichen Lichtgebildes eingefügt werden, in der Anlage und in der Forderung nach einem einzelnen Standpunkt außerhalb, dem Relief oder der Guckkastenbühne entsprechend, und schließlich eine vollkommen dreidimensionale Anlage einer Raumkomposition, wobei der Standpunkt für die Komposition sowohl innerhalb als auch außerhalb dieser liegen kann. Auch hier selbstverständlich ein allgemeines Raumgerüst aus Lichtgebilden als Grundkomposition für die einzelne Lichtreklame, Schrift usw. Die gegenwärtige Lichtreklame kennt, mit seltenen Ausnahmen, nur eine flächenhafte Verwendung. Für das nächtliche Stadtbild wird die Lichtreklame in Zukunft auf eine dreidimensionale Raumkomposition hinarbeiten. Hierbei ist wichtig die gleichzeitige Entwicklung einer Glasarchitektur. Glashäuser, wie eines in Stuttgart steht (Architekt Döcker) und ein anderes im Haag soeben gebaut wird, sind notwendige Voraussetzungen für großräumige Lichtkompositionen im Städtebild. — Die Intensität des nächtlichen Lichtbildes der Großstädte ist der Maßstab für deren Intensität im geschäftlichen Leben.

Dr. W. Bertelsmann, Chefchemiker der Berliner Städt. Gaswerke Akt.-Ges besprach in seinem Vortrag „Das Gas in der Reklame". Vor dem Kriege wurde das Gaslicht gar nicht selten zur Reklame verwandt und zwar vornehmlich in Form kleiner Flämmchen, mit denen man Gebäudekonturen betonte oder Namenszüge, Wappen u. dgl. darstellte; ferner ließ man bei besonderen Anlässen gern große Gasmengen in Gestalt von Fackelflammen verbrennen, wie es auch heute noch manchmal geschieht. Das Gasglühlicht fand seine erste Anwendung in der Reklame zum Anleuchten von Waren in Schaufenstern, zum Beispiel auf der Ausstellung „Die Frau in Haus und Beruf", woselbst Seidenstoffe und ähnliches mit Scheinwerfern angeleuchtet wurden .Heute findet man nur noch Reklamelaternen, Wegweiser und Verkehrszeichen mit Gasbeleuchtung, vornehmlich in Provinzstädten, sonst wird Gaslicht zu Reklamezwecken nicht mehr benutzt.

Der zweite Tag der Hauptversammlung war der Erörterung des Themas: „Lichttechnische Belehrungen durch praktische Darbietungen" gewidmet. Ober-Ing. Dr. Schneider behandelte in seinem Vortrag „Lichttechnische Vorführungen und ihre Ausbildung". Da

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 73.
[3]) Vgl. u. Die Lichttechnik 1928, Heft 1, S. 5.

Digitized by Google

es außerordentlich schwer ist, Lichtwirkungen photographisch mit vollkommener Naturtreue wiederzugeben, ist es notwendig, die Wirkung des Lichtes unmittelbar für den Beschauer durch lichttechnische Vorführungen zu zeigen. Während man in Deutschland vor dem Kriege und in den ersten sechs Jahren nach dem Kriege auf Ausstellungen derartige Vorführungen zeigte, wurden von 1919 an in Amerika besondere lichttechnische Vorführungsräume eingerichtet. Mit Eröffnung des Osram-Lichthauses[4]) ging man auch in Deutschland daran, derartige Demonstrationsräume einzurichten.

Die lichttechnischen Vorführungen kann man in zwei Klassen einteilen:

1. Vorführungen der lichttechnischen Grundlagen und
2. die Vorführung der Lichtwirkung in fertig eingerichteten Räumen, wobei immer richtige und falsche Beleuchtung an demselben Objekt gezeigt werden können.

Da das Auge die lichttechnischen Vorführungen nicht nur einfach betrachten muß, sondern bei der Vorführung mitwirkt, insofern, als der Einfluß der Beleuchtung auf Teilempfindlichkeiten des Auges gezeigt wird, müssen solche Vorführungen besonders sorgfältig ausgebildet werden. Sie sollen so deutlich wirken, daß auch der ungeübte Beobachter sofort das erkennt, was gezeigt werden soll. Sie müssen auf den Standort des Beobachters Rücksicht nehmen, wenn eine Demonstration vor einem großen Zuhörerkreis gezeigt wird. Die Vorführung soll ohne Täuschung wirken und muß ungezwungen Schlüsse auf die Praxis zulassen. Gegenüber einer beschränkten Anzahl von Standard-Demonstrationen in Amerika und einigen europäischen Ländern, die nach amerikanischem Vorbilde arbeiten, ist in Deutschland eine Fülle guter Vorführungen entwickelt worden, die es gestatten, fast alle Grundlagen der Lichttechnik und ihre Anwendung in der Praxis zu zeigen.

Zum Schlusse besprach Prof. Dr. Teichmüller „Die neue Lichthalle des Lichttechnischen Institutes der Technischen Hochschule". Er wies darauf hin, daß die auf der Tagung gehaltenen Vorträge die Teilnehmer — trotz der Beschränkung des Vortragsthemas — auf eine große Höhe geführt haben, von der herab sie das ganze Gebiet der Lichttechnik in seiner weiten Ausdehnung und seiner ganzen Schönheit vor sich liegen sahen wie eine Landschaft, die man von einem Berge herab überschaut. Da tritt dann die Frage auf: Wie kann man alle die mannigfaltigen Wirkungen des Lichtes messen? Diese Frage so gut zu beantworten, wie es der Ingenieur, der sich der Bedeutung der Messung als Grundlage seiner Wissenschaft bewußt sei, tun möchte, sei unmöglich; es handelt sich ja nicht mehr um im physikalischen Sinne meßbare Größen, sondern um Empfindungen, die als solche bewertet werden müssen[5]). Um darüber zu belehren, wie das geschehen könne, müssen dem Lehrenden Lichtdemonstrationen möglich sein, wie sie in den modernen Lichtdemonstrationsräumen vorbereitet seien. So hat der Vortragende seine neue Lichthalle eingerichtet: die Halle soll seine an der Hochschule gehaltenen Vorträge unterstützen. Dementsprechend sind die Demonstrationen ausgewählt und zusammengestellt. Der Vortragende erklärt dann die wichtigsten Demonstrationen. Im Anschluß an den Vortrag fanden Führungen durch die Lichthalle statt, bei denen durch den Vortragenden und seine Mitarbeiter die Demonstrationen ausgeführt und erklärt wurden.

[4]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 38, 68; vgl. a. S. 58.

[5]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 125.

Rundschau.

Die Lichttechnischen Arbeiten des National Physical Laboratory im Jahre 1926. Photoelektrische Messungen. Das N. P. L. benützte bei seinen Arbeiten den in Abb. 1 dargestellten Apparat: In einem Würfel *C* von der Seitenlänge vier Fuß befindet sich ein Dreifuß *B*, der die Lampe *A* trägt. *D* ist ein um seine vertikale Achse drehbares Metallgehäuse. Die Zuleitungen zu den Photozellen für hohe und niedere Spannung sind über einen Schleifring und Bürsten mit einer Batterie von 200 V verbunden. Der Mitteldraht zu den beiden Zellen geht durch die Achse isoliert hindurch und taucht in ein Quecksilbergefäß *F*, das mit dem Elektrometer *K* verbunden ist. *E* ist die Erdleitung. *H* ist ein Quecksilbernapf, durch den der

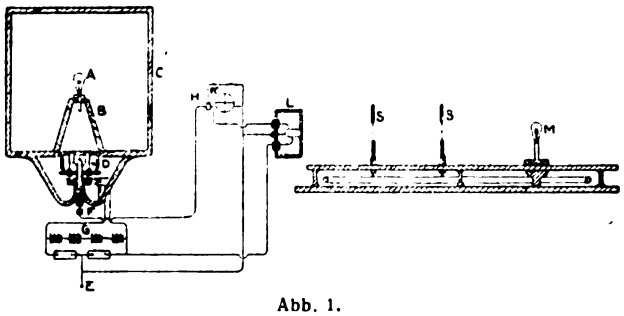


Abb. 1.

freie Quadrant des Elektrometers geerdet werden kann. *L* ist das am Ende der Photometerbank angebrachte Metallgehäuse mit den Photozellen. *M* ist die Photometerlampe und *SS* sind die Photometerschirme. Die obere Wand des Gehäuses *D* trägt zwei um einen Zoll entfernte Bohrungen von einem Zoll im Durchmesser, die das Licht zu den Photozellen durchlassen. Die Photozellen sind am Boden des Gefäßes *D* angeordnet und nicht an der oberen Wand, um den der Erwärmung zuzuschreibenden Ermüdungseffekt zu eliminieren. Der Träger der Lampe gestattet, dieser alle möglichen Stellungen zu geben, hält aber gleichzeitig direktes Licht von den Photozellen ab. Für die elektrischen Messungen dient ein Compton-Elektrometer mit einem Wollastondraht, dessen Empfindlichkeit 1·800 mm für 1 V bei einer Schwingungsdauer von 7·5 sec beträgt; gewöhnlich wurden Campbell-Photozellen verwendet.

Der Apparat gestattet die genaue Messung von horizontalen und sphärischen Lichtstärken unter der Voraussetzung der Farbengleichheit; die Messungen ergaben ferner, daß für horizontale Lichtstärkemessungen Standard-Lampen, deren Fäden in einer Ebene liegen, zu verwenden sind. Die Farbenabgleichung der Lampen hängt von der Art der Methode ab, nach der die Farbenabgleichung erfolgt, so daß wohl gesagt werden kann, daß eine vollkommene Farbenabgleichung auf Schwierigkeiten stößt. Es hat sich weiter ergeben, daß sich die Energieverteilungskurven bei verschiedenen Lampen ändern, und daß dies voraussichtlich herrühren dürfte von der Abkühlung der Fadenenden, die von Lampe zu Lampe verschieden ist, von dem Emissionskoeffizienten des Wolframs, der auch nicht immer der gleiche ist, und von der Absorption der Glasbirnen. Diese Ursache dürfte die ausschlaggebende sein. Die ungleichen Energieverteilungskurven bewirken, daß die photoelektrische Methode, die bei identischen Energieverteilungskurven leicht bis 0·1 vH die Farbenabgleichung erzielen läßt, auch zu keinem Erfolge führt. Glücklicherweise hat N. R. Campbell gefunden, daß eine Rubidiumzelle mit vorgesetztem Wratten K2-Filter eine Empfindlichkeitskurve liefert, gleich der des normalen Auges. Ein Fehler von 1 vH der Spannung für die Farbenabgleichung führt bei einer derartig kombinierten Photozelle zu einem Fehler in der Intensität von nur 0·1 vH.

Licht-Standards[1]). Die Vergleichung der Licht-Standards des N. P. L. mit denen Deutschlands wurde abgeschlossen. Sechs 30-W-Wolframlampen

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1926, S. 97; 1927, S. 57, 141

Digitized by Google

deren Leuchtfäden in einer Ebene liegen und die mit einer Vakuum-Metallfadenlampe farbengleich waren, wurden bei einem Verbrauch von 1·5 W für die mittlere horizontale Kerze mit Standardlampen des N. P. L. der gleichen Leistung verglichen und hierauf an die Physikalisch-technische Reichsanstalt (P. T. R.) gesandt. Die diesmalige Vergleichung ergab $\frac{\text{P. T. R.}}{\text{N. P. L.}} = 0{\cdot}8712$, wogegen die Vergleichung in den Jahren 1912/13 0·9001 ergab. Nachher sandte die P. T. R. sechs Kohlenfadenlampen, deren Fäden gleichfalls in einer Ebene lagen, an das N. P. L., das die genannten Lampen mit einer Standardlampe verglich, die für die horizontale Kerze 4 W verbrauchte. Das Vergleichsergebnis war $\frac{\text{P. T. R.}}{\text{N. P. L.}}$ = 0·891, in den Jahren 1912/13 0·89886.

Aus diesen Vergleichen geht hervor, daß bei geringerer Leistung die Übereinstimmung in den Meßergebnissen eine bessere war, als bei höherer Leistung. Da die Klärung dieser Frage von Wichtigkeit schien, so vereinbarten die vier Institute (Bureau of Standards, das Laboratoire Central d'Electricité, die P. T. R. und das N. P. L.) das Verhältnis zwischen den Lichteinheiten bei zwei verschiedenen Leistungen durch Vergleichungen festzustellen.

Integrierende Photometer. Ein empfindlicher nichtselektiver Überzug der Innenwand von integrierenden Photometern ist schwer herzustellen, noch schwerer aufrecht zu erhalten. Es ist klar, daß Lampen von verschiedenen Farbentemperaturen mit einem integrierenden Photometer, dessen Innenwand selektiv absorbiert, z. B. blau. Kerzenstärken ergeben, die für Lampen niedriger Farbentemperatur zu hoch sind und umgekehrt. Für dieses Problem fand das N. P. L. sowohl die theoretische als auch die praktische Lösung: es fand eine einfache Methode zur Berechnung der Größe dieses Effektes in dem Falle, daß die Lichtquellen ein Spektrum haben, das jenem des schwarzen Körpers gleich ist. Beobachtungen ergaben eine vollständige Übereinstimmung mit der Theorie.

Einfluß der Blendung auf die Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden. Das N. P. L. übernahm es, die geringsten Helligkeitsunterschiede festzustellen, die das Auge bei verschiedener Stärke der Blendung noch wahrzunehmen in der Lage ist: hiezu bediente es sich einer Dunkelkammer, deren Wände aus schwarzem Tuch bestanden: in einer Seitenwand war eine rechteckige Öffnung (178 × 64 mm) angebracht, wogegen die gegenüberliegende Wand eine quadratische Öffnung besaß, deren Seitenlänge 64 mm war: diese Öffnung bedeckte ein weißer Schirm. War keine Blendung vorhanden, so war der Schirm gleichförmig ausgenommen ein zentraler kreisförmiger Fleck von 43 mm im Durchmesser, der entweder heller oder dunkler war als die Umgebung. Die Helligkeitsunterschiede zwischen dem zentralen Flecke und der Umgebung konnten nach Belieben geändert werden. Für Messungen unter Blendung war auf dem Schirme außer dem vorerwähnten zentralen, für die Prüfung bestimmten Prüffleck noch ein Blendungsfleck von 1 cm im Durchmesser. Dieser Fleck konnte sowohl nach seiner Helligkeit als auch seinem Orte am Schirme geändert werden. Für eine gegebene Helligkeit des Schirmes und bei einer gegebenen Stellung und Intensität des Blendungsfleckes kann der Helligkeitsunterschied zwischen dem zentralen Prüffleck und der Umgebung soweit vermindert werden, daß der zentrale Prüffleck verschwindet. Dem Beobachter fiel folgende Aufgabe zu: 1. festzustellen den Helligkeitsunterschied, bei dem der Prüffleck gerade sichtbar wird, wenn der Helligkeitsunterschied von Null an wächst und 2. festzustellen den Helligkeitsunterschied, bei dem der Prüffleck gerade verschwindet, wenn der Helligkeitsunterschied abnimmt. Das N. P. L. erwartet sich von dieser Untersuchung, für die der Helligkeitsbereich des Schirmes 1 bis 10^{-3} Kerzen für den Quadratfuß betrug, interessante Ergebnisse. L K.

Die mechanische Festigkeit von elektrischen Metallfadenlampen. F. Murgatroyd bespricht diese Frage vom Gesichtspunkt des Verbrauchers aus und beschränkt sich darauf, andere physikalische und lichttechnische Eigenschaften nur insoweit zu berücksichtigen, als sie direkten Einfluß auf die Festigkeit haben. Die obere Grenze der Temperatur, bis zu der Lampenfäden belastet werden können, ist vorläufig durch den Schmelzpunkt des Wolframs gesetzt[1]), theoretisch wäre sie nach dem Wienschen Gesetz bei über 6000° K. Der Verfasser meint, daß Rücksicht auf mechanische Festigkeit, außer in Spezialfällen, die Ermöglichung der vollen Temperaturausnützung nicht hindern soll, da Temperaturerhöhung der Ökonomie bedeutend mehr zugute kommt als selbst die Verwendung selektiv strahlender Körper. Das Streben nach höherer Ökonomie und also höherer Temperatur hat zur Verwendung der Gasfüllungslampen geführt. Die Anwendung spiralisierter Fäden in solchen Lampen ermöglicht erst die hohe Belastung und damit die hohe Ökonomie der gasgefüllten Lampe, doch sind sie für Vakuumlampen zu großer Verluste wegen nicht empfehlenswert. Bezüglich stoßdämpfender Armaturen bespricht der Verfasser zunächst eine Konstruktion, bei welcher die Lampenfassung an Streifen aus Phosphorbronzegaze befestigt ist, so daß die Lampe in der Achsenrichtung eine gewisse Biegsamkeit besitzt. Diese Armatur bewirkt tatsächlich eine Stoßdämpfung, aber nur für andauernde Vibrationen kleiner Amplitude und bestimmter Geschwindigkeit, während die Gaze momentane Stöße ungedämpft weitergibt. Diese Armatur ist also nicht als entsprechend zu bezeichnen. Eine grundsätzlich von dieser Anordnung verschiedene hält sowohl die Lampe als auch die Lampenfassung mittels Federn. Eine derartige Armatur hat die Neigung, auf Vibrationen zu reagieren, so daß bei zufälligem Auftreten von Resonanz starke Erschütterungen vorkommen können. Dagegen ist hier die Stoßdämpfung besser. Eine geeignete Armatur müßte die dämpfende Wirkung der Gaze mit der Biegsamkeit von Federn verbinden. Doch wäre eine solche Armatur gar nicht wünschenswert: Die Armatur nimmt viel Platz ein, erschwert die Installation, erhöht die Kosten und würde alles in allem eher einen Rückschritt als eine Fortentwicklung bedeuten. Zu wünschen ist, daß die Lampe selbst stoßfest sein soll. Die Festigkeit der fertigen Lampe hängt von verschiedenen Faktoren ab, aber es zeigt sich immer deutlicher, daß der Hauptfaktor die Natur des Metallfadens selbst ist: Lampenkonstruktion und Aufhängung sind von sekundärer Bedeutung. Daher scheint es nötig, festzustellen, wie die für den Faden wünschenswerten Charakteristiken durch Kristallstruktur, Temperatur, Zugbeanspruchung und Erschütterung beeinflußt werden[2]). Kristallgröße und -form beeinflussen die mechanische Festigkeit des Fadens sehr bedeutend. Obgleich die innerkristalline Schwäche, das heißt, die Schwäche im Innern der Kristalle, bei Zugbeanspruchung größer als die zwischenkristalline ist, ist doch die Verwendung langer Kristalle, am besten die Verwendung von Einkristallen, für Fäden am günstigsten, weil dadurch, wenn nicht auf andere Art Kristallwachstum und Rekristallisation während der Benützung der Lampe verhindert wird, die Ausbildung von größeren Kristallen, die sich über den ganzen Querschnitt des Fadens ausbreiten, unmöglich gemacht ist[3]). Betreffs des Einflusses von Zug[4]) auf die Deformation und den Bruch ist zwischen kontinuierlicher Zugbeanspruchung und veränderlichem Zug, der Vibrationen hervorruft, zu unterscheiden. Vibrationen sind für das Metall schwächender als ununterbrochener Stoß. Sie erzeugen nämlich Ermüdung im Metall und ein ermüdetes Metall hat viel größere Neigung zu Brüchen als ein nicht ermüdetes. Über die Art der Änderung der Kristallstruktur sind auf Grund von Versuchen verschiedene Theorien aufgestellt worden. Was die sogenannten Umwandlungspunkte, die

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 53.
[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 74.
[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 9.
[4]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 57.

Digitized by Google

bei Wolfram genau bestimmt sind, betrifft, ist zu bemerken, daß an ihnen keine Änderung der Kristallstruktur zu konstatieren ist, daß dagegen bei gewissen Temperaturen (ungefähr bei 800 und bei 1650° K) Änderungen in den elektrischen und physikalischen Konstanten auftreten, zum Beispiel Änderungen des spezifischen Widerstandes und eine Diskontinuität des Ausdehnungskoeffizienten. Schließlich wurde festgestellt, daß Temperatur und Belastung zur Schwächung des Wolframdrahtes führen. Es wurden praktisch Stoßversuche ausgeführt, um festzustellen, wie die mechanische Festigkeit durch Änderungen der Lampenausführung erhöht werden kann und um andererseits eine Theorie zur Klärung der Frage, von welchen Faktoren die Festigkeit abhängt, entwickeln zu können. Zu dem Zweck wurde ein einfacher Stoßapparat konstruiert, bei welchem eine Stahlkugel gegen ein Widerlager schlägt, an dessen Unterseite die Lampe befestigt wird. Die Fallrichtung wird durch einen in beliebiger Höhe einstellbaren Elektromagneten bestimmt. Der endgültige Apparat glich einer kleinen Ramm-Maschine und trug einen Schalter für den Motor und für die Lampe. Es zeigte sich, daß nur die physikalische Beschaffenheit der Drähte selbst auf die Festigkeit von Einfluß ist. Die Art der Montierung, ob käfig- oder fächerförmig, die Form des Fadens, ob gestreckt oder spiralisiert, ist auf die Festigkeit ohne Einfluß. Ebenso ist die Gasfüllung kein Mittel zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit. Wenn das Gas vielleicht einen dämpfenden Effekt haben sollte, ist derselbe jedenfalls so gering, daß er nicht feststellbar ist. Die Versuche haben aber ergeben, daß der Faden immer, auch nach längerem Brennen, in kaltem Zustand haltbarer ist als in heißem, doch konnte die Beziehung des Unterschieds nicht zahlenmäßig ermittelt werden. Da hohe Temperatur die Lampe schwächt, schiene es empfehlenswert, die Lampe bei niedrigerer Temperatur, also mit schlechterer Ökonomie arbeiten zu lassen. Aber, wie bereits erwähnt, würde dies einen Rückschritt bedeuten. Der Verfasser empfiehlt als Ergebnis seiner Untersuchungen, Lampen mit Symbolen der verwendeten Drahtart zu versehen, so daß der Abnehmer, ohne daß er den Symbolen die Zusammensetzung oder Herstellungsart des Drahtes entnehmen könnte, doch in der Lage wäre festzustellen, welche Art des Drahtes bzw. Draht welcher Bezeichnung seinen Zwecken am besten entspricht, und sich bei Bestellung darnach zu richten. Er würde so indirekt an der Entwicklung der Lampe mitarbeiten, indem er seine Erfahrungen zur Schaffung eines idealen Lampendrahtes zur Verfügung stellt. Fin.

(Engineering, Bd. 124, Nr. 3225, 1927.)

Über Verkehrszeichen und Signale sprach W. J. Johnson in der Association of Public Lighting Engineers. Er unterscheidet grundsätzlich zwischen jenen, die in städtischen Straßen verwendet werden und solchen, die zur Zeichengebung auf Landstraßen dienen. Im ersteren Falle ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß sich das Signal aus der großen Zahl anderer Lichtquellen deutlich heraushebt, während bei letzterem das Hauptaugenmerk besonders auf Vermeidung der Blendung gerichtet sein muß, da das an die Dunkelheit angepaßte Auge gegen dieselbe besonders empfindlich ist. Die wichtigste Eigenschaft eines Verkehrszeichens ist seine gute Sichtbarkeit sowohl tagsüber als auch während der Nachtstunden. Grundsätzlich muß gefordert werden, daß Warnungszeichen in einer solchen Entfernung vom Gefahrenobjekt aufgestellt werden, daß eine sichere Beherrschung der Wagenbewegung gewährleistet wird. Dort, wo dies aus räumlichen Gründen nicht angängig ist, muß die Sichtbarkeit entsprechend größer sein bzw. weiter reichen. Die Entfernung, aus welcher das Zeichen mühelos gesehen werden kann, schwankt natürlich je nach den vorliegenden Verhältnissen; Warnungstafeln mit Schriftzeichen stehen jenen, welche nur aus geometrischen Figuren gebildet oder durch farbige Gläser gekennzeichnet werden, bedeutend nach. Aus den angestellten Versuchen ergaben sich folgende, bei der Projektierung von beleuchteten Verkehrszeichen zu beachtende Punkte:

1. Die Entfernungen, aus welchen die Zeichen nachts gesehen werden, sind bedeutend größer als jene bei Tag.

2. Die Verwendung dioptrischer Linsen trägt zur Aufmerksamkeitserregung wesentlich bei. Letztere steigt dadurch in höherem Maße als die Sichtbarkeit.

3. Auf die Anwesenheit anderer Lichtquellen ist Rücksicht zu nehmen.

4. Die Entfernung, auf welche die Lichtzeichen hinwirken müssen, ist eine Funktion der mittleren Geschwindigkeit der auf den betreffenden Wegen verkehrenden Fahrzeuge.

5. Um eine bessere Beachtung der Zeichen zu erzielen, bzw. ihre Verwechslung mit anderen Lichtquellen zu vermeiden, empfiehlt es sich, sie als Blinklichter auszuführen. Amerikanische Untersuchungen haben gelehrt, daß bei gewöhnlichen Signaltafeln 60 vH aller Vorübergehenden diese nicht beachten, während die entsprechenden Zahlen bei beleuchteten bzw. blinkenden Zeichen 47 vH bzw. 9 vH betragen.

Der Verfasser berichtet schließlich über die in Amerika gebräuchlichsten Systeme der Verkehrsregelung durch Lichtsignale. Neben dem in Europa üblichen, der Einzelbetätigung jedes Signals, kommen noch das „Synchronsystem" und das sogenannte „Progressiv-System" zur Verwendung. Bei ersterem werden alle Lichtzeichen entlang eines bestimmten Straßenabschnittes gleichzeitig von einer Bedienungsstelle aus auf „Halt" oder „Freie Fahrt" gestellt, so daß zum Beispiel der Nord-Süd-Verkehr freigegeben, der Ost-West-Verkehr angehalten wird. Bei letzterem werden die Signale der aufeinanderfolgenden Straßenkreuzungen in derartiger Folge betätigt, daß ein mit bestimmter Geschwindigkeit von einer zur anderen Kreuzung fahrender Wagen stets freie Fahrt bis zum Ende der Straße vorfindet. Das Progressiv-System hat sich besonders in Gebieten mit weniger dichtem Verkehr bewährt, während das Synchron-System bei dichtem Verkehr von Vorteil ist. Herb.

(The Illuminating Engineer, Bd. 31, März 1928.)

Literaturbericht.

3693 **Leitfaden für Kinooperateure und Kinobesitzer.** Von Dr. Paul Schrott, Wien. 6. Auflage. 175 Seiten mit 144 Abb. im Text. 1928. Verlag Julius Springer, Wien und Berlin. Preis S 11·—.

Die neue Auflage des Buches trägt den Fortschritten, die die Projektionstechnik in der letzten Zeit gemacht hat, weitestgehend Rechung und räumt den Neuerungen auf diesem Gebiet einen breiten Platz ein. Die in der letzten Auflage behandelten Kapitel über die historische Entwicklung der Kinotechnik und über Aufnahmen im allgemeinen wurden in die Neuauflage nicht aufgenommen, hingegen fand das Kapitel über Projektions-Lichtquellen unter besonderer Berücksichtigung der außerordentlich großen Bedeutung, die die Projektions-Glühlampe der heutigen Zeit für die Kinotechnik besitzt, eingehende Behandlung. Nach Erläuterung der Grundbegriffe der Elektrotechnik bespricht der Verfasser die Projektionseinrichtung und hier zuerst die Lichtquellen. Die Vorteile der Projektions-Glühlampen, vor allem der Fortfall jeder Bedienung und Nachregulierung, ständige Betriebsbereitschaft, die hohe Leuchtdichte und günstige Ökonomie, die sich insbesonders bei der 15 V-600 W-Kinoprojektionslampe mit Hilfsspiegel finden, weisen der Kinotechnik neue Wege zum wirtschaftlichen Betrieb. In weiterer Folge wurden eingehend die einzelnen Teile des Kinoprojektors behandelt und eine ausführliche Beschreibung der modernsten Theatermaschinen, die erst vor kurzem von der AEG geschaffen wurden, gebracht. Eine wertvolle Ergänzung bilden die gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der Einrichtung und des Betriebes von Kinotheatern. Der Leitfaden wird ein wertvolles Hilfsmittel für jeden Kinooperateur darstellen, das ihm wichtige Winke für die Praxis gibt. Ing. Koch

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 8 **2. September 1928** **5. Jahrgang**

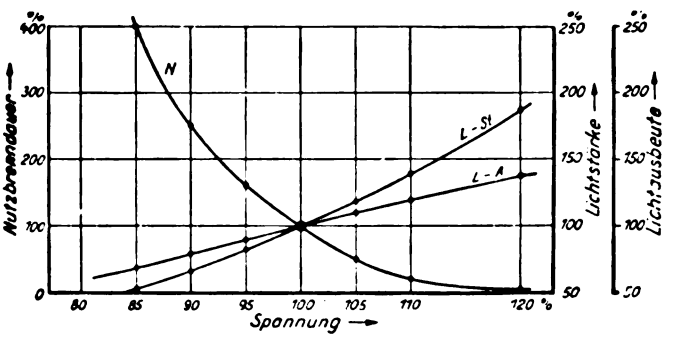
INHALT: Ing. Fritz Reiter: Neuzeitliche Beleuchtung in gewerblichen und industriellen Betrieben. S. 73. — RUNDSCHAU. S. 85. — LITERATURBERICHT. S. 87. — Chronik. S. 87.

Neuzeitliche Beleuchtung in gewerblichen und industriellen Betrieben.

Von Ing. Fritz **Reiter**, Wien[1]).

Übersicht: Es werden zuerst kurz die Lichtquellen und die Kennzeichen einer guten Beleuchtung, dann die Auswahl des Beleuchtungskörpers, die Projektierung von industriellen und gewerblichen Beleuchtungsanlagen und zum Schlusse praktische Beispiele besprochen. Diese Einteilung entspricht der gedanklichen Reihenfolge beim Entwurf einer Beleuchtungsanlage. Um den Zusammenhang zu wahren, mußte im Vortrag manches erwähnt werden, was dem Beleuchtungsfachmann bekannt ist und auch in dieser Zeitschrift bereits besprochen wurde.

Der Wert richtiger und guter Beleuchtung in Fabriken, gewerblichen Betrieben jeder Art und den hierzu gehörigen Büros, ist dank der Pionierarbeit der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft, sowie einzelner Fachleute, schon in weiten Kreisen bekannt. Allerdings haben sich bisher nur wenige Unternehmer entschlossen, die Folgen dieser Erkenntnis insoferne in Berücksichtigung zu ziehen, daß sie in ihren Betrieben eine durchgreifende Verbesserung der Beleuchtungsanlage vornahm. Schuld daran ist vielleicht der Umstand, daß ihnen nicht zum Bewußtsein kam, wie gering die Unkosten, die durch mehr Licht, also mehr Stromaufwand, entstehen, gemessen an den allgemeinen Unkosten sind. Untersuchungen auf Grund statistischen Materials haben gezeigt, daß auch eine durchgreifende Verbesserung der Beleuchtung nur wenige Prozente der Gesamtunkosten ausmacht, ja in einzelnen Fällen sogar nur einige Promille betragen kann[2]).



Spannung %	Lichtstärke etwa %	Nutz-Brenndauer etwa %	Lichtausbeute Lumen/Watt etwa %
85	52	400	68
90	70	250	78
95	83	160	89
100	100	100	100
105	118	50	109
110	138	20	118
120	185	6	137

Abb. 1. Lichtleistung und Lebensdauer der elektrischen Glühlampe.

Als Lichtquellen kommen heute wohl nur elektrische Glühlampen in Frage, weshalb in nachstehenden Ausführungen nur vom elektrischen Licht die Rede ist. Von den verschiedenen Glühlampenarten kommt hauptsächlich die gasgefüllte, früher fälschlich Halbwattlampe genannt, in Frage. Nackte Lampen, das heißt Lampen ohne irgendwelche Reflektoren oder Glashüllen sind jedoch in den meisten Fällen wegen den weiter unten besprochenen Blendungserscheinungen auch dann nicht zu verwenden, wenn sie als mattierte oder Opallampen Anwendung finden. Jede Glühlampe muß daher in einer entsprechenden Umhüllung, dem Beleuchtungskörper, auch Leuchte genannt, verwendet werden. Da Glühlampen höherer Wattstärke bessere Lichtausnützung, das heißt bei gleicher Stromaufnahme eine bessere Lichtausbeute gewähren, trachtet man womöglich hochwattige Lampen zu verwenden.

Die Empfindlichkeit der elektrischen Glühlampe gegen Überspannungen einerseits, die verhältnismäßig ungünstige Energieausnützung bei Unterspannung andererseits, verlangen die Verwendung der Glühlampe bei der richtigen Spannung. Auch die Nutzbrenndauer einer Lampe, das heißt diejenige Zeit, während der sie eine ihrer Stromaufnahme entsprechende Lichtmenge abgibt, muß beachtet und für Erneuerung rechtzeitig gesorgt werden. Aus Abb. 1 sehen wir, daß eine 10%ige Überspannung zwar eine Steigerung des Lichtstromes um 38, aber eine Verringerung der Nutzbrenndauer auf etwa 20 vH der normalen ergibt. Eine gleich große Unterspannung erhöht hingegen

[1]) Vortrag, gehalten in der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft am 12. April 1928.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 8, 53, 125; 1926, S. 62.

Digitized by Google

die Nutzbrenndauer auf ein Mehrfaches, verringert aber den Lichtstrom auf etwa 33 vH. Die um 18 vH gesteigerte Lichtausbeute im ersten Fall steht aber nicht im Einklang mit der hierdurch auf etwa den dritten Teil verkürzten Lebensdauer. Aber auch die bei Unterspannung erreichte mehrfache Lebensdauer macht die um 40 vH verringerte Lichtausbeute nicht wett.

Eine gute und richtige Beleuchtung soll genügend stark, blendungsfrei, möglichst gleichmäßig und von richtiger Schattigkeit sein.

Die notwendige Beleuchtungsstärke für den einzelnen Fall kann nicht immer von vorneherein genau festgelegt werden, da hierfür nicht nur die Farbe und das Aussehen des zur Bearbeitung kommenden Materials, sondern auch die örtlichen Verhältnisse maßgebend sind. Wenn man sich vor Augen hält, daß für richtiges und deutliches Sehen, abgesehen von der Kontrastwirkung, nicht die Menge des auf den Körper geworfenen, sondern des von ihm reflektierten Lichtes, also seine Leuchtdichte, maßgebend ist, wird man begreifen, daß die notwendige Beleuchtungsstärke innerhalb weiter Grenzen gesucht werden muß.

Das Reflexionsvermögen der in gewerblichen und industriellen Betrieben vorhandenen Arbeitsstücke schwankt etwa zwischen 3 und 60 vH. Es müßte also theoretisch die Beleuchtungsstärke allein schon mit Rücksicht auf die Helligkeit des Arbeitsstückes im Verhältnis 1 : 20 schwanken, ganz abgesehen von der Feinheit der Arbeit. Aus diesem Grunde ist es nur möglich, Durchschnittswerte bzw. Mindestwerte festzulegen, die dann zum Beispiel für mittelhelles Arbeitsgut gelten.

Aber nicht nur die einzelnen Industriezweige verlangen verschiedene Beleuchtungsstärken, auch innerhalb ein und derselben Unternehmung, zum Beispiel in der Textilindustrie, kann die Helligkeit der zur Verarbeitung gelangenden Gegenstände derartige Schwankungen aufweisen, daß eine bestimmte Beleuchtungsstärke für den einen Fall mehr als ausreichend, für den anderen aber viel zu gering ist.

Zahlenangaben über Beleuchtungsstärken können daher nur die Größenordnung, nicht aber genaue Werte für eine bestimmte Art der Arbeit beinhalten. Nicht einmal die vielfach gebräuchlichen Mindestwerte können überall empfohlen werden, da diese, um allgemeine Gültigkeit zu haben, so hoch bemessen sein müßten, daß sie von vorneherein infolge der heutigen wirtschaftlichen Lage, mehr aber noch durch die persönliche Einstellung einzelner Unternehmungen unterschritten werden würden. Von diesem Gesichtspunkte aus mögen auch die nachstehend angegebenen mittleren Beleuchtungsstärken[3]) beurteilt werden, die nur dazu dienen sollen, zur Erhöhung der noch vielfach zu geringen Beleuchtungsstärke anzuregen und dadurch zur Verbesserung der Beleuchtungsstärke beizutragen[4]).

Art der Beleuchtung	Mittlere Beleuchtungsstärke Lux	Kleinste Beleuchtungsstärke Lux
Verkehrs-Beleuchtung.		
Im Freien je nach der Dichte des Verkehrs und der Wichtigkeit des Ortes	2–5	0·5
In Gängen, Räumen untergeordneter Art und Lagerräumen	3–10	0·1
Bei Ein- und Ausgängen, auf Stiegen, Gängen und in Werkstätten	5–20	3
Arbeits-Beleuchtung.		
Für grobe Arbeiten, bei denen keine Details unterschieden werden müssen, (zum Beispiel Walzwerke, Schmiede)	15–30	10
Für mittlere Arbeiten in Schlossereien, Montagehallen, Tischlereien, Spinn- und Websälen, für helle Garne . .	40–60	20
Für etwas heikligere Arbeiten, wie oben angegeben, sowie für mittelhelle Garne u. Stoffe in Textilfabriken	60–80	30
Für feinere Arbeiten in Schlossereien, Drehereien, Stanzereien, in Büros .	60–90	30
Für feine Arbeiten in Mechanikerwerkstätten, besondere Büroarbeiten, in Zeichensälen, feine Handarbeiten, in Setzereien	80–120	50
Für sehr dunkle Garne und Stoffe in Textilfabriken, in Zeichensälen mit sehr feinlinigen Zeichnungen usw. .	100–150	60
Für feinste Arbeiten bei Uhrmachern, Graveuren, sehr heikle Handarbeiten	120–300	80

Dazu ist zu bemerken, daß aus Stromersparnisgründen die höheren Werte etwa über 100 Lux meist nicht mehr durch Allgemeinbeleuchtung sondern durch örtliche Platzbeleuchtung erreicht werden. Auch die größten Werte können bei sehr dunklen Arbeitsstoffen und sehr feinen Arbeiten manchmal nicht ausreichend sein. Beleuchtungsstärken von 1000 Lux sind ohne weiteres möglich und können durch entsprechend niedrig aufgehängte Tiefstrahler ohne großen Energieaufwand erreicht werden.

Große Beleuchtungsstärke allein ist aber noch lange kein Beweis für die Güte der Beleuchtung. Diese muß vor allem blendungsfrei sein, um den an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen. Blendung tritt auf, wenn die Leuchtdichte der Lichtquelle oder die des lichtreflektierenden Körpers, der in diesem Falle auch als Lichtquelle angesprochen werden muß, zu groß ist und Sehstörungen nach sich zieht[5]).

[3]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1924, S. 159; ferner die in den V. St. A. giltigen Werte „Die Lichttechnik" 1925, S. 1.

[4]) Unter der mittleren Beleuchtungsstärke ist jene Beleuchtungsstärke zu verstehen, die man erhält, wenn man an einer größeren Anzahl gleichmäßig über den Raum verteilten Stellen mißt, die erhaltenen Werte addiert und durch die Anzahl der Meßstellen dividiert. Unter kleinster Beleuchtungsstärke ist diejenige zu verstehen, die am dunkelsten Punkt in dem betreffenden Raume gemessen wird, wobei bei Arbeitsplatzbeleuchtung der dunkelste Punkt zu verstehen ist, an dem noch Arbeit geleistet werden soll. Vgl. a. die streng wissenschaftliche Definition, Die Lichttechnik 1927, S. 33.

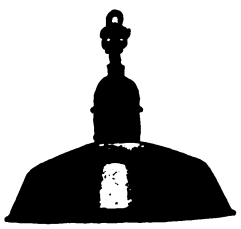
[5]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 119; 1927, S. 47.

Digitized by Google

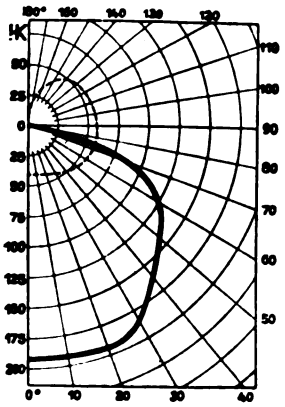
Man hat versucht die Blendung zahlenmäßig auszudrücken, indem man Mindestwerte der Leuchtdichte festgelegt hat, bei deren Überschreitung von Blendung gesprochen wird[6]). Auch die Werte, die nachstehend angegeben werden, sind ebenfalls nur als ungefähre Anhaltspunkte aufzufassen, da Blendung auch auftreten kann, wenn die Leuchtdichte kleiner ist, jedoch nicht aufzutreten braucht, wenn diese Werte überschritten werden.

Im allgemeinen gelten Lichtquellen mit Leuchtdichten über 0·75 HK/cm² als blendend, soferne sie das Licht direkt in das Auge des Beschauers werfen[7]). Sind die Blendung erregenden Lichtquellen ziemlich weit vom Auge entfernt, wie es bei allgemeiner und Verkehrsbeleuchtung meist der Fall ist, so wird erst eine Leuchtdichte von über 5 HK/cm² als Blendung angenommen. Sind jedoch die Lampen so hoch angeordnet, daß der Winkel zwischen der horizontalen und der Blickrichtung nach der Lampe größer als 30° ist, können diese Werte noch überschritten werden, ohne daß Blendung auftritt. Für uns kommt jedoch letzterer Fall weniger in Frage, weshalb wir nur über die direkte Blendung durch nahe dem Auge des Arbeiters befindliche Lichtquellen sprechen wollen.

Die Leuchtdichte aller elektrischen Glühlampen liegt weiter über dem oben angegebenen Wert von 0·75 HK/cm²; sie beträgt nämlich bei luftgefüllten Lampen etwa 150 bis 300 HK/cm², bei gasgefüllten Lampen 600 bis 1200 HK/cm² [8]). Es wird also auch in verhältnismäßig schlecht beleuchteten Betrieben Blendung auftreten, wenn nackte Lampen verwendet werden. Wie schon oben erwähnt, kann auch die Verwendung mattierter und Opallampen die Blendung nur mildern, nicht aber verhindern. Daß der Arbeiter selbst das Verlangen hat, sich gegen diese Art Blendung zu schützen, können wir daraus erkennen, daß er selbst Papierschirme oder ähnliche Vorrichtungen an der Glühlampe anbringt.



Werkstattleuchte L 71 (Tiefstrahler).

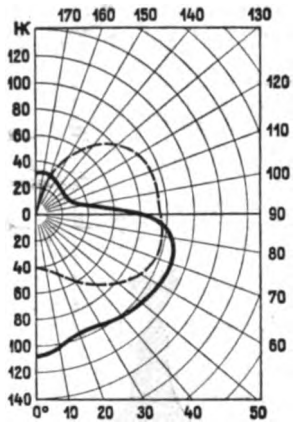


Lichtverteilung für 1000 Lumen (79·6 HKo) der nackten Lampe.

Abb. 2.

Außer dieser deutlich wahrnehmbaren und vermeidbaren Blendung gibt es aber noch Erscheinungen, die im landläufigen Sinne des Wortes nicht als Blendung bezeichnet werden, trotzdem aber Folgen nach sich ziehen, die mit jener viel gemein haben. Wie bekannt, ist das menschliche Auge je nach der Helligkeit des betrachteten Gegenstandes dunkel oder hell adaptiert, das heißt die Pupille verengt sich mehr oder weniger, um sich der vorhandenen Leuchtdichte anzupassen[9]). Es ist nun leicht einzusehen, daß große helle Flächen, auch wenn sie in ihrer Leuchtdichte weit unter 0·75 HK/cm² liegen eine starke Hell-Adaption des Auges nach sich ziehen und dadurch dunkle Stellen, die sich innerhalb der hellen Fläche befinden, schwer in ihren Einzelheiten erkennen lassen.

Luzette für vorwiegend direkte Beleuchtung (Oberglas opal, Unterglas seidenmatt).



Lichtverteilung für 1000 Lumen (79·6 HKo) der nackten Lampe.

Abb. 3.

Man muß daher glänzende Metallstücke, helle Flächen usw. aus dem Arbeitsfeld entfernen, wenn dieses selbst dunkel ist und Einzelheiten genau unterschieden werden sollen. Gerade solche Leuchtdichten werden oft unbeachtet gelassen und sind die Ursache, daß auch durch starke Erhöhung der Beleuchtungsstärke die gewünschte Erkennbarkeit der Einzelheiten nicht erreicht wird. Andererseits kann aber auch durch zu geringe Helligkeitsunterschiede gleichfalls eine deutliche Erkennbarkeit verhindert werden und ein Undeutlichwerden besonders bei hohen Leuchtdichten auftreten.

Es zeigt sich also, daß zum guten Sehen auch eine entsprechende Kontrastwirkung vorhanden sein muß, damit die nötige Sehschärfe und das gewünschte Erkennungsvermögen nicht beeinträchtigt wird. Auch der starke Wechsel in der Leuchtdichte, den das Auge mitzumachen gezwungen ist, wenn es am Arbeitsfeld sehr helle und sehr dunkle Stellen vorfindet, ist schädlich und muß bei häufiger Wiederholung zu Überanstrengungen und Schädigung der Augennerven

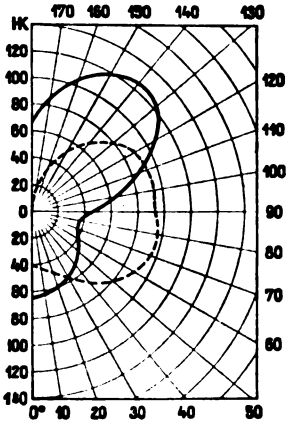
[6]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 29; 1926, S. 13.
[7]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 63.
[8]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1925, S. 29; 1926, S. 63.
[9]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 47.

Digitized by Google

führen. Daher soll auf eine gewisse Gleichmäßigkeit der Beleuchtung Wert gelegt werden, die umso größer sein muß, je stärker das Reflexionsvermögen der am Arbeitsfeld befindlichen Gegenstände ist.

Sache des Beleuchtungs-Fachmannes wird es dann sein, diejenige Beleuchtungsstärke auszuwählen, die allen diesen Punkten gerecht wird. Im allgemeinen kann als Regel dienen, daß auf Arbeitsplätzen die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung auf keinen Fall geringer als 1 : 10 sein darf;

Luzette für halbindirekte Beleuchtung **(Oberglas seidenmatt, Unterglas opal).**



Lichtverteilung für 1000 Lumen (79·6 HKo) der nackten Lampe.

Abb. 4.

insbesonders muß sie bedeutend größer sein, wenn die am Arbeitsfeld befindlichen Gegenstände starke Kontrastwirkung ergeben, keinesfalls dürfen aber scharfe Übergänge von hell auf dunkel vorhanden sein.

Die Schattengebung, auch Schattigkeit genannt, spielt ebenfalls eine große Rolle, da sie ja eigentlich nichts anderes ist, als das Auftreten ungleichmäßig beleuchteter Flächen, und es ganz von der Schärfe und Härte der Schatten abhängt, ob die dadurch entstehenden Störungen sich mehr oder weniger unangenehm bemerkbar machen[10]).

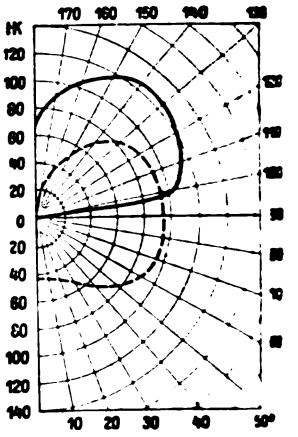
Während manche Arbeiten zur Bildung von Kontrasten kräftige und harte Schatten, die durch direkte Beleuchtung erreicht werden, brauchen, ist es in manchen Fällen unerläßlich, durch halbindirekte oder ganzindirekte Beleuchtung leichte und weiche Schatten zu erreichen. Die Schattenbildung ist besonders für die Verkehrsbeleuchtung von größter Wichtigkeit, da durch starke Schlagschatten Hindernisse irgendwelcher Art, sich bewegende Maschinenteile usw. übersehen werden können, wodurch eine Gefährdung des Arbeitspersonals entstehen kann.

Bevor man an die Wahl des Beleuchtungskörpers selbst geht, muß man sich über die Art der Beleuchtung klar werden. Wir unterscheiden einerseits Verkehrsbeleuchtung und Arbeitsbeleuchtung, andererseits Platzbeleuchtung und Allgemeinbeleuchtung. Verkehrsbeleuchtung ist fast immer Allgemeinbeleuchtung, während Arbeitsbeleuchtung sowohl Platz- als auch Allgemeinbeleuchtung sein kann. Die moderne Lichttechnik strebt darnach, die Allgemeinbeleuchtung so auszubilden, daß sie gleichzeitig Arbeits- und Verkehrsbeleuchtung ist. Der Vorteil dieser Art der Beleuchtung ist in guter Durchleuchtung und Übersichtlichkeit des Raumes, sowie in gleichmäßiger Beleuchtung der Arbeitsplätze gelegen.

Was die Art der Lichtverteilung anlangt, unterscheiden wir drei Hauptarten der Beleuchtung, und zwar die direkte, halbindirekte und ganzindirekte Beleuchtung. Der Übergang von einer auf die andere Beleuchtungsart ist kein schroffer, sondern unter der großen Zahl moderner Leuchten vom scheinwerferartigen Tiefstrahler bis zum vollkommen indirekten Beleuchtungskörper finden wir alle Abstufungen vertreten, die von der einen Art der Beleuchtung zur anderen überleiten. In den Lichtverteilungskurven der Abb. 2 bis 5 bedeuten die konzentrischen Halbkreise Lichtstärken in HK, die, wie ersichtlich, entsprechend abgestuft sind. Der Ausstrahlungswinkel ist, da die Lichtverteilung fast aller Beleuchtungskörper nach beiden Seiten die gleiche ist, nur für eine Seite angegeben.

Unter direkter Beleuchtung versteht man eine Beleuchtungsart, bei der das von der Glühlampe ausgestrahlte Licht ganz oder zum größten Teil nach unten auf die Arbeitsplätze gestrahlt wird (siehe Abb. 2 und 3). Je nachdem, ob keine, bzw. mehr oder weniger lichtstreuende Gläser im Beleuchtungskörper verwendet werden, wird die Beleuchtung schärfer oder milder. Die Kennzeichen der direkten Beleuchtung sind harte, dunkle Schatten mit ausgesprochen gerichtetem Lichteinfall.

Luzette für indirekte Beleuchtung **(helles Oberglas).**



Lichtverteilung für 1000 Lumen (79·6 HKo) der nackten Lampe.

Abb. 5.

Bei der sogenannten halbindirekten Beleuchtung wird ein Teil des Lichtes, meist

[10]) Über Schattigkeit, Gleichmäßigkeit, Kontrast: vgl. a. „Die Lichttechnik" 1925, S. 128; 1926, S. 63; 1927, S. 26.

Digitized by Google

der größere, an die Decke geworfen und von dort nach unten reflektiert, nur ein Teil des Lichtes, zerstreut durch entsprechend ausgewählte Gläser, trifft direkt das Arbeitsfeld (Abb. 4).

Wird der gesamte von der Glühlampe ausgestrahlte Lichtstrom an die Decke geworfen und von dort aus reflektiert, so sprechen wir von ganzindirekter Beleuchtung (Abb. 5). Während die halbindirekte Beleuchtung schon sehr stark zerstreutes Licht mit weichen und stark aufgehellten Schatten liefert, fehlt bei der ganzindirekten Beleuchtung fast jede Schattenbildung, da die gesamte Decke und der obere Teil der Wände zur Reflexion verwendet werden.

Hat man sich für die Art der Beleuchtung entschieden, muß man, um den richtigen Beleuchtungskörper auswählen zu können, noch eine ganze Reihe verschiedener Eigenschaften desselben beachten. Vor allem muß er die gewünschte Lichtverteilung und Schattenbildung gewährleisten, wobei der Wirkungsgrad, also das Verhältnis des tatsächlichen nutzbar gemachten Lichtstromes zu dem durch die Glühlampe ausgestrahlten, möglichst groß sein soll.

Es muß bekannt sein, ob der Beleuchtungskörper in staubigen, feuchten Räumen oder solchen mit ätzenden Dämpfen u. dgl. Verwendung finden soll; je nachdem ist eine staubdichte, wasserdichte, säurefeste Leuchte usw. zu wählen.

Auch auf die Verstellbarkeit der Glühlampe innerhalb des Beleuchtungskörpers

Falsche Arbeitsplatz-Beleuchtung mit flachem Schirm.

(Nur ein kleiner Teil des Lichtes wird aufgefangen und auf das Werkstück geworfen; das Auge wird durch unmittelbares, grelles Licht geblendet.)

Richtige Arbeitsplatz-Beleuchtung mit tiefem Schirm.

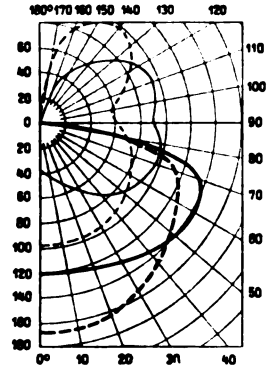
(Alles Licht fällt auf das Werkstück; das Auge des Arbeiters erhält kein unmittelbares Licht, wird also nicht geblendet.)

Abb. 6.

ist zu achten, damit sich die jeweils verwendete Glühlampe in der günstigsten Stellung befindet, eine Tatsache, die unter keinen Umständen übersehen werden soll.

Wird eine Glühlampe ohne jedwede Hülle, Reflektor u. dgl. verwendet, so gibt sie ein ausgesprochen direktes Licht mit harten, tiefen Schatten. Abgesehen von der Blendung ist eine derartige Beleuchtung auch sehr unwirtschaftlich, da ein Großteil des Lichtes ungenutzt in den Raum gestrahlt wird und störende Schlagschatten auftreten. Die Glühlampe muß daher einen entsprechend geformten Schirm (Reflektor) bekommen, welcher den nach oben gestrahlten Teil des Lichtes nach

Schirmleuchte (Tiefstrahler).



Lichtverteilung für 1000 Lumen (79·6 HKo) der nackten Lampe.

Abb. 7.

unten wirft. Befindet sich der Beleuchtungskörper ziemlich nahe dem Auge des Arbeiters, so muß der Schirm derartig tief gezogen sein, daß keine direkten Lichtstrahlen das Auge desselben treffen können (Abb. 6). Dient ein solcher Beleuchtungskörper zur Allgemeinbeleuchtung, so ist die Verwendung von hellen Lampen nicht zulässig, es müssen vielmehr mattierte Lampen eingesetzt werden.

Zur Verhinderung der Blendung und gleichzeitig zur besseren Lichtzerstreuung können auch Matt- oder Opalgläser bei entsprechender Form des Reflektors in den Beleuchtungskörper eingesetzt werden. Bei richtiger Aufhängung und Verteilung der Leuchten ist auch mit vorwiegend direkt strahlenden Beleuchtungskörpern eine ziemlich gleichmäßige Beleuchtung möglich. Je höher die Lampen aufgehängt und je mehr Lampen vorhanden sind, desto gleichmäßiger und zerstreuter wird die Beleuchtung sein.

Je nachdem, ob mehr Allgemeinbeleuchtung oder mehr Platzbeleuchtung gewünscht wird, wählt man vorwiegend breitstrahlende oder vorwiegend tiefstrahlende Beleuchtungskörper.

In sehr hohen Räumen und Hallen kommen für die Allgemeinbeleuchtung, eventuell auch für die Arbeitsbeleuchtung nur Beleuchtungskörper mit tiefgezogenen Reflektoren, die das Licht steil nach unten werfen, in Betracht (Abb. 7). (Im Lichtverteilungsbild der Abb. 7 bedeuten: Dünne ausgezogene und strichlierte Linien = Glühlampen verschiedener Leuchtdrahtanordnung; starke Linie = tiefgestellte Glühlampe; starke strichpunktierte Linie = hochgezogene Glühlampe.)

Bei der halbindirekten Beleuchtung wird, wie schon erwähnt, meist der Großteil des Lichtes

Digitized by Google

an die Decke gestrahlt, um von dort in den Raum zerstreut zu werden. Die hierdurch erzielte angenehme, gleichmäßige diffuse Beleuchtung eignet sich für alle Räume mit hellen Decken und Wänden und kommt überall dort in Frage, wo möglichst mildes Licht mit leichten Schatten gewünscht wird. Abgesehen von Büroräumen und Zeichensälen eignet sich diese Beleuchtungsart auch für manche Räume in Textilfabriken, Maschinenfabriken, Montagewerkstätten u. dgl.

Die ganz indirekte Beleuchtung mit ihrer fast vollkommen Schattenlosigkeit kommt nur in Sonderfällen in Frage, da gerade der eben erwähnte Umstand der Schattenlosigkeit nicht immer erwünscht ist.

Auch bei der halbindirekten und ganzindirekten Beleuchtung kann die Rückstrahlung von Decke und Wänden gerichtet, zum Teil gerichtet und zerstreut, oder vollkommen zerstreut erfolgen. Allerdings kommt nur der Fall 2 und 3 praktisch vor, da Decken und Wände mehr oder weniger lichtzerstreuend wirken. Es könnten nur irgendwelche im Raume befindliche Metallteile spiegelndes Reflexlicht aufweisen, was natürlich durch entsprechende Anbringung der Beleuchtungskörper vermieden werden muß.

Der Wirkungsgrad eines Beleuchtungskörpers hängt von den verwendeten Glassorten, der Form und vom Reflexionsvermögen des etwa vorhandenen Reflektor ab. Er darf jedoch nicht mit dem Raumwirkungsgrad verwechselt werden, auf den wir noch später zu sprechen kommen. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß Beleuchtungskörper mit Reflektoren schlechteren, solche mit Glashüllen besseren Wirkungsgrad aufweisen. Auch Beleuchtungskörper mit Spiegelreflektoren[11]), die mit Rücksicht auf das hohe Reflexionsvermögen des Spiegels einen besseren Wirkungsgrad hätten, können diesen nicht voll zur Geltung bringen, da das zur Zerstreuung des Lichtes notwendige Abdeckglas den erzielten Gewinn zum Großteil wieder aufhebt. Der Wirkungsgrad von Beleuchtungskörpern für ganz indirekte Beleuchtung ist so ziemlich am ungünstigsten von allen.

Im allgemeinen kann angenommen werden, daß der Wirkungsgrad eines lichttechnisch einwandfreien Beleuchtungskörper zwischen etwa 70 und 80 vH liegt. Moderne Typen erreichen sogar fast 90 vH. Bei Beleuchtungskörpern für ganzindirekte Beleuchtung wird man jedoch nur mit einem solchen von etwa 65 vH rechnen können.

Bezüglich des Raumwirkungsgrades sei an dieser Stelle noch kurz erwähnt, daß dieser von der Menge des an Decken und Wänden gestrahlten Lichtes und von deren Reflexionsvermögen abhängig ist. Je indirekter die Beleuchtung, desto schlechter daher auch der Raumwirkungsgrad.

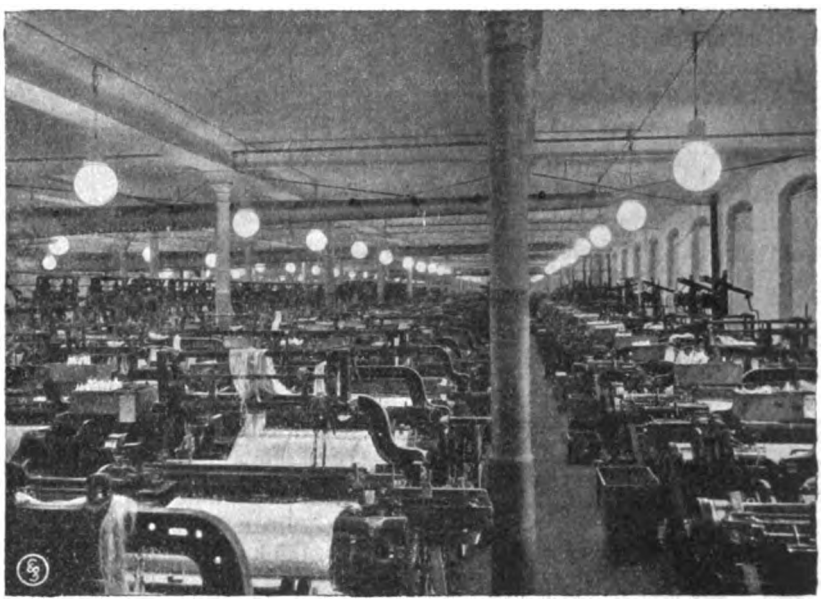


Abb. 8. Beleuchtung eines Websaals mit staubdichten Leuchten.

Auch die Verschmutzung der Beleuchtungskörper, die sich im Laufe des Betriebes ergibt, muß beachtet werden[12]). Beleuchtungskörper, die leicht verschmutzen, bzw. schwer zu reinigen sind, sollen daher nicht verwendet werden. Eine öftere Reinigung ist bei allen Beleuchtungskörpern unerläßlich. Durch Verschmutzung des Beleuchtungskörpers kann der normale Wirkungsgrad bis auf die Hälfte verschlechtert werden.

Staubdichte Leuchten sind überall dort anzubringen, wo die Möglichkeit sehr starker Ver-

[11]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 123.

[12]) Vgl. Die Lichttechnik 1928, H. 2, S. 17.

Digitized by Google

schmutzung der Glühlampen und die Gefahr von Staubexplosionen besteht. Sie werden hauptsächlich in Textilfabriken, in manchen holzverarbeitenden Industrien, Schokoladefabriken und anderen Betrieben verwendet (Abb. 8). Die kugelförmigen Abschlußgläser sind mittels einer Asbesteinlage gut gegen die Unterlage abgedichtet. Die mit derartigen Leuchten (halbindirekte Lichtverteilung) erzielte Beleuchtung ist, wie aus Abb. 8 ersichtlich, sehr gleichmäßig und fast schattenlos.

Wasserdichte Leuchten kommen überall dort in Frage, wo sehr feuchte Luft, Wasserdämpfe, eventuell auch Tropfwasser von der Decke vorkommt.

In chemischen Betrieben, Gießereien u. dgl., also überall dort, wo säurehältige oder mit anderen Stoffen geschwängerte Dämpfe auftreten, die blanke Metallteile angreifen, müssen sogenannte säurefeste Leuchten zur Aufhängung gelangen.

Die Lichtverteilung eines Beleuchtungskörpers wird in der sogenannten Lichtverteilungskurve festgelegt, die die Lichtausstrahlung in HK in die einzelnen Richtungen hin angibt[13]). Aus diesen Kurven kann nur die Lichtstärke allein, nicht aber auch der Wirkungsgrad ersehen bzw. überhaupt ein Schluß auf die Güte der Leuchte gezogen werden (Abb. 2 bis 5). In allen diesen Abbildungen gibt die strichpunktierte Linie die Lichtverteilungskurve der nackten Lampe, die vollausgezogene Linie die der Leuchte selbst an.

Eine andere Art von Kurven, aus denen man sowohl die in die einzelnen Zonen ausgestrahlten Lichtströme als auch den Wirkungsgrad ersehen kann, führen den Namen Zonen-Lichtströme (Abb. 9). Auch die Kurven der Zonenlichtströme beziehen sich wie die Lichtverteilungskurven auf eine Glühlampe von 1000 Lumen, so daß die Umrechnung auf andere Lampengrößen leicht durchgeführt werden kann. Die einzelnen Kurven geben nun den Lichtstrom an, der innerhalb der einzelnen Ausstrahlungswinkel von den Lampen abgegeben wird. Dieser muß selbstverständlich bei der nackten Glühlampe innerhalb der Winkel 0 bis 180° 1000 Lumen sein. Der größte Wert, den die Zonenlichtströme bei Verwendung der Glühlampen in den einzelnen Leuchtentypen erreichen, gibt gleichzeitig den von der Leuchte im Verhältnis zu dem von der Glühlampe ausgestrahlten Lichtstrom an, wodurch sich der Wirkungsgrad der betreffenden Leuchte sofort ergibt. Aus diesen Kurven ist auch leicht zu ermitteln, wie groß der Anteil der in die obere, bzw. in die untere Halbkugel ausgestrahlten Lichtmenge ist.

Soll der von einem Beleuchtungskörper ausgestrahlte Gesamtlichtstrom in Form einer Fläche erscheinen, so muß die Lichtverteilungskurve entsprechend umgerechnet, bzw. umgezeichnet werden.

Wie schon früher erwähnt, hängt die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung von der Anzahl der Leuchtstellen und ihrer Aufhängehöhe ab. Es ist daher unter Umständen möglich, mit einer richtigen direkten Beleuchtung größere Gleichmäßigkeit zu erzielen als mit einer schlechten halbindirekten Beleuchtung. Selbstverständlich wird bei direkter Beleuchtung selbst bei großer Anzahl der Leuchtstellen und großer Aufhängehöhe nie dieselbe angenehme Wirkung und Schattigkeit erzielt werden können wie mit halbindirekter Beleuchtung.

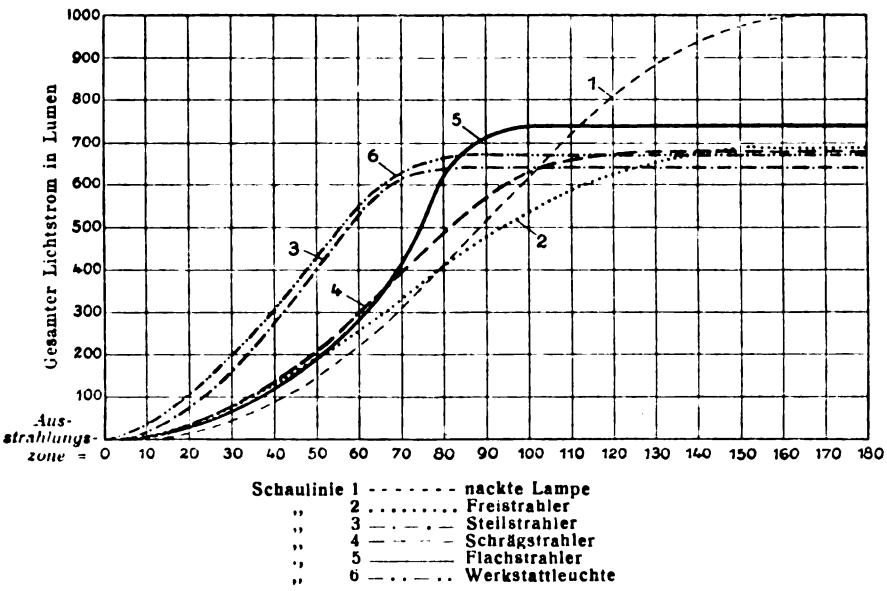


Abb. 9. Schaubild der Zonen-Lichtströme.

Bei direkter Beleuchtung wird immer eine gewisse unangenehme Schattenwirkung vorhanden sein, die sich unter Umständen bei mehreren Leuchtstellen in ebensoviel deutlich erkennbaren Schatten ausdrücken kann. Ja es ist sogar möglich, daß derartige Schattenbildungen störender sind als ein einziger, aber verhältnismäßig starker und kräftiger Schatten. Besonders dann, wenn in einem Raume sich bewegende Maschinenteile, Transmissionsriemen u. dgl. vorhanden sind, können solche Fehler äußerst störend wirken.

Bei der Auswahl eines Beleuchtungskörpers muß aber nicht nur auf lichttechnisch einwandfreien und guten Wirkungsgrad gesehen werden, sondern es müssen auch die dazugehörigen Metallteile, ferner die Fassung, Zuführungsleitung usw. elektrisch und mechanisch einwandfrei sein; insbesonders die Verstellbarkeit der Glühlampe

[13]) Vgl. die streng wissenschaftliche Definition, Die Lichttechnik 1927, S. 36.

Digitized by Google

innerhalb der Leuchte ist in den meisten Fällen von ausschlaggebender Bedeutung und es kann mitunter vorkommen, daß durch unrichtige Einstellung der Glühlampe eine merkliche Wirkungsgrad-Verschlechterung auftritt.

Was die Tageslichtbeleuchtung anlangt, so muß festgestellt werden, daß diese nur in besonderen Fällen verwendet werden soll, da die Kosten einer Beleuchtungsanlage für richtiges Tageslicht — in Betracht kommt nur weißes Moorelicht — sehr groß sind.

Die Erzielung der Tageslichtwirkung durch Verwendung blau gefärbter Glühlampen oder, was besser ist, durch Verwendung blau gefärbter Gläser in Leuchten[14]) kann immer nur ein Hilfsmittel, aber keine endgültige Lösung dieser Frage vorstellen. Soll nicht zu unwirtschaftlich gearbeitet werden, wird die erzielte Tageslichtwirkung nur annähernd erreicht werden und mehr dazu dienen, in Färbereien, Textilfabriken u. dgl. gewisse Helligkeitsunterschiede festzustellen, aber nicht dazu, kleine Farbenunterschiede zu erkennen[15]). Nur in Räumen, wo starke Zwielichtwirkung infolge der Tiefe derselben auftritt, sind derartige Leuchten vorzuziehen, doch erfordern sie auf jeden Fall etwa 100 vH mehr Lichtaufwand, um eine genügend starke Beleuchtung zu erreichen. Auch in Stahlwerken, Walzwerken u. dgl. kommen in manchen Fällen solche Tageslichtleuchten wegen Farbkontrasten in Frage.

Für die Projektierung von Beleuchtungsanlagen ist es unbedingt notwendig, über die genauen Raumverhältnisse, über die zur Aufstellung gelangenden Maschinen, Apparate und schließlich über die Arbeiten selbst genaueres zu erfahren. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, bei größeren Anlagen eine Raumskizze in Grund- und Aufriß anfertigen zu lassen, aus der Größe und Höhe des Raumes, Anzahl und Größe der Fenster usw. hervorgeht. Auch die zur Aufstellung gelangenden Maschinen und Arbeitsplätze, wo besonders gute Beleuchtung notwendig ist, sind einzuzeichnen. Weiters ist es wichtig, die Form und Farbe von Decke und Wänden, sowie auch näheres über die Arbeitsstücke selbst zu wissen. Unter anderem muß bekannt sein, ob eine bestimmte freie Höhe zwischen Beleuchtungskörpern und Arbeitsplätzen eingehalten werden muß (Laufkran), ob der Raum feucht, stauberfüllt, ob er ätzende oder explosionsgefährliche Dämpfe enthält usw. Ferner ist darauf Gewicht zu legen, daß Transmissionen oder andere schattenbildende Gegenstände u. dgl. auf dem Plane eingezeichnet oder vermerkt sind, da sonst unter Umständen eine theoretisch vollkommen einwandfreie Beleuchtungsanlage sich praktisch als nachteilig erweist.

Zur Erleichterung der Erhebung der notwendigen Angaben bedient man sich eines entsprechend ausgearbeiteten Fragebogens, der auf der einen Seite entsprechende Vordrucke zwecks Aufnahme aller nötigen Angaben vorgesehen hat, auf der anderen Seite unbedruckt oder mit einem Raster versehen ist und zur Aufnahme einer Raumskizze dient.

Sind alle Unterlagen vorhanden, so muß man die notwendigen Beleuchtungsstärken in den einzelnen Räumen und auf den Arbeitsplätzen festlegen. Wie schon eingangs erwähnt wurde, ist es nur annähernd möglich, von vorneherein die richtige Beleuchtungsstärke anzugeben. Gerade in industriellen und gewerblichen Betrieben kann es vorkommen, daß in ein und demselben Raume an einer Stelle eine Beleuchtungsstärke von 30 bis 40 Lux genügt, währenddem nicht weit davon entfernt vielleicht 200 bis 300 Lux notwendig sind, um ein richtiges und leichtes Erkennen des Arbeitsstückes zu gewährleisten. Man wird daher vor allem entscheiden müssen, ob eine Allgemeinbeleuchtung, die gleichzeitig Arbeitsbeleuchtung ist, in Frage kommt, welche eventuell an einzelnen Stellen durch eine Platzbeleuchtung verstärkt werden muß, oder ob man vor vorneherein auf eine allgemeine Arbeitsbeleuchtung verzichtet, eine dem betreffenden Raume angepaßte Allgemeinbeleuchtung wählt und die einzelnen Arbeitsstellen durch besondere Beleuchtungskörper erhellt.

Ist die Allgemeinbeleuchtung gleichzeitig auch Arbeitsbeleuchtung, also eine halbwegs gleichmäßige Beleuchtung im ganzen Raume erwünscht, gibt es verschiedene Methoden, die annähernd den notwendigen Lichtstrom, bzw. Energieaufwand schätzen lassen.

Die bekannte Regel, daß in einem Raume mittlerer Beleuchtungsstärke etwa 10 W/m² aufgewendet werden sollen, ist nur annähernd richtig und ergibt Werte, die unter Umständen eine viel zu geringe oder zu starke Beleuchtung ergeben.

Bedeutend besser ist es, nachstehende Formel zu verwenden[16]), die schon eine ziemliche Annäherung an die tatsächlichen Werte gestattet und sich leicht dem Gedächtnisse einprägt,

$$\Phi = \frac{E.F}{\eta},$$

wobei Φ den aufzuwendenden Lichtstrom in Lumen, E die gewünschte mittlere Beleuchtungsstärke in Lux, F die Fläche in m² und η den Wirkungsgrad der Beleuchtungsanlage, auch Ausnützungsfaktor genannt, bedeutet. Die mittlere Beleuchtungsstärke wird eventuell nach der oben angegebenen Tabelle geschätzt, die Fläche läßt sich ohne weiteres errechnen, während der Wirkungssgrad der Beleuchtungsanlage sich aus dem Wirkungsgrad des Beleuchtungskörpers und des Raumes zusammensetzt.

Der Wirkungsgrad des Beleuchtungskörpers ist in den meisten Katalogen der großen Beleuchtungskörper-Firmen enthalten, während der Raumwirkungsgrad je nach der Art der Beleuchtung etwa zwischen 30 und 80 vH schwankt. In außer-

[14]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 5, 84.
[15]) Vgl. Die Lichttechnik 1925, S. 9.
[16]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 163.

Digitized by Google

gewöhnlichen Fällen werden diese Werte noch unter-, bzw. überschritten. Zur überschlägigen Berechnung kann bei halbindirekter Beleuchtung ein Gesamtwirkungsgrad von 50 vH angenommen werden, der sich bei der ganz indirekten Beleuchtung bis zu etwa 30 vH verringert, bei der direkten Beleuchtung bis auf etwa 70 vH erhöhen kann.

Wie schon erwähnt, ist auch diese Methode nur annähernd richtig und wird überall dort versagen, wo es sich um abnormale hohe oder niedere Räume handelt, bzw. um solche die stellenweise sehr dicht, stellenweise sehr schwach mit Arbeitsplätzen versehen sind. Besonders bei vorwiegend direkter Beleuchtung wird die Raumhöhe eine

Tabelle 1. Wirkungsgrad für die Beleuchtung von Innenräumen.

Zustand der Wände	Zustand der Decke: Hell	Mittel	Dunkel
Hell	vH (55 ÷ 45) 50	vH (50 ÷ 40) 45	vH (45 ÷ 35) 40
Mittel	(50 ÷ 40) 45	(45 ÷ 35) 40	(40 ÷ 30) 35
Dunkel	(45 ÷ 35) 40	(40 ÷ 30) 35	(35 ÷ 25) 30

Direkte und halbindirekte Beleuchtung

Zustand der Wände	Zustand der Decke: Hell	Mittel	Dunkel
Hell	vH (40 ÷ 30) 35	vH (30 ÷ 20) 25	vH (20 ÷ 10) 15
Mittel	(35 ÷ 25) 30	(25 ÷ 15) 20	(15 ÷ 5) 10
Dunkel	(30 ÷ 20) 25	(20 ÷ 10) 15	(10 ÷ 0) 5

Indirekte Beleuchtung

(S. Tab. 1.) Umgekehrt kann, wenn der Lichtstrom bekannt ist, die erzielbare mittlere Beleuchtungsstärke errechnet werden. Die Formel lautet dann

$$E = \frac{\Phi \cdot \eta}{F}.$$

Der errechnete, bzw. vorhandene Lichtstrom setzt sich aus dem der einzelnen Lampen zusammen.

große Rolle spielen. Bei halbindirekter und besonders auch bei ganzindirekter Beleuchtung wird man, wenn nicht ganz abnormale Raumverhältnisse vorliegen, mit dieser Methode gute Unterlagen für die Wahl der Glühlampenstärke erhalten. Bei direkter Beleuchtung dagegen ist man in der Lage, aus den Lichtverteilungskurven ziemlich genau die Beleuchtungsstärke in jedem Punkte des Raumes

Abb. 10. Websaalbeleuchtung durch Werkstattleuchte L 71.

Bei der Berechnung der Anzahl der Leuchtstellen muß einerseits auf die günstige Lichtausnützung hochwattiger Lampen, andererseits auf die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung Rücksicht genommen werden.

zu berechnen und durch Übereinanderlegung der einzelnen errechneten Werte eine ziemlich übersichtliche und richtige Verteilung des Lichtes und damit die an den einzelnen Punkten herrschenden Beleuchtungsstärken zu erhalten. In diesem Falle

Digitized by Google

arbeitet man nach der Formel

$$E = \frac{J}{h^2},$$

wobei E die Beleuchtungsstärke in Lux, J die Lichtstärke in HK und h die senkrechte Entfernung zwischen Glühlampenfaden und Meßebene bedeutet. Sind Punkte zu messen, die nicht senkrecht unterhalb der Lichtquelle liegen, so wird unter Berücksichtigung des Neigungswinkels die Formel

$$E = J_\alpha \frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$$

lauten, wobei unter α der Winkel zwischen der senkrechten und der zwischen Lichtquelle und Meßpunkt gezogenen Verbindungslinie zu verstehen ist[17]). Aus dieser Formel kann man ersehen, daß bei schräg einfallendem Lichtstrahl eine sehr starke Abnahme der Beleuchtungsstärke eintritt.

Daraus erklärt sich auch die schon früher erwähnte Tatsache, daß die Beleuchtung umso ungleichmäßiger wird, je geringer die Aufhängehöhe des Beleuchtungskörpers ist.

Rechnet man sich für irgendeinen Beleuchtungskörper unter der Annahme einer bestimmten Aufhängehöhe die Beleuchtungsstärke an einzelnen Punkten aus, so kann man bei Vorhandensein mehrerer solcher Beleuchtungskörper durch entsprechende Wahl des Lampenabstandes schon rein rechnerisch einen Abstand festlegen, bei dem größte Gleichmäßigkeit erreicht wird. Bei den als Werkstattleuchten oder Industriereflektoren bekannten Leuchten ist dies dann der Fall, wenn die Aufhängehöhe über der Meßebene etwa gleich oder etwa $^3/_4$ des Lampenabstandes ist. Dies beweist, daß auch mit Beleuchtungskörpern für direkte Beleuchtung eine sehr gleichmäßige Beleuchtung erzielt werden kann.

[17]) Vgl. Die Lichttechnik 1924, S. 165.

Auch die Schattigkeit wird mit zunehmender Aufhängehöhe günstiger, da die Schatten weniger scharf und bei genügender Anzahl der Leuchtstellen auch entsprechend aufgehellt werden. Bei sehr hohen Hallen, die durch Tiefstrahler beleuchtet sind, kann es vorkommen, daß die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und ihre Schattigkeit sich kaum von der bei einer halbindirekten Beleuchtung unterscheidet. Allerdings wird die oft gewünschte Diffusität, welche durch Rückstrahlung von Decken und Wänden bei letzteren erzielt wird, nicht erreicht werden können.

Der wichtigste und am häufigsten vorkommende Fall ist die Beleuchtung von Arbeitsräumen mit dunklen Decken, in denen vorwiegend direkte Beleuchtung mit guten Kontrasten gewünscht wird. Als Beispiel seien erwähnt Schlossereien, Spenglereien, Tischlerwerkstätten u. dgl., also Betriebs-

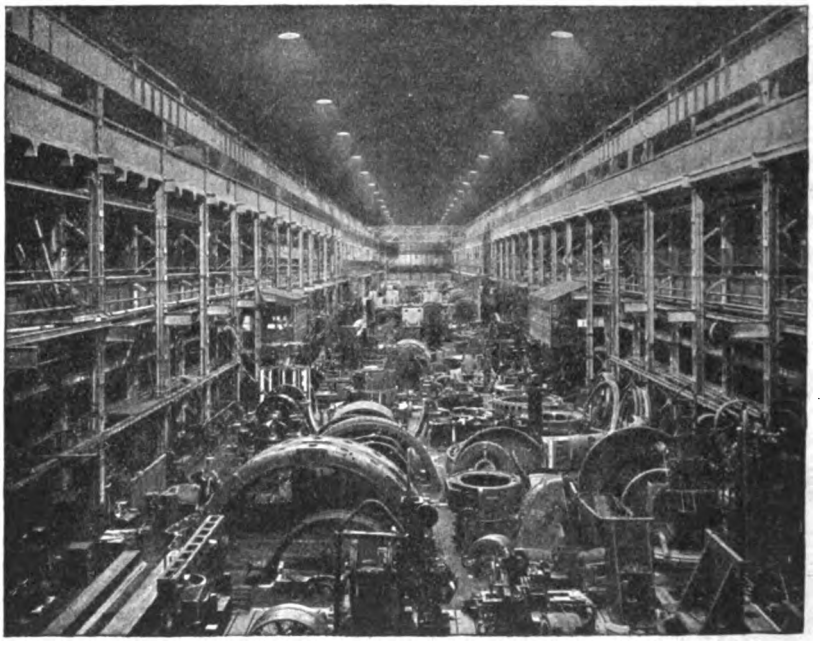


Abb. 11. Beleuchtung einer hohen Maschinenhalle durch Tiefstrahler.

stätten, in denen teils Werkbänke unterschiedlicher Größe für verschiedene Arbeiten, teils zahlreiche Maschinentypen wie Drehbänke, Bohrmaschinen, Schleifmaschinen, Fräsmaschinen, bzw. Kreissägen, Bandsägen, Hobelmaschinen u. dgl. enthalten sind.

Derartige Werkstätten haben meist verschmutzte dunkle Decken, weshalb in erster Linie nur Leuchten mit tiefstrahlender Wirkung in Frage kommen. Je nach der Raumhöhe und der auszuführenden Arbeit werden zur Allgemeinbeleuchtung, die eventuell auch Arbeitsbeleuchtung sein kann, meistens breit- oder tiefstrahlende Werkstattleuchten verwendet. Ist örtliche Platzbeleuchtung empfehlenswert, kommen Beleuchtungskörper gleicher oder ähnlicher Bauart in Frage, die den einzelnen Verwendungszwecken entsprechend angepaßt sind und vielfach als Werkplatzleuchten bezeichnet werden. Letztere unterscheiden sich von den ersterwähnten Typen durch ihre geringe Größe und besitzen meist eine Hahnfassung, um die Lampen

Digitized by Google

nach Belieben ein- oder ausschalten zu können. Durch entsprechende Anbringung an Gummischlauch oder Zugpenden ist es möglich, sie in der Höhe zu verstellen. Auf jeden Fall muß der Reflektor verhindern, daß direkte Lichtstrahlen das Auge des Arbeiters treffen können, um einerseits Blendung zu verhindern, andererseits das von der Glühlampe ausgestrahlte Licht hauptsächlich am Arbeitsplatz verteilen zu können und dadurch unnötige Lichtverluste zu vermeiden.

Es ist daher anzustreben, die bisher hauptsächlich verwendeten flachen Blech- und Glasschirme gegen entsprechend tiefgezogene Reflektoren umzutauschen, wenn schon die Mittel für einen neuen richtig gebauten Beleuchtungskörper nicht vorhanden sind. Letzterer soll nicht nur vom lichttechnischen Gesichtpunkt aus den an ihn gestellten Forderungen entsprechen, sondern auch in elektrischer Hinsicht, gemäß den elektrischen Sicherheitsvorschriften, Genüge leisten.

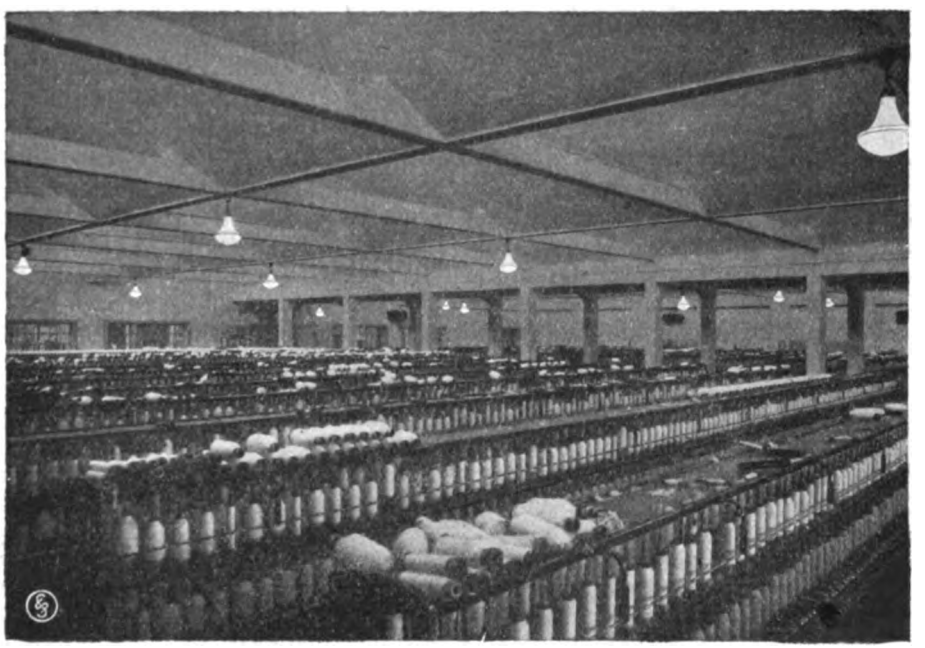


Abb. 12. Direkte Beleuchtung eines Ringspinnsaales.

Die letztgenannte Art von Beleuchtung kommt auch vielfach in Textilfabriken in Betracht, da diese meist in Shedbauten untergebracht sind, die sich für eine halbindirekte Beleuchtung, mit Rücksicht auf die Deckenform, nicht eignen (Abb. 10). Die Abbildung zeigt, daß auch, wie schon erwähnt, mit vollkommen direkter Beleuchtung eine ziemlich gleichmäßige Beleuchtung ohne störende Schatten möglich ist. Durch die richtige Einstellung der Glühlampen innerhalb der Leuchte wird Blendung vermieden. Auch hier wird man in erster Linie trachten, mit Allgemeinbeleuchtung, die gleichzeitig auch Arbeitsbeleuchtung ist, durchzukommen und nur in Sonderfällen, wie zum Beispiel bei Jacquardstühlen zu den kleinen Werkplatzleuchten greifen.

Auch in Papierfabriken wird die direkte Beleuchtung meist Verwendung finden. In Papier-Sortierungssälen wird vielfach auch die halbindirekte Beleuchtung und bei sehr stark glänzenden Papiersorten mitunter auch die ganzindirekte Beleuchtung zu wählen sein. Für diese Arbeit wird unter Umständen auch zur künstlichen Tageslichtbeleuchtung gegriffen und man begnügt sich meistens mit entsprechend gefärbten Gläsern, da es sich meist nur darum handelt, Helligkeitsabstufungen zu unterscheiden. Für die Farbenmischung selbst ist unbedingt ein Tageslichtapparat (weißes Moorelicht) zu empfehlen.

In hohen Räumen, insbesondere dort, wo man mit Rücksicht auf eine Kranbahn gezwungen ist, die Leuchten 8 bis 10 m und darüber über den Erdboden aufzuhängen, sind sogenannte Steil- oder Tiefstrahler zu wählen, welche das von der Glühlampe ausgestrahlte Licht nach unten werfen und bei entsprechender Anzahl trotzdem eine ziemlich gleichmäßige und gute Beleuchtung ergeben. Diese wird in erster Linie in Maschinenfabriken, in Montagehallen, im Großmaschinenbau u. dgl. vorkommen. Auch Lagerplätze, Abraumhalden u. dgl. werden vorteilhaft in dieser Art beleuchtet. Die Beleuchtung der Maschinenhalle (Abb. 11) durch hoch angebrachte Tiefstrahler gibt ebenfalls eine gleichmäßige und angenehme Raumbeleuchtung.

Wie schon früher kurz angedeutet, ist es möglich, bei Kenntnis der Lichtverteilungskurven der einzelnen Leuchtentypen durch die Wahl ihrer Aufhängehöhe, ihres Abstandes untereinander und der Lampenstärke eine äußerst gleichmäßige, blendungsfreie Beleuchtung von richtiger Schattengebung zu erreichen, wobei selbstverständlich, wie bei allen modernen Leuchten, auch die richtige Einstellung des Leuchtfadens der Glühlampe im Beleuchtungskörper selbst eine große Rolle spielt.

In Textilfabriken wird man häufig auch statt der ausgesprochenen direkten Beleuchtung bei Vor-

Digitized by Google

handensein von weißen Decken und hohen Räumen die Beleuchtung mit vorwiegend direkten Leuchten durchführen können, welche zwar einen Großteil des Lichtes nach unten strahlen, den anderen aber an die Decke, wodurch sich unter Verwendung geeigneter Gläser eine verhältnismäßig

Abb. 13. Halbindirekte Beleuchtung eines Zeichensaales.

milde und angenehme Beleuchtung auf der Arbeitsfläche ergibt (Abb. 12). Die vorwiegend direkte Beleuchtung mit Luzetten wird durch die Rückstrahlung eines Teiles des an die Decke geworfenen Lichtes soweit aufgehellt, daß die Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung und die Schattigkeit trotz verhältnismäßig großer Leuchtenabstände eine ziemlich gute ist.

Auch in der holzverarbeitenden Industrie, in Montagesälen u. dgl. wird man bei Vorhandensein von hohen Räumen mit hellen Decken die vorwiegend direkte Beleuchtung wählen.

Hat man es hingegen mit nicht allzu hohen Räumen mit hellen Decken zu tun, in denen die Staubentwicklung in mäßigen Grenzen bleibt, so wird man ohne weiteres zu halbindirekter Beleuchtung greifen können, welche mit Rücksicht auf ihre gute Lichtverteilung, die milden Schatten und ihre angenehme Wirkung im allgemeinen äußerst vorteilhaft wirkt. Bei der halbindirekten Beleuchtung geht zumindest die Hälfte des ausgestrahlten Lichtes an die Decke und wird von dort reflektiert, während der andere, meist kleinere Teil unter Vorschaltung lichtstreuender Gläser direkt die Arbeitsfläche trifft. Die fast vollkommene Blendungsfreiheit derartiger Beleuchtungskörper hat sie zu einer in der modernen Beleuchtungstechnik am häufigsten vorkommenden Beleuchtungsart gemacht und bewirkt, daß sich die einschlägige Industrie in ganz besonderem Maße der Ausbildung derartiger Leuchten gewidmet hat. Insbesondere kommt außer für ausgesprochene Fabrikationsräume die halbindirekte Beleuchtung noch für Büros und Laboratoriumseinrichtungen sowie für Gang- und Stiegenbeleuchtung in Frage. Der durch Luzetten für halbindirekte Beleuchtung erhellte Zeichensaal (Abb. 13) zeigt deutlich die gleichmäßige, fast schattenlose, milde Durchleuchtung des Raumes.

Auch in Zeichensälen bedient man sich mit Vorliebe dieser Beleuchtungsart, jedoch wird hier manchmal auch zur ganzindirekten Beleuchtung gegriffen, die mitunter auch in ein oder dem anderen Falle als Allgemein- und Arbeitsbeleuchtung in Fabrikationsräumen, zum Beispiel Nähsälen, Sortierräumen u. dgl. Anwendung findet (Abb. 14). Durch die Verwendung von Luzetten für ganz indirekte Beleuchtung wird bei entsprechender Beleuchtungsstärke eine kräftige, fast vollkommen schattenlose, sehr weiche und angenehme Beleuchtung erzielt, die es gestattet, an jedem Punkte des Raumes gleich gut und deutlich zu sehen.

Die bisher angeführten Beispiele, die aus der unendlich großen Anzahl der verschiedensten Anwendungszwecke der einzelnen Beleuchtungskörper herausgegriffen wurden, sollen kurz die Vielseitigkeit des modernen Beleuchtungskörpers zeigen.

Es ist natürlich im Rahmen eines Vortrages nicht möglich, dieses umfangreiche Gebiet erschöpfend zu behandeln, da der Zweck desselben schon erfüllt ist, wenn er neue Anregungen bietet

Abb. 14. Indirekte Beleuchtung eines Nähsaales.

und darauf aufmerksam macht, was alles bei einer richtig ausgeführten Beleuchtungsanlage beachtet werden muß.

Digitized by Google

Rundschau.

Ein neues Druckluft-Elektro-Grubengeleucht. Um in Bergwerken, wo kein elektrischer Strom, jedoch Druckluft zur Verfügung steht, den Arbeitern eine möglichst intensive, auch die Arbeit fördernde Beleuchtung zu bieten, wird von der zum Flottmann-Konzern gehörenden Maschinenfabrik „Westfalia" in Gelsenkirchen eine tragbare Anlage gebaut, die an allen Stellen unter Tage, auch bei Vorhandensein von Schlagwettern gefahrlos verwendet werden kann. Zwecks Schutzes vor Beschädigungen und zur Erzielung einer vollkommenen Schlagwettersicherheit sind sämtliche Teile des Lichterzeugers einschließlich des Antriebs in einem widerstandsfähigen Blechkasten von 1050 × 395 × 415 mm untergebracht. Das Gesamtgewicht ist 121 kg. Der vollständig schlagwettersichere gekapselte Doppelschluß-Gleichstromerzeuger von 0·4 kW für 32 V (entsprechend einem Anschluß von 10 Lampen von 35 W oder 12 von 25 W) ist mit einem Druckluftdrehkolbenmotor unmittelbar gekuppelt. Durch einen Geschwindigkeitsregler wird die Drehzahl des Satzes bei Betriebsdrucken von 2·5 bis 6·5 atü annähernd auf 3000 i. d. min. gehalten Verbraucht wird etwa 1·3 m³/min angesaugter Luft. Die aus dem Antriebsmotor mit Überdruck auspuffende verbrauchte Luft wird durch ein Rohr auf den Stromerzeuger geleitet und dieser daher stets von schlagwetterfreier Luft umspült. Der Überdruck im Gehäuse verhindert auch mit Sicherheit das Eindringen von Schlagwettern. Der Deckel des Kastens ist derart verriegelt, daß er nur bei abgestellter Druckluftzufuhr, das heißt bei Stillstand der Maschinen, bzw. bei stromlosem Generator geöffnet werden kann. Der Druckluftmotor kann anderseits nur bei geschlossenem Deckel in Betrieb genommen werden. Die am Kasten angebrachte Steckvorrichtung für den Anschluß des Lampenkabels (s. u.) ist so eingerichtet, daß der Stecker nur in spannungslosem Zustande eingesetzt oder herausgenommen werden kann. Ebenso können alle Sicherungen nur bei ausgelöstem Schalter ausgewechselt werden. Die Kabelabschnitte von 2 × 6 mm² Querschnitt sind 10 m lang. Sie werden an einem Ende an den Lampen festgeschraubt, am andern Ende sind sie mit Steckern ausgerüstet. Auch die Lampen sind schlagwettersicher ausgeführt und die Lampenstecker können durch Verwendung besonderer Verriegelungsschalter nur in stromlosem Zustande gezogen werden. Auch die Lampenschutzglocken sind verriegelt, so daß die Lampen nur bei ausgeschaltetem Schalter geöffnet werden können. Über die Kosten einer Kerzenstunde werden folgende Angaben gemacht: Bei einem Luftverbrauch von 1·3 m³/min = 80 m³/h und einem Luftpreise von 0·003 M./m³, sowie zwölf brennenden 25 W (= 25 Hk)-Lampen kosten die Betriebsmittel je Kerzenstunde $80 \times 0{\cdot}003 : 12 \times 25 = 0{\cdot}08$ Pf. Wird das Gerät 16 Std. täglich benützt, bzw. leistet es jährlich $300 . 16 . 300 = 1\,440\,000$ Kerzenstunden, so sind je Kerzenstunde bei 3000 M. Anschaffungskosten und 30 vH für Verzinsung und Amortisation (900 M.) je Kerzenstunde $\frac{90\,000}{1\,440\,000} = 0{\cdot}0625$ Pf. zu rechnen, womit sich ein Gesamtpreis von $0{\cdot}08 + 0{\cdot}053 = 0{\cdot}15$ Pf. gegen etwa 1 Pf. bei Akkumulatorenlampen ergibt, welch letztere nur mehr für den An- und Abmarsch benötigt werden. J.

Raumhelligkeit als neuer Grundbegriff der Beleuchtungstechnik. W. Arndt erinnert in einem Vortrag in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft an die Tatsache, daß die Lehren der Elektrizität, der Strömung und der Wärme je zwei spezifische, von einander gänzlich unabhängige Begriffe aufweisen, nämlich: Potentialdifferenz und Stromstärke, Druck und strömende Menge, Wärmemenge und Temperatur. Ebenso kann in der Lichttechnik dem Lichtstrom ein neuer Begriff, die Raumhelligkeit, an die Seite gestellt werden, eine skalare Größe, die den Vorzug vor der vektoriellen Größe der Beleuchtungsstärke verdient, wenn es sich um die vollständige Beschreibung des Eindrucks der Beleuchtung eines Innenraumes handelt. Als Hilfsapparat für die Messung der Raumhelligkeit dient eine Opalglaskugel an einem Verlängerungstubus, der auf das Photometer gesetzt wird; diese Kugel sammelt die Lichtstrahlen in ähnlicher Weise wie die Thermometerkugel die zugestrahlte Wärme. Die Raumhelligkeit ist auf den Kugelraum zu beziehen, demnach in HLm/cm³ oder in HLm/Liter anzugeben; für praktische Zwecke ergeben sich bequeme Zahlen, wenn als Einheit ein Raumhelligkeitsgrad in der Größe von $1 . 10^{-6}$ HLm/cm³ gewählt wurde. Zwei Beispiele ausgeführter Messungen werden mitgeteilt, die einen Innenraum von 5·5 × 5·5 × 4 m betreffen, in dem in 3 m Lichtpunkthöhe eine gleichförmig strahlende Lichtquelle zentral angebracht war. Die Symmetrie der Raumhelligkeitsverteilung um die vertikale Achse der Lichtquelle bestätigten auch die Messungen; diese ließen ferner eine deutliche Verschiedenheit zwischen Raumhelligkeit und Beleuchtungsstärke in der Meßebene in 1 m Höhe über dem Boden erkennen. Die Gleichmäßigkeit stellte sich für die Raumhelligkeit mit 1 : 1·3 ein, für die Beleuchtungsstärke mit 1 : 4. In der Aussprache wies H. Lux auf Weber als den Finder des Begriffes der Raumhelligkeit hin. L. Bloch bemerkte, daß mit dem Meßergebnis für einen bestimmten aber sonst beliebigen Raumpunkt gar nichts gewonnen sei, weil in der Raumhelligkeit, als dem Mittelwerte der Beleuchtungsstärken auf allen durch den Punkt gehenden Ebenen und zwar an der Punktstelle bezüglich der besonderen Art der Lichtstrahlung nichts mehr enthalten sei; zum Beispiel nicht zum Ausdruck komme, ob sich die Strahlung vorzugsweise gegen die Decke, Wände oder den Boden richte; dagegen gebe die Verteilung der Raumhelligkeit über den ganzen Raum ein Mittel den Beleuchtungszustand dortselbst zu beschreiben, dessen Wert aber gegenüber dem Begriffe der Beleuchtungsstärke in der horizontalen Meßebene noch unklar erscheine. H. Norden erinnert daran, daß die Wirkung der Lichtstrahlen wesentlich von den Richtungen abhänge, aus denen sie kommen; da aber das neue Meßgerät diese Lichtstrahlungen bloß arithmetisch und nicht mit Berücksichtigung der Richtungen addiere, so habe das Meßergebnis keinerlei visuelle Bedeutung. H. Mey meint, daß praktisch nur die Beleuchtungsstärken auf Ebenen in Betracht kämen. A. R. Meyer findet die Wahl des Ausdruckes für die gemessene Größe nicht glücklich. Der Autor hat die Absicht, einen Bericht über weitere dieses Instrument betreffende Studien später zu veröffentlichen. To.

(Licht und Lampe, Heft 7, Jahrg. 17, 1928.)

Eine neue Lampe, genannt P-H Lampe, eine Erfindung des dänischen Architekten F. Hennigsen, vereinigt die Vorteile der indirekten Beleuchtung mit denen der direkten Beleuchtung. Als Großflächengeleucht schafft sich die P-H-Lampe selbst ihre reflektierende Decke, die optisch richtig geformt ist und dem Verstauben nicht ausgesetzt ist. Gegenüber der großen Fläche der Decke verschwindet die Fläche der P-H Lampe, trotzdem sie ein Großflächengeleucht ist. Sie wirkt also nicht mehr störend, wie die beleuchtete Decke. C. P. Otto Müller, weist in einem Vortrag vor der Lichttechnischen Gesellschaft in Karlsruhe darauf hin, daß durch die neue Lampe sowohl die Forderungen der Ökonomie wie die der Hygiene als auch der Ästhetik in befriedigender Weise gelöst sind. Die P-H-Lampe besteht aus einem System von drei übereinander angeordneten Schirmen (meist aus Opalglas, unten sandmattiert). Diese Schirme werden von der in der Lampe angebrachten Glühlampe beleuchtet und reflektieren das empfangene Licht, so daß dieses bei seinem Weg nicht durch Milch- oder Mattglasglocken filtriert wird. Durch diese Anordnung wird eine außergewöhnlich günstige Lichtverteilung erreicht, ein sehr weiches und angenehm wirkendes Licht, und dabei werden die Verluste, die in den sogenannten geschlossenen Armaturen auftreten, vermieden. Bei diesen Armaturen wird das Licht der Glühlampe ja von der umhüllenden Glas-

Digitized by Google

glocke filtriert. Ein Teil der Lichtstrahlen wird innerhalb der Glocke selbst verschluckt. Durch diese beiden Faktoren werden je nach Form der Glocke und Art des verwandten Glases Lichtverluste bis zu 50 vH und mehr verursacht. Da die P-H-Opalglaslampe ein Großflächengeleucht ist, ist die Leuchtstärke sehr gering. Sie beträgt durchschnittlich 0·15—0·25 HK/cm²Oberfläche; die Opalglaslampe ist also vollständig blendungsfrei bei jeder Beleuchtungsstärke und jeder Aufhängehöhe. Da bei dieser Lampe die Lichtverluste auf das geringstmögliche Maß reduziert sind und die Lichtverteilung eine äußerst günstige ist, werden gegenüber geschlossenen Armaturen sehr große Stromersparnisse erzielt, so daß sich die Anschaffungskosten für diese Lampe gar bald amortisieren. Zu bemerken ist, daß man bei den einzelnen Lampen die Lichtverteilung in weitesten Grenzen ändern kann, indem man verschiedenartig behandelte Schirme verwendet. So läßt sich auch die Farbe des erzeugten Lichtes beeinflussen, indem man zum Beispiel für die Unterseite in Tageslichtfarbe getönte Metallschirme verwendet. Diese P-H-Tageslichtlampen haben neben der guten Tageslichtwirkung ebenso wie die normale P-H-Lampe einen guten Wirkungsgrad. Wünscht man warmes Licht, so verwendet man Lampen mit Schirmen, deren Unterseite mattvergoldet sind. Es lassen sich besonders tiefstrahlende oder mehr breitstrahlende Kombinationen herstellen. P-H-Lampen finden meistens Anwendung als Hängelampen, doch ist das System auch geeignet für Tischlampen und Wandarme. Die Lampen werden in Deutschland von der Firma Deutsche P-H-Lampen Gesellschaft m. b. H. Karlsruhe, vertrieben.

Tragbare Beleuchtungsmesser (Luxmeter) Von A. K. Taylor. Hinsichtlich dieser Instrumente existieren nur englische Vorschriften; einige Klauseln daraus sind anschließend auszüglich wiedergegeben und zwar: Klassifikation (Klausel 1); Meßbereich (2); Prüffläche (5); Leuchtdichte (5); lichtschwächende Schirme (7); die elektrischen Meßinstrumente (8); die Vergleichslampe (9) und die Meßfehler (10). Klassifiziert sind die Luxmeter nach dem Meßbereich; dem für Außenbeleuchtung, dem anderen für Innenbeleuchtung. Eine weitere Einteilung richtet sich nach der Lage der Prüffläche (jener Fläche, die an den Ort gebracht wird, dessen Beleuchtung zu messen ist), gegenüber der Vergleichsfläche (jener Fläche, die von der Lampe im Luxmeter beleuchtet ist): Entweder die Prüffläche wird durch eine Öffnung in der Vergleichsfläche angesehen (1), oder die Vergleichsfläche durch eine Öffnung in der Prüffläche (2); die erste Gruppe umfaßt die meisten Luxmeter insbesonders die von der Lummer-Brodhuntype. Die Beleuchtung der Vergleichsfläche ist verschieden: *a)* Durch eine bewegliche Glühlampe, *b)* durch Änderung des Einfallwinkels der Lichtstrahlen zur Vergleichfläche, *c)* durch Änderung der Beleuchtung der Vergleichsfläche vermittelst Blenden, absorbierender Keile usw., die zwischen dieser Fläche und der Lampe im Luxmeter liegen. Nach der Ansicht Taylors sind die Meßinstrumente der Klasse 1*a*, die auf dem Gesetz vom reziproken Entfernungsquadrat beruhen, vorzuziehen; vor allem weil der Ersatz der Vergleichslampe keine Gestaltsänderung der Eichkurve bedingt, somit die Überprüfung der Skala nur für einen Punkt erforderlich ist. Leider zeigt sich am unteren Skalenende die größte, für die größten Luxanzeigen aber die geringste Empfindlichkeit; ferner kann ein Ablesefehler durch das von den Wänden des Raumes, in welchem die Vergleichslampe bewegt wird, gestreute Licht entstehen, auch durch das an der Glasbirne der genannten Lampe reflektierte Licht, insbesonders, wenn sie der Vergleichsfläche recht nahe ist; doch lassen sich alle erwähnten Nachteile vermeiden. Der Meßbereich sollte 20 : 1 betragen und zwar ohne lichtschwächende Schirme zu gebrauchen; mit lichtschwächenden Medien könnte dieser Bereich von 0·12 HLx bis 24 000 HLx erstreckt werden, was sich wegen der Schwierigkeit, ein genau neutrales Lichtfilter zu konstruieren, allerdings nicht empfiehlt.

Die Hauptursache fehlerhafter Ablesungen liegt in der Prüffläche, da eine vollkommen diffus reflektierende Fläche nicht existiert; der hieraus entspringende Fehler wird sehr herabgemindert, wenn es gelingt, die Sehrichtung konstant zu halten und zwar in einer zur Einfallsebene parallelen Ebene und im Quadranten, der dem einfallenden Strahl gegenüberliegt; diese Bedingung ist bei einer punktförmigen Lichtquelle bald erfüllbar, seltener bei Tageslicht und gar nicht bei Gegenwart mehrerer punktförmiger Lichtquellen. In den beiden letzten Fällen kann der Fehler leicht auf 10 bis 15 vH steigen, was zur Aufsuchung eines Ersatzes für die Prüffläche zwang; er wurde in einer 10 bis 15 cm-Kugel gefunden, die innen weiß gestrichen ist und deren Öffnung genau an die Stelle der früheren Prüffläche kommt. Die Strahlung dieser kleinen Ulbricht'schen Kugel wurde bis auf einen gelegentlichen Fehler von 2 bis 3 vH, von der inneren Abschirmung hervorgerufen, mit der vollkommen diffusen Strahlung übereinstimmend gefunden. Außerdem hat die Kugel noch einen anderen Vorteil: Nachdem ihr Inneres durch das an ihrer Unterseite angebrachte Okular betrachtet werden muß, kann der Schatten des Beobachters niemals die Messung beeinträchtigen. Für eine 15 cm-Kugel mit gut weißem ($\varrho = 0{\cdot}8$) Innenanstrich beträgt die Konstante zur Berechnung der Beleuchtungsstärke auf der 5 cm-Öffnung rund 10.

Aus den angestellten Untersuchungen ergibt sich Opalglas als beste Prüffläche, denn es zeigt zum Beispiel bei einem Sehwinkel von 30 Grad bis zu einem Einfallswinkel von 70 Grad höchstens 2 vH Fehler; Sehwinkel und Einfallswinkel liegen immer in entgegengesetzten Quadranten und in einer Ebene parallel zur Einfallsebene.

Die Messung der Flächenhelle einer Prüffläche gelingt nur mit jenen Instrumenten, bei welchen diese Fläche durch die Vergleichsfläche angesehen wird und ein bekanntes Reflexionsvermögen hat; es gilt

$$e = \varrho E, \pi,$$

e bezeichnet die erwähnte Flächenhelle, E die Beleuchtungsstärke auf der Prüffläche, ϱ deren Reflexionsvermögen, das übrigens auch leicht gemessen werden kann und zwar vermittelst eines Photometers, dessen Achse schief zur Prüffläche steht, während diese selbst von einer Glühlampe bekannter Stärke senkrecht bestrahlt erscheint.

Lichtschwächung durch neutrale Schirme oder Filter ist infolge des großen Meßbereiches sehr oft anzutreffen, jedoch empfiehlt sich hier ein Doppelgraukeil wegen Ermöglichung der Herstellung irgendeines der erwünschten Bereiche, oder ein neutrales Glasplättchen, während Gelatinefilter dies nicht zulassen. Die Neutralität trifft aber nie genau zu, weshalb alle diese Schwächungsmittel für geringe Durchlässigkeiten (zum Beispiel 0·01 oder 0·001) unbrauchbar sind. Bei Verwendung der an früherer Stelle genannten innen geweißten Kugel ist ein Gelbwerden des Anstriches zu befürchten, dem ein Zusatz von Blau auf die Dauer nicht abzuhelfen vermag. Besser verhalten sich bezüglich der Farbe Magnesiumoxyd oder Magnesiumkarbonat.

Als elektrisches Meßinstrument ist ein Voltmeter angezeigt, weniger ein Amperemeter; dieses läßt zwar Übergangswiderstände infolge schlechter Kontakte eher erkennen, jenes ist aber genauer. 1 vH Ablesefehler bringt beim Amperemeter 10 vH, beim Voltmeter 5 bis 7 vH Fehler in der Stromstärke der Glühlampe mit sich, vorausgesetzt, diese Lampe ist kurzfädig. Ein marktgängiges Instrument gibt demnach gegenwärtig keineswegs die Möglichkeit den für genaue Messungen geforderten Fehler von 1 vH zu erreichen, denn die Ablesung müßte beim Amperemeter auf 0·1 vH, beim Voltmeter auf 0·15 bis 0·2 genau durchführbar sein.

Die Vergleichslampe im Luxmeter muß vor Ingebrauchnahme entsprechend gealtert sein; der Alterungseffekt ist bei den verwendeten Niederspannungslampen wegen der hohen Temperatur in der Fadenmitte die der geforderten Lichtfarbe bzw. 1·5 W m. hor. L.-

Digitized by Google

stärke entspricht, unausbleiblich. Eine Glühlampe für 2 bis 3 V mit längerem Faden wäre hier besser am Platze. Der mittlere Fehler ist schwer abzuschätzen, denn an ihm haben teil: Beobachtung, Skalenablesung, Spannungs- oder Stromstärkeneinstellung, unrichtiger Schwinkel, Altern der Vergleichslampe, unrichtiger Winkel der Prüffläche, Streulicht usw. Jedoch läßt sich richtige Spannungs- bezw. Stromstärkeneinstellung durch eine Brükkenmethode erhalten, das Altern durch Wahl einer entsprechenden Glühlampe wegbringen. In jenem Falle liegt die Glühlampe in dem einen von den vier Brückenzweigen einer Wheatstonebrücke, das Galvanometer hat einen geringen Widerstand und einen Höchstausschlag für rund 5 mA. Der geradlinige Verlauf der Stromstärken-Spannungskurve beim Wolframfaden mit über 500° C bringt es mit sich, daß im Galvanometer die Stromstärkendifferenz der Glühlampe, die der ausgeglichenen und der durch veränderte Batteriespannung gestörten Brücke entspricht, der Spannung proportional erscheint. Mit einem Galvanometer von 0·5 Ω Widerstand, 3 mA Höchstausschlag, 3 Brückenwiderständen von je 10 Ω und einer Lampe, die bei 2 V einen Strom von 200 mA aufnimmt, kann die Lampenstromstärke auf $^1/_{10}$ genau eingestellt werden. Der mit der Zeit wachsende Lampenfadenwiderstand bedingt bei gleichgehaltener Stromstärke größere Lichtstärke, blauere Lichtfarbe, welchem Umstande durch geringe Schwächung der Stromstärke bei jeder Eichung entgegengearbeitet werden kann. Eine 3 V-$^1/_4$ A-Lampe hat eine derartige Lebensdauer, daß ihr Alterungseffekt gegenüber dem einer 1·5 V-Lampe gar nicht in Betracht kommt.

Der Autor meint, daß ein nach dem reziproken Entfernungsquadrat arbeitendes Instrument, welches mit einem Lummer-Brodhunschen Kontrastprisma ausgerüstet, wirksam und dauernd gegen Streulicht abgeschützt ist, keine Reflexion seitens der Lampenbirne aufweist, und deren 3 V-$^1/_4$ A-Lampe durch eine Brückenmethode kontrolliert wird, irgendeine Ablesung mit 2 vH Fehler zu wiederholen gestattet. Wenn dann die Öffnung einer kleinen Ulbrichtschen Kugel als Prüffläche benützt wird, so würde die Beleuchtungsstärke mit einem Fehler von weniger als 5 vH gemessen werden können.

O.

(Proceedings of the Optical Convention, 1926, Part I).

Der Bedeutung der Straßenbeleuchtung für den Stromabsatz der Elektrizitätswerke wird gewöhnlich noch zu geringe Aufmerksamkeit geschenkt und demgemäß auch ihre Werbung nicht nachdrücklich genug betrieben. Gute Verkehrsbeleuchtung bringt der Stadt wie dem Elektrizitätswerk derartige Vorteile, daß beide an ihrer Einführung besonderes Interesse haben sollten. Erstere wegen der verminderten Unfälle, der Erhöhung der Sicherheit und des besseren Aussehens der Stadt in den Abendstunden, letzteres infolge einer festen von vornherein bestimmbaren Stromabgabe während des ganzen Jahres und der überaus günstigen Belastungsverteilung. Th. W. Rolph weist bei einer Darstellung über die Straßenbeleuchtung in amerikanischen Mittelstädten auf den obigen Umstand besonders hin und zeigt den Weg (amerikanische Verhältnisse vorausgesetzt), auf welchem eine derartige Werbung erfolgen könne[1]). Bei der Aufstellung eines Beleuchtungsplanes ist auf die Bedeutung der einzelnen Straßenzüge sowie auf ihre Lage Rücksicht zu nehmen. Es können dabei für eine Mittelstadt folgende Straßentypen unterschieden und entsprechende Beleuchtungs-Mittelwerte in Lux eingesetzt werden:

Hauptgeschäftsstraßen	8
Hauptverkehrsstraßen	6
Nebenverkehrsstraßen	3·5
Wohnstraßen	1·0

Diese Beleuchtungsstärken werden in den ersten drei Straßentypen durch beiderseits derselben befindliche 6 bis 7 m hohe Maste erzielt, die bei Hauptgeschäftsstraßen, in Entfernungen von ungefähr 55 m einander gegenüberliegend, zwei Armaturen mit je 6000 Lumen-Lampe tragen. In den Haupt- und Nebenverkehrsstraßen werden diese Maste abwechselnd auf den beiden Straßenseiten in Entfernungen von ungefähr 50 m aufgestellt und mit je einer 15 000 bzw. 10 000 Lumen-Lampe ausgestattet; nur bei der Beleuchtung der Wohnstraßen wird die Aufhängung der Armaturen über der Mitte derselben in einer ungefähren Höhe von 8 m und einer Entfernung von 100 m voneinander bei Verwendung von 4000 Lumen-Lampen empfohlen. Herb.

(Electrical World, Bd. 91, Nr. 6, 1928.)

[1]) Vgl. a. Die Lichttechnik 1927, S. 137.

Literaturbericht.

Neue Preislisten.

Dr. Paul Holitscher & Co., Wien, IV., Starhemberggasse Nr. 4—6.

Preisliste Nr. 32, Teil 1: Schaco-Beleuchtungskörper. Die Liste enthält: A) Lichttechnische Grundgrößen, Beleuchtungstechnische Richtlinien, Bau- und Einrichtung der Leuchten. — B) Leuchten mit lichtstreuenden Gläsern für Innenbeleuchtung. — C) Schaufensterleuchten, Schaukasten- und Schilderleuchten. — D) Leuchten für Großflächenbeleuchtung. — E) Leuchten für Sonderzwecke. —F) Leuchten für Arbeitsplatz und Werkbank. — Preis- und Nummernverzeichnis.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

L 28 005. Schaufensterbeleuchtung. Spiegelgeleuchte.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

7. Tagung der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission (IBC).

Die Tagung findet in der Zeit vom 22. bis 28. September 1928 in New York (Versammlungsort: Saranac Inn) statt, und wird mit einer Vollversammlung am 24. September eröffnet, an die sich eine Sitzung mit dem Thema „Straßenbeleuchtung" anschließt. Eine zweite Vollversammlung am 28. September beendet die Tagung. In zwei allgemeinen Sitzungen am 25. und 26. September um 14 Uhr werden behandelt: „Die Beziehungen der IBC zu den nationalen beleuchtungstechnischen Organisationen". „Internationale Organisation" (P. Good). „Die Anwendung der wissenschaftlichen Lichttechnik auf die Untersuchung von Gemälden" (F. Cellerier). „Entladungsrohr für photometrische Messungen" (E. Lau). „Probleme der Zwischenreflexion" (H. Buckley). „Beiträge zur Lichttechnik" (M. Luckiesh). „Leuchtröhren" (D. Macfarlan Moore). „Anwendung rationeller Prinzipien auf die ornamentale Beleuchtung" (J. Wetzel).

Außerdem finden eine Anzahl technischer Sitzungen statt, in denen Berichte und Vorträge über folgende Gegenstände erstattet werden:

Automobilscheinwerfer, Lichtverteilung, Prüfflächen bei photometrischen Messungen (Bericht des österr. Komitees). (24. Sept.)

Tageslichtbeleuchtung, Lichttechnischer Unterricht, Wörterbuch. (25. Sept.)

Fabrik- und Schulbeleuchtung, Flugzeugbeleuchtung, Definitionen und Symbole, Farbige Signalgläser. (26. Sept.)

Trübe Medien, Wohnungsbeleuchtung, Genauigkeit und Einheiten der Photometrie, Kinobeleuchtung, Schaufensterbeleuchtung, Heterochrome Photometrie, Kolorimetrie, Blendung. (27. Sept.)

Das Österreichische Komitee der IBC ist bei der Tagung durch Herrn Oberstadtbaurat Ing. H. Schlögl vertreten.

Genaue Auskunft über die Tagung erteilt das Sekretariat der IBC, Saranac Inn, New York (Sekretär: Dr. J. W. T. Walsh).

Digitized by Google

Dr. Carl Auer von Welsbach.

In diesen Tagen feiert Dr. C. Auer v. Welsbach seinen 70. Geburtstag. Für die österreichischen Techniker und insbesonders für die Lichttechniker ist es eine angenehme Pflicht, sich an die Verdienste dieses großen Gelehrten und Erfinders vor allem um die Entwicklung der elektrischen Glühlampe zu erinnern.

Auer ist wohl einer derjenigen Österreicher, auf die stolz zu sein, wir ein Recht haben. Aber nicht nur in Österreich, sondern die ganze Welt hat ihm für seine großen, weittragenden Errungenschaften zu danken. Jeder kennt seine drei großen Erfindungen, das Gasglühlicht, die Metallfadenlampe und das pyrophore Feuerzeug, die ihn in die erste Reihe der großen Erfinder stellen.

Carl Freiherr Auer von Welsbach wurde am 1. September 1858, als jüngster Sohn des Typographen und Direktors der Hof- und Staatsdruckerei geboren, der durch Erfindung des Naturselbstdrucks berühmt wurde, und sich auch durch anderweitige Neuerungen verdient gemacht hatte. Er studierte von 1880 bis 1882 bei Bunsen in Heidelberg, und hat später im Wiener Universitätslaboratorium wissenschaftlich gearbeitet; seine Arbeiten sind in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften veröffentlicht. Seit 1883 beschäftigte er sich mit Untersuchungen über seltene Erden und in diesem Jahre veröffentlichte er seine Abhandlung „Über die Erden des Gadolinits von Ytterby". Seit 1884 führte Auer Spektraluntersuchungen der seltenen Erden nach eigenartigen Methoden durch, und diesen Arbeiten haben wir die Zerlegung des Didyms in seine Elemente Praseodym und Neodym im Jahre 1885 zu verdanken. Diese Versuche führten ihn zur Erfindung des Gasglühlichts. Die Vorteile des Gasglühlichts, das damals „Inkandeszenzsystem" genannt wurde, bestanden vor allem in einer Erhöhung der Leuchtkraft von 15 auf 60 bis 80 Hefnerkerzen, und darin, daß die Flamme nicht rußend war, wie die offene Gasflamme. Doch konnte die Gasglühlichtbeleuchtung damals mit der elektrischen Beleuchtung noch nicht konkurrieren. Erst als Auer die Nutzbarmachung des Thoroxyds entdeckt hatte, kam der große Fortschritt. Als er sich bemühte, das Thoroxyd immer mehr und mehr rein zu erhalten, entdeckte er, daß das Licht mit fortschreitender Reinheit des Thoroxyds immer schwächer wurde. Er hat bei dieser Arbeit zwar reines Thoroxyd erhalten, das bis dahin nicht bekannt gewesen war, doch war dessen Leuchtkraft sehr schwach. Auer hat erkannt, daß es eine Beimischung gewesen sein muß, was die hohe Leuchtkraft hervorgerufen hatte und fand dann weiter wirklich, daß es eben Ceroxyd ist, das in kleinen Beimengungen dem Thorium die Leuchtkraft verleiht.

An dieser Stelle soll der Name eines Mannes nicht übergangen werden, der bei diesen Arbeiten Auers Mitarbeiter war. Es ist dies Direktor Ludwig Haitinger, der feststellte, daß immer die Mischung eines weißen mit einem färbigen Oxyd leuchtet, aber das von Auer empfohlene Gemenge war das dauerhafteste. In Atzgersdorf bei Wien wurde eine Fabrik eingerichtet, die das sogenannte „Leuchtfluid" herstellte. Die Fabrik, der später an anderen Orten noch mehrere folgten, hatte ungeheure Erfolge zu verzeichnen.

Das Gasglühlicht, respektive dessen Anwendung war so weit entwickelt, daß es im Jahre 1900 fast keine offenen Gasflammen in Deutschland und Österreich mehr gab. Das Gasglühlicht hat viele Nachahmer gefunden, doch ist es niemanden gelungen, es so weit zu verbessern, daß nicht immer, sogar heute noch, die von Auer angewendete Mischung allein das Feld beherrscht.

Doch haben diese ungeahnten Erfolge auf dem Gebiet des Gasglühlichts Auers Interesse für die elektrische Beleuchtung, mit der er sich von Jugend auf beschäftigt hatte, nicht beeinträchtigt. Er hat daher auch an dieser gearbeitet und es ist ihm in den neunziger Jahren geglückt, die erste, brauchbare Metallfadenlampe, die Osmiumlampe, zu schaffen. Auch hier wurde mit einem Schlag die Lichtausbeute um 50 vH erhöht, bzw. eine Ersparnis an elektrischem Strom von 50 vH erzielt; denn die frühere Kohlenfadenlampe leuchtete mit 3·5 W pro Hefnerkerze, die Osmiumlampe dagegen mit nur 1·5 W. Auer war es, der gezeigt hat, wie man Fäden aus schwerschmelzenden Metallen herstellen kann, und alles Spätere war nichts als das Ausarbeiten und Nachahmen seiner Idee. Nur Auer ist der heutige Stand der elektrischen Glühlampe zu verdanken.

Die Erfindung der Osmiumlampe brachte, wie erwähnt, den lichttechnischen Erfolg, daß der Energieverbrauch um mehr als 50 vH heruntergedrückt werden ist. Der Vorteil wurde im Laufe der Entwicklung immer größer, da die Metallfadenlampe immer mehr verbessert wurden; alle Verbesserungen bauen sich aber auf Grund der Auerschen Idee auf. Welcher volkswirtschaftliche Wert dieser Erfindung zukommt, geht daraus hervor, daß heute in der ganzen Welt täglich ein bis eineinhalb Millionen Lampen erzeugt werden. In Amerika gibt es Fabriken, die 1000 Lampen in der Minute erzeugen. Eine gewisse Tragik liegt in der Schaffung der Metallfadenlampe: obwohl Auer selbst den Weg vorgeschrieben hat, wie die Lampe herzustellen ist, hat er nicht das billige, leicht zu beschaffende Metall Wolfram, sondern das seltene Metall Osmium zur Verwendung vorgeschlagen. Doch wollen wir Auer selbst sprechen lassen[1]): „Nicht unerwähnt will ich es schließlich lassen, daß ich auch andere Metalle in den Kreis meiner Versuche zog. Allein keines von diesen schien mir dem Osmium überlegen zu sein. Hierbei hatte ich freilich das Wolfram übersehen. Eine Unachtsamkeit, der es in erster Linie zuzuschreiben war, daß meiner Erfindung der materielle Erfolg versagt blieb."

Nicht nur Aussicht auf weitere technische Erfolge, sondern mehr noch das wissenschaftliche Interesse an den seltenen Erden war es, das Auer zu weiteren Arbeiten auf diesem Gebiet verlockte, und so gelang ihm im Jahre 1905 die Zerlegung des Ytterbium in seine Elemente Aldebaranium und Cassiopeium, über die ein wissenschaftlicher Streit entbrannte, der aber mit Auers Sieg endete.

Eine dritte Erfindung ist noch Auer zu verdanken. Es ist ihm nämlich im Jahre 1903 gelungen, die pyrophoren Eigenschaften des Cer durch metallische Zusätze noch zu vergrößern, so daß man mit derartigen Legierungen verschene Vorrichtungen als Feuerzeuge zur Verwendung brachte. Das sogenannte Auermetall ist eine Mischung von 70 vH Metallen der seltenen Erden und 30 vH Eisen. Die Zündhölzchen sind durch die pyrophoren Feuerzeuge in großem Ausmaß verdrängt worden, und Auer hat mit dieser Erfindung eine neue Industrie der seltenen Erden geschaffen.

Auer arbeitet auch heute noch, in voller Rüstigkeit in seinem Privatlaboratorium in Schloß Welsbach in Kärnten und nimmt Interesse an den Arbeiten, die in der von ihm erbauten Versuchsanstalt für wissenschaftliche und technische Fortschritte in Treibach unter seiner Oberleitung ausgeführt werden.

Es ist zu hoffen, daß Auer noch viele Jahre und viele Erfolge beschieden sind, wie sie ihm infolge seiner Ausdauer, seines Experimentiergeschicks und seiner hohen wissenschaftlichen Bildung bisher beschieden waren. Was immer aber noch aus seinem Gelehrtenhaus in Kärnten kommen könnte, das, was er uns bereits beschieden hat, wird kaum zu übertreffen sein. Wenn Goethe den Wunsch nach „Mehr Licht" äußerte, so war es Auer, der uns „Mehr Licht" gegeben hat.

Dr. F.

[1]) ETZ 42/18, 5. Mai 1921.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 9 **30. September 1928** **5. Jahrgang**

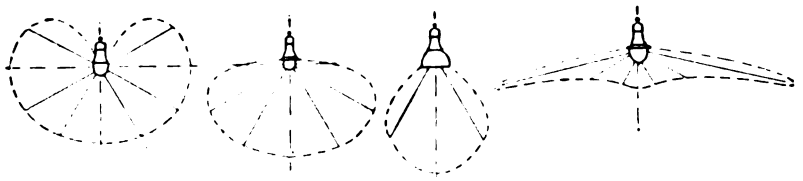
INHALT: A. Krautmacher: Das asymmetrische Holophane-System. S. 89. — Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch: Die Lichttechnik auf der Jahresschau „Die technische Stadt" Dresden 1928. S. 91. — RUNDSCHAU. S. 94. — Chronik. S. 96.

Das asymmetrische Holophane-System.

Von A. Krautmacher, Berlin.

Maßgebend für die Güte einer Straßenbeleuchtung ist nicht allein die Beleuchtungsstärke, sondern insbesondere auch der Gleichförmigkeitsgrad.

Man kann im Prinzip bekanntlich vier Arten von Straßengeleuchten unterscheiden: Freistrahler, Breitstrahler, Tiefstrahler und Flachstrahler. Abb. 1 zeigt schematisch die Lichtverteilungskurven dieser Typen.



Freistrahler. Breitstrahler. Tiefstrahler. Flachstrahler.

Abb. 1. Schematisierte Lichtverteilungskurven von Straßen-Geleuchten.

Alle diese Beleuchtungskörper sind sogenannte Rotationskörper mit symmetrischer Lichtverteilung, das heißt, sie haben eine senkrechte Mittelachse, um die herum nach allen Richtungen Licht gleicher Intensität konzentrisch verteilt ist. Infolgedessen nimmt die Helligkeit unter den Lampen vom Mittelpunkt nach außen hin ab, so daß zur Vermeidung einer Ungleichmäßigkeit in der Beleuchtung ein ganz bestimmtes Verhältnis zwischen Lampenabstand und Lichtpunkthöhe eingehalten werden muß; dies beträgt bei symmetrischen Flachstrahlern mindestens 1 : 4 bis 1 : 6, bei Breitstrahlern 1 : 3 bis 1 : 5 und bei Tiefstrahlern sogar nur 1 : 2 bis 1 : 4.

Flachstrahler mit asymmetrischer Lichtverteilung (Doppeldiopter, Abb. 2) geben dem Lichtstrom der nackten Lampe vertikal und horizontal eine bestimmte Richtung. Die Prismenglocken aller Flachstrahler (Original-„Holophane"-Refraktoren) bestehen aus einer inneren und einer äußeren Glocke, und zwar sind die Prismen horizontal in die Außenfläche der Innenglocke und vertikal

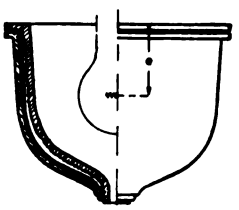
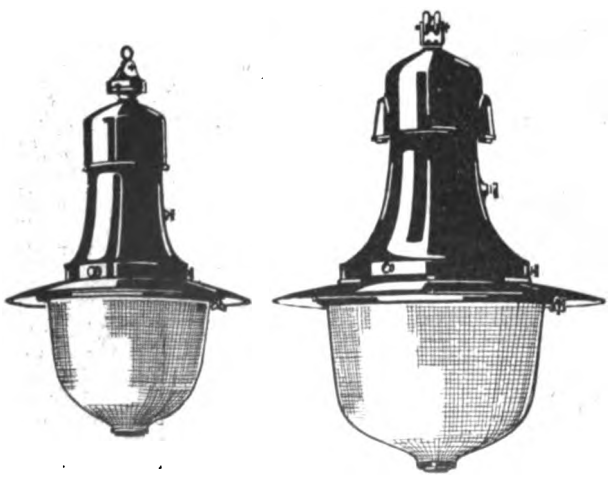


Abb. 3. Schnitt durch einen Holophane-Flachstrahler.



für 200 u. 300 Watt für 500—750 Watt

Abb. 2. Flachstrahler mit asymmetrischer Lichtverteilung nach dem Holophane-System.

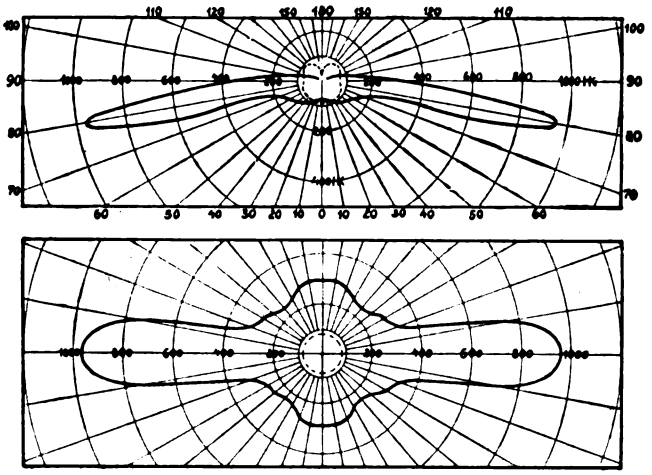


Abb. 4. Lichtverteilung der 2-Weg-Type 180°, 1000 Lumen (oben Vertikal- und unten Horizontalschnitt).

Digitized by Google

in die Innenfläche der Außenglocke eingepreßt (Abb. 3), so daß sie jeder Berührung und sonstigen äußeren Einflüssen entzogen sind. Von den beiden prismatischen Refraktoren konzentriert der innere

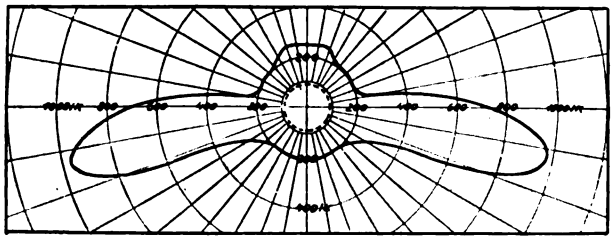


Abb. 5. Lichtverteilung der 2-Weg-Type 160° (Horizontalschnitt).

den Lichtstrom in einem Neigungswinkel von 70 bis 80° rings um die senkrechte Mittelachse und der äußere hebt die hierdurch entstehenden Schlieren auf. Die Geleuchte, bei denen die Prismen an der inneren Seite der äußeren Glocke gleichmäßig

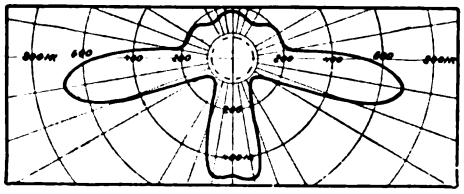


Abb. 6. Lichtverteilung der 3-Weg-Type (Horizontalschnitt).

auf der Innenfläche verlaufen, sind symmetrische Typen.

Außer diesen hat man auch noch asymmetrische Typen, bei denen an bestimmten Stellen die senkrechten Prismen fehlen. Hiedurch wird das Licht an diesen Stellen besonders breit gerichtet und den Straßenverhältnissen angepaßt. So unterscheidet man die 2-Weg-Bauart für gerade und gekrümmte Straßen, die 3-Weg-Bauart für Straßenabzweigungen und die 4-Weg-Bauart für Straßenkreuzungen.

Der Vorteil der Asymmetrie des hier zur Verwendung kommenden „Holophane"-Prinzips liegt vor allem in dem hohen Wirkungsgrad und der fast vollständigen Ausnutzung des gegebenen Lichtstromes zur Beleuchtung der Straßenfläche bei geringem Stromverbrauch. (Vgl. die horizontalen Lichtverteilungskurven Abb. 4.)

Die vertikalen Lichtverteilungskurven von symmetrischen und asymmetrischen Geleuchten sind die gleichen. Durch ausschließliche Konzentration des Lichtstromes auf die zu beleuchtende Fläche wird stärkste Wirtschaftlichkeit erzielt. Fortfall jeder Blendung, höchste Gleichförmigkeit und geringe Anlagekosten sind weitere Vorzüge des asymmetrischen Holophane-Systems, bei dem das Verhältnis zwischen Lichtpunkthöhe und Lampenabstand nur 1 : 8 bis 1 : 12 beträgt.

Die Abb. 4 bis 7 zeigen im Horizontalschnitt die Lichtverteilungskurven der 2-, 3- und 4-Weg-Bauarten. Den Lichtverteilungskurven ist eine Glühlampe mit einem Lichtstrom von 1000 Lumen zugrunde gelegt, die also einer Osram N- bzw. Nitra-Lampe von 75 W entspricht.

Die 2-Weg-Bauart 180° der Holophane-Refraktoren mit AEG-Geleucht, deren Lichtverteilung in Abb. 4 dargestellt ist, ist vorwiegend für gerade,

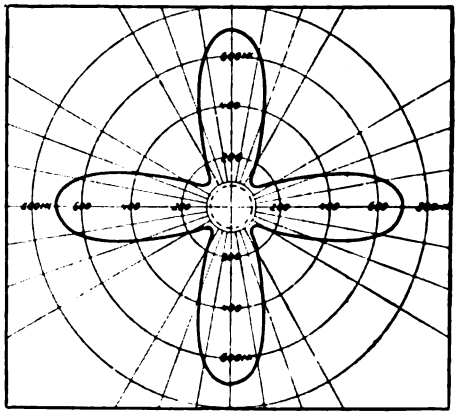


Abb. 7. Lichtverteilung der 4-Weg-Type (Horizontalschnitt).

langgestreckte Straßen geeignet, auf denen trotz geringster Anzahl von Geleuchten höchste Gleichförmigkeit in der Beleuchtung gefordert wird. Die Geleuchte werden in einer Reihe über der Straßenmitte aufgehängt.

Die 2-Weg-Bauart 160° (Abb. 5) ist gleichfalls für gerade, langgestreckte Straßen bestimmt, wobei die Aufhängung in zwei Reihen am Bürgersteig erfolgt. Bei leicht gekrümmten Straßen und Wegen

Abb. 8. Durch asymmetrische Holophane-Refraktoren beleuchtete Straße.

können die Geleuchte auch über Straßenmitte aufgehängt werden, wenn bei größtmöglicher Gleichförmigkeit der Beleuchtung nur eine möglichst geringe Zahl von Geleuchten Verwendung finden soll.

Digitized by Google

Die 3-Weg-Bauart (Abb. 6) ist besonders für einseitig rechtwinkelige, annähernd T-förmige Straßenabzweigungen geeignet und wird in Fällen dieser Art über dem Schnittpunkt der Straßenachsen aufgehängt. Die 4-Weg-Bauart (Abb. 7) findet bei rechtwinkeligen Straßenkreuzungen Verwendung.

Abb. 8 zeigt als Beispiel eine nach dem Holophane-System beleuchtete Straße.

Auf Grund langjähriger Erfahrung ist die Zusammensetzung des Glases der Holophane-Refraktoren so gewählt, daß eine Verfärbung des Glases so gut wie ausgeschlossen ist und die Lichtdurchlässigkeit und somit der Wirkungsgrad unverändert bleiben.

Selbstverständlich sind die Glocken zwecks Einstellung der Glühlampen usw. abklappbar eingerichtet. Die Einstellung der Glühlampe (*e* in Abb. 3) ist für jeden Flachstrahler besonders angegeben und ist sehr genau vorzunehmen. Die angegebenen Maße ergeben die günstigste Lichtverteilung, deren Maximum unter Winkeln von 70 bis 80° gegen das Lot liegt. Auch kleine Abweichungen setzen den Wirkungsgrad bereits herab.

Die wirtschaftliche Überlegenheit asymmetrischer Flachstrahler nach dem Holophane-Prinzip gegenüber anderen Systemen geht am deutlichsten aus der nachstehenden Zahlentafel hervor, die eine Gegenüberstellung der jährlichen Betriebskosten je km Straßenlänge für Flachstrahler, Tiefstrahler und Breitstrahler bringt.

A) Flachstrahler Holophane-2-Weg-Type 180°, 8 m hoch, 80 m Abstand, 750 W, 12·5 Stück pro km, Anlagekosten RM. 2775/km ohne Masten Mittlere Beleuchtung ca 7·0 Lux	**B) Tiefstrahler** 8 m hoch, 25 m Abstand, 200 W, 40 Stück/km, Anlagekosten RM. 5120/km E = ca. 8 Lux	**C) Breitstrahler** mit Opalinzylinder, 8 m hoch, 25 m Abstand, 300 W, 40 h/km, Anlagekosten RM. 5120/km E = ca. 7·5 Lux
Amortisation:		
10 vH von RM. 2775 . . = 277·50	10 vH von RM. 5120 = 512·—	10 vH von RM. 5120 = 512·—
Glühlampenersatz (jährlich):		
5 Stück 750 W-Lampen pro Geleucht à 10 = = 50 M pro Geleucht bei 12·5 Geleuchten . . . . = 625·—	5 × 200 W à 4 M = = 20 × 40 Stück . . = 800·—	5 × 300 W à 5·5 = = 27·50 × 40 Stück . = 1100·—
Bedienung (jährlich 12 mal):		
12 × 0·20 = 2·40 pro Geleucht × 12·5 Stück pro km . . . . . = 31·50	2·40 × 40 Stück . . = 96·—	2·40 × 40 Stück . . = 96·—
Materialersatz (jährlich):		
8 M pro Geleucht = 100 bei 12·5 Stück + 1 Glocke à 40 M . . . . . = 140·—	8 M × 40 Stück . . = 320·—	8 M × 40 Stück = = 320 M + 2 Gläser à 5 M . . . . . = 330·—
Summe RM. 1074·—	1728·—	2038·—
Stromverbrauch (jährlich 4000 h):		
0·75 kW × 12·5 Stück = = 9·4 kW bei 4000 Brennstunden = 37600 kWh und bei 0·10 pro kWh . = 3760·—	0·2 kW × 40 Stück pro km = 8 kW pro km bei 4000 h = = 32000 kWh à 0·10 = 3200·—	0·3 kW × 40 Stück pro km = 12 kW × × 4000 h = 48000 kWh à 0·10 . . . . . = 4800·—
Summe RM. 4834·—	4928·—	6838·—

Die Lichttechnik auf der Jahresschau „Die technische Stadt" Dresden 1928.

Von Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch, Dresden.

Die Dresdner Jahresschauen Deutscher Arbeit sind Dauerausstellungen, die alljährlich in der Zeit von Mai bis Oktober stattfinden. Anläßlich der 100-Jahrfeier der Technischen Hochschule Dresden hatte man für 1928 das Thema „Die Technische Stadt" gewählt. Wenn derartige Dauerausstellungen große Besucherzahlen aufweisen sollen, so müssen sie sich bewußt an einen möglichst großen Laienkreis wenden. Das schließt nicht aus, daß derartige Ausstellungen auch dem Fachmann manches Beachtenswerte bieten.

Auch für die im Rahmen der Elektrizitätsgruppe[1]) beabsichtigte Darstellung lichttechnischer Fragen mußte beachtet werden, daß der weitaus größte Teil der Besucher ohne jede technische Vorbildung die Ausstellung betrachten würde. Um aufklärend und damit erziehend auf die großen Massen wirken zu können, lassen sich die verschiedensten Ausstellungsmethoden anwenden. Bei den Fragen der Lichttechnik dürfte aber, besonders wenn es sich um laienhaftes Publikum handelt, in erster Linie die Methode des „guten Beispiels" die besten Wirkungen zeigen. In besonders hohem Maße gilt dies für das Gebiet der Haushaltlichtwerbung. Keine Zahlentafel, kein demonstrativer Versuch wirkt so erzieherisch, wie das gute Beispiel. Man hat deshalb bei der Behandlung lichttechnischer Fragen auf der Jahresschau „Die Technische Stadt" hierauf besonders Rücksicht genommen.

In Anbetracht der großen Bedeutung, die zweifellos der Haushaltlichtwerbung nicht nur vom hygienischen, sondern vor allem auch vom technisch-wirtschaftlichen Standpunkt — es gibt in Deutschland allein schätzungsweise 6·5 Mill. Haushaltungen — beizumessen ist, hat man dieser Frage besondere Beachtung geschenkt.

Der Verband Sächs. Elektrizitätswerke beabsichtigte eine vollständige Wohnung, bestehend aus Wohnzimmer, Schlafzimmer, Bad, Küche, Arbeitsraum, Wasch-

[1]) Vgl. die Beschreibung des Autors in E. u. M. 1928, H. 39, S. 942.

Digitized by Google

haus und Garage zu errichten, um hier elektrische Haushaltgeräte aller Art im praktischen Betrieb zeigen zu können. Es bot sich somit eine ausgezeichnete Gelegenheit, einwandfreie Beleuchtungsanlagen bei ganz normalen Wohnverhältnissen zu zeigen. Die Halle wurde deshalb abgedunkelt und sämtliche Räume auch tagsüber dauernd mit künstlicher Beleuchtung gezeigt[2]).

Die räumliche Anordnung der Wohnung ist derart, daß sich um eine ellipsenförmige Diele auf der einen Seite die Wohn- und Schlafzimmer, auf der anderen die Wirtschaftsräume gruppieren. Um die Diele auch lichttechnisch gewissermaßen als Mittelpunkt zu kennzeichnen, wurde sie mit einer besonders hellen, indirekten Beleuchtung ausgestattet. Die kuppelförmige Stuckdecke wurde durch insgesamt 100 normale Glühlampen zu 60 W, die in einer 3·5 m über dem Fußboden angebrachten Voute dem Auge des Besuchers unsichtbar angeordnet sind, erhellt. Durch richtig gewählte Abstände wurde eine völlig gleichmäßige, alle Lichtflecke vermeidende Beleuchtung der Kuppel erreicht. Es ist beachtenswert, daß die Kuppelwirkung wesentlich dadurch verbessert wurde, daß man der Stuckdecke einen lichtblauen Anstrich gab. In Verbindung mit der typischen Glühlampenlichtfarbe wurde so ein fast absolutes Weiß, das die Kuppel scheinbar unendlich hoch und fast „kristallen" erscheinen läßt, erzielt. Der Raum zeigt das alle indirekten Beleuchtungsanlagen charakterisierende, vornehme, ruhige Gepräge. Die große Anzahl der Lampen ergibt naturgemäß eine sehr hohe Beleuchtungsstärke. Bei Einschaltung aller Lampen wurden 140 Lux in 1 m Höhe über dem Fußboden gemessen.

Abb. 1. Das Wohnzimmer der Musterwohnung.

Im Speisezimmer betont eine Krone bewußt den Speisetisch als gedanklichen Mittelpunkt des Raumes, während eine Ständerlampe und eine Schreibtischlampe dem Schreibtisch und der „gemütlichen Ecke" besonderes Licht spenden. Abb. 1 zeigt die überaus künstlerische und dabei lichttechnisch gute Wirkung dieses Raumes. Das Schlafzimmer wird durch eine Deckenbeleuchtung nur schwach erhellt, während zwei als Wandarme ausgebildete Kugelleuchten dem Raum einen etwas freundlicheren Charakter verleihen. Selbstverständlich fehlen zwei Leselampen am Bett nicht. Erwähnenswert ist auch, daß der Wäsche- wie auch der Kleiderschrank eine besondere Innenbeleuchtung erhielten, die sich beim Öffnen der Tür selbsttätig einschaltet. Die lästige Erscheinung, daß in den weitaus meisten Haushaltungen der Benützer eines Schrankes mit seinem eigenen Schatten den Schrank verdunkelt, ist hier völlig beseitigt. Selbstverständlich wurden auch bei der Beleuchtung des Bades, sowie bei der der Waschtoilettenspiegel lichttechnische Gesichtspunkte beachtet. Besonderer Wert wurde auf eine genügend helle Beleuchtung der Küche gelegt. Gerade dieser Raum, der von der Hausfrau am allerhäufigsten benutzt wird, ist bei der Mehrzahl der Haushaltungen am schlechtesten beleuchtet. Der flache Emaillereflektor feiert hier noch wahre Triumphe! Um erzieherisch zu wirken, ist es häufig nötig, ein wenig über das Ziel hinaus zu schießen. So wurde auch hier bei dieser Ausstellungsküche fast etwas zu viel des Guten getan. Zwei Deckenleuchten geben eine gute gleichmäßige Allgemeinbeleuchtung, während zwei Wandarme Herd und Aufwaschtisch und ein Tiefstrahler den Küchentisch beleuchtet. Die erzielte Beleuchtungsstärke (90 Lux auf dem Küchentisch und 70 Lux auf dem Herd) liegen deshalb auch weit über den hiefür üblichen Werten. Auch im Arbeitsraum, im Waschraum und in der Garage wurden zweckmäßige, teils wasserdichte Armaturen verwendet.

Wenn nun der Ausstellungsbesucher an diesen praktischen Beispielen gesehen hat, wie man eine Wohnung zweckmäßig und dabei künstlerisch schön beleuchten kann, wird er zwei Fragen stellen. Wie kommt es, daß meine Wohnung so anders wirkt und wie kann ich mein Heim auch derart beleuchten? Um ihm die Beantwortung dieser Fragen zu erleichtern, wurden von der Abteilung Lichtwirtschaft der Osram G. m. b. H., Berlin, im Anschluß an die Musterwohnung in einem besonderen Raum, der die treffende Bezeichnung „Kennzeichen der guten Beleuchtung" führt, die wichtigsten lichttechnischen Gesetze anhand demonstrativer Versuche erklärt. Dem Besucher werden die Vorteile einer genügend starken Beleuchtung, Nachteile der Blendung, der Ungleichmäßigkeit usw. vor Augen geführt. Sehr instruktive Darstellungen zeigen das Kennzeichnende der direkten, indirekten und halbindirekten Beleuchtung, während in besonderen kleinen Kojen auf den Einfluß, den die Form der Armaturen sowie die Verschmutzung von Wänden, Decke und Beleuchtungskörper auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage hat, hingewiesen wird.

Zweifellos wird die Wirkung dieser systematischen Aufklärungsarbeit, die erst durch das „gute Beispiel" den Wunsch nach Gleichem beim Beschauer erweckt

[2]) Sämtliche Beleuchtungskörper wurden hiefür von der AEG zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

und ihm dann die wichtigsten Mittel zu einer Verbesserung anhand gibt, nicht ausbleiben.

Neben diesen Fragen der Haushaltlichtwerbung findet aber auch die Schaufenster- und Reklamebeleuchtung eingehende Beachtung. In einer 5 m langen Straße befinden sich neun Schaufenster, in denen die verschieden-

Abb. 2. Das Kugelhaus bei Nacht.

sten Gegenstände ausgestellt sind und die alle sich durch einwandfreie Beleuchtungsanlagen auszeichnen. Zudem bieten die vielen Lichtreklamekörper ein überaus freudiges Bild, das aber doch eine gewisse architektonische Geschlossenheit nicht vermissen läßt.

Ein besonders lehrhafter Wert kommt auch einem von der Eltgas G. m. b. H., Dresden, errichteten „Muster-

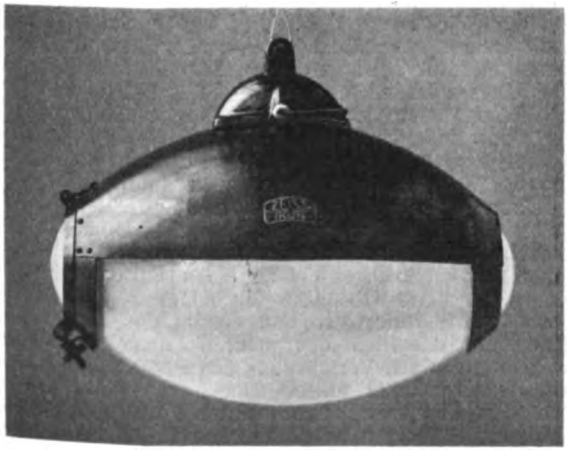


Abb. 3. Oval-Glocken-Spiegellampe.

laden" zu. Der Laden soll einerseits den Ausstellungsbesuchern die Möglichkeit der Erkundigung nach Preis und Leistung der verschiedensten Haushaltgeräte geben und andererseits ihn mit den verschiedenen Teilzahlungssystemen, insbesondere dem der Eltgas G. m. b. H., vertraut machen. Als drittes aber soll er dem Installateur und Elektrokaufmann zeigen, wie er am wirkungsvollsten seine Geräte dem Kunden im Laden und Schaufenster darbieten kann. Ein Motorschaltwerk schaltet nacheinander sechs verschiedene Beleuchtungsarten des Schaufensters ein, während jeweils ein entsprechendes Hinweisschild erscheint. Der Beschauer kann dabei selbst beurteilen, bei welcher Beleuchtungsart die Gegenstände am besten zur Geltung kommen. Auch die Schauschränke erhielten mustergültige Innenbeleuchtungen.

Das erste Kugelhaus der Welt, das als besondere Attraktion der Jahresschau anzusehen ist, enthält einige bemerkenswerte Beleuchtungsanlagen. Das im obersten Stockwerk gelegene Café wird durch eine indirekte Beleuchtung erhellt. Fast in der Mitte des kugelkalotten-

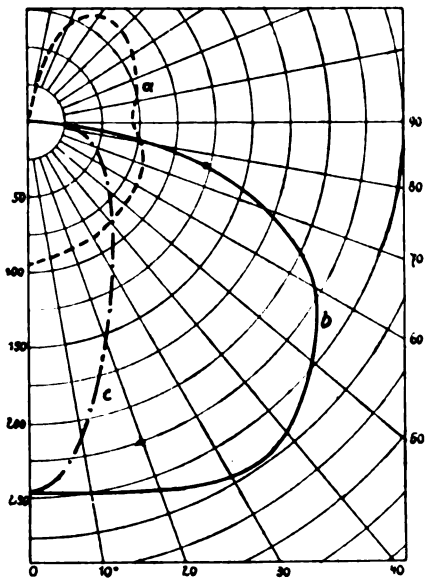


Abb. 4. Lichtverteilungskurve der Spiegellampe.

artig geformten Raumes ragt der röhrenförmig ausgebildete Fahrstuhlschacht empor, auf dessen Decke Strahler angebracht wurden, die die Kuppel ausleuchten, während eine ringsum gehende, über den Fenstern angebrachte aus Mattglas gebildete Hohlkehle teils direktes, teils indirektes Licht bietet. Der in der Mitte des

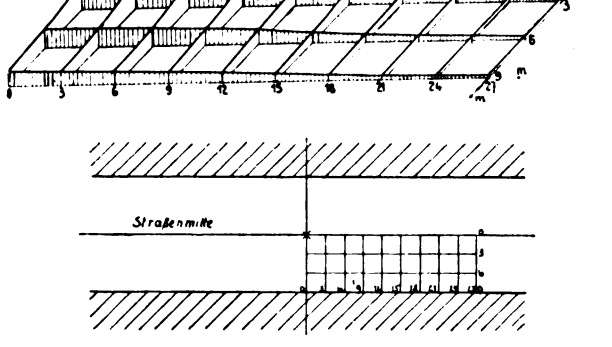


Abb. 5. Verteilung der Beleuchtungsstärke bei einer Straßenbeleuchtung durch Oval-Glocken-Spiegellampen.

Kugelhauses befindliche Schacht, der vom 2. bis zum 5. Stockwerk durchführt, so wie die in jedem Stockwerk befindlichen Rundgänge, werden durch einen fast 9 m langen Beleuchtungskörper gemeinsam erhellt, der aus 12 aneinandergereihten Röhrenlampen gebildet ist und als „Lichtstrick" eine recht gute Wirkung gibt.

Digitized by Google

Besonders imposant ist der äußere Eindruck des Kugelhauses bei Nacht. Im Erdgeschoß befinden sich lichterfüllte, von beiden Seiten zu besichtigende Schaufenster. Die Lichtflut der Fenster erweckt fast den Eindruck, als ob die massige Kugel stützenlos im Raum schwebt. Wie Abb. 2 zeigt, ist der Kugelleib bedeckt mit wirkungsvollen Lichtreklamen.

Als letztes sei noch auf einige beachtenswerte Straßenbeleuchtungsanlagen hingewiesen. Der vor dem Kugelhaus gelegene 9000 m² große Festplatz der Jahresschau erhielt eine mustergültige neue Beleuchtungsanlage. An 4 Masten von 17 m Höhe wurden je 3 AEG-Großflächenleuchten aufgehängt und mit je 2000 W-Lampen besteckt. Es wurde dadurch eine sehr helle, dem Festcharakter des Platzes entsprechende Beleuchtungsstärke erzielt, die sich durch große Gleichmäßigkeit auszeichnet. Die größte gemessene Beleuchtungsstärke beträgt 68 Lux, während als geringste 15 Lux festgestellt wurden. Wenn man als Güteverhltnis der Gleichmäßigkeit ansetzt:

$$g = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{68}{15} = 1:4{\cdot}5,$$

so erkennt man, daß dieser Unterschiedswert noch innerhalb jenes Bereichs liegt, das vom menschlichen Auge kaum wahrgenommen werden kann, sodaß der Platz demnach praktisch völlig gleichmäßig beleuchtet erscheint.

Erwähnenswert ist auch die Musterbeleuchtung einer Straße mit den neuen Oval-Glocken-Spiegellampen der Zeiss-Ikon A.-G. Durch eine besondere Formgebung des Spiegels wird hier nicht ein kreisrundes, sondern länglich geformtes Lichtfeld erreicht. Abb. 3 zeigt die Leuchte und Abb. 4 gibt die Lichtverteilungskurve wieder. Die Leuchte eignet sich demnach zur Beleuchtung schmaler Straßen, Durchfahrten, enger, langer Höfe, Laderampen, Gleisanlagen usw. Abb. 5 gibt ein recht anschauliches Bild von der Verteilung der Beleuchtungsstärke auf den Schnittebenen parallel und quer zur Straßenachse. Die Oval-Spiegelleuchte, mit einer 200 W-Lampe besteckt, ist hiebei 10 m über der Maßebene aufgehängt angenommen. Die Leuchte, die aus feuerverzinktem Eisenblech hergestellt ist zeigt bei 6·5 kg Gewicht folgende Abmessungen: Länge 480 mm, Breite 280 mm, Bauhöhe 360 mm.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß die Elektrizitätsgruppe bewußt den Gedanken der Lichtwirtschaft vertreten hat.

Rundschau.

Photometrie mit photoelektrischen Zellen[1]). Ch. Deshler und H. Schroeder beschreiben ein in den Edison Lamp Works der Gen. Electric Co. in Gebrauch stehendes Photometer dieser Art. Es besteht aus einem evakuierten Glaskolben, dessen Innenfläche, ein Fenster von ungefähr 5 cm Durchmesser ausgenommen, mit einer Silberschichte überzogen ist, die einerseits als Schirm, andererseits als elektrischer Kontakt dient. Auf der Silberschichte ist eine Lage eines lichtempfindlichen Caesiumfilms aufgetragen. Die Anode, die durch den röhrenförmigen Teil des Kolbens hindurchgeht, hat am Ende eine kleine Metallscheibe, die im Zentrum der kugelförmigen Teile des Kolbens zu liegen kommt. Die Kathode wird von einem schwachen Platindraht gebildet, der mit der Silberschicht und dem Caesiumfilm elektrisch verbunden ist. Dieser Glaskolben befindet sich in einem lichtdichten Gehäuse, das auf dem Äquator der Kugel des Kugelphotometers aufsitzt. Das Licht der Lampe in der Kugel des Photometers geht durch das Fenster in der Kugel, die kugelförmige Prüfspalte, Lichtfilter, Fenster der Zelle und fällt schließlich auf den lichtempfindlichen Überzug an der inneren Fläche der Zelle. Die hiedurch bewirkte Elektronenmission bzw. der schwache Strom von einem Mikroampere wird durch ein Galvanometer oder ein Mikroamperemeter gemessen. Wegen der schwachen Ströme ist es erforderlich, daß in dem Zellkreis keine induzierten Ströme auftreten und der Isolierzustand ein guter ist. Dem „dunklen Strome" muß Beachtung geschenkt werden, wenn auf die Zelle kein Lichtstrom fällt. Dieser Strom ist zuzuschreiben der Luftfeuchtigkeit, die die äußere Fläche der Zelle leitend macht. Der Widerstand dieses Weges kann von 100 000 Megohm bei trockenem Wetter bis auf 100 Megohm bei feuchtem Wetter sinken. Ein leichtes Erwärmen der Zelle oder ein die Feuchtigkeit absorbierendes Mittel beseitigt diesen Fehler. Die Zelle wirkt zeitlos; sie vermag 200 000 Lichtschwankungen in der Sekunde anzuzeigen; die Elektronenemission einer gegebenen Zelle hängt von drei Faktoren ab, von der Spannung an der Zelle, von der Beleuchtungsstärke und von der Wellenlänge des Lichtes; diese Abhängigkeiten zu bestimmen, ist wichtig. Das wichtigste Erfordernis, das eine Photoelektrikzelle zu erfüllen hat, soll die Ablenkung ein direktes Maß bei photometrischen Messungen sein, ist die Proportionalität zwischen Beleuchtungsstärke und Galvanometerablesung. Diese Proportionalität kann sichergestellt werden durch Änderung des Standes der Lichtquelle, durch rotierende Sektorscheiben, durch Lampen derselben Lumen je Watt bei verschiedenen Lumen, durch Nicolprismen und absorbierende Schirme. Diese lineare Abhängigkeit bildete lange den Gegenstand eingehender Untersuchungen, die ergaben, daß die geforderte Linearität wesentlich von der Konstruktion der Zelle bedingt wird; die Zellen von Elster und Geitel, von Hughes, Ives und Kunz erfüllen diese Bedingung. Die Abhängigkeit von der Wellenlänge ist nicht die gleiche wie beim menschlichem Auge. Während die Farbenempfindlichkeit beim Auge ungefähr bei einer Wellenlänge von 0·56 μ am besten ist, ist dies bei der Zelle bei einer Wellenlänge von 0·44 μ der Fall. Wenn das Licht einer Lampe von bekannter Kerzenstärke, die bei einem gegebenen Wirkungsgrad betrieben wird, auf eine Photoelektrikzelle fällt und einen elektrischen Strom erzeugt, so wird das Licht einer Lampe der gleichen Bauart, die aber mit dem gleichen Wirkungsgrad betrieben wird, einen Strom erzeugen, der der Kerzenstärke proportional ist. Dies ist nicht der Fall, wenn der Wirkungsgrad beider Lampen ein ungleicher ist; die Lampe von höherem Wirkungsgrad und höherer Fadentemperatur wird vermehrte Strahlen von kürzerer Wellenlänge aussenden, auf die die Zelle stärker reagiert als das menschliche Auge. Die spektrale Abhängigkeit der Zelle kann durch Filter beeinflußt werden. Die Erfahrungen ergaben, daß die Zellenangaben im Laufe der Zeit geringen Änderungen unterliegen.

Über weitere Untersuchungen berichten C. H. Sharp und H. A. Smith. Sie benützten zunächst eine Photozelle, auf die das Licht der beiden zu vergleichenden Lampen fiel, nachdem es eine zur einen Hälfte versilberte, zur anderen klare Glasplatte durchlaufen hatte. Diese Scheibe wurde rotiert, so daß einmal das Licht einer Lampe, dann das Licht der anderen Lampe zur Photozelle gelangte. Nach Verstärkung des Photostromes wird dieser gleichgerichtet mittels eines an der Achse der rotierenden Glasplatte angebrachten Kommutators. Die Gleichheit der beiden Wirkungen zeigte das Galvanometer an. Dieser Kommutator hatte im Betriebe manche Nachteile gezeigt und wurde ersetzt durch eine oszillierende Vorrichtung mit Stoßkontakt. Von außen kommende elektrische Störungen müssen ferngehalten werden; es geschieht dies am besten durch Anordnung eines Nebenschlusses von 10 Megohm zwischen Gitter und Faden. Die hiedurch bewirkte Schwächung des Photostromes kann leicht durch Verstärkung behoben werden. Abb. 1 zeigt eine Schaltung, bei der in den einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke ein Ver-

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 85, 123; 1926, S. 41; 1927, S. 18.

Digitized by Google

stärker in dem zweiten Zweig ein zweiter Verstärker angeordnet ist, während die übrigen beiden Zweige zwei Widerstände von je 50 000 Ohm bilden. Durch Änderung des negativen Potentiales am Gitter der zweiten Verstärkerröhre erfolgt die Abgleichung. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß Schwankungen in der Fadenspannung auf die beiden Röhren in gleicher Weise verteilt werden und daher den Ausgleich nicht stören. Durch Vorschaltung einer Gleichspannung von bestimmter Größe vor dem Gitter der ersten Verstärkerröhre kann erreicht werden, daß diese Verstärkerröhre in einem brauchbaren Teile der Charakteristik wirkt. Statt einer Photozelle können auch zwei miteinander in Reihe geschaltete Zellen verwendet werden, die an eine Batterie angeschlossen sind, welche mit dem Wheatstoneschen Kreis der Abb. 1 verbunden

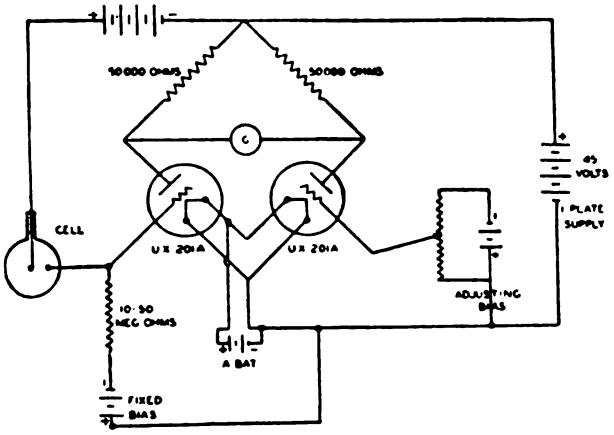


Abb. 1.

ist. Auf die eine Zelle fällt das Licht der zu prüfenden Lampe, auf die andere das der Normallampe, die auf einer Bank solange verschoben wird, bis in der Brücke kein Strom fließt. Bei diesen Messungen ist darauf zu achten, daß die Leuchtfäden der beiden Lampen möglichst gleichen Durchmesser haben. Die Farbenempfindlichkeit der Photozelle hängt von dem Material der Kathode ab. Natriumzellen sind empfindlich für kurze Wellen; Kalium erstreckt seine Empfindlichkeit gegen das Rot, Rubidium ist hochempfindlich für rot, jedoch weniger empfindlich als Kaliumzellen. Elster und Geitel haben eine Kaliumzelle angegeben, die sich bewährte. Die Röhre wird auf der Innenseite, das Fenster für den Eintritt ausgenommen, versilbert; hierauf wird eine kleine Menge Kalium eingeführt und diese nach dem Auspumpen verdampft; es bildet sich ein Kaliumniederschlag auf dem Silberbelag. Unter geeignetem Druck wird Wasserstoff eingeleitet und zwischen den Elektroden ein Glimmstrom erzeugt; die Kaliumschichte ändert ihre Farbe, man nimmt an, daß sich Kaliumhydrid bildet, hierauf wird der Wasserstoff entfernt und ein Edelgas, beispielsweise Argon eingeführt und evakuiert. Diese Zellen gaben sehr befriedigende Resultate, nur scheint es, als ob die Photozellen nicht ganz stabil sind. Mit Hilfe solcher Zellen nahm Koller Tageslichtmessungen vor, worüber er in der Februarnummer der General Electric Review berichtet. L. K.

(Trans. Illum. Eng. Soc. Bd. 23, Nr. 4, 1928.)

Beleuchtung und Leistung.[1]) Der Zusammenhang zwischen diesen zwei Größen wurde im Pariser Gewerbemuseum nach einem neuen Gesichtspunkte untersucht. R. Faillie ging dabei von der Beobachtung aus, daß bei den meisten Arbeiten Bewegtes und Ruhendes fast von der gleichen Farbe sind, zum Beispiel Werkzeug und Fabrikat bei Bearbeitung des Eisens; auch in der Spinnerei und Weberei usw. Ferner nimmt er als Maß für die Verbesserung der Leistung, die Verkleinerung der Reaktionszeit an, der Zeit zwischen dem Augenblicke, wo der Arbeitende das Objekt bewußt gewahr wird und jenem Augenblicke, wo er durch Körperbewegung, etwa Ergreifen eines Hebels, auf das Gewahrwerden reagiert. Hieraus ergab sich eine gegenüber amerikanischen Untersuchungen recht einfache Versuchsanordnung: Sie besteht aus einem Zeiger, der sich über ein gleichfarbiges Zifferblatt bewegen kann und einer Hebelvorrichtung, die bei einen Handgriff den Zeiger stillstehen macht; die Zeitmessung wird mit Hilfe eines D'Arsonvalschen Chronoskopes vorgenommen. Vier Versuchspersonen beobachteten in 60 cm Entfernung die Zifferblätter in einem Zimmer, in dem sich Feuchtigkeit und Temperatur unverändert hielten, das weiters behufs Blendungsvermeidung indirekt beleuchtet war; die Abstufung der Beleuchtung wurde durch Einsetzen größerer Glühlampentypen vorgenommen. Luxmeter von Blondel und Macbeth dienten zur Messung der Beleuchtungsstärke, hauptsächlich der vertikalen Beleuchtungsstärke am Zifferblatt, die sich halb so groß erwies als die horizontale Beleuchtungsstärke in unmittelbarer Nähe des Zifferblattes. Aus 3000 Messungen, 50 je Punkt, wurde die Kurve für die Reaktionszeiten in Zehntelsekunden und die Vertikalbeleuchtungsstärke verzeichnet. Sie zeigt 0·30 Sekunden für rund 5 HLx, 0·18 Sekunden bei etwa 30 HLx; über 30 HLx Vertikalbeleuchtungsstärke ändert sich die „Reaktionszeit" praktisch gar nicht mehr. Beim Übergang von 18 HLx auf 30 HLx stellt sich ein Gewinn von 0·05 sec, nahezu 25 vH demnach an der Leistung ein, eine Zahl, die auch in den amerikanischen Untersuchungen vorkommt. Im gleichen Maße, darf man schließen, nimmt die Anzahl der Unfälle ab, die ja durch die Größe der Reaktionszeit bedingt ist. Die jetzige Pariser Stadtbeleuchtung mit ihren 1·7 HLx in den verkehrsreichsten Straßen bringt 10 bis 12 Hundertstel Sekunden Verzögerung bei den Manipulationen der Fahrzeuglenker, insbesondere Autolenker, mit sich, oder eine wahrscheinliche Erhöhung der Unfallsziffer um 30 bis 40 vH.

(Lux, 1928, Nr. 5.)

Über ein Meßgerät und Meßverfahren zur Bestimmung des Reflexionsvermögens von Anstrichen und Tapeten hielt Prof. Dr. J. Teichmüller in der letzten Sitzung der Lichttechnischen Gesellschaft in Karlsruhe einen interessanten Vortrag. Eingangs erinnerte der Vortragende daran, daß das Licht, das durch die Fenster in den Raum strömt, oder das künstliche Licht, das von Lampen ausgestrahlt wird, die ins Auge gefaßte Stelle des Raumes nicht nur mittelbar trifft, sondern auch auf dem Umwege über die Begrenzungsflächen, an denen es ein- oder mehrmal reflektiert wird. Dieser durch Reflexion an Decke und Wänden gewonnene Anteil an der Beleuchtungsstärke ist sehr groß; er kann sehr leicht gerade so groß werden wie die vom direkten Licht erzielte, so daß die endgültig erreichte Beleuchtungsstärke verdoppelt wird; er kann aber sogar verdreifacht werden, wenn die Tapeten oder die Anstriche ein sehr großes Reflexionsvermögen besitzen. Man erkennt hieraus die große Bedeutung, die das Reflexionsvermögen der Tapeten und Anstriche für die Beleuchtung der Innenräume hat; kann man doch einen Raum mit zuerst dunklen Wänden, den man mit elektrischen Glühlampen ausreichend beleuchtet hat, eben so stark mit halb so großen oder halb so vielen Lampen beleuchten, wenn man die Wände hell angestrichen oder tapeziert hat und kann im günstigsten Falle sogar mit dem dritten Teil der Lampen auskommen oder ein Drittel so große nehmen. Daß es bisher nicht üblich ist, bei der Wahl von Tapeten oder Anstrichen nach deren Reflexionsvermögen zu fragen, liegt zum Teil an der Unkenntnis der Verhältnisse, zum Teil aber auch daran, daß es bisher kein Verfahren zur Messung des Reflexionsvermögens von Tapeten und Anstrichen gab[1]). Zwar bietet uns die Photometrie Instrumente und Meßverfahren zur Messung des Reflexionsvermögens der Körperoberflächen; die sind aber einerseits so umständlich, daß sie für die schlichte Praxis nicht in Frage kommen, andererseits versagen sie vollständig, wenn die

[1]) Vgl. a. Die Lichttechnik, 1927, S. 1.

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1926, S. 82; 1927, S. 26.

Digitized by Google

Oberfläche in Farbe und Körperhelligkeit nicht völlig einheitlich, sondern mit Mustern bemalt oder bedruckt sind, wie es bei Tapeten fast immer der Fall ist.

Teichmüller hat nun ein Meßverfahren angegeben, daß diese Mängel nicht hat und für die tägliche Praxis der Industrie geeignet ist. Ein würfelförmiger Kasten von einem halben Meter Seitenlänge wird im Innern von einer an der oberen Seite in der Mitte angebrachten Glühlampe beleuchtet. In der Mitte einer der senkrechten Seiten ist ein Loch von 3 cm Durchmesser, ein sogenanntes Meßfenster ausgeschnitten, in das der Tubus eines Beleuchtungsmessers so hineingeschoben wird, daß die Beleuchtungsstärke an dieser Stelle der Wand gemessen werden kann. Diese Beleuchtungsstärke wird nun bei gleichbleibendem Lichtstrom der Glühlampe verschieden sein, wenn die Innenwände des Kastens mit verschiedenen Tapeten oder Anstrichen ausgekleidet sind. Man kann also aus der gemessenen Beleuchtungsstärke auf die Körperhelligkeit und damit das Reflexionsvermögen der Tapeten und Anstriche schließen. Damit nun die Reflexionsvermögen wie bestimmte Zahlen angegeben werden können, muß die Meßeinrichtung geeicht werden: das geschieht dadurch, daß die Innenwände des Kastens mit Flächen bekannten Reflexionsvermögens ausgekleidet und die dabei erzielten Beleuchtungsstärken gemessen werden. Zu dieser Auskleidung empfehlen sich die Grautünchen Ostwalds[1]), die in zehn Abstufungen verwendet werden. Sie umfassen die Reflexionsvermögen von 81·5 vH, also einem hellen Weiß, bis zu 2·3 vH, also einem recht dunklen Schwarz, somit einen Bereich von solchem Umfange, daß man sicher sein kann, daß alle praktisch vorkommenden Tapeten und Anstriche in ihn hineinfallen. Die Messung der Beleuchtungsstärken bei Anwendung der verschiedenen bekannten Grau der Grauleiter liefert die gewünschte Eichung, am bequemsten in Form einer Eichkurve. Die bei Auskleidung des Würfels mit einer unbekannten Tapete oder Anstrich gemessenen Beleuchtungsstärken gestatten dann offenbar sofort die Angabe des Reflexionsvermögens dieser Tapete oder des Anstriches in bestimmten Zahlen. Bei allen Messungen war das auf das Meßfenster von der Glühlampe direkt ausgestrahlte Licht abgeblendet: es wurde also nur das durch Reflexion auf das Meßfenster gelangte Licht gemessen. Die Auskleidung aller sechs Würfelwände war nun ziemlich unbequem. Es wurde deshalb versucht, ob man nicht mit der Auskleidung einer einzigen Wand auskommen könnte. Ein sehr guter Erfolg wurde erzielt, wenn nur die dem Meßfenster gegenüberliegende Wand, die als Schiebetür ausgebildet war, mit dem zu untersuchenden Stoffe, die anderen Wände aber mit schwarzem Samt ausgekleidet waren. Selbstverständlich mußte bei der Eichung in derselben Weise verfahren worden sein.

Die an einer großen Anzahl von Tapeten und Anstrichen angegebenen, nach dem neuen Verfahren gemessenen Reflexionsvermögen überraschen dadurch, daß sie von den mit dem bloßen Auge gewonnenen Urteil stark abweichen. Bei der großen Bedeutung, die die Körperhelligkeit der Tapeten und Anstriche für die Beleuchtung der Innenräume hat und der Sorgfalt, mit der heute Beleuchtungsprojekte ausgearbeitet werden, ist damit zu rechnen, daß künftighin beim Einkauf von Tapeten oder der Wahl von Anstrichen nach dem Reflexionsvermögen gefragt werden wird.

Ein neuer Beleuchtungskörper. Es war bisher ziemlich schwierig, für hohe, hallenartige Räume, wie sie vor allem in großen Kaufhäusern anzutreffen sind, Beleuchtungskörper zu schaffen, die sich einerseits der Architektur, die sich ja gerade heute durch einfache Linien auszeichnet, anpassen, andererseits den lichttechnischen Anforderungen restlos genügen und in ihrer Gesamtheit einen gefälligen Eindruck schaffen. Für ein Berliner Warenhaus schuf Prof. Straumer einen derartigen Beleuchtungskörper, der von der Deckenmitte eines 17 m hohen, von einer Glasoberlichtdecke abgeschlossenen Lichthofes herabhängt. Die Länge dieses Beleuchtungskörpers beträgt 12 m, der Durchmesser 2·50 m und das Gewicht 2500 kg. In den verschiedenen Abschnitten des Beleuchtungskörpers sind 386 Osram-Soffittenlampen verwendet mit einer Gesamtleistung von 15 kW, die sowohl zugleich als auch in verschiedenen Abschnitten getrennt voneinander eingeschaltet werden können. Eine vorzügliche Lichtwirkung, unter Vermeidung jeglicher Blendung wird dadurch erzielt, daß die Soffittenlampen von geschlossenen runden Glaszylindern aus Opalüberfangglas umgeben werden, wodurch die richtige Lichtstreuung einwandfrei erzielt wird. Selbst von den oberen Stockwerken erscheint der Beleuchtungskörper vollkommen blendungsfrei, während andererseits das milde Licht alle Räume genügend stark erhellt. In ähnlicher Weise sind für die anschließenden Räume kleinere Beleuchtungskörper angebracht worden, die sich gleichfalls gut in den Raum eingliedern, wobei als eine Art Zusatzbeleuchtung Lichtträger als kapitalartige Bekrönung der Wandpfeiler sowie als schlichte, jedoch der Form nach sehr gefällige Röhrenwandarme an breiten viereckigen Säulen gedacht sind.

Ing. Koch.

(Licht und Lampe, Jg. 17, H. 3, 1928.)

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1927, S. 93.

Chronik.

Fünfundzwanzig Jahre Vertex. In diesen Tagen feiert die Österr. Glühlampenindustrie ein bemerkenswertes Jubiläum. Vor 25 Jahren hat Dr. Auer-Welsbach in Atzgersdorf bei Wien, in der von ihm gegründeten Osmium-Lichtunternehmung die fabriksmäßige Erzeugung der ersten gebrauchsfähigen Metallfadenglühlampe aufgenommen. Das Verfahren stützte sich auf das zu Beginn des Jahres 1898 von Auer angemeldete Ö. P. Nr. 9061 „Aus Osmium bestehende Fäden und Verfahren zu deren Herstellung", womit die Ära der modernen Glühlampenerzeugung, des gezogenen Wolframdrahtes anstelle des gepreßten Metallfadens, eingeleitet wurde. Die nach diesem Verfahren hergestellte Lampe wurde unter dem Namen „Vertex" auf den Markt gebracht. Durch diese Erfindung konnte der Rückschlag behoben werden, den Auers Erfindung des Glühstrumpfes der damaligen elektrischen Glühlampenbeleuchtung durch Kohleglühlampen zufügte.

Das von Auer gegründete Unternehmen wurde im Jahre 1906 vom amerikanischen Großindustriellen George Westinghouse, der die Bedeutung der neuen stromsparenden Lampe erkannte, erworben und als Westinghouse-Metallfaden-Glühlampenfabrik betrieben. Im Jahre 1921 änderte das Unternehmen seine Besitzer. Seit dieser Zeit führt es die Firmenbezeichnung: Vertex Elektrowerk Ges. m. b. H.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

VORTRAG

Donnerstag, den 11. Oktober 1928, um 6 Uhr abends, im Vortragssaal des Wissenschaftlichen Klubs, Wien VI., Getreidemarkt 7, Vortrag von Herrn Ing. H. Koch, Wien, über: **„Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Operationssaalbeleuchtung."** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsübersicht: 1. Lichttechnische Grundlagen der Beleuchtung. 2. Die für Höchstleistung des Sehens notwendige Lichtdichte der Wundfläche. 3. Leuchtdichte der Wunden und Beleuchtungsstärke. 4. Das natürliche Tageslicht. 5. Künstliche Beleuchtung. 6. Die zweckmäßige Richtung der Strahlen bei der künstlichen Beleuchtung. 7. Die Bewertung der Kontraste im Beobachtungsfeld und zwischen Beobachtungsfeld und Umgebung. 8. Künstliches Tageslicht. 9. Zusammenfassung.

Der Vortrag wird im Einvernehmen mit der „Prüf- und Beratungsstelle für Medizinische Apparate und Instrumente in Wien" veranstaltet.

Der erste Schriftführer:
Dr. Ing. J. Ondracek, e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestatte.

Heft 10 **28. Oktober 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. L. Finlayson und Dr. J. Ondracek: Fortschritte in der Beleuchtungstechnik. S. 97. — RUNDSCHAU. S. 103. — LITERATURBERICHTE. S. 104.

Fortschritte in der Beleuchtungstechnik.

Wie alljährlich, veröffentlicht auch für die Periode 1926/27 die Illuminating Engineering Society in Amerika einen eingehenden Bericht über die auf der Welt erzielten Fortschritte in der Beleuchtungstechnik. Aus der umfangreichen Arbeit, die im Heft Nr. 7, 1927, der „Transactions" der Gesellschaft veröffentlicht ist, soll im Nachstehenden auszugsweise berichtet werden. (Vgl. den Bericht für 1925/26: Die Lichttechnik 1927, S. 16.)

Eingangs werden einige statistische Angaben über Gasbeleuchtung gemacht. Die Gasindustrie in den V. St. A. produzierte im Jahre 1925 zirka 11 Billionen m³ gegen 3·4 Billionen m³ im Jahre 1906. Es wurde u. a. durch Untersuchung festgestellt, daß eine leuchtende Flamme infolge der Diffraktion des Lichtes an den Kohlenteilchen gleiche optische Eigenschaften wie ein trübes Medium habe. Für die Hefnerlampe wurde die Größe dieser Partikel und die Tatsache festgestellt, daß die Intensität des gebeugten Lichtes gegen die kürzeren Wellen hin ansteigt. Die Flammentemperatur wurde mit 1690° abs. bestimmt. Eine gründliche Untersuchung der Charakteristiken flacher Flammen von Naturgas und unter Benützung von Brennern alter Type mit Lavamundstücken wurde vorgenommen, bei der sich ergab, daß der Druck und die Strömung durch die Verbrennung des Gases beeinflußt werden, ferner, daß es ein Maximum des Flackerns, der Form und der Temperatur der Flamme gibt. Die Strahlung von Leuchtgas-, Methan-, Äthylen- und Azetylenflammen wurde mittels Thermosäule bestimmt. Bei Azetylen entfallen 28·2 vH der Verbrennungswärme auf Strahlung. Die angenäherte Zahl der Kerzenstunden, die man für einen Pence (0·143 g) erhält, beträgt 140 K.-St. bei der gewöhnlichen Kerze, 720 K.-St. bei Öl mit Docht, 3960 bei Öl mit Strumpf, 1000 bei offener Gasflamme, 6000 bei hängendem Niederdruck-Gasglühlicht, 14 286 bei Hochdrucklampen, 1920 bei Wolframlampen, 3636 bei gasgefüllten Wolframlampen und 9056 K.-St. endlich bei Flammenbogenlampen. Was die Brenner betrifft, ist eine Neuerung die Verwendung von durchlochtem Steatit an Stelle des Drahtnetzes in der Brennertülle, welches nicht korrodiert und nicht durch Staub verstopft wird; es verhindert das Zurückschlagen der Flamme und dämpft das Geräusch derselben.

Azetylen wird für spezielle Beleuchtungszwecke noch immer ziemlich viel verwendet; mittels einer spektral-pyrometrischen Methode wurde die wahre Temperatur der Azetylenflamme mit 2210° abs. festgestellt.

Hinsichtlich der elektrischen Beleuchtung zerfällt der Bericht in einen rein wissenschaftlichen und in einen praktischen Teil. Der erstere behandelt vor allem die

Lichtquellen.

Glühlampen. Die Wolframfadenglühlampe ist nun auf einer Entwicklungsstufe angelangt, auf der Weiterentwicklung nur mehr in der Richtung der Verfeinerung der Konstruktion und in Bemühungen zur Verbesserung der Ökonomie und der mechanischen Vollendung liegt. Die Reduktion der Zahl der Größen und Formen ist allgemein durchgeführt und zur Normalisierung gebracht worden. Der Ersatz der klaren Ballons durch innen mattierte hat zur Verminderung der Blendung beigetragen. Taschenlampen, Automobil-, Christbaum- und andere Zwerglampen nicht gerechnet, erreichte der Verbrauch in den Vereinigten Staaten im Jahre 1926 294 Mill., ein Mehr von 11·8 vH gegen das Vorjahr. Der prozentuelle Anstieg in Lumen war ungefähr das Doppelte hiervon und sowohl mittlere Lumen als W und Lumen/W sind die höchsten, die in der Geschichte der Beleuchtungsindustrie bis jetzt erreicht worden sind. Die Bemühungen, die Spannung zu vereinheitlichen, tragen noch immer Früchte, denn die 115-V-Gruppe macht nicht nur 89·5 vH aller großen Lampen aus, sondern auch 48·3 vH aller Lampen im Bereich von 100 bis 130 V. Bei Zugsbeleuchtungslampen vertreten 32- und 64-V-Lampen 71·4 vH der ungefähr 2·4 Mill. betragenden Gesamtzahl. Bezüglich der Lampengröße ist zu konstatieren, daß die Nachfrage nach 50- und 100-W-Lampen auf Kosten der 75-W-Lampe zugenommen hat. Bei 25- und 50-W-Lampen ist eine Abnahme des Verbrauchs zugunsten der 40-W-Lampe zu verzeichnen. Bei den Lampen für Straßenbeleuchtung in Reihenschaltung behauptet die 6·6-A-Lampe noch immer ihren bevorzugten Platz. Für Fabriksbeleuchtung wird die 150-W-Lampe der 200-wattigen vorgezogen. In Großbritannien war 1925 der Verbrauch 36 Mill. gegen 20 Mill. im Jahre 1922 und sogar nur 15 Mill. im Jahre 1916. Die Erzeugung von Metallfaden- und Nernstlampen in Deutschland[1]) erreichte 1925 ungefähr 78 Mill. gegen 71·5 im Jahre 1924; davon sind ungefähr 29 Mill. in das Ausland gegangen. Die 25-W-Lampe ist die führende, doch zeigt die 40-W-Lampe immerhin eine Zunahme gegen die früheren Jahre. In den V. St. A. betrug der Verbrauch an sogenannten Miniaturlampen (Taschenlampen, Christbaum-, Automobillampen u. dgl.) 188 Mill. Wolfram- und fast 14 Mill. Kohlenfadenlampen. Von diesen entfielen annähernd 116 Mill. auf Automobillampen.

Was die Lampenfabrikation selbst betrifft, sind nur Änderungen in der Art der Mattierung und Färbung der Ballons für bestimmte Zwecke in der Fadenanordnung u. dgl. zu verzeichnen. Zum Beispiel wurden für rauhe Behandlung zwei Arten von 50-W-Lampen speziell hergestellt, und zwar eine zum Ertragen harter Stöße mit einer Anfangsökonomie von 8·7 Lumen/W und eine für starke Vibrationen mit 10·3 Lumen/W. Für Verkehrssignale wurde eine 60-W-Lampe mit halbkonzentriertem Leuchtkörper geschaffen, welche in einem parabolischen Reflektor ein vertikales Lichtbündel von ungefähr 15° gibt.

Versuche über die Festigkeit glühender Wolframdrähte zeigten die Überlegenheit der Einkristallfäden oder der Fäden mit langen Kristallen über die kleinkristallinischen. Es wurde eine Versuchsreihe über die elektrischen und lichttechnischen Eigenschaften der

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 48.

Digitized by Google

Wolframlampen mit Drähten aus verschiedenen Stücken desselben Drahtes und mit Drähten verschiedener Herstellungsart ausgeführt. Es zeigte sich, daß die Unterschiede in Strom, Lichtstärke, Widerstand Wattverbrauch usw. in den meisten Fällen von der Größenordnung eines Zehntel vom Hundert sind, nur der Einkristallfaden nach dem Pintschverfahren hat bei gleicher Farbtemperatur eine um 0·1 vH höhere Ökonomie als gezogener Draht. Änderungen in der Ökonomie sind Ungleichheiten im einzelnen Faden und verschiedener Absorption des Glases zuzuschreiben. Der Temperaturkoeffizient scheint mehr von der mechanischen Bearbeitung als von zufälligen Verunreinigungen des Fadens abzuhängen[2]).

Eine Feststellung der Güte des Vakuums durch ein Ionisationsverfahren an Stelle der Teslaprobe wurde versucht. Bei Annäherung einer eingeschalteten Lampe an einen geladenen Körper, z. B. an ein geladenes Hartgummistück, bauchen sich die Lampenfäden im Maß der Annäherungsgeschwindigkeit aus. Je geringer die Geschwindigkeit nun sein kann, um noch Ausbauchung zu erzeugen, desto besser ist das Vakuum der Lampe. Bei gleicher Annäherungsgeschwindigkeit kann durch Erhöhung der Lampenspannung bewirkt werden, daß keine Ausbauchung mehr auftritt. Darauf beruht eine zweite Art der Vakuumbestimmung: je höher nämlich die zur Verhinderung der Ausbauchung nötige Spannung ist, desto besser ist das Vakuum. Auch eine Methode, bei der die Lampe als Kondensator verwendet wird, wurde zur Bestimmung des Vakuums ausgearbeitet. Es wurden verschiedene Versuche über Stromschwankungseinflüsse vorgenommen. So wurde untersucht, welche Perioden für das menschliche Auge noch wahrnehmbar sind und es wurde im Bereich von 6 bis 10 Per/s, was der Geschwindigkeitsgrenze von Gasmotoren entspricht, eine Schwankung von höchstens 0·2 vH als zulässig gefunden. Bezüglich der Netzschwankungen wurde festgestellt, daß ein fünfprozentiger Spannungsabfall einen Mehraufwand an Energie von 15·2 vH nach sich zieht, wenn dasselbe Licht wie bei normaler Spannung erhalten werden soll.

Eine Prüfung der Emission einer gasgefüllten 1500 W-Lampe für therapeutische Zwecke ergab eine außerordentlich geringe ultraviolette Strahlung. Der verwendete Klarglasballon absorbierte praktisch die ganze Strahlung von Wellenlängen über 3 μ und wirklich vollständig die über 4·5 μ. Die niedrige, vom Ballon ausgehende Temperaturstrahlung ist nicht imstande, die Haut zu durchdringen, dagegen vermag die Strahlung des Fadens zwischen 0·6 und 1·4 μ die ungefähr 30 vH der Gesamtstrahlung beträgt, tief in die Haut einzudringen. Der Einfluß der Schirme auf die Temperatur des Glasballons war bei gasgefüllten Lampen geringer als der des Winkels, unter welchem die Lampe geneigt war; bei Vakuumlampen waren die Änderungen überhaupt geringfügig. Als Maximaltemperaturen ergaben sich für die Vakuumlampe ohne Schirm 46°, für die gasgefüllte ohne Schirm 120° und mit Schirm 140°.

Für Lampen über 750 W, bei denen sich infolge Lockerwerdens der Sockel häufig Übelstände ergeben, wurde ein Goliathsockel mit einer Messinghülse und einer Klemmvorrichtung konstruiert, welcher ohne Verwendung eines Kittes an den Ballon befestigt wird. Für kleine Reflektoren wurde ein Sockel konstruiert, der aus zwei Teilen, einem glatten Ring und einer äußeren Hülse besteht, welche an dem Ring allseitig beweglich ist; sobald die Lampe richtig im Reflektorbrennpunkt eingestellt ist, wird die gegenseitige Lage der Sockelteile mittels Lots fixiert. Als Vorschaltwiderstände für Niedervoltwolframlampen, die an 110- oder 220-V-Netzen verwendet werden, erhalten Wolframballastlampen vor Eisen- und Kohlenwiderständen den Vorzug. Zur Vorbeugung gegen Lampendiebstahl wurde ein einfacher Apparat hergestellt, mittels dessen der Konsument selbst seinen Namen auf die von ihm verwendeten Lampen stempeln kann.

Bogenlampen. In den V. St. A. fehlen Statistiken über den Verbrauch von Bogenlampen; in Deutschland stieg die Menge der erzeugten Bogenlampenkohlen von 716 t im Jahre 1924 auf 777 t im 1925, dagegen nahm die Zahl der erzeugten Quecksilberdampflampen im selben Zeitraum von 4200 auf 1900 ab. Eine neuartige, gelbflammige Bogenlampe mit geschlossener Glocke, bei welcher ein Kohlenpaar durch 120 Stunden brennt, und deren Licht nebeldurchdringend ist[3]), ist eine Differentiallampe mit 42 V Elektrodenspannung; sie besitzt eine Vorkehrung zur Verhinderung der Rußablagerung dort, wo je das Licht beeinträchtigen könnte. Die Ökonomie der Lampe beträgt 20 bis 30 Lumen pro W. Für medizinische Zwecke steht gegenwärtig eine große Auswahl an Lampen zur Verfügung. Eine Kohlenbogenlampe mit einer die Kohlen umgebenden Quarzröhre gibt eine Bogenlänge von ungefähr 7·5 cm, welche 75 vH der vorhandenen Spannung aufnimmt, so daß ein ungewöhnlich hoher Prozentsatz der zugeführten Energie tatsächlich zur Ausnützung kommt; der lange Bogen mit seiner Brücke aus leuchtendem Dampf gibt ein an ultravioletten Strahlen außerordentlich reiches Spektrum. Für den Fall, daß mit der Ultraviolettstrahlenbehandlung eine Wärmebehandlung verbunden werden soll, wurde eine kombinierte Lampe gebaut, die aus einem Bogen zwischen Kohlenelektroden und mehreren Hitzeeinheiten besteht, welche alle zusammen in einem kupfer- oder nickelplattierten Reflektor untergebracht sind. Die Kombination besitzt auch den Vorteil, daß die Heizelemente zugleich als Ballastwiderstände für den Bogen dienen.

Unter Benützung verschiedener Größen und Sorten von Kohlenelektroden, verschiedener Sorten von Dochten und sowohl bei Gleich- als bei Wechselstrom wurde die Energie im Bogenspektrum untersucht. Die Resultate lehrten, daß, während der Kohlenbogen bezüglich spektraler Verteilung der Sonne sehr nahe kommt, es wichtig ist, die richtige Elektrodengröße und den richtigen Strom anzuwenden, um den ökonomischesten Betrieb der Lampe zu erreichen. Eine andere Untersuchung der spektralen Energie wurde in Verbindung mit einer Untersuchung von Scheinwerferlampen durchgeführt. Das Licht des untersuchten Bogens kann roh in vier Teile eingeteilt werden, in das von den heißen Kohlen, das von dem verbindenden Bogenstrom mit seiner stark violetten Farbe, das von der blau-gelben Flamme über dem Krater und endlich das von dem intensiv leuchtenden Gase im Krater selbst ausgehende. Die erhaltenen Werte ergaben, daß 90 vH des ganzen Lichtes innerhalb des Kraters entstehen und nur die restlichen 10 vH von den äußeren Teilen herrühren. Eine weitere Reihe von Versuchen mit Bogenlampen brachte die Erkenntnis, daß die ultraviolette Kraft in einem Spielraum von 70 bis 95 V von 70 auf 253 Einheiten anwuchs, ebenso bei einer Stromänderung von 15 auf 25 A von 12 auf 156 Einheiten zunahm. Mit von 3 auf 10 mm wachsender Bogenlänge nahm die Ultraviolettstrahlung von 14 auf 31 Einheiten zu, wodurch die Wichtigkeit der Bogenlänge festgestellt erscheint. Es wurde auch eine Untersuchung der Charakteristiken eines Bogens zwischen Wolframelektroden vorgenommen, welche in einem geschlossenen, mit Neongas gefüllten Ballon enthalten waren. Die Strom-Spannungskurve zeigt anfangs einen Anstieg, dann ein plötzliches Absinken zwischen 0·3 und 0·5 A, worauf dann ein allmählicheres Absinken eintritt. Es wurden auch Messungen unter verschiedenen Winkeln vorgenommen, welche ergaben, daß der Wolframbogen nicht besonders ökonomisch ist (0·81 W/Dez.-K), seine Lichtverteilung der einer punktförmigen Lichtquelle aber ziemlich nahe kommt. Der Bogen gibt ein sehr weißes Licht und große Flächenhelligkeit.

Quecksilberdampflampen. Zur Verwendung in Laboratorien mit beschränkten Hilfsmitteln kommen zwei Typen in Betracht. Die eine ist aus Pyrexglas mit Wolframdurchführungen hergestellt, bei der anderen, noch einfacheren, aus Quarzglas, erfolgt die Zündung des Bogens durch Erhitzen der Röhre, welches

[2]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 90.

[3]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 58.

Digitized by Google

so weit getrieben wird, bis das Quecksilber siedet. Eine derartige Lampe hat ohne Versagen 75 Stunden hindurch ununterbrochen gearbeitet. Es wurden Vergleiche der verschiedenen Quecksilberbogen in Glas und Quarz vorgenommen, welche ergaben, daß Bogen in Quarz, je nach der Type der Lampen, 250- bis 500mal so große Helligkeiten als solche in Glas aufwiesen. Bei Spannungssteigerung war es sogar möglich, ungefähr eine Minute lang die Helligkeit auf dem Tausendfachen zu halten. Bei diesen Messungen wurde die Helligkeit des Kathodenflecks bestimmt. Eine andere Methode grundet die Messungen auf das Licht der positiven Säule; dieses kommt für Spaltbeleuchtungen mehr in Betracht. Der Bogen war in Borsilikatglas eingeschlossen und gab niedrigere Helligkeiten als Bogen in Quarz, aber bedeutend höhere als solche in gewöhnlichem Glas; mittels Thermosäulen und geeigneter Filter wurden Messungen der Energieverteilung der Strahlung einer Anzahl von Quecksilberquarzlampen in einem großen Spannungsbereich und bei verschiedenen Stromdichten ausgeführt. Dabei zeigte es sich, daß hohe Spannung, große Stromdichte und weiter Röhrendurchmesser einen höheren Prozentsatz an Ultraviolettstrahlung herbeiführen.

Neonlampen. Die Charakteristiken der Neonlampe mit zwei Eisendrahtspiralelektroden, die in zwei parallel stehende Magnesiumplättchen enden, wurden untersucht. Im Bajonettsockel der Röhre war ein mit ihr in Serie geschalteter Widerstand enthalten und die Lampe wurde von einem 220-V-Netz gespeist. Die Spannung-kurve war zwischen 123 und 186 V nahezu eine Gerade und der Widerstand bei 220 V wurde zu 8979 Ohm errechnet. Eine spektroskopische Untersuchung ergab, daß die Hauptstrahlungen im Rot, Orange, Gelb und Blau liegen, während eine im Grün auftretende Strahlung für Helium charakteristisch ist. Die Helligkeit der Neonstrahlen nahm mit wachsender Spannung bedeutend mehr zu als die der Heliumlinien. Photometrische Messungen, die mit Hilfe einer mit orangefarbenem Papier bedeckten Wolframlampe ausgeführt wurden, ergaben für Spannungen von 160 bis 216 V eine Kurve nach der Gleichung:

$$L = 0{\cdot}027 + 5{\cdot}827\ (E - 106)\ 1{\cdot}302,$$

in der L die horizontale Lichtstärke in Kerzen, E die Potentialdifferenz an den Elektroden bedeutet. Die hemisphärische Lichtstärke der vom Sockel weiter abstehenden Röhrenhälfte betrug 0·302 Dezimalkerzen, die der anderen Hälfte 0·244 Dz.-Kerzen bei einem Energieaufwand von 5·13 W. Auch für Neonröhren für Signalzwecke wurden Betriebs- und andere Charakteristiken aufgestellt.

Dampfröhren. (Dem Inhalt nach handelt es sich hier um sogenannte Glimmlampen. Anm. d. Ber.) Bei einer Lampe mit zwei Magnesiumelektroden in seltenen Gasen findet bei Gleichstrom das Leuchten immer an der negativen Elektrode statt, bei Wechselstrom von 60 Per/s erscheint das Licht ruhig und gleichmäßig, bei Wechselstrom von 25 Per/s flackert es. Die Nutzbrenndauer dieser Lampe wird mit 2000 Stunden angegeben. Eine andere Gasentladungsröhrenlampe wird mit 3000 bis 5000 V betrieben und besitzt spezielle Elektroden mit einer radioaktiven Grundsubstanz; zur Regulierung der Farbe bedient man sich verschiedener Gasfüllungen.

Photometrie.

Die wachsende Anwendung von ultravioletten Licht für therapeutische Zwecke brachte eine Entwicklung der Methoden zur Prüfung der Stärke dieser Art des Lichtes. Eine Methode bedient sich dazu einer photoelektrischen Cadmiumzelle, welche nur auf Wellen zwischen 0·35 und 0·2 μ anspricht. Prüfungen haben eine Genauigkeit innerhalb 5 vH ergeben und auch zu der Feststellung geführt, daß die Wirksamkeit der Zelle innerhalb der genannten Grenzen der auf sie fallenden Gesamtstrahlungsenergie proportional ist. Eine andere Methode ist rein photometrisch. Sie bedient sich eines Instrumentes, „Uroxameter" genannt, welches auf der Ultraviolettempfindlichkeit einer Lösung von Oxalsäure und Uranazetat beruht. Diese Methode gibt die Mittel zur Bestimmung der Wirksamkeit einer Lichtquelle im Bereich der bakterientötenden Wellen (0·28 bis 0·33 μ). Zwei Apparate zur Bestimmung der Lichtintensität von Blitzlichtpulvern wurden unabhängig voneinander konstruiert.

Betreffs Lampen bis zu Temperaturen von 2300° K ist nach internationalem Übereinkommen das Licht der Wolframlampe bei dieser Temperatur den photometrischen Einheiten zugrundegelegt. Nun ist aber auch eine speziell ausgeführte gasgefüllte Lampe als Hilfsnormalie bis zu Temperaturen von 2500° K bestimmt worden. Die internationalen Vergleiche der photometrischen Normalien von Seite der V. St. A., der Schweiz, Deutschlands und Englands haben ergeben, daß der Wert des Verhältnisses der internationalen zur Hefnerkerze nicht 1·111, sondern 1·15 ist. Als Grund hierfür wird angegeben, daß die Messungen zwischen Kohlen- und Wolframlampen mittels des Lummer-Brodhunschen Kontrastphotometers um 3 vH von den mittels Flimmerphotometers erhaltenen abweichen.

In England beschreibt ein Bericht des British Illumination Research Committee die Benützung der integrierenden Kugel zur Messung der mittleren sphärischen Kerzenstärke, welche zur Messung von Gasflammen benützt wurde. Es wurde der Einfluß der Farben, die zum Innenanstrich der Kugel verwendet werden, bestimmt. Für Messung ganz geringer Lichtemissionen, wie sie bei Phosphorszenz, in der Meteorologie, Lichttherapie und Botanik vorkommen, wurde ein spezieller Apparat geschaffen, das sogenannte „Thermophotometer". Ein anderes tragbares Photometer zur Messung schwacher Beleuchtung, besonders der durch radioaktive Materialien erzeugten, wurde entworfen. Als Vergleichslampe diente eine kleine, mit Milchglas verdeckte Lampe. Die Energiemeßmethode mittels Vakuum-Thermoelements und Galvanometers wurde zur photometrischen Bestimmung der Lichtverteilung einer Lichtquelle benutzt. Das Licht geht durch ein Filter und wird von einer Linse auf das Thermoelement konzentriert. Die Übereinstimmung mit optischen Messungen ist bis auf 1 vH genau. Gelegentlich der Vergleiche der Normallampen im National Physical Laboratory wurden Versuche mit dem Lummer-Brodhunschen Kontrastphotometer und mit dem Bechsteinschen Flimmerphotometer vorgenommen, welche bei Messung eines Wolframfadens in blauem Ballon bei einer Farbtemperatur von ungefähr 4500° K gegen eine Kohlenfadenlampe Abweichungen bis zu 10 vH ergaben; die mit dem Flimmerphotometer erhaltenen Werte waren die kleineren. Die steigende Anwendung von photoelektrischen Zellen für Industriezwecke hat zur Überwindung der Mängel der gebräuchlichen Typen derselben angeeifert. Es gibt jetzt eine Zelle, bei welcher das photoaktive Material mittels eines seit langem bekannten, elektrischen Verfahrens in den Ballon eingebracht wird. Die Verwendung aktivierender Gase erübrigt sich bei dieser Zelle. Die Zelle ist von vielen der früheren Nachteile frei. An ihr wurden Messungen vor und nach Belichtungen mit sehr befriedigenden Resultaten bezüglich der Konstanz vorgenommen. Untersuchung der Muster von Farbfiltern (heterochrome Photometrie), die bei der gewöhnlichen Glühlampenphotometrie zur Anwendung kommen, haben die Schlüsse von Ives und anderen bezüglich der Ergebnisse bei Benützung von Küvetten mit Kupferchlorid- und Kaliumbichromatlösung bestätigt.

Die Einführung einer neuen sensitivierenden Farbe, dem Neozyanin, ermöglicht es, ohne Schwierigkeiten Spektren bis zu einer Wellenlänge von 0·9 μ zu photographieren (Spektrophotometrie). Durch Benützung so sensitivierter Platten war es möglich, die spektrophotometrische Charakteristik einer großen Zahl von Filtern im Bereich von 0·2 bis 0·7 μ zu erhalten. Ein Vergleich der bei Spektralarbeiten benützten Photometer führte zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Das Sektorphotometer und das Judd Lewissche Sektorspektrophotometer geben innerhalb der Fehlergrenze übereinstimmende Resultate. 2. Im sichtbaren Gebiet stimmen die photographischen und die

Digitized by Google

photoelektrischen Methoden mit den optischen überein. 3. Im Gebiet von 0·24 bis 0·30 μ besteht eine deutliche Abweichung zwischen den photographischen und den photoelektrischen Methoden, und zwar geben die letzteren kleinere Werte.

Physikalische Forschungen.

Auf dem Gebiet der physikalischen Forschung ist für den Beleuchtungsingenieur die Aufmerksamkeit am wichtigsten, die der Lumineszenz in allen ihren Phasen und den Methoden zur Bestimmung der ultravioletten Strahlung geschenkt wurde. Als endgültigen Wert der Lichtgeschwindigkeit haben Versuche von Michelson auf dem Berge Wilson 299 796 km/sek ergeben[4]). Die Photochemie und die Wechselwirkung von Physik und Chemie nehmen in den Untersuchungen einen weiten Raum ein. Die Bemühungen, zwischen Farben und Musik einen Zusammenhang herzustellen, dauern an.

Bei Messungen des von matten, nicht leuchtenden Flächen ausgehenden Lichtes wurden für das einfallende Licht sowohl konzentrierte als auch ausgedehnte Lichtquellen benützt. Unter Annahme des Lambertschen Kosinusgesetzes wurden Formeln für eine ausgedehnte Lichtquelle abgeleitet. Eine andere Untersuchung führte zu der Feststellung, daß Wolfram, Molybdän und Tantal in Fadenform Abweichungen vom Lambertschen Gesetz in derselben Größenordnung unterliegen.

Die British Optical Society beschäftigte sich mit der Frage der Terminologie im Gebiet der Farbenlehre. Eine Methode der Kolorimetrie speziell für medizinische und chemische Arbeiten vermeidet Normalien und bestimmt die Farbe nach ihrer größten Dichte, indem sie mittels Filter Absorptionsbanden heraushebt. Drei Filter, rot, blau und grün, genügten für die Messung der Konzentration der verschiedenen Farben der Lösungen, die bis jetzt untersucht worden sind. Zwei Formeln, welche die Reinheit der Farben in dreiachsigen Koordinaten ausdrücken, wurden abgeleitet und eine dritte zur Bestimmung der Reinheit von Violett wurde ausgearbeitet und erweitert. Eines Vergleichs verschiedener Kolorimeter mit Pikrinsäurelösungen verschiedener Konzentration soll noch gedacht werden.

Eine Theorie schlägt vor, Fluoreszenz Molekülen zuzuschreiben, welche durch Absorption von Strahlen aktiviert worden sind und in ihren normalen Zustand zurückkehren. Phosphoreszenz sei dem Wesen nach das gleiche, nur dauere die Aktivierung der Moleküle länger an. Bei der Chemilumineszenz endlich würden die Moleküle von den bei der Reaktion entstehenden Ionen aktiviert. Das Stokessche Gesetz, welches besagt, daß Phosphor Licht längerer Wellenlänge aussendet, als die des erregenden ist, wurde neuerdings experimentell geprüft. Triboluminescenz wurde als durch beim Bruch eines Kristalls auftretende elektrische Strahlung erklärt. Die Ökonomie des durch Phosphoreszenz entstehenden Lichtes ist ein wichtiger Faktor und war Gegenstand einer Untersuchung. Eine Beobachtung stellte die Erscheinung fest, daß Wasser, das durch 15 Minuten einer Radiumstrahlung ausgesetzt wird, eine weiße Lumineszenz aufweist; die Intensität derselben wächst bis 8 oder 10 cm mit der Tiefe des Wassers. Die Lumineszenz des mit Gammastrahlen bestrahlten Glases war geringer als die des Wassers. Öle, Fette und Wachse erwiesen sich ebenfalls als lumineszent. Es wurde gefunden, daß Kaliumdampf unter dem Einfluß elektrodenloser Entladung lumineszent wird und eine Emission unterhalb der Wellenlänge 0·443 μ besitzt. Eine Temperaturerhöhung verschiebt die Farbe der Lumineszenz gegen das Infrarote, während bei gewissen Temperaturen gleichzeitig zwei Arten von Lumineszenz auftreten. Erwähnt seien noch die Anwendungen der Fluoreszenz in der chemischen Industrie, und zwar einerseits zur Unterscheidung künstlicher Gerbmaterialien von natürlichen, andererseits zur Prüfung von Ölen.

[4]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 9, S. 206.

Neuerdings wurde eine Untersuchung von Wolfram speziell für Temperaturen unterhalb des Gitterpunkts vorgenommen. Unterhalb 1500° K wurde ein Thermoelement und von 1200 bis 3655° K ein optisches Pyrometer zur Temperaturmessung benützt. Es wurde gefunden, daß der spezifische Widerstand des Wolframs sich von $5{\cdot}00 \times 10^{-6}$ Ohm/cm bei 2730° K auf $117{\cdot}1 \times 10^{-6}$ Ohm/cm bei 3655° K ändert. Das Strahlungsverhältnis ändert sich von 16×10^{-6} Watt/cm² bei 300° K auf 399·4 Watt/cm² bei 3655° K.

Durch die Einwirkung des ultravioletten Teils des Sonnenlichts auf das Verwittern der Lackierung von Automobilen wurde eine Untersuchung der Absorption der ultravioletten Strahlung durch verschiedene Farben und Lacke veranlaßt. In Verbindung mit einem Studium über die Wärmewirtschaft der Erdatmosphäre und der Energieströmung in derselben wurden Messungen des Albedo der Erdoberfläche vorgenommen. Das Verhältnis der Stärke der diffus reflektierten Strahlen zu der der auf die Erde auftreffenden wurde mittels eines Ångströmpyrometers bestimmt. Für ein mit frischem Gras bedecktes Feld ergab sich dieses Verhältnis zu 0·25 bis 0·33, doppelt so groß, als es bisher mittels photometrischer Methoden ermittelt worden ist. Das Reflexionsvermögen nassen Bodens war ungefähr die Hälfte desjenigen trockenen Bodens, was hauptsächlich der totalen Reflexion an Wasserhäutchen zugeschrieben wurde. Die Eigenschaften der grünen Blätter wurden ebenfalls untersucht und das Reflexionsvermögen von wasserärmeren Blättern als bedeutend größer gefunden als das von Blättern mit hohem Wassergehalt.

Als Folge der Benützung von Verkehrssignalen trat ein großer Verbrauch an Farben zur Bezeichnung der Verkehrsinseln und Vorschriften auf Gassen und Straßen ein. Zu den wichtigsten Forderungen, die an für diese Zwecke bestimmte Farben gestellt werden müssen, gehören: gute Sichtbarkeit bei Tag und Nacht, Konstanz, Dauerhaftigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse, Abschaben usw. Es wurde eine Untersuchung der mechanischen und optischen Eigenschaften solcher Farben bei Benützung verschiedener Farbträger vorgenommen. Erwähnt seien noch Daten über die Reflexionseigenschaften der in Kinos benützten Bildauffangschirme. Die Prüfungsmethode bestand in der Messung der Helligkeit der Projektionsfläche bei nahezu parallel auffallendem Licht und unter verschiedenen Beobachtungswinkeln. Es wurden ungefähr an 40 verschiedenen Fabrikaten von Auffangschirmen unter Winkeln von 0° und 50° Daten in Einheiten der Reflexion eines Magnesiumkarbonatblocks festgestellt, welcher laut Messung ein Reflexionsvermögen von 90 vH besitzt. Unter Benützung der so erhaltenen Daten wurden Tabellen ausgearbeitet, nach denen die Eignung irgend eines Schirms für ein bestimmtes Lichtspieltheater beurteilt werden kann.

Dr. L. Finlayson

Über die Fortschritte auf praktischen Gebieten der Lichttechnik wird das Nachfolgende berichtet:

Elektrische Lampen und Leuchten.

Um bei elektrischen Handlampen die Gefahren aus schlechten Kontakten zu vermeiden, wurden kleine, tragbare Transformatoren konstruiert, die an 110 V oder 220 V geschaltet, 24-V-Lampen zu benützen gestatten. Eine Riesentaschenlampe, die einen Lichtkegel auf 300 m wirft, hat eine Länge von 30 cm, enthält 5 Trockenzellen und ist für Fischer, Jäger, die Feuerwehr und den Sicherheitsdienst etc. bestimmt. Verbesserungen an Grubenlampen[5]) beziehen sich auf die Vermeidung der Blendung infolge der Glasform und die Erhöhung der Lichtstärke, letzteres vermittelst der Anordnung spezieller parabolischer Reflektoren oberhalb und unterhalb der Lampe; die erzielte Verstärkung betrug rund 44 vH. Zu den Spezialiampen gehören Musiknotenlampen, die am Rock oder dem Pulte zu

[5]) Die Lichttechnik 1927, S. 145.

Digitized by Google

befestigen sind, eine kleine Lampe im zylindrischen Reflektor, die sich an der Brücke einer Brille anbringen läßt, insbesondere für Zahnärzte; eine Leuchte für mikroskopische Untersuchungen u. ä. m. Eine Verbesserung der Kinoprojektionslampen[6]) besteht darin, daß die Kohlen vor dem Spiegel in die Stellung größter Leistungsfähigkeit versetzt werden und ein Kondensor angeordnet wird, der auch viel von der Wärme, die sonst auf den Mechanismus übergehen würde, aufnimmt. Um den Lichtverlust infolge des Kohlenschattens zu beseitigen, entstand ein Reflektor von 100 cm Durchmesser, aus kleinen Spiegeln zusammengesetzt, die das Licht nach allen Seiten streuen. Um höhere Beleuchtungsstärke auf Projektionsschirmen zu erhalten, wurden 40- bis 60-A-Spiegelbogenlampen mit horizontalen Kohlen versuchsweise benützt. Eine Kinolampe deutscher Herkunft mit Spiegel gleich hinter dem Glühfaden, eine 500-W-Lampe für Amateurkinos bequem verwendbar gemacht, ferner eine tragbare Lampe, bei der vermittelst Magnesiaband durch 30 Minuten 5500 bis 6600 HK erreicht werden, sind weitere Neuheiten. Von einem großen Scheinwerfer mit 88 cm Durchmesser wurde die spektrale Beschaffenheit seines Lichtkegels untersucht: In der Entfernung von 700 m ergab sich nahezu Sonnenlichtcharakter mit Grün als Gesamtfarbe, bei 1400 m eine gelblich-grüne, bei 2100 m eine gelbe, bei 2800 m eine orange und bei 3500 m eine reine rote Farbe. Zwei Scheinwerfer von besonderer Konstruktion mit rund 30 und 45 cm Durchmesser lieferten Lichtkegel bis zu 50 Grad Öffnungswinkel und eine recht gleichförmige, wenig schattige Beleuchtung. Der hervorstechendste Zug in den Neuausführungen von Leuchten (Beleuchtungskörpern) ist das Bestreben nach einfachster Herstellung mit Betonung des Nutzcharakters. Für die Leuchten der Heimbeleuchtung[7]) wurden von einem amerikanischen Komitee Anforderungen bezüglich der lichttechnisch richtigen Konstruktion und der ästhetischen Wirkung aufgestellt. Eine Bauart von Kristallustern hat die metallischen Teile aus Silber, so daß die ganze Leuchte aus Glas zu bestehen scheint. Glashüllen für Leuchten, namentlich kugelförmige aus Alabaster und seinen Imitationen, ferner aus farbigem Glase, sind begehrt. Eine Neuausführung hat zuoberst kegelförmiges Prismenglas, anschließend eine Kugelzonenfläche aus Klarglas und dann unter der 100-W- bis 300-W-Lampe eine lichtstreuende Schale zur Vermeidung der Blendung. Die Ideal Home Exhibition in London stellte 20 Stück Schirme von 5 m Durchmesser und ungefähr der gleichen Höhe, die je 2 bis 3 Stück 1000-W-Lampen enthielten, rund 18 m über dem Boden in ihren Ausstellungsraum auf. Unter den neuen Reflektoren paßt ein halbkugelförmiger über eine Glaskugel und kann auf ihr verschoben werden, so daß das Licht beliebig seitlich oder nach abwärts verteilbar ist. In Anlehnung an die neue sogenannte Tropfenform[8]) der Glühlampen haben sich einige deutsche Konstruktionen von Leuchten entwickelt. Chromierte Reflektoren[9]) zeigten sich den versilberten überlegen; Beobachtungen ergaben hier nämlich 95 vH und 90 vH im Anfangszustande, 75 vH und 40 bis 60 vH nach einigen Wochen. An Leuchten mit farbigem Glase wurden nach 170 Betriebsstunden bis 40 vH Lichtverlust nachgewiesen. Neue Leuchten für Straßenbeleuchtung sind bestrebt, die scharfen Begrenzungslinien des Schlagschatten auf den Häusern durch entsprechend veränderliche Durchlässigkeit des lichtstreuenden Glases wegzubringen. Eine neue Leuchte für Fabriken zeichnet sich durch ihre Staubsicherheit aus; sie fand auch in Büros und Geschäftsläden raschen Eingang. Für Wohnungen ist eine staubsichere Küchenleuchte gebaut worden. Blinklampen mit thermostatischer Unterbrechung, auch für die Christbaumbeleuchtung bestimmt, sind in Gebrauch. Der Lampensockel erfuhr Verbesserung; zunächst der der Bayonettype und ferner in Deutschland durch Einführung des Berührungsschutzes[10]).

Außenbeleuchtung.

Die Grundlagen der Straßenbeleuchtung sind hier schon eingehend behandelt worden. Eine zweckentsprechende Anordnung der Verkehrskontrollichter stellte sich für das Londoner Straßennetz als recht schwierige Aufgabe heraus, und zwar bei Versuchen mit der Einführung des Dreilichtersystemes. Von den hieher gehörigen Systemen tritt besonders eines in den Vordergrund, bei dem alle Signale von einem Punkte aus gegeben werden und in den Straßen zu Gruppen von 1, 2 oder 3 eingeteilt sind. Eine ungewöhnliche Aufgabe der Verkehrsbeleuchtung, die Beleuchtung des Neuen-Holland-Tunnels unter dem Hudsonriver in New-York[11]) wurde vermittelst Blechreflektoren, die je eine 150-W-Lampe mit vorgelegtem lichtstreuendem Glase enthielten und unter 20 Grad gegen die Tunnelachse geneigt sind, gelöst; man erzielte 274 HLx in 60 cm über und 7·5 W/m² auf der Fahrbahn. Die Eisenbahn-Verkehrsbeleuchtung wird sich allmählich unter Benützung der Glühlampenscheinwerfer auf größere Leistungsfähigkeit umstellen. Man rechnet mit rund 10 Lumen je m² auf Verschiebebahnhöfen, mit weniger auf Ankunfts- und Abreisebahnhöfen; 12 m, 24 m, 30 m sind die Lichtpunkthöhen für die Scheinwerfer, 500 W, 750 W und 1000 W die vertretenen Lampengrößen. Auf Rangierbahnhöfen sind zur Platzbeleuchtung Türme mit einer größeren Anzahl von Scheinwerfern ausgerüstet; in einem besonderen Falle kamen in 35 m Höhe 14 Scheinwerfer zur Aufstellung, die einen Platz von rund 100 000 m² Flächeninhalt mit etwas über 10 Lumen je m² beleuchten. Die Eisenbahnsignalbeleuchtung beginnt sich neuzeitlich einzustellen. So wurden in den U. S. A. im vergangenen Jahre Tausende von Lichttagessignalen[12]), die künstliches Licht auch untertags benützen, eingerichtet. In Deutschland hat die diesbezügliche Ausarbeitung zu einem Linsensystem geführt, das ein Lichtbündel nur dem Lokomotivführer sichtbar macht. Das französische System verwendet an Stelle der Linsen einen Parabolspiegel, der auch Spiegelungen der Sonne liefert, die dann falsche Signale veranlassen können. In den englischen Untergrundbahnen ließ sich durch elektrische, vom fahrenden Zug automatisch eingestellte Lichtsignale die Signalisierungsgeschwindigkeit und damit die Anzahl der stündlich verkehrenden Züge vergrößern. Als notwendige Luftverkehrslichter[13]) bei Flugzeugen erwiesen sich drei Lichter, zwei davon an je einer Tragflächenspitze, das dritte auf dem Schwanzende; sie dienen zur Erkennung unterwegs befindlicher Flugapparate, zwei Scheinwerfer, stärker als Autoscheinwerfer, vorne angebracht, dienen zum Landen auf unbeleuchteten Notlandungsplätzen. Notwendig sind weiters zwei starke Magnesiumleuchtraketen, die eine quadratische Fläche von ungefähr 1·6 km Seitenlänge aus etwa 700 m Höhe für längere Zeit aufhellen, um die Möglichkeit einer Notlandung festzustellen. In St. Louis wurde auf der Spitze eines hohen Gebäudes als Hilfsmittel für den Flugverkehr ein rotierender Scheinwerfer (Drehfeuer) angebracht. Das Lichtbündel von 88 cm im Durchmesser und über 300 000 HK, verbraucht 18 000 W, der Wirkungsradius beträgt rund 24 km; der Scheinwerfer macht 2 bis 10 Umdrehungen je Minute. Blinkgeräte mit kleinen Azetylengasflammen als Lichtquellen, die über sechs Monate ohne Bedienung in Betrieb stehen, kamen als Zwischenlichter für Sicht neuerdings in Aufnahme. Die 360-Grad-Fresnellinsen ermöglichen die Sichtweite auf rund 10 km zu erhöhen, das unnütze, gegen den Zenith gerichtete Licht wird abgelenkt und die den in großen Höhen schwebenden Flugzeugen als dunkle Zone erscheinende Raumstelle aufgehellt. In Europa werden Blinkgeräte den Drehfeuern bevorzugt. Unter den neuen Leuchtfeuern ist eine 1000-W-Lampe mit einer 90- bzw. 180-Grad-Fresnellinse und sphärischem Spiegel anzuführen, der durch zwei parabolische 180-

[6]) Die Lichttechnik 1928, H. 5, S. 49.
[7]) Die Lichttechnik 1927, S. 112.
[8]) Die Lichttechnik 1926, S. 66.
[9]) Die Lichttechnik 1926, S. 87.
[10]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 408, 644, 662.
[11]) Vgl. E. u. M. 1928, H. 14, S. 313.
[12]) Die Lichttechnik 1927, S. 30.
[13]) Die Lichttechnik 1926, S. 104.

Digitized by Google

Grad-Reflektoren ergänzt wird, und zwar einem oberhalb, dem anderen unterhalb desselben. Leuchttürme und Leuchtschiffe verwenden in England 3000 und 4000 W gasgefüllte Lampen. Versuche mit 10-kW-Lampen sind im Gange. Es wurden Fresnellinsen entworfen, die gestatten, daß Schiffssignallichter, die mit Farbgläsern von 10 vH Durchlässigkeit versehen sind, auf 2 Seemeilen und ± 5 vH, ferner auf 1 Seemeile und ± 10 vH bezüglich des Horizontes gewahrt werden können. — Hinsichtlich der Fahrzeugbeleuchtung einten sich drei daran interessierte Gesellschaften auf die folgenden zwei Vorschläge: die Lage des Scheinwerfers soll derart beschaffen sein, daß seine Achse genügend hoch liegt, um die Beleuchtung einer längeren Straßenstrecke zu ermöglichen, aber auch tief genug, um herankommenden Fahrern das Licht nicht direkt in die Augen zu schicken. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der Größe des Öffnungswinkels eines Scheinwerferlichtkegels und der Lage der Glühlampe zum Brennpunkt des paraboloidischen Reflektors ließen die Lampenlage vor dem Brennpunkt gegenüber der hinter dem Brennpunkt als vorteilhafter erscheinen. Die Doppelfadenlampe hat sich in Deutschland und England eingeführt. Aushilfslichter werden viel häufiger verwendet, teils zur Ergänzung oder als Ersatz der festen Scheinwerfer, teils zur Verhütung der Blendung auf unebenen oder hügeligen Wegen; auch für reichlichere Seitenbeleuchtung, zum Beispiel als Lampe mit schmalem Lichtkegel, die auf der Nabe des rechten Vorderrades sitzt und sich mit dem Rade dreht. Bei einem neueren Autoscheinwerfer stehen zwei Lampen in Verwendung; eine für den Hauptlichtkegel, die andere, von einer Trockenbatterie gespeiste Lampe zur Aushilfe bei Zwischenfällen während der Fahrt oder auch bei Reparaturen in der Garage, woselbst dann die Lampe abgenommen wird und als tragbare Lampe dienen kann; sie bildet auch einen Ersatz für die versagende Hauptlampe. — Die Reklamebeleuchtung hat im letzten Jahre in Amerika um 15 vH zugenommen. Als größte Ausführung gilt eine amerikanische Reklame aus Buchstaben von rund 20 m Höhe und 3 m Breite, die tausende Glühlampen enthält und auf 16 km sichtbar sein soll. Gasentladungsröhren erfreuen sich steigender Verwendung; das grüne Licht erwies sich auf 40 km Entfernung deutlicher sichtbar als das rote Neonlicht. Weiß emaillierte Streifen, durch deren Zwischenräume Licht strahlt, bilden die Elemente einer neuen Art von Lichtreklame in England; Unsichtbarkeit der Lichtquelle, Veränderlichkeit, sind seine Vorzüge. Bei einer anderen Reklamebeleuchtung entwirft ein riesiger Projektionsapparat Bilder und Buchstaben vermittelst eines Lichtbündels von etwa 4 Mill. HK auf Wolken; diese Bilder können bei einer anderen aus Linsen und einem Scheinwerfer bestehenden Anordnung auch farbig erscheinen. — Die Schaufensterbeleuchtung, wie sie jetzt fast überall großzügig in Angriff genommen wird, hat oft schwer mit veralteten Vorschriften über die Feuersicherheit zu kämpfen, denen zufolge zwischen Lampe und Ware immer Glas zu sein hätte. Die Beleuchtung eines Verkaufsladens, der Porzellan-, Glaswaren- und Hausbedarfsartikel führte, verdient Erwähnung: Leuchten von gleicher Farbe wie die Decke in Laternenform mit Prismenarmatur und je einer 300-W-Lampe besorgen die Raumbeleuchtung; die rückwärts mit Spiegel ausgekleideten Schaukasten, in welchen auf Glasplatten die Ware liegt, werden von einem verborgenen System von Prismenarmaturen mit je 25-W-Lampen beleuchtet; eine vorgelagerte, lichtbrechende Glasplatte sammelt das Licht in einem kleinen Lichtkegel, der nach abwärts gerichtet ist. Für einen Autoverkaufsraum stellte sich die indirekte Beleuchtung als beste heraus, weil sie verhütet, daß die Schatten der besichtigenden Verkäufer auf den Wagen fallen; 180 HLx ist die mittlere Beleuchtung in diesem Raume. — Zur Sportbeleuchtung[14]) zählen jetzt auch die auf Tennisplätzen. Eine derartige englische Anlage auf zwei Plätzen enthält drei Reihen von je fünf Leuchten, jede mit einem offenen Reflektor und einer 1000-W-Lampe, die mattiert ist; die mittlere Reihe hat 10 m Lichtpunkthöhe, die Seitenreihen haben je 8 m Lichtpunkthöhe und sind 10 Grad gegen die Mitte zu geneigt. Auf anderen Sportplätzen gibt es Glühlampenreflektoren oder eigene wasserdichte Reflektoren, in entsprechender Höhe montiert. Zur Sportbeleuchtung gehört auch die von Tennisplätzen in Hotelsälen und die von Schwimmbecken. — Eine immer größere Rolle spielt die Anleuchtung[15]). Sie wird vielfach bei der Festbeleuchtung im Vereine mit der Umrißbeleuchtung, die durch Glühlampen, auch Röhrenglühlampen architektonische Hauptlinien hervorhebt, angewendet. Die Beleuchtung zweier Kriegserinnerungs-Denkmäler ist erwähnenswert; bei dem einen leuchtet gelbliches Licht durch Wasserdampf, beim anderen sind stilgemäße Kandelaber mit Lampen in mattierten Glaskugeln rundum aufgestellt. Die streifenartige, auch farbige Anleuchtung von Gebäuden hat sich infolge ihrer Billigkeit und Wirksamkeit eingeführt; so zum Beispiel für ein Kaffeehaus, für Wolkenkratzer, ein Kino. In England hat die Anleuchtung ebenfalls zugenommen, bei einer Geschäftsbeleuchtung mußten die Scheinwerfer sogar unterhalb des Straßenpflasters eingebaut werden; in anderen Fällen fanden sie aber meistens am Gebäude selber Platz. Auch in Deutschland nimmt die Anleuchtung von Gebäuden zu, und man sieht dort neben Glühlampen- und Neonlampen auch Bogenlicht.

Innenraumbeleuchtung.

Theoretische Untersuchungen über die natürliche Beleuchtung in Innenräumen ergaben den Nutzlichtstrom zu rund 40 vH des bei den Fensterflächen eintretenden Tageslichtstromes[16]). Dieser Nutzfaktor 0·4 im Verein mit dem Fensterfaktor oder dem Verhältnis der Vertikalbeleuchtung an der Fensterfläche zur Horizontalbeleuchtung im Freien genügen zur Vorausberechnung der mittleren Beleuchtungsstärke im Innenraume. 3600 HLx als Horizontalbeleuchtungsstärke im Freien sind hinreichend für die Ausführung gewöhnlicher Arbeiten. Der Gleichförmigkeitsgrad der Horizontalbeleuchtung in Innenräumen untertags wurde zu 100 : 1 und größer gefunden, kleinste Werte zum Mittelwert der erwähnten Beleuchtungsstärke schwankten zwischen 2 : 100 bis 15 : 100. Die Beleuchtung der Kinotheater[17]) hat immer neue Aufgaben vor sich. So wurde zum Beispiel die Halle eines englischen Hotels derart umgebaut, daß sie in 15 Minuten aus einem Kinotheaterraum in einen Speise- oder Ballsaal umgewandelt werden konnte. Die zentral angeordnete Deckenbeleuchtung hat die Form eines umgestürzten Kegels, an dessen unterster Spitze 6 Scheinwerfer sitzen; die Kegelfläche ist aus 6 schmalen und 6 breiten Scheiben zusammengesetzt, aus denen auch farbiges Licht tritt. Beleuchtung von Wandbildern durch in der Stuckdecke sitzende Scheinwerfer mit begrenztem Lichtkegel oder durch vorgelagertes Rampenlicht, das farbig auf einen Projektionsschirm fällt, ermöglichen neue Effekte im Kinoraume während der Vorstellung. Ein zentraler Beleuchtungskörper mit 37 Stück 750-W-Scheinwerfern wird im neuen Madison Square Garden beim Hockeyspiel bis an die Decke gezogen, beim Preisfechten bis auf 7 m zum Boden herabgelassen. In der Hotelbeleuchtung[18]) fand das Problem der Saalbeleuchtung mannigfaltige Lösung wie durch Künstliche Beleuchtung der Fenster wegen der Wirkung nach außen; Wandleuchten, deren Licht vermittels schwenkbarer Reflektoren nach auf- und abwärts geworfen werden kann; Leuchten mit Seidenstoff umspannen und von der Decke herabhängend usw. Ein neuer Anstoß zur Umänderung bestehender Fabriksbeleuchtungsanlagen liegt in der Tatsache, daß bei Tageslicht mehr produziert wird als bei künstlichem Licht, 10 vH zum Beispiel in der Textilbranche Englands. Indirekte Beleuchtung erhielt ein Setzersaal[19]), wobei 15 HLx an Allgemeinbeleuchtung und 240 HLx

[14]) Die Lichttechnik 1927, S. 109; 1928, S. 22.

[15]) Die Lichttechnik 1927, S. 20, 71.
[16]) Die Lichttechnik 1927, S. 21, 91.
[17]) Die Lichttechnik 1927, S. 74.
[18]) Die Lichttechnik 1927, S. 29.
[19]) Die Lichttechnik 1927, S. 116.

Digitized by Google

an Platzbeleuchtung auftraten. Für den Turbinenraum einer größeren Zentrale war die Bedingung gestellt worden, möglichst große Lampen anzubringen, in möglichst blendungsfreier Anordnung. Eigene Leuchten mit lichtstreuendem Glase am Boden und gerippten Gläsern unter entsprechender Neigung an den Seiten, rund 14 m über dem Boden hängend und ungefähr 8 m gegenseitig entfernt, ergaben 60 HLx. Die Schalttafel ist durch Soffitten mit vorgelegtem streuendem Glase beleuchtet.

Die *biologische Wirkung der künstlichen Beleuchtung* bestätigte sich mehrfach. So konnte die günstige Einwirkung des ultravioletten Lichtes bestimmter Wellenlängen[20]) auf die Hühnerzucht, das Wachstum der Pflanzen, die Biererzeugung und -beschaffenheit festgestellt werden. Billiger Strom veranlaßte englische Geflügelzüchter, die künstliche Beleuchtung mit 40-W-Lampen einzuführen; wenn die breiten Reflektoren 2 m über der Bodenfläche lagen und rund 3 m voneinander entfernt waren, wurden 12 HLx am Boden gemessen; es ergaben sich 20 vH Mehrproduktion an Eiern. Ein englisches Spezialglas, das Vitaglas, ist für die im Tageslicht enthaltenen Strahlen durchlässiger als das gewöhnliche Fensterglas, daher hygienisch wertvoller; es kommt in Schulen zur Verwendung.

Die *physiologischen Untersuchungen*[20]) *über das Sehen* führten zu einer neuen Aufnahmsmethode für die Augenempfindlichkeitskurve, bei der ein zweiteiliges Photometerfeld benützt wird: der eine Teil ist von heterogenem Licht L_s gegebener Leuchtdichte erfüllt, der andere enthält eine Mischung von homogenem Licht L_λ und variablem heterogenem Licht L_m derselben Farbe. Es wurde eine Abhängigkeit der Empfindungszeit von der Stärke und Farbe des Lichtes gefunden. Die Größe des Objektes und sein kleinster Kontrast zur Umgebung sind an der Empfindungsschwelle von Wesenheit; diese Beobachtungen haben Wert für Astronomen. Ein Versuchsapparat zur Feststellung der Sichtbarkeit auf Straßen[21]) wurde konstruiert. Die Sehschärfe zeigte bei gleich leistungsfähigen Arbeitern Werte zwischen rund 0·5 und 1. Deutsche Versuche über den Wert der Farbe bei Lichttagessignalen[22]) auf Verkehrswegen sind veröffentlicht worden. Laboratoriumsversuche und solche in einer Glühlampenfabrik wiesen 17 vH Mehrproduktion bei 3600 HLx nach. Der Grad der Blendung läßt sich mit einem Apparate, der vier Lampen verschiedener Größe in Opalglasbirnen enthält, vergleichsweise angeben. Von 200 Unfällen mußten 4·5 unrichtiger Beleuchtung, 3·5 vH dem Scheinwerferlicht zugeschrieben werden. Farbiges Licht, von dem ein Teil unveränderlich blieb, der andere zum Blinken gebracht wurde, erregte verschiedenstarke Leuchtdichtenempfindungen. Im Zwielicht ist die kleinste Lichtstärke für das beginnende Farbensehen je nach der Farbe eine andere. Für Autolenker empfiehlt sich Vorschaltung eines Blauglases, weil blaues Licht die Empfindlichkeit gegen andersfarbiges Licht sehr wenig beeinflußt, das rasche Erkennen während der Fahrt nicht stört. Eine Farbdifferenz von 0·0002 μ im gelben Licht ließ sich von 17 Personen nicht mehr genau feststellen. Mit dem Helmholtzschen Farbenmischapparat wurde die Augenempfindlichkeitskurve für gänzlich Farbenblinde aufgenommen; sie zeigte das Maximum bei 0·526 bis 0·516 und konnte mit bloßem Stäbchensehen in Verbindung gebracht werden. Ein Farbenblinder konnte vermittelst Farbfilter ein Gemälde farbentreu reproduzieren, was sich allerdings mehr auf die Fähigkeit, farbige Schatten wahrzunehmen, zurückführen ließ. Bienen sprachen sofort auf Weiß und Grün, weniger auf Blau, noch weniger auf Gelb und Violett und sehr wenig auf Rot an.

Allgemeines.

Auf einem in Rom abgehaltenen Elektrotechnischen Kongresse kam auch das Beleuchtungswesen zur Sprache. Es wurden Lichtkonsumsziffern genannt je Person und Jahr; dieser Konsum beträgt in den V. St. A. 85 kWh, in Italien 17 kWh, in Frankreich 32 kWh. Gesetzesvorlagen über Beleuchtung wurden im englischen Parlamente eingebracht; einer hinsichtlich der Fabriksbeleuchtung, der andere normiert bei Fahrzeugen zwei vordere Lampen und eine rote, rückwärtige. Vorlesungen über Beleuchtung und auch praktische Übungen waren an der Yale-Universität zu hören und auch an anderen Schulen. Eine Beratungsstelle, wie die Londoner, entstand in Manchester. Von den Beleuchtungsgesellschaften hielten Zusammenkünfte ab: Die Internationale Beleuchtungskommission in Bellagio[23]); der britische Ingenieurverein für öffentliche Beleuchtung in Newcastle-on-Tyne; die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft in Karlsruhe; die Lichttechnische Gesellschaft in Essen[24]). In Holland wurde eine Lichttechnische Gesellschaft gegründet; ein Beleuchtungsinstitut in Frankreich und ein optisches Institut in Paris eröffnet.

Dr. J. Ondracek.

[20]) Die Lichttechnik 1927, S. 119, 125.
[21]) Die Lichttechnik 1927, S. 143.
[22]) Die Lichttechnik 1927, S. 107.
[23]) Die Lichttechnik 1927, H. 12, S. 129.
[24]) Die Lichttechnik 1927, H. 2, S. 21.

Rundschau.

Beleuchtung und moderne Architektur[1]). Von Robert Mallet-Stevens. Bezüglich Beheizung, Ventilation, Telephon und Aufzug muß sich der Architekt auf Spezialisten verlassen, die Beleuchtung jedoch ist seine eigene Angelegenheit, denn sie gehört zu den Kompositionsmitteln. Er wählt dabei das elektrische Licht, da Glühlampen beliebig angebracht werden können. Sie gestatten, das Relief mehr oder weniger zum Ausdruck zu bringen, architektonische Linien zu betonen, eine heitere Stimmung zu schaffen. Was an Nutzbeleuchtung vorhanden ist, muß sich strenge an die lichttechnischen Forderungen halten, nämlich Blendungsfreiheit, Gleichmäßigkeit, gute Schattigkeit und genügende Stärke der zeitlich nicht schwankenden Beleuchtung; dabei ist sehr wohl zu berücksichtigen, ob der Arbeitende eine und dieselbe Stellung einnimmt, oder ob er sich hin und herbewegen muß. Die Stimmungs- und Zierbeleuchtung, dies weite, gesetzmäßig nicht zu fassende Feld der vorwiegenden Betätigung des Architekten, kann hingegen nicht in eine Anforderung gepreßt werden, sondern hängt von der Phantasie ihres Schöpfers ab und zeichnet sich vor der Nutzbeleuchtung durch die Vielfachheit der Lösungen aus. So gibt es zum Beispiel nur eine einzige gute Lösung für eine Operationssaalbeleuchtung, dagegen sozusagen 1000 Lösungen für eine Boudoirbeleuchtung, und zwar wegen: der Vielfältigkeit der Verteilung; der Abmessungen und Proportionen des Raumes; der Farben; der vorhandenen Massen; der Linien im Raume; der Materialien im ganzen Raume. Der Architekt muß daher über den Rahmen der Nutzbeleuchtung um einige Lampen hinausgehen, zum Beispiel einmal eine konstant helle Decke verlangen und daneben noch Leuchten für die Gegenstände im Raume. Die Zusammenarbeit von Architekt und Lichttechniker stellt sich der Autor in folgender Weise vor. Der Architekt bespricht zunächst mit dem Lichttechniker jene Wirkungen des Lichtes, die er im Raume haben will, dann gibt er dem Lichttechniker die Größe der Helligkeiten der einzelnen Flächen an und endlich auch die Natur der zu benützenden Farben. Er verlangt dann vom Lichttechniker: Die Angabe des Profils der beleuchteten Flächen; die Natur, Stärke, Lage und Zahl der Lichtquellen; die Charakteristiken der Lichtquellenhüllen (diffuser, brechender Gläser etc.), und zwar alles dies unter Voraussetzung der möglichsten Billigkeit und raschesten Lieferung. Es gibt eine Anzahl von Problemen, die vom Architekten und Lichttechniker gemeinsam studiert werden sollten, zum

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1927, S. 37, 49.

Digitized by Google

Beispiel: Verbergen der Lichtquellen und Beleuchtungsapparate, ohne wesentliche Einbuße des Wirkungsgrades, den sie für sich haben; gleichmäßige oder zumindest kontinuierliche Beleuchtung von ebenen Flächen, horizontalen wie Zimmerdecken oder geneigten Ebenen, Glasflächen usw.; das künstliche Licht so wie das natürliche einfallen lassen, damit die Wirkung der Dekoration abends nicht zerstört wird; wo direkt, also mit wesentlich punktförmigen Lichtquellen beleuchtet wird, sind Lichtquellen zu wählen, die nicht so stark blendende Flecken liefern, wie zum Beispiel Prismengläser; Licht über gewisse krumme Flächen gleichförmig auszuteilen, so daß Schatten, die die Form teilen würden, zerstört werden; entweder ist nur die Zimmerdecke oder sind nur die Wände indirekt beleuchtet. Der Ausspruch von Trélat „Die Form ist der Schnitt des Lichtes mit der Materie", zeigt zur Genüge die Wichtigkeit der Behandlung des Lichtes für den Architekten.

O—k.

(Lux, Nr. 1, 1928.)

Künstlerische Ausgestaltung der Innenbeleuchtung. Von N. E. Bush. Mit der Exposition des Arts Décoratifs in Paris 1925 scheint der Auftakt zu einer neuen Epoche in der Innenbeleuchtung gegeben zu sein. Diese Art der Beleuchtung weist zwei charakteristische Züge auf: Die Beleuchtungskörper enthalten mattierte Glasscheiben verschiedenster Form; die bekannten hängenden Leuchten kommen sehr selten vor, ferner sind die Beleuchtungskörper eingebaut, es wurde darauf also schon im Entwurf des Innenraumes weitgehendste Rücksicht genommen, ja sie bestimmten die Gestaltung des Raumes wesentlich. Angeregt durch diese Ausstellung entstanden hauptsächlich in Frankreich Beleuchtungsanlagen dieses Charakters, auch Deutschland hat bereits Muster dieser Richtung, der sogenannten Architekturbeleuchtung, aufzuweisen. So hat zum Beispiel das neue Linienschiff „Isle de France" der Comp. Gén. des Transatl. nur noch in wenigen Räumen Leuchten der Hängetype; die Innenräume empfangen Licht durch ein Glasgetäfel oder von verborgenen Lichtquellen. Im Speisesalon sitzen die gelblichen Glastafeln in der Decke und dem oberen Teil der Wände und hinter jeder Glastafel liegt eine 300 W-gasgefüllte Lampe; die Lichtbelastung dieses Raumes allein beträgt 50 kW. In einem anderen Raume befinden sich an der Decke schildförmige vergoldete Vertiefungen mit je einer 300-W-Gasfüllungslampe. Die anderen Räume haben große, quadratische oder ovale leuchtende Glastafeln, oder durch Lampen in ihrem Innern leuchtend erscheinende Säulen, auch leuchtende Säulenkapitäle oder voneinander getrennt angeordnete kleinere quadratische und mattierte Glasscheiben, die nur einige Zoll unter der Decke liegen. Korridore werden von schmalen mattierten etwas unterhalb oder längs des Frieses dahinziehenden Glasstreifen beleuchtet. Ein weiteres Beispiel bietet ein Einbau in den Galérien Lafayettes in Paris mit Oberlichte, die aus einer Anzahl von regelmäßigen räumlich-geometrischen Formen, die von Glasscheiben begrenzt sind, besteht; in jedem von diesen Vielflächnern sitzt eine klare oder gefärbte Lampe; die Lampen sind in Gruppen geschaltet, so daß sich von einer Schalttafel aus einige Farblicht liefernde Kombinationen herstellen lassen. Die Schaufenster haben eine sonst nicht übliche starke Beleuchtung, bei welcher auch leuchtende Säulen, Scheiben und Hintergrundflächen eine wichtige Rolle spielen. Ultramoderne Schaufensterbeleuchtung sieht man im Arkadenraum „Lido" der Champs Elysées. In London zeigen das Café Royal, der Trocadéro und das Carltontheater ähnliche Neueinrichtungen. Das ganze Beleuchtungssystem großflächiger Lichtquellen empfiehlt sich durch die hohe Beleuchtungsstärke, die es bei nicht blendender Leuchtdichte zu geben vermag und durch die Verwendung von Lampen mittlerer Größe. Den Untersuchungen über ein solches System müßte ein gut lichtstreuendes und wenig absorbierendes Glasmaterial zugrunde gelegt werden; jedenfalls bieten die wenigen bestehenden Anlagen schon genügend Anhaltspunkte zum Studium der Frage, unter welchen Umständen ein solches System größte Leistungsfähigkeit aufweist. Ein zweiter charakteristischer Zug besteht darin, daß der Architekt schon beim Entwurf des Baues Rücksicht auf die Beleuchtung nehmen muß.

O-k.

(The Electrician, 1928, Bd. 100, Nr. 2600.)

Literaturberichte.

3757 **Beiträge zur Berechnung der von einfach gestalteten großflächigen Lichtquellen herrührenden Beleuchtungsstärke.** Von Ziro Yamauti aus dem elektrotechnischen Laboratorium des japanischen Verkehrsministeriums. Tokio, April 1927.

Die Schrift enthält zunächst einen kurzen, zusammenfassenden Bericht über die Hauptmethoden zur Bestimmung der diffusen Beleuchtungsstärke auf analytischen Wegen, nämlich: 1. Vermittelst der Projektion des zur leuchtenden Fläche gehörenden Raumwinkels auf die beleuchtete Ebene; 2. durch eine längs der Begrenzungslinie der Fläche genommenes Integral; 3. unter Benützung des sogenannten Beleuchtungsvektors. Eine Reihe von Beispielen, auf einfach gestaltete Flächen, die nach dem Lambertschen Cosinusgesetze strahlen und überall die gleiche Leuchtdichte besitzen, sich beziehend, machen den größeren Teil der Arbeit aus. Es werden Flächen zweiter Ordnung, ferner die Kreis- und elliptische Scheibe eingehend behandelt und im Anhange auch noch die konfokalen Flächen derselben Ordnung. Angesichts der wachsenden Bedeutung großflächiger Lichtquellen bei praktischen Lösungen von Beleuchtungsfragen ist die vorliegende wissenschaftlich wertvolle Studie als willkommen zu begrüßen.

J. Ondracek.

Neue Druckschriften.

Flugblätter über den Lichtdienst. Herausgegeben von der Osram-G. m. b. H., Serie Nr. 16 bis 30.

Die neue Serie dieser Flugblätter enthält in gemeinverständlicher Weise, durch gute Bilder unterstützt, Beschreibungen der folgenden Sonderaufgaben: Gute Beleuchtung in Küche und Kammer, auf Treppen, in der Wohnung, von Hausnummern, in Restaurants, in Schaufenstern und Schaukasten, von Firmenschildern, am Spiegel, im Verkaufsraum, der Werkstätte, in der Landwirtschaft. Ferner bringen sie Winke über die Verwendung von farbigen Glühlampen, Reklamebeleuchtung und weihnachtliche Illumination. Nr. 26 ist eine Zusammenstellung von Bildern, die sich je auf eines der eben erwähnten Beleuchtungsprobleme beziehen. Die Flugblätter sind ausdrücklich für den Installateur bestimmt, den sie in die Werbung für Licht, und in die Kunst zufriedene Käufer für Licht zu schaffen oder in den sogenannten Kundendienst einführen.

—d—.

Berichtigung.

Die Lichttechnik auf der Jahresschau „Die technische Stadt" Dresden 1928. Von Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch, Dresden. Die Lichttechnik, Heft 9, 1928.

Auf Seite 3, linke Spalte, Zeile 5 v. o. muß es heißen: In einer **50** m langen . . . . . .

In Abb. 4 fehlt die Legende. Das Diagramm gibt für 1000 Lumen der nackten Lampe. *a* stellt die Lichtverteilungskurve der nackten Glühlampe, *b* den Schnitt durch die Hauptebene der Lichtverteilung der Osram-Glocken-Spiegellampe und *c* den Schnitt senkrecht zur Hauptebene der Lichtverteilung dar.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

VORTRAG:

Freitag, den 9. November 1928, um **6** Uhr abends, im Vortragssaal des Wissenschaftlichen Klubs, Wien VI, Getreidemarkt 7, Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Laue, Leipzig-Leutzsch, über **„Flutlichtbeleuchtung".** (Mit Lichtbildern.)

Der I. Schriftführer:
Dr. Ing. J. Ondracek e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 11 **2. Dezember 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. Ing. Fritz Vogel: Über Herstellung und Betrieb von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen der österreichischen Bundesbahnen. S. 105. — Ing. Ernst Weiße: Gleisfeldbeleuchtung. S. 108. — RUNDSCHAU: S. 110. — PATENTBERICHT. S. 114. — LITERATURBERICHTE. S. 116.

Eisenbahnbeleuchtung.

Über Herstellung und Betrieb von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen der österreichischen Bundesbahnen.

Von Dr. Ing. **Fritz Vogel**, Zentralinspektor der österr. Bundesbahnen, Wien.

Die wichtigsten Forderungen, welche an gute Beleuchtungseinrichtungen im Eisenbahnbetriebsdienst gestellt werden, sind: Betriebssicherheit, entsprechende Stärke und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, Blendungsfreiheit, Wirtschaftlichkeit und leichte Bedienungsmöglichkeit.

Die elektrische Beleuchtung überragt im allgemeinen, in Erfüllung dieser Forderungen, alle anderen Beleuchtungsarten in einem solchen Maße, daß sie nur dort, wo die Stromversorgung von stabilen elektrischen Einrichtungen, sei es wegen der Kosten für die Herstellung des Anschlusses, sei es wegen eines zu hohen Strompreises, unwirtschaftlich würde, nicht zur Einführung gelangt und einer anderen Beleuchtungsart das Feld überlassen muß.

Die folgenden Ausführungen sollen sich daher nur mit elektrischen Beleuchtungsanlagen befassen, wobei in erster Linie an ortsfeste Einrichtungen gedacht ist. Für die Beleuchtung von Personenwagen und Lokomotiven gelten der Hauptsache nach ähnliche Gesichtspunkte wie für ortsfeste Anlagen, nur spielen hier Gleichmäßigkeit und Blendungsfreiheit eine geringere Rolle.

Als wichtigste Forderung, die an Beleuchtungseinrichtungen im Eisenbahnbetrieb zu stellen ist, wurde die Betriebssicherheit an erster Stelle angeführt. Um diesbezüglich entsprechend vorzusorgen, muß vor allem eine ausreichende Gewähr für die ununterbrochene Stromlieferung gegeben sein, was durch Einräumung eines Vorbezugsrechtes in der Stromlieferungsvereinbarung, bei großen Bahnhöfen außerdem noch durch Anschluß an eine zweite oder dritte Speiseleitung, auf die im Bedarfsfalle umgeschaltet werden kann und dergleichen mehr geschieht. In technischer Beziehung wird eine möglichst sorgfältige und betriebssichere Ausführung von Beleuchtungsinstallationen dadurch gewährleistet, daß hiefür nicht nur die strenge Einhaltung der vom Elektrotechnischen Verein in Wien herausgegebenen „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen", sondern gegebenenfalls auch von Sondervorschriften der österreichischen Bundesbahnen, vorgeschrieben wird.

Hinsichtlich der Haltbarkeit der Glühlampen vom Standpunkte der Betriebssicherheit aus, ist die Fabrikation elektrischer Glühlampen heute schon derart vorgeschritten, daß auch an den heikelsten Stellen der Außen- und Innenbeleuchtung (zum Beispiel von besonders wichtigen Weichengruppen oder in Telegraphenbüros) jede Bedachtnahme auf etwaige Vorsorge von Leuchten mit mehr als einer Glühbirne oder von Glühlampen mit mehr als einem Leuchtdraht, überflüssig scheint.

Bevor über die lichttechnischen Forderungen nach genügender Beleuchtungsstärke, Gleichmäßigkeit und Blendungsfreiheit gesprochen wird, sei einiges über die erwünschte leichte Bedienungsmöglichkeit und Wirtschaftlichkeit gesagt.

Da die österreichischen Bundesbahnen bei 6 m übersteigenden Lichtpunkthöhen im Freien fast ausnahmslos an Drahtseilen befestigte, herablaßbare Leuchten verwenden, kann die Reinigung der Armaturen und der Lampenaustausch stets in bequemer Höhe besorgt werden. Wichtig ist, daß hiebei nicht Manipulationen vorzunehmen sind, welche das Lösen und Anziehen von kleinen Schrauben und ähnliche Handhabungen erfordern, die eher ein Mechaniker in seinem Arbeitsraum, als der Bedienungsmann mit schwerer Hand im Freien bei Kälte, Regen und Sturm besorgen kann. Wichtig ist auch, daß die Leuchte fürs Freie so gebaut ist, daß kein Einrosten von Verbindungen eintreten kann, die bei der Lampenauswechslung oder Reinigung gelöst werden müssen.

Im Innern der Gebäude sind die Verhältnisse für die Leuchtenbedienung in der Regel ganz einfache; sie kann fast immer ohne jede Schwierigkeit und bei Deckenarmaturen oder Lustern mit Hilfe einer kurzen Leiter ohneweiteres durchgeführt werden. Eine Ausnahme bilden hohe Hallen, wenn deren Beleuchtungskörper nahe der Decke

Digitized by Google

montiert und nicht herablaßbar sind. Doch ist die Bedienung auch in diesen Fällen noch immer mit hohen Doppel- oder Schubleitern, Greifstangen für die Lampenauswechslung usw. weit einfacher zu besorgen, als häufig bei fest angebrachten Deckenbeleuchtungskörpern in Theater- und Konzertsälen.

Eine Forderung von ganz besonderer Bedeutung ist jene nach größter Wirtschaftlichkeit.

Bei gegebenem Strompreis ist sie vom Stromverbrauch, den Lampen- und Leuchtenersatzkosten, den Ausgaben für Bedienung und Erhaltung, dann von den Verzinsungs- und Amortisationsquoten des Bauerfordernisses für die elektrische Beleuchtungseinrichtung abhängig.

Um die Summe der erwähnten Betriebsausgaben und der Kapitaldienstquoten möglichst nieder zu halten, wird bei den österreichischen Bundesbahnen schon bei der Projektierung von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen darauf entsprechend Rücksicht genommen. Es wird dabei so vorgegangen, daß zuerst das erforderliche Lichtausmaß, dann unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, die Situierung der Beleuchtungskörper festgestellt und erst hierauf die Leitungs- und Schaltanlage entworfen wird, wobei besonders für neu herzustellende Gleisbeleuchtungsanlagen, die Austeilung und Wahl der Beleuchtungskörper so vorgenommen wird, daß die Summe aller diesbezüglichen Ausgaben einschließlich der Anteile für den Verzinsungs- und Tilgungsdienst ein Minimum bilden.

Für die Festlegung der erforderlichen Beleuchtungsstärken hat das k. k. Eisenbahnministerium schon im Jahre 1908 auf Grund von Studien und durchgeführten Beleuchtungsmessungen „Normen für die Lichtverteilung in Bahnhofbeleuchtungsanlagen" aufgestellt und zwar sowohl für Außen- wie auch für Innenbeleuchtungseinrichtungen, welche allen Staatsbahndirektionen zur Einhaltung bei Erstellung von Projekten vorgeschrieben wurden.

In neuerer Zeit wurden dafür die Angaben in den Leitsätzen der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft bzw. der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft zur Richtschnur genommen. Während bei Straßen und Plätzen Stellen größter Verkehrsdichte mehr Licht erhalten sollen, als die übrigen, also eine den wechselnden Verkehrsbedürfnissen angepaßte Ungleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke von vornherein notwendig ist, so würde zum Beispiel für die Beleuchtung von Gleisanlagen ausgedehnter Verschubplätze jene Einrichtung die vollkommenste sein, welche das ganze Gebiet tatsächlich absolut gleichmäßig und zwar mit jener Stärke erhellt, welche für die Beleuchtung wichtigster Gleisgruppen erforderlich ist. Wenn selbst die modernsten Leuchten von dieser idealen Lösung noch weit entfernt sind, so dürfen doch die ganz wesentlichen Fortschritte nicht verkannt werden, welche auf diesem Gebiete gemacht wurden. In dem Bestreben, jede lichttechnische Verbesserung nutzbringend verwerten zu können, verfolgen die zuständigen Stellen der österreichischen Bundesbahnen jede Neuheit auf diesem Gebiete mit größtem Interesse und es wird durch immer wieder vorgenommene Erprobungen von Leuchten und Glühlampen neuer Bauart getrachtet, ein klares Bild über die Vor- und Nachteile der einzelnen Fabrikate zu erhalten. Daß der große Umfang der Beleuchtungseinrichtungen bei den österreichischen Bundesbahnen (es sind rund 100 000 Glühlampen, darunter zirka 4000 Stück für Gleisbeleuchtung installiert), die allgemeine Einführung von neuen Typen nur dann gestattet, wenn die erzielten Vorteile die zumeist sehr erheblichen Anschaffungskosten rechtfertigen, versteht sich von selbst. Auch in letzterer Zeit wurden in Wahrung dieses Standpunktes auf Grund einer Reihe von Erprobungen und Studien, veraltete Typen von Beleuchtungskörpern für Innen- und Außenbeleuchtung in großer Zahl gegen moderne, blendungsfreie Leuchten ausgetauscht, wobei natürlich auch besonders darauf geachtet wurde, für die verschiedenen Zwecke jene Bauart auszuwählen, deren Lichtverteilung die günstigste ist, wodurch neben den Verbesserungen vom betriebstechnischen Standpunkte noch ganz erhebliche finanzielle Erfolge erzielt werden konnten.

Vor kurzem wurde auch mit der Erprobung von in moderne breitstrahlende Leuchten eingebauten Dauerbrand-Effekt Bogenlampen begonnen, deren Verwendung eventuell für die Beleuchtung von Gleisen, Plätzen und Hallen in Frage käme und vorläufig festgestellt, daß sie im spezifischen Stromverbrauch und auch in der Lichtverteilung Gasfüllungslampen mit gleichem Energieverbrauch überlegen sind. Ob die dadurch erreichten Vorteile groß genug sind, um die, mit der Verwendung auch derartiger verbesserter Bogenlampentypen verbundenen Nachteile dafür in Kauf nehmen zu können, wird das Ergebnis der weiteren Versuche zeigen.

Um ein klares, gerechtes Bild über die im Betriebe sich einstellenden, wirklichen Vor- und Nachteile einer Beleuchtungskörpertype zu erhalten, ist es wichtig, die Überprüfung der lichttechnischen Qualitäten von Glühlampen, Armaturen und Bogenlampen nicht nur im neuen, unbenützten Zustande, sondern auch nach entsprechend langer Verwendung durchzuführen, so daß dabei die Einwirkung von Staub und Schmutz und auf Strecken mit Dampftraktion, auch die von Rauchgasen und Ruß, entsprechend berücksichtigt wird. Nur auf diese Weise läßt sich feststellen, wie sich durch nicht entfernbare Schmutz- und Raucheinwirkung, durch den Glasbeschlag der Glühbirne, oder durch die auf den Glasballon der Bogenlampe angeflogenen Verbrennungsreste der Bogenlampenkohlen, oder durch die Veränderung der Reflektorenoberfläche die ursprüngliche Lichtwirkung verschlechtert hat.

Aus ähnlichen Gründen sollen auch Erprobungen und Lichtmessungen nicht nur im Laboratorium, sondern auch dort vorgenommen werden, wo der Beleuchtungskörper verwendet werden soll. Daß Messungen, die eine Verdunkelung des Prü-

Digitized by Google

raumes erfordern, da nicht in Betracht kommen, versteht sich von selbst. Aber bei allen anderen, deren Durchführung nicht an den Prüfraum gebunden ist, scheint eine solche Verlegung an die Verwendungsstelle sehr zweckmäßig, weil dadurch auch die mehr oder weniger reflektierende Wirkung der Wände, falls es sich um Beleuchtungseinrichtungen für Innenräume bzw. die Einwirkung von Dampf und Rauch, falls es sich um Erprobungen von Außenbeleuchtungskörpern handelt, ebenso Berücksichtigung finden, wie gegebenenfalls auch der Einfluß anderer Lichtquellen.

Die tatsächlichen Betriebsverhältnisse und ihre Folgen für die Feststellung der lichttechnischen Qualitäten eines Beleuchtungskörpers zu vernachlässigen, erscheint im Eisenbahndienste um so weniger angängig, weil auf mit Dampf betriebenen Strecken, wie schon erwähnt, nicht nur mit Staub und Schmutz, sondern in noch viel größerem Maße mit der Einwirkung von Rauchgasen und Ruß gerechnet werden muß, wodurch in Räumen, durch welche Gleise führen (Lokomotivschuppen, Hallen), als auch in Räumen, welche unmittelbar neben stark befahrenen Gleisen liegen (Platzinspektionen usw.) sich Wände und Decken schwärzen, so daß von einer indirekten Beleuchtung zumeist von vornherein abgesehen werden muß und auch an eine halbindirekte nur in seltenen Fällen gedacht werden kann.

Außer den eingangs angeführten Eigenschaften, welche eine gute Beleuchtungseinrichtung im Eisenbahnbetriebsdienste haben soll, muß noch eine Forderung hinsichtlich der Aufstellung von Gleisbeleuchtungskörpern besonders hervorgehoben werden und zwar jene, daß derartige Beleuchtungskörper vorhandene Signaleinrichtungen in keiner Weise ungünstig beeinflussen sollen. Wenn auch bei den österreichischen Bundesbahnen auf diesen ungemein wichtigen Umstand weitestgehend Rücksicht genommen wurde, so kommt es, wenn auch ausnahmsweise doch vor, daß Haupt- und eventuell auch Vorsignale derart situiert sind, daß die deutliche Sicht von Nachtsignalen durch Gleislampen leidet und dies auch durch Tiefstrahler nicht behoben werden konnte. In solchen Fällen wurden Blinksignale, und zwar in letzterer Zeit ausschließlich elektrisch betriebene, aufgestellt, die sich bisher sehr gut bewährt haben und einer Verwechselbarkeit mit signalfremden Lichtern sehr wirksam vorbeugen[1]).

Hinsichtlich der Anforderungen, welche an eine gute Lichtverteilung von Gleisbeleuchtungskörpern gestellt werden, sei noch darauf hingewiesen, daß für die Durchführung des Wagenverschubes und zwar besonders eines Verschubes durch Abrollenlassen der Wagen, auch die Beleuchtungsstärke auf vertikalen Flächen von Bedeutung ist, damit die Fahrzeuge auf Gleisen, selbst wenn sie ohne jeden Hintergrund frei stehen, deutlich gesehen werden können und dadurch eine richtige Distanzabschätzung für das Verschubpersonale bei der Abwicklung der Verschubbewegung ermöglicht wird.

Erwähnt sei noch, daß es zweckmäßig ist, die Armatur für die Außenbeleuchtung so einzurichten, daß eine Verstellungsmöglichkeit der Glühlampe gegeben ist, damit der Spitzenwinkel des aus der Leuchte austretenden Lichtkegels entsprechend verändert und die Leuchte für verschiedene Zwecke verwendet werden kann, also sowohl für die Beleuchtung ausgedehnter Verschubplätze, wo ein möglichst großer Ausstrahlungswinkel erwünscht ist, wie auch für die Beleuchtung von ein- oder mehrgleisigen Strecken und ebenso für die Beleuchtung von Drehscheiben, Putzgruben usw., wo wieder kleinere Ausstrahlungswinkel wirksamer sind.

Derartige Bedachtnahmen auf vielfache Verwendungsmöglichkeiten einer Type von Leuchten vereinfachen und verbilligen die Lagerhaltung und die betriebsmäßige Verwendung.

Dieser Umstand wurde auch bei Auswahl der neuen Beleuchtungskörper für Innenbeleuchtung entsprechend berücksichtigt und es wurden vorwiegend Schirmlampen vorgesehen, welche mit einem tiefgezogenen parabolisch geformten, starken Metallreflektor ausgestattet sind, der die Glühlampe ganz in sich aufnimmt.

Dieser Metallschirm wird mit einer Aufhängeöse für Zugpenden, mit einer Muffe zum Anschrauben an feste Penden oder Wandarme, mit Reibungsgelenk und Muffe, so daß die Lampe in jeder eingestellten Richtung stehen bleibt (zum Beispiel für die Beleuchtung der Stellhebel in Stellwerken) oder mit einem in zwei Reibungsgelenken schwenk- und drehbaren Haken (für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen, von Drehbänken usw.), oder mit einem entsprechenden Auslegerarm (für die Beleuchtung von Werkbänken und Arbeitstischen) für die verschiedenen Zwecke verwendet. Entsprechend adaptiert wird der gleiche Metallschirm auch als Schreibtischlampe oder, wenn statt der gewöhnlichen Fußplatte eine Anschraubplatte vorgesehen wird, für die Beleuchtung des Manipulationstisches von Kassaschaltern oder mit einer Schraubzwinge statt der Fußplatte, für die Beleuchtung von Apparatetischen in Telegraphenbüros, benützt. Die besonders heikle Beleuchtung dieser Apparatetische erfolgt vielfach auch durch Zugpenden. Eine Allgemeinbeleuchtung einzurichten, die stark genug ist, um auf die Einzelplatzbeleuchtung jedes Telegraphenapparates verzichten zu können, hat sich nicht bewährt, obwohl bei den österreichischen Bundesbahnen gegenwärtig ausnahmslos Farb- und keine Reliefschreibapparate in Verwendung stehen. Um das deutliche Erkennen der Schreibzeichen zu sichern, erfordert die Beleuchtung des ganzen Raumes von nur einer Stelle aus die Anordnung einer so starken Lichtquelle, die eine solche Einrichtung unwirtschaftlich macht und außerdem die diensthabenden Beamten einem Lichtstrom von solcher Intensität aussetzt, der

[1]) Siehe Reuleaux, Lichtsignale bei den Österreichischen Bundesbahnen. Zeitung des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen, Heft 25, 1928.

Digitized by Google

bald eine merkbare Abspannung herbeiführen könnte.

Die österreichischen Bundesbahnen versorgen ihre verschiedenen Beleuchtungsanlagen vorwiegend mit Gleich- oder hochperiodigem Wechsel- oder Drehstrom. Ausnahmsweise wird aber auch auf elektrisch betriebenen Linien Wechselstrom von $16^2/_3$ Per/s zu Beleuchtungszwecken verwendet. In diesen Fällen wird der Traktionsstrom entweder in Gleichstrom umgeformt oder er wird entsprechend transformiert, damit für die Innenbeleuchtung Spannungen von 8 bis 25 V für die Glühlampen verwendet werden können. Der Betrieb von Außenbeleuchtungseinrichtungen mit ihren starken Lampen und hohen Lichtpunkthöhen vollzieht sich in diesen Fällen bei Betriebsspannungen von 110 bis 120 V anstandslos. Verwendet man für die Innenbeleuchtung Lampen mit Spannungen von höchstens 8 V, dann arbeiten auch die direkt wirkenden Leuchten in Innenräumen fast ohne störendes Flimmern und im Betriebe einer solchen Anlage ist kaum ein Unterschied gegen solche, die mit Gleichstrom oder 50 periodigem Wechsel- oder Drehstrom gespeist werden, zu merken. Ist aber die Beleuchtungseinrichtung für höhere Lampenspannungen als 8 V hergestellt worden, dann muß, besonders bei Schreibtischlampen, die Lichtquelle außer Sicht des Arbeitenden und in einer Entfernung von mindestens $1^1/_2$ bis 2 m von der zu beleuchtenden Fläche angebracht und es müssen mattierte Vakuum- und keine Gasfüllungslampen, jedoch von entsprechend größerer Leuchtkraft, verwendet werden, damit der Arbeitsplatz, trotz der vergrößerten Entfernung, die genügende Beleuchtungsstärke erhält. Es ist auch darauf zu sehen, daß die reflektierenden Wände möglichst rauh und nicht zu hell sind, da auch hiedurch eine Verringerung des Flimmerns erzielt wird.

Der durch solche Anordnungen oder zufolge der Anbringung indirekt wirkender Leuchten, welche sich in diesen Fällen ausgezeichnet bewähren, verursachte größere Stromverbrauch, spielt hier, wo es sich um verhältnismäßig billigen Traktionsstrom handelt, nur eine untergeordnete Rolle.

Versuche[2]) in 110 bis 120 voltigen mit umgespanntem niederperiodigem Traktionsstrom gespeisten Innenbeleuchtungsanlagen, unterspannt leuchtende Lampen (für 150 V) zu verwenden sind im Zuge ohne daß noch ein endgiltiges Urteil darüber abgegeben werden kann.

[2]) Ähnliche Versuche wurden auch auf den Deutschen Reichsbahnen angestellt und findet sich darüber Näheres in einem Aufsatze von Pontani, El. Bahnen, Heft 5 des Jahrg. 1927.

Gleisfeldbeleuchtung.

Von Ing. Ernst **Weiße**, Leipzig.

Es sind schon eine Reihe von Vorschlägen gemacht worden, wie ausgedehnte Gleisfeldanlagen zweckmäßig und mit einem Mindestaufwand an elektrischer Energie beleuchtet werden können.

Auf hohe Beleuchtungsstärken kommt es ja hier nicht an. Es handelt sich in erster Linie vielmehr darum, daß eine große Fläche mit weni-

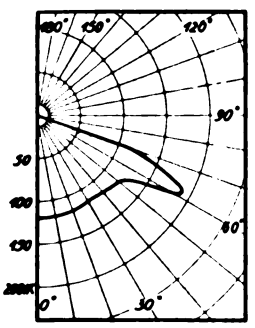


Abb. 1. Kandemschirm-Breitstrahler (Katopter) mit Lichtverteilungskurve.

gen, vielleicht 1 bis 2 Lux, möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet wird. In dem Bestreben, dabei mit verhältnismäßig wenigen Lichtpunkten auszukommen, hat man breitstrahlende Leuchten angewandt, das heißt solche, deren Lichtausstrahlungsmaximum unter Winkeln von 60 bis 80° zur Vertikalen liegt. Auch heute sind noch auf vielen Bahnhöfen dioptrische Glockenleuchten, kurz Diopter genannt,

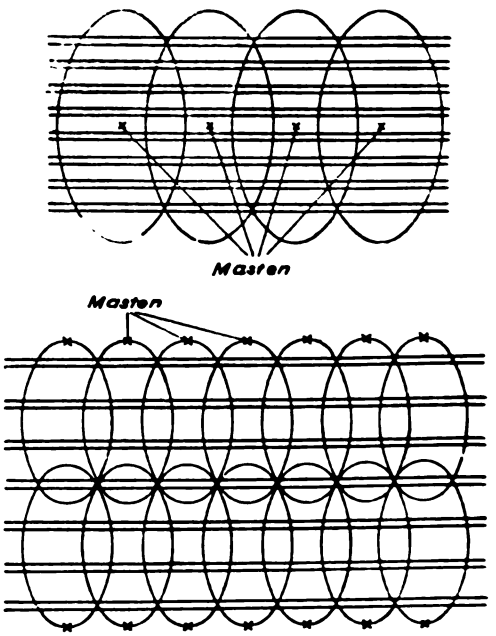


Abb. 2. Gleisfeldbeleuchtung durch längliche Lichtfelder quer zur Gleisrichtung.

für die Gleisfeldbeleuchtung in Betrieb. Bekanntlich ist bei solchen Leuchten die Glühlampe von einem Prismensystem umgeben, das einen Teil

Digitized by Google

des nach oben und unten ausstrahlenden Lichtes so bricht, daß es in den besagten Richtungen austritt.

Da man aber ganz allgemein bei der Eisenbahnbeleuchtung allmählich mehr und mehr zu Schirmleuchten übergegangen ist, also zu Leuchten, bei denen die Lichtquellen von einem undurchsichtigen Schirm umgeben sind — hat man auch bei der Gleisfeldbeleuchtung vielfach die Diopter durch Schirmleuchten ersetzt. In erster Linie handelt es sich dabei um Emaille-Tiefstrahler, die verhältismäßig billig sind, sich leicht reinigen lassen und sich bei solider Ausführung selbst unter ungünstigen Bedingungen durch eine lange Haltbarkeit auszeichnen.

Bedeutung erlangen. Längere Betriebserfahrungen liegen darüber jedoch zur Zeit noch nicht vor.

Man hat auch vorgeschlagen, Gleisfelder in der Weise zu beleuchten, daß man quer zur Gleisrichtung l ä n g l i c h e L i c h t f e l d e r erzeugt, die sich zum Teil überlagern (vgl. das D.R.P. Nr. 429415). Solche Anordnungen stellt schematisch die Abb. 2 dar. Auf diese Weise kommt man meist mit nur einer oder höchstens zwei Mastreihen aus, erreicht dadurch große Übersichtlichkeit und bequeme Stromzuleitung.

Bei diesem Verfahren sind allerdings große Aufhängehöhen Voraussetzung, damit die auf den Gleisen stehenden Wagen keine langen Schatten werfen. Man kann zum Beispiel scheinwerfer-

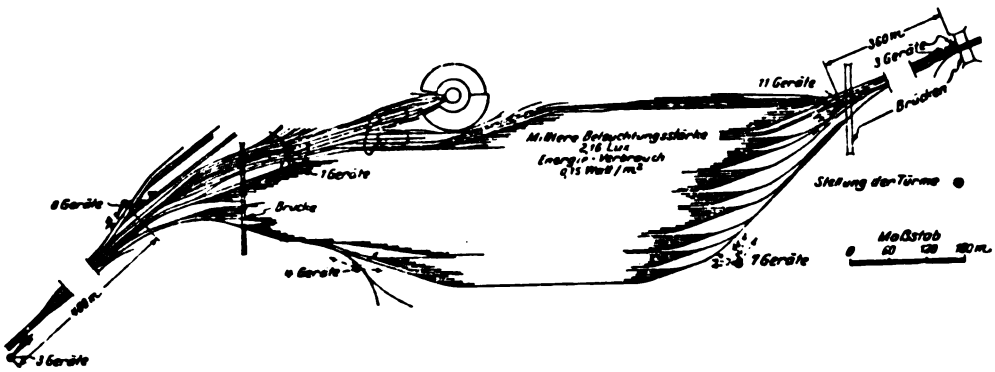


Abb. 3. Gleisfeldbeleuchtung des Verschiebebahnhofes von East Joliet durch Glühlampenscheinwerfer (Schematische Darstellung der Mastanordnung).

Auch breitstrahlende Schirmleuchten sind für Gleisfeldbeleuchtungen verwendet worden. In erster Linie hier die sogenannten K a t o p t e r zu nennen, die zuerst von der Firma Körting & Mathiesen A.-G. auf den Markt gebracht wurden. (Abb. 1 und 1a).

Diese Katopter sind mit einer total-reflektierenden Prismenglocke versehen, die, am oberen und unteren Rand abgedichtet, in einen undurchsichtigen Reflektor eingesetzt ist. Ein solcher Reflektor wirkt wie ein Spiegel, der bei geeignet gewählter Krümmung viel Licht unter den schon oben genannten Winkel von 60 bis 80° zur Vertikalen reflektiert, also eine Breitstrahlung ergibt. Auf die Abdichtung der Rückseite des Prismeneinsatzes ist ganz besonders Gewicht zu legen, weil eine Verschmutzung die Licht-Reflektions-Verhältnisse verändern würde. Eine total-reflektierende Prismenglocke hat den Vorteil der unbedingten Haltbarkeit.

Der immer etwas empfindliche Belag von gewöhnlichen Glassilberspiegeln erscheint für die rauhen Verhältnisse im Eisenbahnbetrieb für die Dauer nicht recht geeignet. Dasselbe gilt auch für Metallreflektoren mit spiegelnder Oberfläche. Besonders die Verbrennungsgase der Lokomotiven greifen solche Reflektoren stark an. In neuerer Zeit ist es jedoch gelungen, besonders widerstandsfähige Glassilberspiegel herzustellen, die zum Beispiel bei der Straßenbeleuchtung sich vorzüglich bewährt haben. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß diese auch für Eisenbahnbetriebe

artige Geräte, Flutlichtanleuchter u. a. zu beiden Seiten des Gleisfeldes an hohen Masten anordnen und damit quer über die Gleise leuchten, die Lichtquellen selbst dagegen in der Gleisrichtung abschirmen.

In Amerika sind in neuester Zeit Gleisfeldbeleuchtungen mit

F l u t l i c h t s c h e i n w e r f e r n durchgeführt worden[1]).

Abb. 4.

Auf dem Bahnhof in East Joliet hat man zur Beleuchtung eines ausgedehnten Verschiebebahnhofes sieben turmartige Gittermasten von 25 m Höhe aufgestellt, an denen 3 bis 11 Flutlichtgeräte (Glühlampenscheinwerfer mit Spiegelreflektor) befestigt, und teils quer, teils längs oder schräg zur Gleisrichtung eingerichtet worden sind. Im ganzen sind dort 42 Geräte — je mit 1000 W besteckt — zur Verwendung gekommen. (Abb. 3.) Bei einem Wattaufwand von 0·15 W/m² sind mittlere Beleuchtungsstärken von über zwei Lux erzielt worden, die als vollständig ausreichend gelten können.

In Europa dürften Erfahrungen über derartige Gleisfeldbeleuchtungen noch nicht vorliegen. Es

[1]) „Railway Age", Bd. 84, S. 393. Vgl. den ausführlichen Bericht darüber auf S. 110 d. Heftes.

Digitized by Google

wäre aber sicher nicht falsch, solche Anlagen auch hier — wenn auch vorläufig nur versuchsweise — einmal auszuführen.

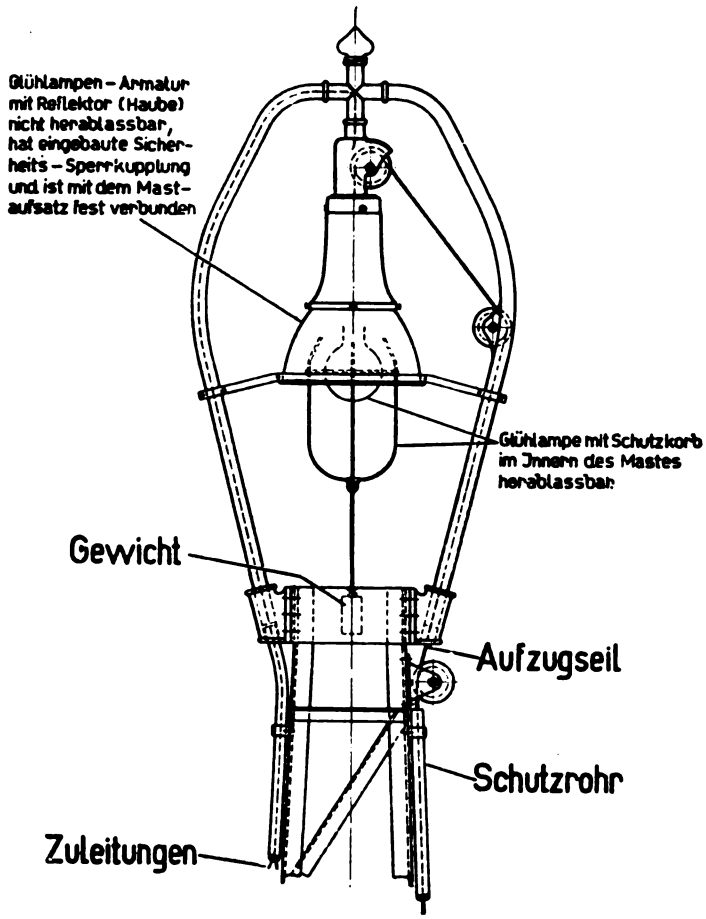


Abb. 5.

Im elektrischen Eisenbahnbetrieb bilden die an einem Drahtseil herablaßbaren Gleisfeld-Leuchten eine gewisse Gefahr. Es ist wiederholt vorgekommen, daß die Aufzugsseile solcher Leuchten nach längerem Gebrauch gerissen sind und seitwärts fallend die Oberleitungsdrähte berührten, den Bedienungsmann gefährdeten, Kurzschluß und empfindliche Betriebsstörungen verursachten. Dieser Gefahr ist durch eine Spezial-Konstruktion vorgebeugt worden. Hinsichtlich ihrer lichttechnischen Eigenschaften gleicht diese Spezial-Gleisfeld-Leuchte (Abb. 4), den in Eisenbahnbetrieben für solche Zwecke vielfach verwendeten Schirmleuchten (Tiefstrahler). Sie unterscheidet sich von diesen jedoch dadurch, daß im Innern des Leuchtenoberteils eine Sperrkupplung eingebaut ist, an deren herablaßbarem Teil die Fassung mit der Glühlampe hängt.

Solche Leuchten werden, wie es die Abb. 5 zeigt, am oberen Ende eines hohlen Gittermastes befestigt. Durch diese Anordnung ist es möglich, aus der festmontierten Leuchte heraus, die mit einem Drahtschutzkorb umgebene Glühlampe des Mastes herabzulassen.

Wenn nun bei herablaßbarer Glühlampe das Seil reißt, so kann hier das Seilende keinen Schaden anrichten, weil es von dem Gittermast umgeben ist. Der übrige Teil des Aufzugsseiles ist sicher in dem Schutzrohr geführt.

Wollte man wie es sonst üblich ist, die ganze Leuchte herablassen, so würden Gittermasten mit sehr großen lichten Weiten notwendig, die man aber praktisch bei der meist recht beträchtlichen Höhe der Masten kaum anwenden könnte.

Eine allgemeingültige Lösung für zweckmäßige Gleisfeldbeleuchtung wird es wohl kaum jemals geben. Es wird immer von Fall zu Fall erwogen werden müssen, ob von den verschiedenen Vorschlägen dieser oder jener, wenn auch vielleicht mit gewissen Abänderungen mit den sonstigen Betriebs- und Anlageverhältnissen in Einklang zu bringen ist.

Rundschau.

Die Beleuchtung amerikanischer Rangierbahnhöfe. Das Committee on Illumination der Vereinigung der Elektroingenieure der Bahnen hat sich schon 1923 für die Einführung der elektrischen Beleuchtung auf Verschiebebahnhöfen ausgesprochen, weil es sich davon die folgenden Vorteile versprach: Beschleunigung des Verschiebevorganges; Verminderung der Wagenbeschädigungen durch rauhe Behandlung und Aufeinanderprallen von Wagen beim Verschieben und dadurch Verminderung von Klagen, Verzögerungen in der Ablieferung der Waren, Verluste durch beschädigte Wagen usw.; Verminderung der Verluste durch Diebstahl und die Möglichkeit besserer Überwachung; Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Steigerung der Sicherheit für die Bediensteten.

Man hat daher in der Zukunft der intensiveren Beleuchtung der Bahnhöfe, besonders der Verschiebebahnhöfe, ein besonderes Augenmerk geschenkt. Wie G. T. Johnson in einer das ganze Gebiet überblickenden älteren Arbeit anführt[1]), erforderte die bisher übliche Einzelbeleuchtung an 7 bis 8 m hohen, zirka 30 m voneinander entfernten Masten mit Tiefstrahlern und 300-Watt-Lampen nicht nur verhältnismäßig hohe Kosten, sondern bildete auch bei dem geringen, zwischen den Geleisen vorhandenen Platz bedeutende Verkehrshindernisse. Aus diesen Gründen wurde diese Methode verlassen und dazu übergegangen, auf wenigen 25 bis 35 m hohen Türmen eine größere Zahl von Flutlichtstrahlern, die mit 750- bis 1000wattigen Lampen ausgestattet werden, derart anzuordnen, daß ihr Strahlengang Blendungserscheinungen ausschließt. Zur Vereinfachung der Bedienung erfolgt die Ein- und Ausschaltung automatisch durch Schaltuhren, so daß sich nur in längeren Zwischenräumen die Notwendigkeit ergibt, zum Putzen der Reflektoren bzw. Austausch der Lampen die Türme zu besteigen. Statt der Türme können auch hohe Gebäude, wie Wassertürme, Bekohlungsanlagen und anderes, zur Anbringung der Reflektoren verwendet werden.

Die drei Grundformen der Verschiebebahnhöfe erfordern, ihrer Eigenart entsprechend, gesonderte Behandlung bei der Beleuchtung. Bei der ersten auch

[1]) Vgl. Journal Am. Inst. El. Eng., Bd. 46, H. 1, 1927.

Digitized by Google

Europa noch am meisten angewandten Art, bei welcher handbetätigte Wechsel Verwendung finden und die Wagen durch Bremser zum Stillstand gebracht werden, ist vor allem darauf Rücksicht zu nehmen, daß sich ständig Bedienungsmannschaft auf dem Bahnhof befindet, daher jede Blendung, die die Sicherheit derselben und damit die des Betriebes gefährden könnte, vermieden werden muß. Unter der Annahme eines vom ersten bis zum letzten Wechsel ungefähr 1000 m langen Verschiebebahnhofes mit 40 Geleisen, die zu je 10 von einem Zubringegeleise abzweigen, genügen, um die für das Rangieren der Züge notwendige Beleuchtung zu erzielen, zwei auf dem Ablaufberg aufgestellte 100 m voneinander (in einer Ebene senkrecht zur Geleiseachse) entfernte Türme mit je acht Reflektoren zu 1000 W. In Fällen, in welchen wegen Platzmangel die Türme nicht auf der Höhe des Ablaufberges aufgestellt werden können, ist ihre Anordnung auch beim ersten Wechsel möglich; es ist jedoch dann notwendig, besondere Beleuchtungskörper auf Masten aufzustellen, um die Strecke vom Standort der Türme bis zu jenem Punkte, von welchem die Flutlichtreflektoren zu wirken beginnen, zu beleuchten. Die ungefähren Kosten betragen im ersteren Falle rund 7000, im letzteren rund 8000 Doll.

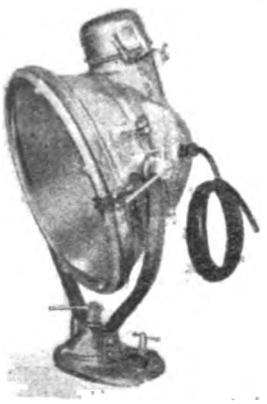


Abb. 1.

Bei der zweiten Type von Verschiebebahnhöfen, bei welchen wohl Bremser, aber statt der handbetätigten von einer Zentralstelle aus bediente Wechsel verwendet werden, kommt der Vermeidung von Blendung nicht mehr das Hauptinteresse zu, da auf dem Bahnhofe selbst sich keine Mannschaft befindet und das Verschieben sich in der Richtung der Lichtstrahlung abspielt. Die Aufstellung zweier Türme, wie bei der ersten Art, ist ausreichend, wobei auf die genaue Einhaltung des Aufstellungsortes nach dem eben Gesagten kein besonderes Gewicht gelegt werden muß. Bei außergewöhnlichen Bahnhofslängen ist es notwendig, in einer Entfernung von 700 bis 1000 m vom Ablaufberg weitere zwei Maste mit je sechs bis acht Reflektoren zu 1000 W an den beiden Längsseiten der Geleiseanlagen aufzustellen. Die Installationskosten steigen dabei auch wegen der längeren Leitungsführungen auf rund 19000 Doll. an, bei einer Erhöhung der Unterhaltungskosten um mehr als 100 vH. Bei Verwendung von Lampen höherer Wattzahl mit nur zwei Türmen auch bei 1500 bis 2000 m langen Bahnhöfen würden wohl die Installationskosten sinken, aber die Gefahr der Blendung durch Interferenz des Strahlenganges mit der Blickrichtung besonders bei der zuerst besprochenen Bahnhofsart erhöht werden. Ein Beleuchtungssystem für den gleichen Bahnhof mit einer Reihe von Einzelreflektoren in den Zwischenräumen der Geleisestränge würde nach Angabe des Verfassers zwar nur 15000 Dollar kosten, dafür aber 1000 vH höhere Instandhaltungskosten beanspruchen als jene mit Flutlichtstrahler.

Die dritte in Europa weniger gebräuchliche Art des Verschiebens mit automatischen Wechseln und mechanischen Bremsvorrichtungen, bei welcher auf den Bahnhöfen selbst sich überhaupt kein Personal befindet, muß dennoch so behandelt werden wie die erste Type, da die Bedienungsmannschaft der Bremsvorrichtungen, die in kleinen Türmen auf dem Bahnhofsgelände untergebracht ist, durch blendenden Strahlengang in der einwandfreien Beobachtung des Bremsvorganges gehindert werden könnte. Deshalb werden auch oft die oberen Teile der Fenster dieser Beobachtungstürme mit Mattglas versehen. Eine Sonderbeleuchtung jeder Bremsvorrichtung empfiehlt sich der hohen Kosten wegen nicht. Es erscheint besser, Kontrollampen anzubringen, welche den Vorgang dem Wärter melden. In besonderen Fällen wurden auch Versuche angestellt, statt der gewöhnlichen Abschlußgläser der Flutlichtstrahler Linsen zu verwenden, um eine entsprechende Breitstrahlung zu erzielen. H.

Einen genaueren Einblick in die zu lösenden Aufgaben an Hand der Beschreibung ausgeführter Bahnbeleuchtungsanlagen gibt eine umfangreiche Arbeit von H. E. Mahan und R. J. Swackhamer vom Beleuchtungslaboratorium der General Electric Co.[1]).

Man hat für die Flutbeleuchtung Scheinwerfer verwendet, von welchen Abb. 1 eine Type zeigt. Ein derartiger Scheinwerfer soll wetterbeständig, staubdicht, durch die Rauchgase nicht angreifbar sein; das Auswechseln der Lampen, das Reinigen, die richtige Einstellung der Lampen und der sonstigen Teile eines Scheinwerfers auf dem Turm soll bequem sein, und es ist zu achten, daß sich die Lage des Scheinwerfers nicht ändert. Sie müssen geringes Gewicht haben und geringen Widerstand bieten, um die Turmbelastung nicht zu erhöhen.

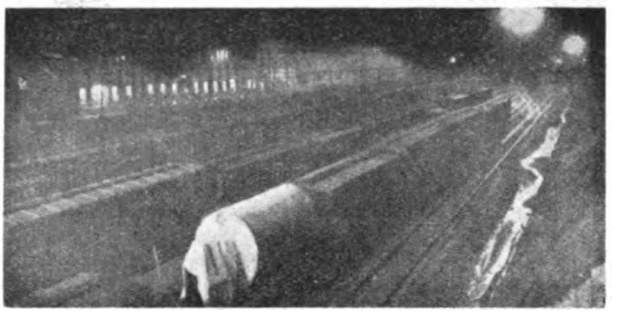


Abb. 2.

Es ist erwünscht, bezüglich der Lichtverteilung eines Scheinwerfers mehrere Möglichkeiten offen zu haben; auswechselbare Glasdeckel für symmetrische oder unsymmetrische Verteilung ermöglichen dies. Gesamtlumen, Lumen des Lichtkegels, seine räumliche Ausbreitung und Lichtstärke kommen bei Anschaffung der Scheinwerfertype in Betracht, und es ist vor allem zu beachten, daß ein starker, jedoch schmaler Lichtkegel nur kleine Flächen beleuchten, aber sehr weit reichen kann, während ein breiter und schwacher Lichtkegel zwar große Flächen anleuchtet, aber nicht weit reicht. Außerdem läßt die Rauchentwicklung nur eine Reichweite des Lichtkegels von 450 bis 600 m zu. Die Beachtung aller dieser Bedingungen führte zur Verwendung eines Lichtkegels von 20 Grad Divergenz und gleichmäßiger Verteilung der Lichtstärke. Die Lichtkegellumen sollen wegen der Wirkung in die Ferne ziemlich hoch sein. Bei dem durch die Kosten des Turmes der Leitungsanlage usw. bedingten ziemlich hohen Preise der Anlage je Scheinwerfer, ist es angezeigt, für diesen bestes Reflexionsmaterial zu nehmen und ihn sorgfältig instand zu halten.

Man erhält verschiedene Beleuchtungswirkung, je nachdem der Lichtkegel in die Verkehrsrichtung oder gegen dieselbe fällt. Lichtkegel in der Verkehrsrichtung schließen die Gefahr der Blendung aus und machen Gegenstände sichtbar durch das von ihnen reflektierte Licht (Abb. 2). Lichtkegel entgegen der Verkehrsrichtung bringen es mit sich, daß die Silhouetten der Gegenstände auf lichtem Hintergrunde erscheinen und die Geleise durch das an den Schienen gespiegelte Licht sehr deutlich sichtbar sind (Abb. 3). Auch hier gibt ein Kompromiß die beste Lösung, und zwar auf Grund der Überlegung, daß näher gelegenere Objekte besser im direkten oder reflektierten, entferntere besser durch ihre Silhouetten auf hellem Grunde oder gegen die Reflexlichter der Schienen wahrzunehmen sind. Dreimal mehr

[1]) Transcation Illum. Eng. Soc., Bd. 23, Nr. 2, 1928.

Digitized by Google

Licht in der Verkehrsrichtung als ihr entgegen hat sich praktisch wertvoll erwiesen.

Über die Stärke der Beleuchtung äußert sich der Bericht des obgenannten Komitees vom Jahre 1926 zunächst dahin, daß es die Angabe der Lumen/m² des Eisenbahnhofes als zweckmäßig erachte. Die ungenügenden Erfahrungen in dieser Beleuchtungsaufgabe gestatten nur vorläufige Werte der genannten Lumenzahl anzugeben. Für Klassifikationsbahnhöfe sind 0·7 bis 1·7 Hefnerlumen je m² üblich, 1·1 HL/m² werden empfohlen: nahezu der gleiche Wertbereich gilt für die anderen Arten von Bahnhöfen, wobei die niedrigen Werte für Anlagen, in denen die Bediensteten wenig Arbeit zu verrichten haben, gelten, die höchsten für den entgegengesetzten Fall und wenn viele Reparaturen vorzunehmen sind. Noch höhere Werte müssen bei gefordertem raschem Arbeiten angenommen werden. Für

Abb. 3.

die neue Type der Bahnhöfe mit selbsttätiger Wagenbremsung empfehlen die Autoren 3 bis 6 HL/m² und gleichmäßige Beleuchtung, also große Montierungshöhen der Scheinwerfer.

Die Bedienungstürme, aus der Notwendigkeit entstanden, größere Scheinwerferbatterien an einer bestimmten Stelle zu haben, fordern bei den schon beträchtlichen Höhen von 22 bis 35 m ausgiebige Fundamente. Die Rauch- und Nebelverhältnisse begrenzen die Reichweite der Lichtkegel auf maximal 700 m, wodurch die Entfernung von Turm zu Turm auf 700 bis 1400 m festgelegt erscheint. Ein Bahnhof mittlerer Größe kommt mit vier Bedienungstürmen und 20 Scheinwerfern aus: falls die letzteren für diesen Zweck eigens konstruiert sind, insbesonders eine passende Lichtstärkenverteilung haben, ist eine mittlere Höhe des Turmes von 27 m zu empfehlen und sind 35 m Höhe nicht zu übersteigen, da sonst mit der Benützung eines Kranes kaum mehr gerechnet werden kann. Jeder dieser Türme, die unseren Gittermasten ähneln, enthält innen eine Leiter, die bis auf die Plattform führt, auf der übereinander angeordnet zwei Reihen von Scheinwerfern befestigt sind. Abb. 4 zeigt einen solchen Turm. Für die Entnahme der elektrischen Energie aus einem 2300- bis 6000-V-Netze in der Nähe des Bahnhofes ist gewöhnlich Gelegenheit vorhanden. Wird jeder Turm für sich an der Niederungsseite geschaltet, so ist ein Hauptschalter (oder zwei bei doppelter Strahlenrichtung) in einem wasserdichten Kasten am Fußende des Turmes untergebracht. Jeder einzelne Scheinwerfer ist zu sichern und etwa noch mit einem Schalter auszustatten, wenn die Verbindung nicht mit Steckkontakten erfolgt. Wird aber das Beleuchtungsnetz von der Zentrale aus eingeschaltet, also im Hochspannungskreis, so muß auch bei jedem Turm für die lokale Schaltung gesorgt sein, um Reparaturen und Instandhaltungsarbeiten vornehmen zu können. Werden die Türme automatisch der Reihe nach geschaltet, so ist

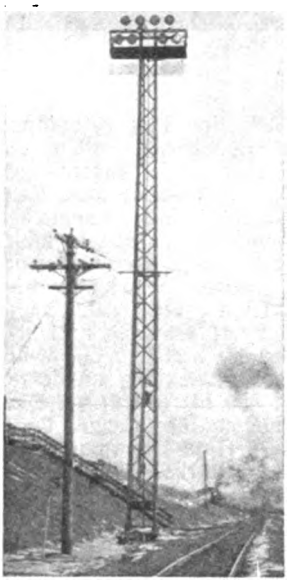


Abb. 4.

der Schalter durch ein Relais bedient, zu dem ein eigener vom vorhergehenden Turme aus mit Strom versehener Steuerdraht führt. Wenn der erste Turm eingeschaltet ist, so schließt sich hiebei das Relais für den zweiten Turm, und falls dann dieser eingeschaltet ist, kommt das Relais des dritten Turmes in Betrieb usw. Es kann auch die Einschaltung der Lampen durch hochfrequente Trägerwellen erfolgen, die im Hochspannungskreise zur Entfaltung gebracht werden und das Relais jedes Turmes betätigen. Immer muß für eine sorgfältige Isolation der Leitungen Sorge getragen sein. Die Transformatoren sind entweder am Turm oder am nächstgelegenen Leitungsmast befestigt. Von der Niederspannungsseite gehen die Drähte in Isolierröhren zum Fuß des Turmes herab und von da, ebenfalls in Isolierrohren, auf die Spitze des Turmes. Hier führen entweder biegsame Leitungen von einem Schaltkasten zu den einzelnen Scheinwerfern oder feste Leitungen zu Steckkontakten, und von den Steckern Leitungsschnüre eben dorthin.

Die Befürchtung, daß die Scheinwerferstrahlen die Wahrnehmung der Eisenbahnsignale störend beeinflussen könnten, hat sich nicht bestätigt, und die vorhandenen Beleuchtungsanlagen haben die bei weitem rationellere Ausnützung solcher Rangierbahnhöfe im Vergleich zu den nach alter Gepflogenheit ärmlich beleuchteten unzweifelhaft dargetan. O.

Über den diffusen Anteil der Beleuchtungsstärke und ihre Schattigkeit. Von H. Lingenfelsner. Der erst in letzter Zeit aufgekommene Begriff der Raumbeleuchtung läßt sich von zwei Seiten aus behandeln: Objektiv, wobei es sich um die Bestimmung der Beleuchtungsstärke auf irgendeiner Fläche im gegebenen, abgeschlossenen Raume handelt; oder subjektiv, physiologisch, wobei die Beleuchtungsverhältnisse (die Leuchtdichtenverteilung) auf den Grenzflächen des Raumes und sonstigen im Raume vorhandener Flächen ausschlaggebend sind. Der Autor hält sich in seinen Untersuchungen zunächst an die Wirkung, die Beleuchtungsstärke auf einen Flächenelemente in dem Raume, und zwar für alle denkbaren Lagen des Flächenelementes an einer gegebenen Raumstelle[1]; auf die Ursachen, die im Raume vorhandenen Leuchtdichten, die natürlich in der eben erwähnten Beleuchtungsstärke als Komponenten enthalten sein müssen, wird wegen noch nicht gesicherter Kenntnisse über die physiologischen Wirkungen der Leuchtdichte, nicht eingegangen. Es wird demnach vorgeschlagen, an irgendeine betrachtete Sammelstelle die Vergleichsfläche eines Beleuchtungsmessers zu bringen, und zwar in den verschiedensten Lagen; die abgelesenen Beleuchtungsstärken, auf den jeweiligen Normalen der Vergleichsfläche abgetragen, ergeben in der Gesamtheit ihrer Endpunkte eine Oberfläche, und erfüllen in ihrer Vektorengesamtheit einen Körper, den man als „Beleuchtungsverteilungskörper" bezeichnen kann. Irgendeine durch den Raumpunkt, in dem sich das Flächenelement befindet, gehende Ebene schneidet die Begrenzungsfläche des Beleuchtungsverteilungskörpers in einer Kurve, einer Beleuchtungsverteilungskurve. Im allgemeinsten Falle ist nun die Beleuchtungsstärke auf dem Flächenelement auf punktförmige und großflächige Lichtquellen zurückzuführen; die ersteren geben immer gerichtetes Licht, die großflächigen dem Sprachgebrauche nach nur dann nicht, wenn sie in jede Richtung zum Flächenelemente strahlen; nimmt man aber den Nordenschen Begriff der Schattigkeit[2] als Maß für die Beurteilung des Gerichtetseins, dann ist auch im letzteren Falle von gerichtetem Lichte zu sprechen, denn eine kleine ebene Fläche einige mm über einer allseitig oder diffus beleuchteten Ebene gelegen, veranlaßt unter sich Schattenbildung. Der einfache Fall einer Beleuchtungsverteilungskurve, einer großflächigen, das Flächenelement allseitig umschließenden leuchtenden Fläche (zum Beispiel Decke, Wände und Fußboden eines Zimmers) und nur einer punktförmigen Lichtquelle entsprechend, gibt, analysiert, nähere Aus-

[1]) Die Lichttechnik, 1926, S. 9.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 128; 1926, S. 45, 86, 87; 1927, S. 26.

Digitized by Google

schlüsse; es soll dabei vorausgesetzt werden, die Ebene, für welche die Beleuchtungsverteilungskurve aufgenommen wird, gehe durch das Flächenelement und auch durch die punktförmige Lichtquelle. Dann wird die Beleuchtungsverteilungskurve der punktförmigen Lichtquelle allein ein Kreis sein müssen, weil da die Beleuchtungsstärke

$$E_p = J \cos \alpha / r^2$$

und J die Beleuchtungsstärke in der Richtung der Verbindungslinie Lichtpunkt-Flächenelement sowie die Entfernung Lichtpunkt-Flächenelement konstant bleiben für alle Neigungswinkel der genannten Verbindungslinie zum Flächenelement; in die Verbindungslinie fällt der Durchmesser J/r^2 des erwähnten die Beleuchtungsverteilungskurve repräsentierenden Kreises. Der Beschattungsquotient für eine gegebene Lage des Flächenelementes (ein gegebenes α) ist nun der Quotient aus

$$(E - E_p)/E;$$

E und E_p sind für den Winkel α gemeint, E bezeichnet die gesamte, gemessene Beleuchtungsstärke auf dem Flächenelemente. Ferner ist die diffuse Beleuchtungsstärke E_d nach allen Richtungen α konstant und gleich dem kleinsten Halbmesser eines Kreises, der im Flächenelemente seinen Mittelpunkt hat und die Beleuchtungsverteilungskurve berührt. Der diffuse Anteil der Gesamtbeleuchtung beträgt dann

$$a_d = \frac{E_d}{E_m}, \quad E_m = \frac{1}{n}(E_1 + E_2 + \ldots - E_n),$$

wenn E_m den Mittelwert, der in n Richtungen (α_1, α_2 — α_n) gemessenen Beleuchtungsstärken bezeichnet. Ein zweiter wichtiger Begriff, der Eigenschatten, in Prozenten der höchsten an einem Körper vorkommenden Beleuchtungsstärke ausgedrückt, stellt sich in der Form $(E_b - E_a)\ 100\ E_b$ dar, wobei im einfachsten Falle eines mit seinem Mittelpunkte im gegebenen Raumpunkte liegenden Würfels, der von einer punktförmigen Lichtquelle beleuchtet wird, E_b die größere, E_a die kleinere von den Beleuchtungsstärken auf zwei benachbarten Würfelflächen ist. Die Tatsache des Vorhandenseins eines Eigenschattens ist auch verknüpft mit dem Vorhandensein einer großflächigen Lichtquelle, auch wenn sie allein vorkommt, und berechtigt zur oben angeführten Sprechweise, auch die großflächigen Lichtquellen könnten gerichtetes Licht, dessen Kriterium eben die Existenz eines Eigenschattens wäre, abgeben; umschließt die großflächige Lichtquelle den Körper, zu dem das Flächenelement gehört, ganz, so ist auch das Fernbleiben eines Eigenschattens denkbar. Es werden noch die Beleuchtungsverteilungskurven besonders einfacher Fälle entworfen und besprochen, so zum Beispiel: Einer punktförmigen Lichtquelle; zweier solcher Lichtquellen; einer großflächigen Lichtquelle, und zwar speziell einer auf ihrer Innenseite gleichförmig leuchtenden Halbkugelfläche, in deren Mittelpunkte das betrachtete Flächenelement liegt, wobei sich als Beleuchtungsverteilungskurve eine Kardioide ergibt. Weiters werden noch die Begriffe der Tiefe und Schärfe eines Schlagschattens erläutert; die Tiefe ist als Größe des Kontrastes zwischen beschattetem und unbeschattetem Flächenelement oder als Quotient zweier Beleuchtungsstärken definiert. Unter der Schärfe des Schlagschattens wird der Verlauf der Beleuchtungsstärke auf einer teilweise beschatteten Fläche verstanden; dieser Verlauf ist stetig bei nur großflächigen Lichtquellen, immer unstetig, das heißt längs einer Linie plötzlich sichtbar wechselnd, wenn auch nur eine einzige punktförmige Lichtquelle vorhanden ist. Großflächige Lichtquellen werden daher Schlagschatten aufhellen, niemals aber die Schärfe des Schattens beeinflussen können. Soweit die objektive Betrachtung über die Schattigkeit; die subjektive, physiologische, die mit der Unterschiedsempfindlichkeit des Auges zusammenhängt, ergibt noch manches Neue, mit der obenerwähnten physikalischen scheinbar Widersprechende; so zum Beispiel geben großflächige Lichtquellen oft eine für das Auge wegen der Unterschiedsempfindlichkeit völlig schlagschattenlose Beleuchtung, die der Physiker nicht kennt. Der Beleuchtungsverteilungskörper kann natürlich auch mit der Güte der Beleuchtung überhaupt, soweit sie physikalisch definierbar ist, in Verbindung gebracht werden. Der dem Beleuchtungsverteilungskörper analoge Leuchtdichtenverteilungskörper ließe dann auch nach der subjektiven, der physiologischen Seite Schlüsse zu. O—K

(Licht und Lampe, Bd. 17, H. 9, 1928.)

Beleuchtung von Sportplätzen. Die Einrichtung einiger Sportplätze für den Abendbetrieb führte zur Aufstellung der hauptsächlichsten Richtlinien der hier erforderlichen künstlichen Beleuchtung. Von grundlegender Wichtigkeit ist die besonders genaue Erfüllung dreier Bedingungen: Blendungsfreiheit, Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und Vermeidung harter Schatten.[1]) Störend wirken auf einer Rennbahn schon die sichelförmig erscheinenden unteren Öffnungen von Tiefstrahlern durch ihr Auftauchen und Verschwinden in den Augen des vorüberfahrenden Sportlers; ähnlich wirken dunkle Zonen zwischen zwei aufeinander folgenden Lampenmasten; nicht minder das Kreisen der scharfen Schlagschatten um den Fahrenden, das auch die Zuschauer unangenehm berührt. 10 bis 15 m hohe Aufhängung der Lampen und eine geringe Entfernung, etwa 20 bis 25 m bei Verwendung von Tiefstrahlern, bringen eine gute Lösung. Tiefstrahler sind hier am Platze, weil Breitstrahler erst bei Verhältnissen der Aufhänghöhe zur Entfernung von 1 : 5 angefangen, entschiedene Überlegenheit erlangen; derartig große Entfernungen gegenüber den Lichtpunkthöhen kommen aber bei Rennplätzen gar nicht in Frage. Aber auch auf Tennisplätzen[2]), wo die Lampenmaste, um das Spiel nicht zu stören, an den Platzgrenzen angeordnet sein müssen, sind trotz der großen Entfernungen Tiefstrahler noch verwendbar. Jedoch muß die Tatsache berücksichtigt werden, daß der Ball an jeder Stelle seiner Flugbahn voll beleuchtet sein muß, was durch Überschneidung der Lichtkegel in entsprechender Höhe zu erreichen ist; da aber mit steigender Höhe der Überschneidung die Lampe immerhin aus dem Reflektor heraustreten muß, ist die Gefahr einer Blendung bei zu hoher Überschneidung allerdings nahe. Bei breiten Spielfeldern, wie sie Fußballspielplätze aufweisen, ist der eben angeführte Grund sehr zu beachten und deshalb erscheint hier die Verwendung direkter, mit blendungsvermindernden lichtstreuenden Gläsern versehener Leuchten empfehlenswert. Zur Beleuchtung des Strafraumes hinter den Toren kommt je ein Tiefstrahler in Betracht. Weiße oder hellgraue Bälle, möglichst heller Spielboden verbessern weiters das Sehen. Die Bogenlampe, das Starklicht der Vergangenheit, dürfte auf dem Gebiete der Sportplatzbeleuchtung in ihrer jetzigen verbesserten Form noch eine Zukunft haben. O—k

(Kandem Monatsschrift, Heft 5. 1928.)

Beleuchtung feuchter und staubiger Arbeitsräume. Von E. Weisse Leipzig. Die bis 25 vH eintretende Produktionsverbesserung nach Umänderung von Beleuchtungsanlagen im lichttechnischen Sinne hat vielfach zur Untersuchung solcher Anlagen geführt, doch schienen bis jetzt die feuchten und staubigen Betriebe von einer solchen Umänderung ausgeschlossen; die feuchten Betriebe, weil hier besondere Installationsvorschriften- und Schwierigkeiten, Isolationsfragen, Rostgefahr usw. hemmend auftraten, die staubigen Anlagen, weil die zweckmäßigste Leuchte in kurzer Zeit wegen Bedeckung mit einer dicken Staubschicht weder genügende Beleuchtungsstärke, noch richtige Lichtverteilung lieferte. Die für feuchte Räume vorgeschriebenen wasserdichten Beleuchtungskörper bzw. Leuchten blenden und geben eine schlechte Lichtverteilung; statt nach unten geben sie gegen die Decke und die angrenzenden Wandteile am meisten Licht. Diese Nachteile werden durch die neukonstruierten wasserdichten Tiefstrahler vermieden, bei denen die Glühlampe von einem tiefen weißen Emailreflektor umgeben ist, zuver

[1]) Vgl. Die Lichttechnik 1926, S. 121.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1927, S. 76.

Digitized by Google

aber noch von einer dicht abschließenden Klarglasglocke umschlossen wird. Installationstechnisch entspricht diese Leuchte vollkommen, denn Fassungskörper und Oberteil der Leuchte bestehen aus keramischem Material, die Drähte sind durch Einführungspfeifen geführt, die nach Ausschluß vergossen werden. Auch die Ausführung mit Rohrpendel und mit einem $^3/_8$ Zoll Gasrohrgewinde enthaltendem Muffenanschlußstück ist üblich. Für staubige Räume eignet sich eine ebenfalls neukonstruierte Leuchte, die die Glühlampe von einer kegelstumpfförmigen unten geschlossenen Opalglasglocke umgeben hat; diese Glocke wird am gußeisernen Aufsatz dicht anschließend befestigt. Die einer vertikalen Zylinderfläche sehr nahekommende Kegelfläche läßt es zu einer nennenswerten Staubablagerung nicht kommen. Da ferner die Durchlässigkeit der Opalglasglocke nach unten zunimmt, so ist die Lichtverteilung die erwünschte, nämlich kräftige Beleuchtung nach unten und genügende Aufhellung der Decke und der angrenzenden Wandteile. Auch in nichtstaubigen Räumen, wo Deckenbeleuchtung infolge vorhandener Transmissionen, Rohrleitungen usw. erforderlich ist, wird dieser Beleuchtungskörper geeigneter sein, als ein Tiefstrahler, wie er unter anderem oben für feuchte Räume vorgeschlagen wurde. O—k

(Der Werksleiter, Heft 7, 1928.)

Patentbericht.

Eisenbahn-Lichtsignale.

Eine Lampe für Eisenbahnlichtsignale der Siemens & Halske A. G. besteht in der Kombination eines hyperbolischen Reflektors und zweier Kugelzonen mit innerer Spiegelung mit einer optischen Linse. Dadurch werden die von einer als Lichtquelle dienenden Glühlampe ausgehenden Lichtstrahlen vorzugsweise derart reflektiert und gebrochen, daß sie einen Lichtkegel bilden. Die Spitze desselben fällt in den außenliegenden Brennpunkt jenes Hyperbelastes, welcher die Grundgestalt des Reflektors bildet; die Lichtquelle selbst ist im innenliegenden Brennpunkt angeordnet.

(Ö. P. Nr. 96637.)

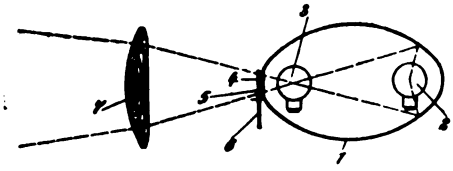


Abb. 1.

Eine Lichtsignaleinrichtung mit Glühlampenbeleuchtung für Eisenbahnsignale ist von derselben Firma in der Weise ausgebildet worden, daß ein Reflektor von der Form eines Rotationsellipsoides zur Verwendung kommt, in dessen beiden Brennpunkten die Glühlampen sich befinden. Alle von den zwei Leuchtkörpern ausgehenden Lichtstrahlen, mit Ausnahme jener, die gegen die Sockel der Glühlampen geworfen werden und jener, die durch die Unvollkommenheit des Reflektors, sowie durch das nicht absolut durchlässige Glas der optischen Linse verschluckt werden, werden derart reflektiert und gebrochen, daß sie einen Lichtkegel bilden, dessen Streuungswinkel durch die einstellbare Entfernung des Ellipsoides von der optischen Linse reguliert werden kann. Das aus jedem Punkte eines Querschnittes dieses Lichtkegels betrachtete Signalbild erscheint als eine nach jeder dieser Richtungen gleichleuchtende Scheibe von beträchtlich erhöhter Lichtintensität. (Ö. P. Nr. 101 735.)

Ein Lichtsignal für Eisenbahnzwecke derselben Firma besitzt ebenfalls einen elliptischen Reflektor (Abb. 1), in dessen beiden Brennpunkten Glühlampen 2, 3, angeordnet sind. Vor der Blendenöffnung 4 (5 bis 6 cm Durchmesser) befinden sich die rot bzw. grün zeigenden Blenden 5 und 6 und in entsprechendem Abstand davon die Sammellinse 7. Die Blenden sind so klein gehalten, daß ihre Betätigung durch Relais möglich ist. (Ö. P. Nr. 109762.)

Eine Anordnung zum Beleuchten von Eisenbahnschranken, Signalflügel und dergl., wobei mit einer möglichst geringen Anzahl von Lichtquellen eine augenfällige Lichtwirkung von beträchtlicher Ausdehnung erzeugt werden soll, ist von S. A. Sölling in Arnis getroffen worden. Zu diesem Zwecke werden auf der Vorderseite 1 der Bahnschranke (Abb. 2) eine Reihe schräggestellter kleiner Flächen 3 eines Zickzackbandes

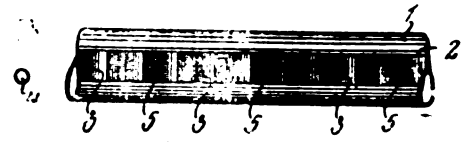


Abb. 2.

quer zur Längsrichtung angeordnet, die in der gewünschten Richtung künstliches Licht zurückwerfen können, das hauptsächlich in der Längsrichtung des Gegenstandes gegen die schrägen Flächen, zum Beispiel von einer an dem einen Ende des Gegenstandes angebrachten Lichtquelle (Signallaterne 4) ausgesendet wird. Die lichtreflektierenden Flächen besitzen zweckmäßig eine sägeförmige, zickzackförmige oder wellenförmige Form. Die dem Licht abgewendeten Flächen 5 können beliebig gestellt oder geformt sein.

(Ö. P. Nr. 102358.)

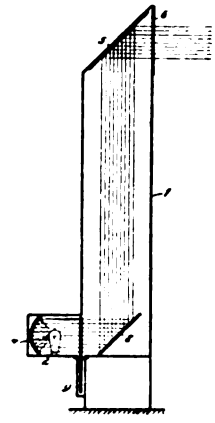


Abb. 3.

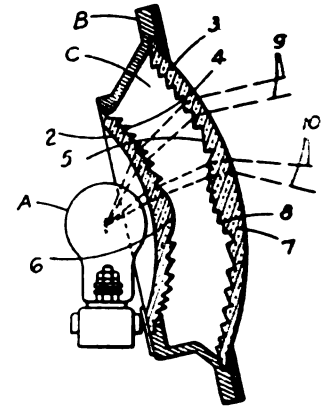


Abb. 4.

Das Besteigen der Signalmaste beim Auswechseln oder der Unterhaltung der Lichtquellen von Eisenbahnsignalen wird durch eine Anordnung der Siemens & Halske A. G. in Berlin und Wien unnötig. Zu diesem Zwecke ist die Lichtquelle in der Nähe des unteren Endes des, zum Beispiel rohrförmigen Signalmastes 1 (Abb. 3) angeordnet und das Licht der Lampe 2 wird durch Spiegelung (Hohlspiegel 7, Spiegel 8) oder Brechung nach oben und in der erforderlichen Höhe durch abermalige Spiegelung (Spiegel 5) oder Brechung in die gewünschte Richtung (durch Öffnung 6) geworfen. Die zur Abgabe verschiedener Signale erforderlichen Blenden usw. 9, die verschiedene Farbscheiben tragen können, sind ebenfalls am Fuße des Signalmastes angeordnet. (Ö. P. Nr. 100780.)

Die Firma The Westinghouse Brake & Saxley Signal-Company Ltd. in London hat ein Eisenbahnlichtsignal mit einem von einer einzigen Lichtquelle A ausgehenden Hauptsignalstrahlen 9 und einem Hilfsstrahlenbündel 10 für eine lokale Anzeige beim Signal ausgebildet. Ein Linsenpaar C aus 2 Zylinderlinsen 2 und 3 ist mit den aus der Abb. 4 ersichtlichen Stufen 4 und dem Ochsenauge 6 (bzw. 7) versehen. Das Ochsenauge 7 erhält eine Mehrzahl horizontaler Pris-

Digitized by Google

men 8, die so berechnet sind, daß sie ein Strahlenbündel 9 für lokale Beleuchtung nach unten werfen. Um diese Anordnung auch bei schon vorhandenen Signalen verwenden zu können, ohne eine der Linsen austauschen zu müssen, kann auch zwischen die beiden Linsen ein prismatischer Schirm angebracht werden, dessen Wirkungsweise dieselbe ist, wie die des prismatischen Mittelteiles 8 der oben genannten Anordnung.

(D. R. P. Nr. 457721.)

Ein Lichtsignal für Eisenbahnen und dergleichen mit mehreren Signallampen, die verschieden gefärbte Lichtbündel aussenden, ist von der gleichen Firma derart ausgebildet worden, daß eine relativ divergierendes, vom Hauptstrahlenbündel unabhängiges Hilfsstrahlenbündel vorgesehen ist, so daß der Führer des Fahrzeuges noch ein Signal erhält, wenn das Fahrzeug schon nahe der Signalvorrichtung selbst steht. Das Hilfsstrahlenbündel ist unabhängig vom Hauptstrahlenbündel einstellbar und wird zweckmäßig von einer besonderen Lampe ausgesendet, deren Strom in Übereinstimmung mit dem Strom der das Hauptstrahlenbündel aussendenden Lampe gesteuert wird.

(Ö. P. Nr. 104177.)

Bei Lichtsignalen kann es vorkommen, daß Lichtstrahlen von einem Punkte, der außerhalb des vom Signal entsendeten Lichtbündels liegt (zum Beispiel Sonnenstrahlen) auf das Signal fallen und von ihm zurückgeworfen werden, so daß eine falsche oder trügerische Anzeige erfolgt. Um solche Anzeigen zu verhindern, ordnet die Firma zwischen die zwei auseinanderliegenden Linsen des Signales einen aus anderwertigem Material hergestellten Schirm in der Weise an, daß das von einer äußeren Quelle kommende Licht von ihm absorbiert wird, wogegen ein ununterbrochener Durchgang der von der inneren Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen gewährleistet ist. Der Schirm ist aus einer Anzahl konzentrischer Schilder von der Form abgestumpfter Kegel zusammengesetzt.

(D. R. P. Nr. 433997.)

Eisenbahnlichtsignale, die an Krümmungen oder Steigungen der Strecke aufgestellt sind, können vom Fahrer oft nur ganz kurze Zeit bemerkt und daher gegebenenfalls leicht übersehen werden. Um eine längere Sichtbarkeit solcher Signale zu ermöglichen, ordnet C. O. Harrington in Chicago zwischen der Signallampe und -Linse eine strahlenbrechende Platte an, mit Hilfe derer der von der Linse erzeugte Streukegel wesentlich vergrößert wird. Diese Platte ist an ihrer Oberfläche gerippt und kann in einer Führung verschoben werden, um eine beliebige Einstellung zu ermöglichen.

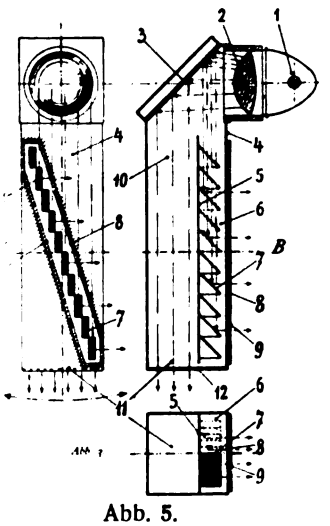


Abb. 5.

(Amerik. P. Nr. 1617595.)

Bekanntlich wird bei Eisenbahnlichtsignalen auch Rücklicht verwendet. In diesem Falle können von außen kommende Lichtstrahlen durch die Rücklichtöffnung in das Lampeninnere gelangen und den Eindruck erwecken, als sei die Lampe beleuchtet. Die Siemens & Halske A. G. in Berlin und Wien hat vorgeschlagen, vor der Rücklichtöffnung eine lichtzerstreuende oder -absorbierende Scheibe anzuordnen, die gegenüber der normalen Scheibe des Signals, die im verkehrstechnischen Sinne entgegengesetzte Farbe zeigt. Wenn also das Signal zum Beispiel grün zeigt, erscheint auf der Rückseite ein rotes Zeichen. Dadurch wird ein Gleis, für welches bereits von einer Seite die Einfahrt freigegeben ist, von irgendwelchen Rangierfahrten oder dergleichen auf der anderen Seite des Signals freigehalten.

(D. R. P. Nr. 464221.)

Ein besonders für Kurven und Steigungen zu verwendendes Eisenbahnlichtsignal derselben Firma hat eine Sammellinse, auf der ein schmaler, sich über die ganze Linsenbreite erstreckender, horizontal oder annähernd horizontal verlaufender Streifen angeordnet ist, der senkrecht angeordnete Rippen oder dergleichen trägt. Wenn die optische Achse des Lichtsignales auf dem Punkt der Kurve eingestellt wird, von welchem aus das Signal zuerst erblickt werden soll, kann es, nachdem es vom Führer bemerkt worden ist, infolge des schmalen Streifens mit den Riffelungen, auf den weiteren Teil der Kurve weiterverfolgt werden.

(D. R. P. Nr. 464222.)

In jenen Fällen, wo die Lichtsignalvorrichtung für Eisenbahnsignale neben dem geschlossenen Lichtbündel noch eine gewisse seitliche Ausstrahlung hervorrufen soll, schlägt die Firma die Verwendung einer Linse vor, deren innere und äußere Begrenzungsfläche oder beide Flächen in zwei aufeinander senkrecht stehenden Schnitten, zum mindesten am Rande der Linse verschiedene Radien besitzen. Um eine vereinfachte Herstellung der Linse zu erzielen, wird zweckmäßig die Einrichtung so getroffen, daß der Krümmungsradius der inneren oder äußeren Begrenzungsfläche der Linse von einem Schnitt nach dem dazu senkrechen Schnitt hin, fortlaufend ab- oder zunimmt.

(Schweiz. P. Nr. 126092.)

Ein Warnungssignal für Eisenbahnen, das den Zweck hat, dem Fahrer bei unsichtiger Witterung die Nähe eines Streckensignales anzuzeigen, ist von F. Unglaub in der Weise ausgebildet worden, daß die in einem Hohlspiegel gesammelten Lichtstrahlen auf einen unter 45° geneigten Sammelspiegel 3 geworfen werden, der sie in einen kastenförmigen Signalarm 4 (Abb. 5) reflektiert. In dem Kasten ist eine Trennungswand 5 eingebaut, auf der untereinander eine Anzahl von unter 45° geneigten Spiegelchen 7 angeordnet sind. Die Lichtstrahlen gehen teils unmitelbar durch die Kammer 10 des Kastens durch die Öffnung 11 auf die Schienen, teils werden sie von den Spiegelchen 7 in die Richtung des anfahrenden Zuges durch den Spalt 8 des Armes geworfen und erscheinen dem Fahrer in Form eines hellen Lichtbandes von der Form eines Spaltes.

(D. R. P. Nr. 443400.)

Die Firma The Westinghouse Brake & Saxby Signal Co. Ltd. in London hat ein Lichtsignal für Eisenbahnen in Vorschlag gebracht, das Licht in zwei verschiedenen Farben aussenden kann. Es werden zu diesem Zweck zwei verschiedenfärbige Glühlampen verwendet, von denen die eine im Brennpunkt der Signallinse angeordnet ist und die zweite ihren Platz außerhalb des Strahlenkegels der Linse hat. Zwischen den beiden Lampen, und zwar in der Symmetrielinie der beiden Glühfäden, ist ein lichtdurchlässiger Planspiegel angeordnet. Brennt die im Brennpunkt befindliche Lampe, so gehen ihre Lichtstrahlen durch den Spiegel zur Linse, durch die sie in bestimmter Richtung ausstrahlen. Brennt die zweite Lampe, werden ihre Lichtstrahlen vom Spiegel reflektiert und gehen durch die Linse in derselben Richtung weiter wie bei der ersten.

(Brit. P. Nr. 255023.)

Eisenbahnlichtsignale sind gewöhnlich mit zwei Glühlampen ausgestaltet, von denen eine Lampe als Reserve dient. Weil das Durchbrennen einer Lampe nicht ohneweiters im Stellwerk zu bemerken ist, empfiehlt A. Körlin in Schönfließ den Einbau einer Prüfvorrichtung in der Form eines rotierenden Umschalters, der so in die einzelnen Leitungsstränge eingeschaltet werden kann, daß er das Schadhaftwerden einer Birne durch Erzeugen von Blinklicht anzeigt.

(D. R. P. Nr. 442725.)

Digitized by Google

Bei Eisenbahnsignalen mit Blinklicht ist vorgeschlagen worden, den Strom nicht völlig zu unterbrechen, sondern Stromschwankungen durch Einschalten von Wechselstromwiderständen (Spulen, Kondensatoren etc.) herbeizuführen. Um eine annähernd gleichmäßige Belastung des stromliefernden Generators zu ermöglichen, wird gemäß einer Anodnung der Siemens & Halske A. G. in Berlin und Wien die Stromverminderung in den einzelnen Lampen oder Lampenkreise durch zeitlich verteiltes Ein- und Ausschalten der Widerstände in die Lampenleitungen bewirkt, so daß die Lampen abwechselnd zum Aufleuchten kommen. Bei dieser Anordnung kann eine Stromersparnis noch dadurch erzielt werden, daß der Strom durch zwei oder mehrere hintereinander oder parallel geschaltete Lampen abwechselnd hindurchgeführt wird, so daß die Lichtwirkung in jeder der Lampen dauernd zu- oder abnimmt und ein Teil der Lampen leuchtet, während der andere dunkel ist.
(Ö. P. Nr. 101832 u. Nr. 104798.)

Das Blinken der Lampe kann nach einer Erfindung der Firma auch dadurch hervorgerufen werden, daß im Lampenstromkreis mit Hilfe eines Transformators eine zusätzliche Spannung periodisch erzeugt oder zum Verschwinden gebracht wird: die derart hervorgerufenen Spannungs- und Stromschwankungen wirken sich in der Lampe als „Blinken" aus. (Ö. P. Nr. 101397.)

Es können auch nach einer anderen Erfindung der Firma die Lampen durch zwei Wechselstromerzeuger ungleicher Frequenz gespeist werden, dadurch treten langsame Stromschwankungen auf, die die Lampen zum „Blinken" bringen. (Ö. P. Nr. 99728.)

Die Firma gibt auch eine Blinklichtanlage an, bei der zwei Lampen, zum Beispiel eine rote und eine grüne, in Reihe geschaltet an die Stromquelle angelegt werden. Jeder der Lampen ist ein Schalter über einen Widerstand parallel gelegt. Durch abwechselndes Schließen der Schalter werden die Lampen abwechselnd ein- und ausgeschaltet. Stets fließt aber durch die Lampen ein schwacher, dieselben nicht zum Leuchten bringender Strom. Dadurch werden die Nachteile vermieden, welche mit dem häufigen Ein- und Ausschalten der Lampen selbst hinsichtlich deren Haltbarkeit verbunden sind. (Ö. P. Nr. 108490.)

Der periodische Stromunterbrecher für Eisenbahn-Blinklichtsignale der Siemens & Halske A. G. benützt eine Reihe von Relais zur Steuerung des Kontaktes für das Öffnen und Schließen des Lichtstromkreises. Die Relais sind derart geschaltet, daß eines nach dem anderen zum Anziehen kommt, um dann in derselben Reihenfolge nacheinander abzufallen: der Vorgang wiederholt sich periodisch. Eines der Relais betätigt den Kontakt, der den Lichtstromkreis periodisch öffnet und schließt. Im Ruhezustand oder beim Versagen der Relais bleibt der Lichtstromkreis geschlossen, mithin bleibt das Signalbild unbedingt sichtbar, wenn auch ohne zu blinken. (Ö. P. Nr. 109448.)

Literaturbericht.

Eingelaufene Bücher.

Lichtwirtschaftlicher Ratgeber für die Hausfrau betitelt sich eine 16seitige Broschüre der Osram-G. m. b. H. In erzählender Form bringt der Ratgeber der Hausfrau Erläuterndes und praktische Winke über die Beleuchtung jedes einzelnen Raumes einer Wohnung und der übrigen Räume eines Stadt- bzw. Landhauses. Auch ein Einmaleins der Heimbeleuchtung ist beigeschlossen, eine auf die Wattangaben je m² gegründete, daher nur einfachste Multiplikation erfordernde Methode zur Berechnung der Zahl und Größe der Lampen und das Wichtigste über die Pflege der Beleuchtung. Sicherlich wird jede Hausfrau diese Broschüre mit Nutzen lesen, nicht minder aber auch der Installateur, da die Form der Darstellung werbekräftig wirkt. —d—.

Österreichische Lichttechnische Gesellschaft.

EINLADUNG

zur

V. ordentlichen Generalversammlung

am Donnerstag, den 13. Dezember 1928, um 6 Uhr abends, im Hörsaale des Wissenschaftlichen Klubs, Wien, VI., Getreidemarkt 7.

TAGESORDNUNG:

1. Bericht über die Tätigkeit der Gesellschaft.
2. Bericht über den Gebarungsausweis und die Bilanz.
3. Allfälliges.

Im Anschluß an die Generalversammlung findet ein Vortrag des Herrn Ing. Otto Herbatschek, Wien, über **„Elektrische Pflanzenbelichtung"** (mit Lichtbildern) statt. Inhalt: Zweck der Pflanzenbelichtung — Pflanzenphysiologische Grundlagen — Vorausgegangene Untersuchungen — Aufstellung der technischen Bedingungen — Untersuchung der spektralen Zusammensetzung verschiedener Lichtquellen in Bezug auf ihre Eignung für die Pflanzenbelichtung — Einfluß von Beleuchtungsstärken und Lichtsumme; Ableitung ihrer Größen aus den in der Natur vorliegenden Verhältnissen — Durchgeführte Versuche und deren Ergebnisse — Folgerungen aus den Versuchen — Projektierung und Ausführung von Belichtungsanlagen — Beschreibung ausgeführter Anlagen — Wirtschaftlichkeitsberechnungen — Die elektrizitätswirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenbelichtung.

Wien, 22. November 1928.

Für den Vorstand:

Der Präsident: Ing. E. **Karel** e. h.

Der I. Schriftführer: Prof. Dr. Ing. J. **Ondracek** e. h.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE LICHTTECHNIK

OFFIZIELLES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN LICHTTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

BEIBLATT ZU „ELEKTROTECHNIK u. MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Lichttechnik, Wien" gestattet.

Heft 12 **23. Dezember 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Dipl.-Ing. H. Oehlschlägel: Moderne elektrische Straßenbeleuchtung. S. 117. — RUNDSCHAU S. 124.

Moderne elektrische Straßenbeleuchtung.

Von Dipl.-Ing. **H. Oehlschlägel**, Frankfurt a. M[1]).

Eine gute Straßenbeleuchtung, das heißt nicht nur eine reichliche, sondern vor allem auch eine zweckentsprechende und ästhetisch befriedigende, ist ein Problem, das nicht nur die Spezialfachleute einer Stadt zu lösen suchen, auch die Baukünstler, die Architekten, greifen diese Aufgabe auf, stellen ihre Forderungen und drängen auf deren Erfüllung. Jeder, der für das Wohl und Wehe seiner Stadt zu sorgen hat, wird ebenfalls dieser Frage die nötige Beachtung schenken müssen und letzten Endes wird jeder Steuerzahler, insbesondere jeder Geschäftsmann und auch jeder Fahrzeugbesitzer ein großes Interesse daran haben, daß eine wirklich brauchbare Lösung gefunden wird.

Durch den Krieg um Jahre in der technischen Entwicklung zurückgeworfen, sollte nun nach dessen Beendigung der Vorsprung, den andere Staaten erlangt hatten, wieder aufgeholt werden. Alles überstürzte sich. Dazu kommt, daß auch heute noch die Straßenbeleuchtung das heißumstrittenste Gebiet in der jungen Licht- und Beleuchtungstechnik darstellt und daß selbst maßgebendste Fachleute noch zu keiner einheitlichen Auffassung gelangen konnten.

Eine der strittigsten Fragen, über die die Meinungen heute noch sehr stark auseinandergehen, bezieht sich auf die Wahl der zweckmäßigsten Armaturentype und die diese kennzeichnende Lichtverteilung. Während einerseits die sogenannten Tiefstrahler, also Beleuchtungskörper, die einen mehr oder weniger steilen Lichtkegel nach unten senden, als die einzige Lösung angesehen wurden, vertraten andere wiederum den Standpunkt, daß sogenannte Breitstrahler (z. B. Diopter-Geleuchte) mit weit ausladender Lichtverteilung die günstigsten Resultate ergeben müßten. Zweifelsfrei weisen beide Arten Vorzüge auf, denen andererseits auch wieder spezifische Nachteile entgegengestellt werden können.

Um nun zu einem klaren Urteil zu kommen, welcher Beleuchtungskörper die an ihn zu stellenden Forderungen am e h e s t e n erfüllt, müssen zwei Fragen näher untersucht werden:

1. Welchen Zwecken dient eine Straße, also was muß man sehen und erkennen können?

2. Wie sehen wir bei Nacht bezw. bei den bei Straßenbeleuchtung in Frage kommenden Beleuchtungsstärken?

In erster Linie soll die Straße eine möglichst schnelle Verbindung vermitteln, nicht nur zwischen den Anwohnern der Straße selbst oder den Einwohnern der betreffenden Stadt, sondern weit darüber hinaus muß jeder Fremde, vor allem jedes fremde Fahrzeug, dessen Führer das Straßenbild einer Stadt nicht kennt, ungehindert und auf schnellste Weise sein Ziel erreichen. Sie dient also in erster Linie dem Verkehr. Da gerade in den letzten Jahren der Straßenverkehr ungeahnte Dimensionen angenommen hat und dazu noch eine weitere Steigerung der Fahrgeschwindigkeiten zu erwarten steht, so muß aus Gründen der Verkehrssicherheit in erster Linie dieser Gesichtspunkt maßgebend sein. Dazu gehört natürlich auch, daß diejenigen Stellen, an denen sich der Fußgängerverkehr mit dem Wagenverkehr trifft bzw. überschneidet, in der Beleuchtungsprojektierung besonders berücksichtigt werden.

Diese Gesichtspunkte gelten mehr oder weniger für alle Arten von Straßen. Dagegen sind noch weitere Forderungen zu stellen in den sogenannten Geschäftsstraßen. Hier muß der Passant bezw. das vorbeikommende Fahrzeug einen Überblick über die Straße haben, ähnlich wie bei Tage. Er muß in der Lage sein, das Gesamtbild der Straße mit einem Blick zu erfassen, muß sich also leicht orientieren, speziell auch Schildbezeichnungen etc. lesen können. Schließlich müssen Anlagen und sogenannte Pracht- oder Prunkstraßen, bis zu einem gewissen Grade auch die Wohnviertel, ein ästhetisch schönes Aussehen erhalten. Dazu gehört zweifelsfrei auch das Aussehen der Leuchten, selbst sowohl bei Tage als auch bei Nacht. Man verlangt von der Leuchte, wie man zu sagen pflegt, eine schnittige Form.

[1]) Auszug aus dem Vortrag, gehalten vor der Österr. Lichttechnischen Gesellschaft in Wien am 22. Dezember 1927.

Digitized by Google

Man könnte diesen Hauptgesichtspunkten nach eine Einteilung der verschiedenen Straßen treffen und danach bestimmte Forderungen bezüglich der Beleuchtungsstärke und der lichttechnischen Eigenschaften der hierfür zweckmäßigen Leuchten aufstellen. Es sind schon verschiedentlich Versuche gemacht worden, eine derartige Klassifikation der Straßen einzuführen[2]). Nachstehend sei eine solche Klassifikation einfachster Art aufgeführt; sie wurde von M. K. Foxworthy und W. Harrison für die Stadt Indianopolis anläßlich einer Erneuerung der Beleuchtungsanlage aufgestellt. Diese Einteilung, die sich auf die rein praktischen Angaben: wie Zahl der Lumen pro Leuchte, Zahl der Lampen, Aufhängehöhe und Abstand beschränkt, ist selbstverständlich nicht ohne weiteres übertragbar, zumal keinerlei genauere Angaben über die Art der jeweils verwandten Leuchten etc. vorliegen.

	Lichtstrom pro Lampe in Lumen:	Zahl der Lampen pro Mast:	Aufhängehöhe über Straßendecke: ca m	Lampen-Abstand: ca. m
Geschäftsstr. 1. Ordnung	15000	2	6·5	35
„ 2. „	15000	1	5	35
Verkehrsstr. 1. „	15000	1	6·5	35
„ 2. „	4000	1	4	36
Prunkstraße	6000	1	4	36—41
Wohnviertel	10000	—	—	—
Aussenbezirke	6000	—	—	—

Holzmaste mit Auslegern, Aufhängehöhe 7 m. Besondere Berücksichtigung der Straßenkreuzungen.

In verschiedenen Ländern sind Normen festgesetzt worden, in denen die unbedingt erforderlichen Werte der Beleuchtungsstärke niedergelegt sind, zum Beispiel in Deutschland durch die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, die in ihren Leitsätzen besondere Vorschriften ausgearbeitet hat. In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte aufgeführt.

Während der normalen Verkehrszeiten soll wenigstens betragen:	die mittlere Beleuchtungsstärke Lux	die Beleuchtungsstärke der ungünstigsten Stelle Lux
auf Straßen und Plätzen mit schwachem Verkehr	1—2	0·1—0·5
mit mittlerem Verkehr	2—5	0·5—1
mit starkem Verkehr	5—20	1—4

Alle bisher eingesetzten Daten, die sich auf die Stärke der Beleuchtung beziehen, sind jedoch in der ersten Nachkriegszeit entstanden, also in einer Zeit, in der man mit dem Licht knauserte und sich genötigt sah, unter dem Druck der äußeren Verhältnisse das gesamte Gebiet der Beleuchtung, nicht nur die Straßenbeleuchtung allein, als ein notwendiges Übel zu betrachten. Die unter solchen Umständen entstandenen Festlegungen sind also höchstens als Mindestwerte zu betrachten, ja es wird wohl nicht mehr lange dauern, und wir werden eine Neufestsetzung dieser Richtlinien erhalten, weil die bisherigen nicht mehr als genügend angesehen werden können. Heute jedoch haben wir uns noch mit den bisherigen Daten als dem überhaupt Gegebenen zu begnügen.

Wie sehen wir nun bei Nacht bzw. bei den bei Straßenbeleuchtung in Frage kommenden Beleuchtungsstärken?

Wir wissen, daß von einer Beleuchtungsstärke von ungefähr 10 Lux (ja sogar von 20 Lux) an abwärts (Lux auf weiß gemessen) nicht allein die Zapfen, sondern auch die Stäbchen, die das sogenannte Dämmerungssehen vermitteln, auf der Netzhaut des Auges in Tätigkeit sind. Je weiter nun die Stärke der Beleuchtung sinkt, desto stärker treten die Stäbchen mit ihrem Schwarz-Weiß-Empfinden in Funktion. Für das Auge ist aber nicht allein die Beleuchtungsstärke, sondern vor allen Dingen die Leuchtdichte bzw. noch richtiger die Leuchtdichtenunterschiede der betrachtenden Flächen maßgebend und diese Leuchtdichten werden abhängig sein von dem Reflexionsvermögen der Straßenoberfläche. Setzt man für das Reflexionsvermögen der Straßenoberfläche einen Wert von 0·05 — 0·1 ein (ein Wert, der mit der Praxis ungefähr übereinstimmt), so kann man ohne weiteres daraus ersehen, daß selbst dann, wenn wir weit höhere Beleuchtungsstärken bei der Straßenbeleuchtung erhalten als wir sie bisher gewohnt sind, das Stäbchen-Sehen der hauptsächlich bestimmende Faktor bleibt. In Deutschland hat Dipl.-Ing. Ludwig Schneider in seiner Broschüre „Physiologische Betrachtungen zur Beurteilung von Beleuchtungsanlagen" das Ergebnis näherer Untersuchungen niedergelegt, die das Wesen dieses sogenannten Silhouetten-Effektes erläutern sollen. Silhouetten-Effekt deshalb, weil wir die Objekte als dunkle Schattenrisse auf hellerem Hintergrund sehen.

Abb. 1 zeigt zur Demonstration des Silhouetten-Effektes eine Reihe von übereinandergesetzten photographischen Aufnahmen, bei denen einige Versuchskörper in verschiedenen Abständen vom Lampenfußpunkt aus auf dem Straßenpflaster angeordnet wurden. Bei der Bilderreihe links sind die Straßenleuchten mitten über dem Fahrdamm aufgehängt, bei der Bilderreihe rechts zu beiden Seiten der eigentlichen Fahrstraße. Die Versuchskörper sind beim obersten Bild mitten zwischen den beiden benachbarten Lampen aufgestellt; das unterste Bild zeigt sie zum Schluß direkt unter der Lampe. Die Versuchskörper haben bei diesem Versuch das gleiche Reflexionsvermögen wie die Straßenoberfläche, es sind also die denkbar ungünstigsten Verhältnisse angenommen. Aus beiden

[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1927, S. 137, 141.

Digitized by Google

Bilderserien ist deutlich ersichtlich, daß die betrachteten Objekte am sichersten zu erkennen sind, wenn der Kontrast zwischen beleuchtetem Straßenhintergrund und unbeleuchtetem Versuchskörper am stärksten ist. Sie werden am undeutlichsten, wenn ihre eigene Leuchtdichte mit der Leuchtdichte der Straßenoberfläche keinen Kontrast mehr bildet. Je stärker demnach mit den vorhandenen

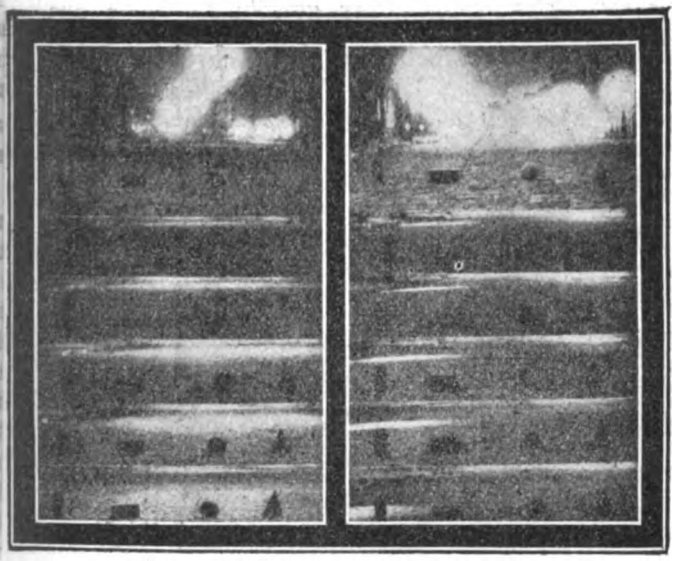


Abb. 1.

Mitteln der Kontrast zwischen Objekt und Hintergrund gemacht werden kann (vollkommene Blendungsfreiheit mit vorausgesetzt), umso besser werden wir bei Nacht sehen und umso schneller wird auch das Auge einen Bewegungsvorgang wahrnehmen können. Es gilt dies sowohl für hellen Hintergrund und dunkles Objekt, als auch für ein helles oder selbstleuchtendes Objekt auf dunklem Hintergrund. Da das Reflexionsvermögen der Straßenoberfläche für uns das Gegebene ist, während das Reflexionsvermögen der sich darauf bewegenden Objekte sehr verschiedenartig sein kann, so werden wir uns bei der Projektierung und Berechnung von Straßenbeleuchtung am besten darauf beziehen.

Unberührt von diesen Feststellungen bleiben die von anderer Seite aufgestellten Forderungen, die die Stärke der Straßenbeleuchtung mindestens so hoch gesetzt wissen wollen, daß man in der Lage ist, kleinere verlorene Gegenstände wiederzufinden, Hausnummernschilder zu entziffern und auch Adressen auf Briefen bzw. Notizen in Zeitungen lesen zu können. Zur Erfüllung eines Teils dieser Forderungen wird auch ein gewisses Maß von Vertikalbeleuchtung immer erforderlich sein.

Das Sehen bei dunkel adaptiertem Auge (Nachtsehen) wird durch verschiedene Faktoren gefördert, durch andere wieder gehemmt. Aus dem Vorangegangenen können wir entnehmen, daß es vor allen Dingen notwendig ist, eine möglichst hohe Flächenhelle des Straßenbodens und des unteren Teils der Häuserwände zu erzielen, da ja diese Flächen als Hintergrund zu gelten haben. Es kann dies außer durch eine entsprechend stark bemessene Beleuchtung eventuell erfolgen durch zusätzliche Beimengungen zur Deckschicht der Fahrbahn und durch einen möglichst hellen Anstrich der Häuserwände. Nach amerikanischen Angaben wäre bezüglich der Helltönung des Pflasterungsmaterials Beton an erster Stelle zu setzen und ölgebundenes Makadam an den Schluß dieser Reihe; dazwischen liegen die übrigen in Frage kommenden Materialien. Hierher gehört auch das Schaffen guter Kontraste an Kreuzungsstellen, bei Verkehrsinseln etc. Eventuell wird hier eine zusätzliche Beleuchtung, die das Hindernis selbst zeigt (Lichtschildkröten) bzw. den Kontrast verstärkt (Leuchtsäulen zur zusätzlichen Beleuchtung der Verkehrsinseln) notwendig sein.

Ein weiterer wesentlicher Faktor ist die Blendung. Die Blendung durch die Beleuchtungskörper selbst macht sich bei der Straßenbeleuchtung besonders stark bemerkbar, weil die Beleuchtungskörper als Hintergrund normalerweise den dunklen Nachthimmel haben. Jede Beeinträchtigung unseres Sehvermögens durch Blendung ist zugleich aber auch eine Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit der Anlage und muß nach Möglichkeit unterbunden werden.

Unter dieses Kapitel gehört nicht allein die Blendung, hervorgerufen durch die Beleuchtungskörper selbst, oder die sogenannte indirekte Blendung (Spiegelungserscheinungen), sondern dazu gehört auch alles, was durch künstliches Licht be-

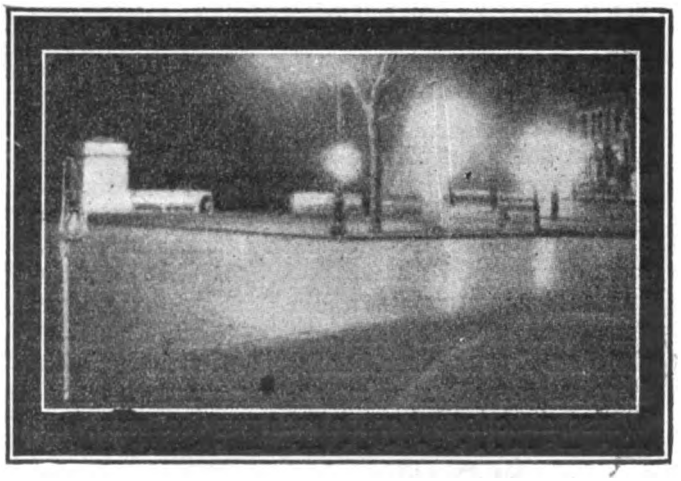


Abb. 2.

leuchtet in der näheren und weiteren Umgebung erscheint und blendend auf das Auge wirken kann. Hier berührt sich zum Beispiel das Gebiet der Schaufenster- und Reklame-Beleuchtung mit dem der Straßenbeleuchtung.

Die Gleichmäßigkeit, auf die bei der Straßenbeleuchtung vielfach der Hauptwert gelegt wurde, spielt gegenüber den angeführten Faktoren eine untergeordnete Rolle. Man könnte sogar behaupten — was allerdings mehr für Raumbeleuch-

Digitized by Google

tung als für Freibeleuchtung gilt — daß Ungleichmäßigkeiten in der Beleuchtung insofern gut sind, als sie mit dazu beitragen, die räumliche Wahrnehmung und das sichere Schätzen der Entfernungen zu unterstützen. Diese eben angedeutete Ungleichmäßigkeit hat natürlich nichts mit den Lichtbergen und Schattentälern zu tun, die man heutzutage meistens beim Blick einer Straße entlang noch vorfindet. Wie eingangs schon erwähnt, ist es ja auch nicht die Beleuchtungsstärke, sondern die Leuchtdichte, deren Gleichmäßigkeit für uns von Wichtigkeit sein könnte. Die Leuchtdichte des Bodens wird aber gerade bei Straßen sehr starken Schwankungen unterworfen sein. Eine stark befahrene Asphaltstraße wird einen sehr starken Anteil an spiegelnder Reflexion aufweisen. Ebenso wird auch der Anteil der spiegelnden Reflexion vergrößert bei Regenwetter.

Abb. 2 zeigt deutlich den Einfluß, den die durch die scharfe Abnutzung der Straßendecke entstehende Politur auf das Bild im Auge des Beschauers ausübt.

Alle bisher angeführten Faktoren stellen Erfordernisse dar, die lediglich für das gute Sehen an sich notwendig sind. Wenn darüber hinaus mit der Beleuchtung weitere Verbesserungen erzielt werden, zum Beispiel ein Anleuchten nicht nur des Bürgersteiges und des unteren Teils der Häuserwände, sondern der ganzen Häuserfronten, so ist das nicht etwa ein Luxus, vielmehr wird dadurch die Güte der Beleuchtung verbessert. Güte im Sinne einer Ästhetik der Beleuchtung verstanden. Es wird auch wohl in solchen Fällen, in denen die Häuserfront mitbeleuchtet ist, die vielfach vorhandene Blendung durch die Beleuchtungskörper selbst herabgemildert, da sich das Auge jetzt auf eine größere mittlere Adaptationshelligkeit einstellen kann.

Es handelt sich nun darum, mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln die für eine bestimmte Straßengruppe zu stellenden Mindestforderungen zu erfüllen. Man wird vor allen Dingen davon Abstand nehmen müssen, einen einzelnen Beleuchtungskörpertyp als den allein richtigen anzusehen; man wird vielmehr entsprechend dem Charakter und dem Zweck einer bestimmten Straße auch die Leuchte auswählen. Nur so wird man zu einer Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung kommen, die auch wirtschaftlich sein muß im physiologischen Sinne.

In Nebenstraßen, ebenso auch in solchen Straßen, die nur dem Verkehr allein dienen, wird die Beleuchtung durch Tiefstrahler — sei es durch solche mit ganz tiefgezogenem Reflektor, sei es durch solche mit flacherer Form — eine geeignete Lösung darstellen, weil es eben hier speziell darauf ankommt, daß das gesamte Licht auf die Bodenfläche konzentriert wird zur Erzielung einer möglichst hohen Leuchtdichte.

In Straßen, in denen die Architektur der Häuser mehr betont werden soll, desgleichen in den im Zentrum der Stadt gelegenen Hauptgeschäftsstraßen hatte man bisher entweder zur Beleuchtung durch sogenannte Freistrahler oder Bogenlampen gegriffen. Diese Leuchten geben zwar Licht an die umstehenden Häuserwände, Baumgruppen etc. ab, aber sie bieten keinen genügenden Schutz gegen Blendung. Bei den Bogenlampen kommt außerdem noch das für das Auge außerordentlich störend wirkende Flackern des Lichtes hinzu. Auch haben diese Beleuchtungskörper gewöhnlich keine ausgesprochene dem Zweck angepaßte Lichtverteilung.

Abb. 3.

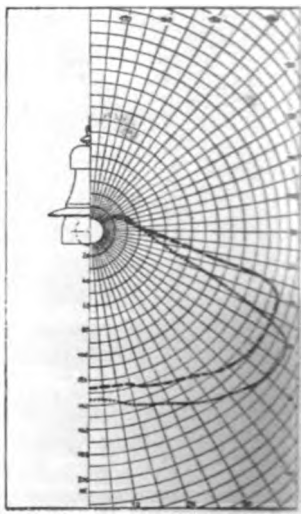


Abb. 4.

Seit einiger Zeit ist nun ein Beleuchtungskörpertyp auf dem Markt erschienen (erstmalig vor ca. $2^1/_2$ Jahren von der Firma G. Schanzenbach & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M.-West, herausgebracht), der bei guter Blendungsfreiheit das Licht bedeutend stärker in die Breite zu streuen vermag und zugleich auch eine gleichmäßige Aufhellung der Häuserwände ohne störenden Übergang von Hell nach Dunkel — wie das bei Tiefstrahlern unvermeidlich ist — zustande bringt. Die Ursprungsfirma hat diesem Beleuchtungskörper die Bezeichnung „Effektleuchte" gegeben.

Abb. 3 zeigt diese Leuchte mit der zugehörigen Lichtverteilungskurve Abb. 4. Die gestrichelte Kurve wird durch eine Glühlampe mit zickzackförmiger Anordnung erzielt, während die punktierte Kurve die Lichtverteilung für eine Glühlampe mit ringförmigem Leuchtsystem darstellt. Da dieser Beleuchtungskörpertyp unten vollkommen offen ist, also dauernd frische Luft die Glühlampe umspülen kann, ist keine Beeinträchtigung der Lebensdauer der Glühlampe durch die Armatur selbst zu befürchten. Es können sich hier auch keine Insekten und kein Schmutz, wie bei anderen Beleuchtungskörpern, im Glas festsetzen. Da über die Formgebung des Glases bei diesen Leuchten die Ansichten sehr stark auseinandergehen, sei an dieser Stelle erklärend bemerkt, daß gerade die Krümmung des obe-

Digitized by Google

ren Glasteiles den ausgesprochenen Zweck hat, das auf der Innenseite der Glasschale reflektierte Licht möglichst stark nach der Seite zu bringen und nach außen nur soviel durchzulassen als gerade notwendig ist, um einen gleichmäßigen Übergang der Beleuchtung an den Häuserfronten zu erzielen. Diesem Zweck entsprechend ist auch die hierfür verwendete Glassorte speziell ausgewählt worden. Daher kommt es, daß die Leuchtdichte dieses Glases auf ein für das Auge erträgliches Maß herabgesetzt werden konnte und man trotzdem auf die Illuminationswirkung nicht zu verzichten braucht.

Im Gegensatz dazu können die Leuchten, die mit zylindrischem Glas ausgerüstet sind, keinen wesentlichen Einfluß auf die Lichtverteilung ausüben. Um trotzdem etwas Breitstrahlung zu erzielen, müssen diese Gläser aus einer weit durchsichtigeren Glasmasse bestehen, bei der auf die Innenreflexion vollkommen verzichtet wird und deren

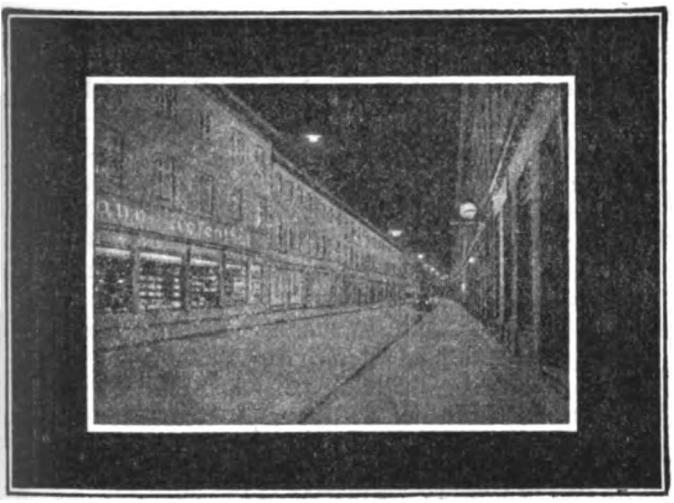


Abb. 5.

Leuchtdichte für das Auge natürlich auch erheblich höher, ja eventuell schädigend ist. Wird bei diesen Leuchten an Stelle eines gut lichtstreuenden Opalüberfangglases ein sogenanntes Opalinglas verwendet, so ist die Armatur nichts anderes als ein unten offener Freistrahler (der Laie sagt dann, diese Leuchte sei sehr hell.) (Abb. 5.)

Trotz des mit der Konstruktion der Effektleuchte erreichten Fortschrittes blieb man nicht müßig. Man versuchte, einen Schritt weiterzukommen, insbesondere auch deshalb, weil die Breitstrahlung noch nicht genügte, um größere Abstände zwischen den einzelnen Leuchten zu überbrücken. In vielen Städten ist man aber gerade bei der Straßenbeleuchtung an bereits vorhandene Anlagen und Lichtpunktabstände gebunden, und es würde große Schwierigkeiten und Kosten verursachen, wenn man hier wesentliche Änderungen vornehmen müßte. Soll in einem solchen Falle eine bestehende Anlage mit neuen Leuchten versehen und zugleich die Beleuchtung verbessert werden, so würde es hier nichts nützen, die Wattstärke der einzelnen Lichtpunkte zu erhöhen. Lichtberge und Schattentäler würden sich nicht verwischen lassen, insbesondere nicht mit der vielfach eingeführten Tiefstrahler-Beleuchtung. Die früher wegen ihrer starken Breitstrahlung so beliebten Diopter-Armaturen haben wiederum den Nachteil, außerordentlich leicht zu verschmutzen und insbesondere gerade in der Blickrichtung stark zu blenden. In beiden Fällen würde man daher eine durchaus unzweckmäßige und damit zugleich auch unwirtschaftliche Beleuchtung erhalten.

Abb. 6.

Mit Hilfe einer besonderen Konstruktion ist es gelungen, den gewünschten Ausgleich in der Beleuchtung herbeizuführen. Man kann damit auch bei Neuanlagen auf Lampenabstände kommen, die man früher nur notgedrungen einhalten mußte. Diese neue Leuchte, „Effektbreitstrahler" genannt (siehe Abb. 6 u. 7) übertrifft inbezug auf Breitstrahlung und gleichmäßige Beleuchtung die bisher gebräuchlichen Leuchtentypen.

Sie besitzt eine Lichtverteilung, welche bezüglich der Breitstrahlung der früher nur dieserhalb so bevorzugten Diopter-Armatur entspricht, ohne jedoch die mit jener verknüpften Mängel aufzuweisen. Der Effektbreitstrahler ist in seinem

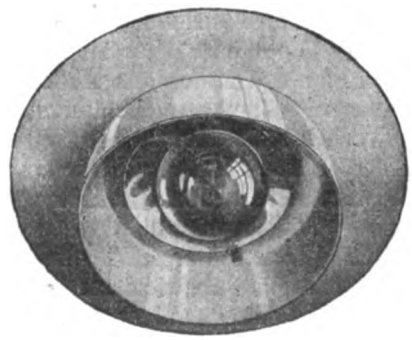


Abb. 7.

Aufbau und Betrieb einfacher, leichter sauber zu halten, und er arbeitet vor allen Dingen auch infolge der unten offenen Glocke aus Opalüberfangglas äußerst wirtschaftlich. Auf folgende Vorzüge sei nochmals besonders hingewiesen: 1. kein störender Lichtklecks unter der Lampe, 2. vollkommene Blendungsfreiheit, 3. gute Gleichmäßigkeit,

Digitized by Google

4. keine Verschmutzung, daher stets gleichbleibende Lichtwirkung, 5. Mitbeleuchtung der Häuserfront, dadurch Belebung des Straßenbildes und Unterstützung der Architektur der Straße im Gegensatz zur reinen Tiefstrahler-Beleuchtung, 6. erleichterte Orientierung für den Verkehr.

Die Breitstrahlung bei dem Effektbreitstrahler wird erreicht durch einen unmittelbar über der Glühlampe angeordneten verchromten Spiegelreflektor (Kupfer stark verchromt und dann blank poliert), welcher die von der Glühlampe aus nach oben gehenden Lichtstrahlen abfängt und in die Breitstrahlungsrichtung ablenkt[3]). Die Hauptverteilung des Lichtes übernimmt jedoch die Opalüberfangglocke, welche sich auch hier, wie bei allen gewöhnlichen Effektleuchten, nach oben parabolisch verjüngt, damit die reflektierten Strahlen aus der unteren Öffnung auf direktem Wege austreten können. Abb. 8 zeigt die Leuchte im Schnitt mit dem eingezeichneten Strahlengang.

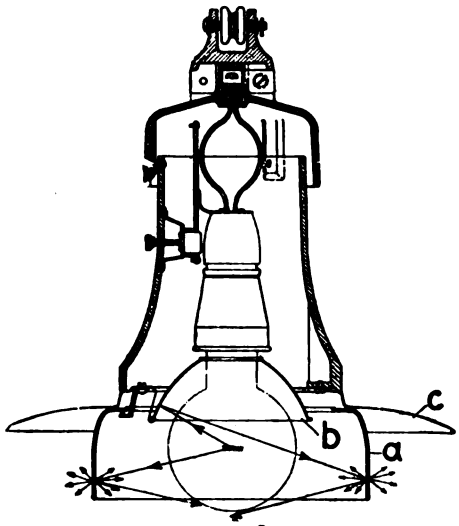


Abb. 8.

Um auch in der Kategorie derjenigen Leuchten, die keinerlei Licht in den oberen Halbraum gelangen lassen, ebenfalls einen Typ mit einer außerordentlichen Breitstrahlung zu schaffen, ging man auf dem einmal beschrittenen Weg noch ein Stück weiter, um auch hier das Äußerste herauszuholen, was aus einem Beleuchtungskörper herausgeholt werden kann, und so kam man zur Konstruktion des Schaco-Halbbreitstrahlers und des Schaco-Breitstrahlers. (Abb. 9 u. 10.)

Bei beiden Typen wird die Glühlampe, wie bei dem flachen Tiefstrahler „E" in der normalen Blickrichtung abgeschirmt und ähnlich wie bei dem Effektbreitstrahler wurde über der Glühlampe der verchromte Spiegelreflektor in die Leuchte eingesetzt. Er hat auch hier wiederum die Aufgabe, diejenigen Strahlen der Glühlampe, welche nach oben gehen, abzufangen und seitlich ab-

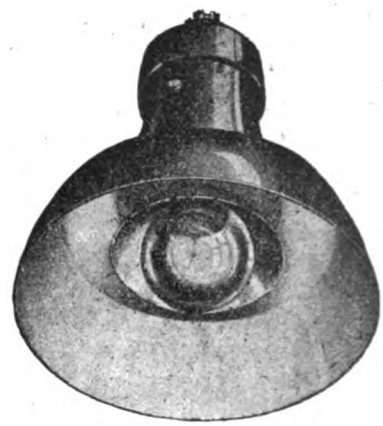


Abb. 9.

zulenken, im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Konstruktionen, bei denen das von der Glühlampe nach oben austretende Licht vielfach verloren ging oder aber durch die Form der verwendeten Reflektoren direkt nach unten geworfen wurde.

Die Abb. 11 und 12 zeigen den Strahlengang des Schaco-Halbbreitstrahlers und Breitstrahlers. Beim Schaco-Halbbreitstrahler herrscht in der Richtung zwischen 60 und 70° ungefähr die doppelte Intensität wie in Richtung der Lampenachse. Der Schaco-Breitstrahler erreicht sogar in Richtung von ungefähr 60—65° nahezu das vierfache der Intensität gegenüber derjenigen in Richtung der Lampenachse. Die durch ihn erzielte Horizontalbeleuchtung kommt praktisch an die des theoretischen Idealstrahlers heran. Dieses Maximum einer erzielbaren Breitenstrahlung wird

Abb. 10.

dadurch erreicht, daß außer dem bereits verchromten Spiegeleinsatz an Stelle des seitlichen emaillierten Reflektors umlaufend ein spiegelnder Reflektor gesetzt ist, wodurch die Richtung des Lichtes bei der Reflexion noch mehr erhalten bleibt als bei dem diffusen Reflektor. Es wird damit selbst bei größten Lichtpunktab-

[3]) Neuerdings wird an Stelle des bisher verwendeten Metallspiegels mit Chromüberzug ein Glaseinsatz mit total reflektierenden Prismen benutzt, der auf der Rückseite durch eine Metallkaschierung von besonderer Form abgedeckt ist. Diese Metallkaschierung verhindert in einwandfreiester Weise das Eindringen von Staub und Schmutz und kann trotzdem den Einwirkungen der durch die Glühlampe erzeugten Wärme begegnen. Die Prismen liegen also auf der der Glühlampe abgekehrten Seite staubsicher geschützt, während die der Glühlampe zugekehrte Seite vollkommen glatt gehalten, und dementsprechend leicht zu reinigen ist.

Digitized by Google

ständen noch eine völlig gleichmäßige Beleuchtung gewährleistet. Der seitliche spiegelnde Reflektor beim Schaco-Breitstrahler besitzt eine besondere Ausbildung, denn er ist derjenige Teil der Leuchte, der für das Auge sichtbar ist. Er ist nicht als glatter Reflektor ausgeführt, weil bei glatten

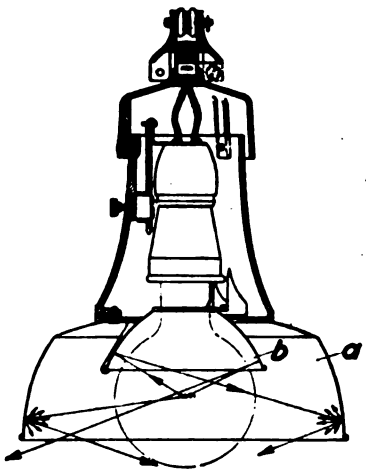


Abb. 11.

Spiegeln, infolge des nur an einer Stelle auftretenden Spiegelbildes der Glühlampe, an der reflektierenden Fläche Blendung entsteht, sondern die Reflektorinnenfläche ist durch vertikal verlaufende kleine Wellen unterbrochen. Es wird dadurch erreicht, daß unter Beibehaltung der Breitstrahlung die Glühlampe sich nicht an einem Punkte spiegelt, sondern daß das Licht an unendlich vielen Stellen reflektiert wird. Durch diese Maßnahme erscheint die ganze Reflektorfläche gleichmäßig leuchtend, ähnlich wie bei einem diffusen Reflektor. Durch weitere Brechungen der senkrechten Reflektorfläche wird die Schlierenbildung vermieden.

Über die Vorteile, die automatisch aus einer Verbesserung der Straßenbeleuchtung resultieren, wie zum Beispiel Verminderung der Unfälle, Verringerung der Einbrüche und der Verbrechen, die Möglichkeit eines gesteigerten Verkehrstempos, ist schon von den verschiedensten Seiten soviel Wissenswertes beigebracht worden, daß es sich erübrigt, an dieser Stelle näher darauf einzugehen. Zu erwähnen wären vielleicht noch Versuche, die darauf hinzielen, durch Verbesserung der Beleuchtung von Nebenstraßen eine Ablenkung des Verkehrs von den Hauptknotenpunkten zu erreichen, oder aber auch einen Zuzug an kaufendem Publikum in solche Geschäftsstraßen zu bekommen, die sonst vielleicht etwas stiefmütterlich behandelt werden. In Amerika ist man sogar soweit gegangen, daß sich dort die Geschäftswelt teilweise mit an den Kosten für die Straßenbeleuchtung beteiligt, jedenfalls nicht zu ihrem eigenen Nachteil.

Daß wir eine kolossale Weiterentwicklung, insbesondere eine starke Steigerung der Beleuchtung zu erwarten haben, beweisen uns die Verhältnisse in Amerika. Die Entwicklung der Straßenbeleuchtung dürfte bei uns ungefähr ähnlich verlaufen. Ansätze dazu sind bereits vorhanden. So geht man z. B. in einigen deutschen Städten dazu über, in breiteren Straßen die Beleuchtungskörper nicht mehr mitten über dem Fahrdamm aufzuhängen, sondern zwei Reihen von Beleuchtungskörpern zu installieren. Man erreicht dadurch eine gute Gleichmäßigkeit und auch eine verstärkte Beleuchtung des Bürgersteiges.

Wenn man die nach Jules Vernes anmutenden Schilderungen technischer Schriftsteller auf den verschiedensten Gebieten liest, wie sie uns eine zukünftige Entwicklung in phantastischen Bildern ausmalen, so könnte man versucht sein, auch einmal in ähnlicher Weise ein Bild zu entwerfen, wie eine moderne Großstadt später einmal aufs reichlichste mit allen Feinheiten beleuchtet sein wird. Es gehört noch nicht einmal besonders viel Phantasie dazu sich vorzustellen, daß ebenso wie heute die elektrische Treppenbeleuchtung auch einmal die Beleuchtung der Straßenfront mit zu dem betreffenden Haus gehört, also schon beim Bau mitprojektiert wird. Es werden dann außer der Straßenmitte auch die Häuserfassaden, deren Äußeres sich bis

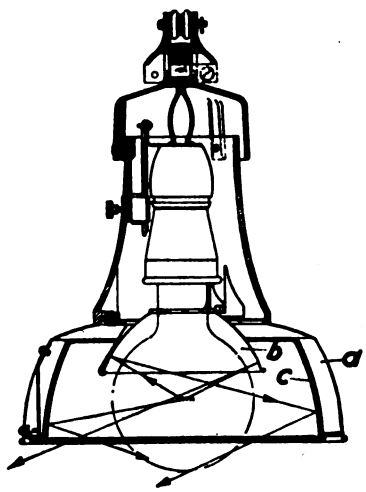


Abb. 12.

dahin wahrscheinlich entsprechend geändert hat, angestrahlt oder beleuchtet. Die düsteren Straßenzüge, wie wir sie heute noch kennen, werden verschwunden sein und man wird beim Blick einer Straße entlang den Eindruck haben, in einen erleuchteten Raum einzutreten.

Wenn man sich einstweilen allerdings mit dem bisher Erreichten begnügen muß, so ist doch heute schon die einschlägige Industrie, wie auch diese Ausführungen zeigen sollten, bestrebt, neue Mittel und Wege zu finden, die uns in der Entwicklung vorwärts bringen und die es uns ermöglichen, langsam den Vorsprung wieder einzuholen, den andere Staaten auf diesem Gebiete sich sichern konnten.

Digitized by Google

Rundschau.

Eine gasempfindliche elektrische Grubenlampe ist das Ergebnis des Fortschrittes auf dem Gebiete der Grubenlampenkonstruktionen. Die Vorzüge der elektrischen Grubenlampe, nämlich ihre größere Lichtstärke, dann ihre Verläßlichkeit und endlich die geringen Instandhaltungskosten, sichern ihre weite Verbreitung. Der Umstand jedoch, daß nur die Öllampe gasempfindlich ist, hält den Siegeszug der elektrischen Grubenlampe auf. Es gibt viele Wege, auf elektrischem Wege die Gegenwart von Grubengas festzustellen. Ein Versuch, der mehr Aussicht auf Gelingen als die bisherigen Vorschläge hat, kombiniert die elektrische mit der Öllampe. Über der elektrischen Lampe befindet sich ein kleines Ölgefäß und ein Platindraht, von der Lampenbatterie heizbar, besorgt das Zünden der Ölflamme. Die letztere, wie üblich von einem Drahtnetz umgeben, läßt sich vermittelst eines Knopfes auf eine geringe Höhe einstellen. Soll nun auf die Gegenwart von explosiblem Grubengas geprüft werden, so wird das elektrische Licht abgeschaltet, der Platindraht mit Strom beschickt, worauf die Zündung der Ölflamme erfolgt. Hierauf wird die richtige Einstellung der Flammenhöhe vorgenommen und nachgesehen, ob sich über ihr eine blaue Kappe, das Zeichen des Vorhandenseins von gefährlichem Grubengas, befindet, was natürlich bei ausgeschalteter elektrischer Lampe sehr gut geschehen kann. Ein Vorzug dieser Konstruktion liegt darin, daß beim Erlöschen der Ölflamme, anders wie bei der Öllampe, der Arbeitende nicht im Dunklen bleiben muß, da ja die Glühlampe sofort eingeschaltet werden kann. Außerdem läßt sich die Ölflamme gleich wieder aufzünden und die Probe auf Gegenwart von Grubengas fortsetzen. Die neue Grubenlampe wurde vom britischen Bergbauamt in jeder Hinsicht geprüft und für den Gebrauch in Bergwerken zugelassen. To.

(The Electrician, Bd. 51, Nr. 2624, 1928.)

Normung von Methoden der heterochromen Photometrie. A. H. Taylor berichtet über Arbeiten, die von ihm im Lighting Research Laboratory zu dem Zwecke ausgeführt worden sind, über die Eignung des Flimmerphotometers in der heterochromen Photometrie ein Urteil zu gewinnen[1]). — H. E. Ives hat im Jahre 1912 den Vorschlag gemacht, die in der heterochromen Photometrie[2]) verwendeten Beobachter auf ihre Farbenempfindlichkeit zu prüfen, und zwar bediente er sich einer Lösung von doppelchromsauren Kali (Y) und einer Kupfersulfatlösung (B), die das Licht einer Kohlenfadenlampe, die bei 4·0 W für die horizontale Kerzenstärke brennt (Fadentemperatur 2077° K), durchlassen[3]). Ives suchte solche Beobachter aus, für die das Verhältnis Y/B nahezu 1 war. Die Werte der totalen Durchlässigkeit maß Taylor mit einem Flimmerphotometer von Ives — Kingsbury, dessen Photometerprisma in Quadranten geteilt ist, die abwechselnd von den beiden Farben des zu prüfenden Lichtes beleuchtet werden. Die Photometerbank hatte eine Länge von 4 Metern. Für jedes Filter machte jeder Beobachter zwei Bestimmungen, jedoch an verschiedenen Tagen. Die spektrale Durchlässigkeit wurde mittels eines Hilgerschen Spektroskops das in ein Spektrophotometer[4]) eingebaut war, gemessen. Durch Rechnung wurden aus den spektrophotometrischen Daten die Faktoren der totalen Durchlässigkeit ermittelt und mit den aus den flimmerphotometrischen Beobachtungen erhaltenen verglichen. Der Spektralbereich war 440 bis 720 mμ. Taylor fand den mittleren Fehler zwischen beobachtetem und durch Rechnung gefundenem totalen Durchlässigkeitsfaktor zu 2·4 vH. Auf Grund der Messungen, die nach den Angaben Taylors durchgeführt wurden, kam er zu folgenden Vorschlägen für die Normung der Methoden der heterochromen Photometrie: 1. Als Meßinstrument sei ein Flimmerphotometer zu verwenden. Die Beleuchtungsstärke des Photometerfeldes soll mindestens 10 Foot-Kerzen betragen. 2. Die Farbenempfindlichkeit jedes Beobachters soll mittels der Ives-Lösungen erhoben werden. 3. Die Messungen sollen von nicht weniger als fünf Beobachtern ausgeführt werden, deren Y/B sowohl größer als auch kleiner als 1 sein kann, aber innerhalb des Bereiches 0·9 bis 1·1 zu liegen hat. 4. Der bei einer heterochromen Messung anzugebende Wert ist jener, der von den Beobachtern, deren Y/B der Einheit gleich ist, geliefert wird. 5. Sollte die größtmöglichste Genauigkeit verlangt werden, so wird der Wert bei Y/B = 1·0 mit einem Korrektionsfaktor multipliziert, der von der Neigung der geraden Linie abhängt, die am besten die mit dem Flimmerphotometer erhaltenen Resultate wiedergibt.

In der heterochromen Photometrie müssen immer die Ergebnisse korrigiert werden, da die Mehrzahl der Beobachter von der normalen Farbenempfindung abweichen. 6 bis 7 vH sind bei der Ermittlung des Durchlässigkeitsfaktors als zulässiger Fehler anzusehen. Blaues Licht ist „farbenvoller" als jede andere Farbe, das will besagen, wenn weißes Licht durch Mischen von rotem, grünem und blauem Licht hergestellt wird, so beträgt der Anteil des blauen Lichtes nur 5 bis 10 vH. Die Wände des Filters müssen aus farblosem Glas hergestellt sein; wünschenswert ist es, den Tranmissionskoeffizienten des Filters, wenn es mit destilliertem Wasser gefüllt ist, zu bestimmen. L. K.

(Transactions Ill. Eng. Soc., Bd. 23, Nr. 4, 1928.)

Für die Beleuchtung von Zuckerfabriken gibt F. Mattheka zweckentsprechende Daten an. Die Allgemeinbeleuchtung erfüllt in vielen Fällen ihren Zweck als Arbeitsbeleuchtung und ist im Mittel in den meisten Fabrikationsräumen zu 25 Lux zu wählen. Für die einzelnen Arbeitsräume gilt im besonderen als erforderliche Beleuchtungsstärke in Lux:

Arbeitshöfe, Rübenschwemme, Entladestellen	6—8
Beladehöfe, Beladerampen, Ställe, Flure	8—10
Vorratsräume, Rübenhaus, Schnitzelboden, Melasseräume, Zuckerboden	10—12
Kesselhaus, Pumpenräume und ähnliche Räume	10—12
Darre, Maischraum, Trommelräume und änliche Räume	15—20
Fabrikationsräume, Diffuseure, Saturateure und änliche Räume	25—35
Werkstätten	30—40
Zentrifugenräume, Maschinenhaus, Büroräume, Laboratorien	35—50

(Die angegebenen Werte scheinen durchwegs zu niedrig, eine mindest 30 %ige Erhöhung dürfte überall angebracht sein. D. B.). Je nachdem, ob Wandbeleuchtung erforderlich ist, oder nur intensive Bodenbeleuchtung gewünscht wird, werden Freistrahler bezw. Breit- und Tiefstrahler verwendet. Arbeitsplatzleuchten kommen nur an wenigen Stellen in Frage, z. B. bei den Zentrifugen, bei welchen Schrägstrahler normaler Bauart Anwendung finden. In Weißzuckerfabriken, bei welchen es auf Farbe des Rohmaterials ankommt, werden letztere mit Tageslichtlampen bezw. mit einem Blaufilter ausgestattet. Außerdem sind Handlampen in genügender Zahl, möglichst unter Zwischenschaltung von Kleinspannungstransformatoren zum Reinigen der Maschinen und Apparate sowie anderen Arbeiten bereitzustellen. Die Installation hat, da isolationstechnisch ganz besondere Anforderungen an sie gestellt werden, mit feuchtigkeitssicherem sowie alkali- und säurefestem Material zu erfolgen. Auf beste Erdung ist besonderes Gewicht zu legen. Herb.

(Bergmann Mitteilungen, Heft 6, VI., Jahrgang, 1928.)

[1]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 123.

[2]) Vgl. Die Lichttechnik, 1924, S. 168, 244; 1925, S. 11, 25, 97; 1926, S. 58; 1927, S. 18.

[3]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 582.

[4]) Vgl. Die Lichttechnik, 1925, S. 123; 1927, S. 18.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Radiotechnik

5. Jahrgang 1928.

Beiblatt

zu

„Elektrotechnik u. Maschinenbau"

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Verzeichnis der Originalarbeiten und Beiträge

(Nach Namen der Autoren geordnet.)

Ardenne M. v. Ein Versuchs-Verstärker für Phonofilm-Aufnahmen 35

Benz, Ing. F. Über Prüfung von Niederfrequenztransformatoren 13

Boehmer J. Die fünfte Deutsche Funkausstellung 102

Esau, Prof. Dr. A. Ultrakurze elektrische Wellen 78

Fuchs, Ing. K. Zur Eröffnung des Fernsprechverkehres Wien-Amerika 101

Halbertsma, Dr. Ing. N. A. Radio als Elektrizitätsverbraucher 57

Hiecke, Dr. R. Bildübertragung und Fernsehen 67, 86, 92, 107

Kleebinder, Ing. B. 25 Jahre Telefunken 1903 bis 1928 73

Linsmayer, Dr. Ing. R. Die drahtlose Einrichtung an Bord des A 28 23

Die neue Flughafensenderanlage in Aspern . . 97

Loon C. J. van, siehe Sluiters A. van.

Meissner A. und Rothe H. Über die Bestimmung des günstigsten Ausstrahlwinkels bei horizontalen Antennen 81

Mittelmann E. Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1928. 105

Pfeuffer, Ing. Hans. Die internationale Radiokonferenz zu Washington 45

Pollak - Rudin, Ing. Dr. R. Die Entwicklung der Rundfunk-Empfangsapparate 27

Richtera, Prof. Dr. L. Das Prinzip des Röhrenvoltmeters 1

Rothe H., siehe Meissner A.

Schwaiger, Prof. Dr. G. Die Hochfrequenzzwischenverstärker in Bruck a. d. Mur. . . . 21

— Die Tagung der Fachkommissionen der Genfer Union in Prag 33

Semm, Dr. A. Die Eröffnung des neuen Deutschlandsenders. 4

Sluiters A. v. Die Philips „Miniwatt" Röhre B 443, die neue Endröhre 65

— — und Loon C. J. van. Die neue Philips-Hochfrequenzröhre A 442 mit Schirmgitter . . . 89

Tenzer, Dr. Ing. G. Oszillographische Untersuchungen an Gleichrichtern 84

Sachverzeichnis

A

Acoustat 42
Aetherophon 95
Arcolette 102
Antenne 5, 32, 97
—, Einstrahlwinkel 83
—, Feldstärke 95
—, Flugzeugantenne 26
—, Horizontalantenne, Richtstrahlung 81
— f. kurze Wellen 81
—, Reflektor 55, 78, 81
—, Richtantenne 55, 81
—, Turm, Verluste 95
—, Mastfuß 97
s. a. Drahtlose Telegr. und Teleph., Empfängerstation, Rundfunk, Sendestation.
Außenhandel v. Radiomaterial i. Polen 20
Ausfuhr v. Radiomaterial 32
Ausstellung, Funkausstellung, 5. Deutsche in Berlin 102
—, a. d. Wiener Herbstmesse . . 105

B

Becquerelzelle 93
Bildübertragung i. Amerika . . . 108
—, Entwicklung . . . 67, 86, 92, 107
—, Glimmlampe 108
—, Photozelle 108
—, Systeme 67, 77, 86, 102
—, Synchronisieren 110
—, Verstärkereinrichtg. 63
—, Zwischenmodulierung . . . 63
Blatthaller 106

D

Drahtlose Kraftübertragung . . . 55
Drahtlose Telegraphie:
— Anlage i. Nauen 74

Digitized by Google

—, Entwicklung 73
—, gerichtete Telegr. . . . 55, 75
— z. Richtungsbestimmung . . . 44
—, Schiffstationen 76
—, Stromentnahme aus El.-Werk . 57
—, Tasteinrichtg. 52
Drahtlose Telephonie:
— Anlage d. Gen. El. Co. (V. St. A.) 37
—, Entwicklung 75
— m. kurzen Wellen 80
—, ohne Trägerwelle 80
—, transatlantische . . . 9, 77, 95
— —, Wien-Amerika 101

E

Elektronenröhre, Bauart . . . 65, 105
—, Doppelgitterröhre 65
— — m. Schutzgitter 67, 89, 94, 106
—, m. Edelgasfüllung 53
—, Empfängerschaltung . 11, 43, 72
s. a. Empfängerstation.
—, Entwicklung 78
— m. Gitter isoliert 53
—, Gitterstrom, Modulation . . . 70
—, Gleichrichter 85
—, Glühkathode, Oxydkathode, Emission 39
— — Fabrikation 62
—, Kühlung 7
—, Lehrbuch 32
—, Maximalenergie 65
—, Modulationsröhre 99
—, Pentatronröhre 44
— m. Quarzgehäuse 54
—, Relais v. Knowles 53
—, Senderöhre, Hysteresis 53
— —, Modulation 8
— — m. gekühlter Anode 38
— —, Lebensdauer 39
— —, Quarzröhre 54
—, Verstärker 61
— —, Endröhre 65
— als Voltmeter 1
Element, galv., lichtempfindlich . 68
Empfängerstation.
—, Abschirmung d. Schwingungskreise 28
—, Einknopfbedienung 102
—, Entwicklung 27
— a. Flugzeug 24, 52
—, Gegentaktschaltg. 44
— m. kapaz. Rückkopplung . . . 44
— f. kurze Wellen 52
— — m. Reflektor 83
— — f. ultrakurze Wellen 79
— n. Leithäuser-Reinartz 44
—, Netzanschlußgerät 20, 32, 58, 80, 102
— —, Anodenspannungsapparat 86
— —, Heizanode 105
—, Neutralisierung 28, 43
— Neutrodynempf. 43
— Richtempfang 64
— m. Rückkopplung 27, 72
—, Schaltplatte, Herstellung . . . 80
—, Schaltungen 44, 72, 80
—, Selektivempf. m. Glühdraht . . 42
—, Siebkette b. Netzanschluß . . 36
—, Störungsbeseitigung . . . 72, 80
—, Strobodyne-Empfänger . . . 38
—, Superhet., neutralisiert 30
—, Überlagerungsempf. . 28, 43, 106
—, Zwischenfrequenzempf. 106

F

Fernsehen 11, 67, 86
—, Gleichlaufkino 102
s. a. Bildübertragung.
Flugzeug. Drahtlose Einrichtung s. Antenne, Sendestation.

G

Geräuschmessung i. Flugzeug . . 40
Gleichrichter 84
—, Oszillogr. Untersuchungen . . 84
—, Protos 105
s. a. Elektronenröhre.

I

Internat. Übereinkommen d. Funkgesellschaften 77
Internationale Radiokonferenz in Washington 45
Internat. Radiotelegraphen-Vertrg. 46
Internat. Relaissendung 34
Internationale Union d. Europäischen Rundspruchges. . 33, 103
Isoliermaterial f. Hochfrequenz . 31

J

Jubiläum v. Telefunken 73

K

Klavier, radioelektr. 96
Klirrfaktor 63
Kompensator 63
Kondensator, Drehkondensator . 28
—, Einstellvorrichtung 70
— als Lautsprecher 19

L

Lautsprecher 102
—, Blatthaller 106
—, elektrostatischer 19
—, Entwicklung 29
—, Exponentialhorn 30
—, m. Fremderregung 106
—, Konuslautsprecher 10
—, Verzerrung, Klirrfaktor . . . 62

Literatur:
Ardenne Manfred v., siehe Müller, Dr. L.
Dietsche F. Innenantenne und Rahmenantenne. Von E. Mittelmann. 32
Funkbastlers Ratgeber. Von E. Mittelmann. . . . 88
Frerk F. W. Radio für den Selbstbauer. 64
Hund A. Hochfrequenzmeßtechnik. Von Dr. R. Ettenreich 104
Keen R. Wireless direction finding and directional reception. Von E. Mittelmann. . . . 44
Lang A. Französ. Sprachführer f. d. Fernsprechweitverkehr. Von E. Mittelmann . 112
Müller, Dr. L. und Ardenne M. v. Transformatorenverstärker. Von E. Mittelmann. . . 12
Nesper, Dr. E. Lichtnetz-Empfänger (Netzanschluß-Empfänger). Von Dozent Dr. R. Ettenreich. 20
— Netzanschlußgeräte. Von Dr. R. Ettenreich. 32
Pacoret E. Aide-Mémoire-Formulaire de la T. S. F. Von E. Mittelmann. 56
Sacklowsky, Dr. A. Die Ausbreitung der elektromagn. Wellen. Von E. Mittelmann . . 112
Sattelberg O. Franz.-Deutsches u. Deutsch-Franz. Wörterbuch. Von E. Mittelmann. 112
Schwandt E. Vereinfachung und Verbesserung des Radioempfanges (Rundfunkautomatik). Von Dr. Schmidt. 56
Sohst W. Leithäuser-Reinartz-Empfänger. Von E. Mittelmann. 4
Stürmer O. Die Radiotechnik. Von E. Mittelmann. . . . 32
Wagner, Prof. Dr. Ing. e. h. K. W. Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rundfunkempfanges. Von Dr. R. Ettenreich. 72
Eingelaufene Bücher 20, 112
Preislisten 104
Luftfahrforschung u. Funkwesen 112

M

Meßinstrument, Röhrenvoltmeter 1, 87
Messung, elektr. 112
—, v. Geräuschen 40
—, Hochfrequenzmessung 104
— an Lautsprechern 62
— a. Mikrophonen 19
— v. Störwellen 32
— v. Wellenlängen 34, 41, 48, 79
— v. Widerständen 18
Mikrophon, Bandmikrophon . . . 19
—, Glühdrahtmikroph. 42
—, Kohlemikrophon 10, 19
—, Kondensatormikrophon . . . 62
—, Messung 19
—, f. Musikübertragung 10
—, verzerrungsfreies 19
Musik, radioelektr. Instrument 95, 96
Mutoskop 10

N

Netzanschluß, Bau v. Geräten . . 3
—, Gleichrichtung 86
s. a. Empfängerstation.
Nipkowsche Scheibe 65
— Oszillofar 102
Oszillograph f. Kathodenstrahlen 94
Optophon 65

P

Patente:
Elektronenröhrenschaltungen:
Empfängerschaltungen . 11, 43, 72, 87
Peilen, Radiopeilung 55
Photoskop 68
Photozelle s. Bildübertragung.
Prüfung v. Isoliermaterial . . . 31
— v. Niederfrequenztransf. . . . 13
Quecksilberdampfröhre a. Schaltorgan 52

R

Radiotelegraphenvertrag, Internationaler 46
Radiotechnik, Entwicklung . . . 73
Rayleighsche Scheibe 19
Reflektor f. Antennen 78, 81
Resonanzselektion m. Glühdraht . 42
Röhrenvoltmeter 1, 87
Rundfunk,

Stationen:
Aspern, Flugplatz 97
Deutschlandsender i. Zeesen . . 4
Lahtis (Finnland) 61
i. Langenberg 55
i. Österreich 11, 103
i. d. Tschechoslowakei 97
—, Besprechungskabel . . . 55, 61

Digitized by Google

—, Entwicklung 77
— —, i. Österreich 103
—, internation. Relaissendung . . 34
—, Lehrbuch 72
—, Propaganda 60
—, Störungen, atmosphärische . . 64
— — dch. fremde Stationen . . 34
— — dch. Gleichstrommotoren . 56
— — dch. Hochfrequenzheilgeräte 56
— —, internationale Regelung . . 47
— — dch. Straßenbahn . 17, 31. 56
—, Stromentnahme aus El.-Werk 57
—, Übertragung auf Schwachstromleitungen 21
— —, Dämpfungsausgleich . . . 61
—, Wellenverteilungsplan . . . 33

S

Schaltröhre, Quecksilberröhre z. Tasten 52
Schaltungsbuch f. Bastler 88
Selen f. Bildübertragung 93
Senderstation m. Bogenlampe . . 75
— f. Flugplätze 97
— a. d. Flugzeug 23, 52
— f. kurze Wellen 52
— —, Modulation 80
— — f. ultrakurze Wellen 79
—, m. Reflektor 55, 78, 81
—, Wellenlängenmessung 41
Siebkette 107
Sphärophon 96
Spiegel, parabol. s. Reflektor.
Störungen s. Rundfunk.
Strahler, elektr. horizontaler . . . 81

T

Taschenbuch der drahtl. Telegraphie u. Telephonie 56
Tefaphon 102
Telectroskop 68
Telehor 69
Telephon, Klirrfaktor 63
—, Thermotelephon 42
—, Verzerrung 62
Televisor 69
Transformator, Abschirmung . . 71
— f. Niederfrequenz, Prüfung . . 13
—, Resonanzfrequenz 71
—, Teslatransformator 10

V

Verstärker für Aufnahme von Schallplatten 36
—, Endverstärkung 61
—, Hochfrequenzverstärker 10
— —, Zwischenverstärker 21
—, Niederfrequenzverstärker . . 35
—, Transformatorenverstärker . 12
—, Verzerrung 61
s. a. Elektronenröhre.
Versuchsanstalt, radiotechn. a. Technol. Gewerbemus. 13

W

Wellen, Ausbreitung 112
—, Heavisideschicht 63
—, Erdumkreisung 63
—, kurze Wellen 77
— —, Ausbreitung 63
— —, Flugzeugverkehr 52
— —, f. gerichtete Übertragung . 55
— —, medizin. Anwendung . . . 79
— —, ultrakurze Wellen 78
Wellenfalle 107
Wellenlänge, internat. Kontrolle 34
—, internat. Verteilung 48
—, Messung 41
— —, kurzer Wellen 79
Wellenmesser 41
Wettervoraussage d. Störwellen . 18
Widerstand 107
— Messung bei Hochfrequenz . 17
Wörterbuch f. d. Radiotechnik . . 112

Namensverzeichnis

A

Abraham H. 93.
Abraham M. 42.
Adam M. 95.
Aigner F. 44, 72.
Airey H. M. 54.
Alexanderson W. 70.
D'Allouard-Carny 70.
Arco G. v. 73, 77.
Ardenne, M. v. 12, 20, 35, 61, 87.
Arnold. 40.
Ayrton. 68.

B

Baird J. L. 69, 70.
Baker T. Th. 12.
Belin E. 56, 68, 69, 87.
Bell G. 68.
Benz F. 13.
Bertrand. 96.
Blake G. G. 42, 93.
Bloch A. 42.
Bloch E. 93.
Boehmer J. 102.
Boos. 55.
Bown R. 9.
Braillard R. 41.
Bredow H. 76, 78.
Brillouin M. 68.
Bronk. 78.
Bruun H. 17.
Burstyn W. 17.

C

Campbell-Swinton. 92.
Chetien L. 38.
Clausing A. 56.
Coblyn I. H. 68.

D

Dauvillier A. 67, 87, 93.
Dellinger I. H. 55.
Dieckmann M. 86, 87.
Dietsche F. 32.
Dinsdale A. 37.
Divoire E. 41.

E

Eccles W. H 42, 93.
Eckersley T. L. 33, 83.
Ekström A. 69, 87, 93.
Ellerbrock A. 82.
Eppen F. 17.
Esau A. 56, 78.
Espe W. 39.

F

Faßbender H. 40, 52.
Fitch C. I. 10.
Forbes G. 42.
Forbes-Buckingham C. F. 31.
Fournier d'Albe. 68.
Franke A. 15.
Frankenstein 69.
Frerk F. W. 64.
Freund B. 56.
Friis H. T. 19.
Fuchs K. 101.
Fulton O. 12.

G

Gabriel. 35.
Gerlach E. 19.
Gernsback H. 96.
Giebe A. 9.
Givelet A. 95.
Glage. 86.
Goebeler E. 56.
Gothe A. 83.

H

Halbertsma N. A. 57.
Hanna C. R. 30.
Hartmann C. A. 19.
Hazeltine. 30.
Hiecke R. 67, 86, 92, 107.
Hoffmann K. 10.
Holweck. 87.
Hughes H. G. 54.
Hund A. 104.

I

Inchkeit. 55.

J

Jaworsky W. v. 69.
Jenkins. 69.
Jensen. 30.

K

Karolus. 70.
Keen R. 44.
Keith C. E. 70.
Kincaid E. H. 18.
Kleebinder B. 73.
Knowles D. D. 53.
Koepsel A. 42.
Koller. 40.
Koomans N. 43.
Krüger K. 40, 52.
Kühn. 10.
Küpfmüller K. 63.

L

La Cour. 68.
Lang A. 112.
Larsen. 62.
Latour M. 70.
Lawington-Hart S. 69
Leblanc M. 68.
Lee A. G. 64.
Lentze F. A. 30.
Leppel R. v. 78.
Lertes P. 87.
Levy L. 80.
Lieben v. 77.
Linsmayer R. 23, 97.
Loon C. I. van. 89.
Lund, Abée. 69.
Lux. 68.

M

Marconi G. 55, 73.
Majorana Q. 87.
Martenot. 96.
Meißner A. 77, 78, 81.
Meyer E. 62.
Mihaly D. v. 69, 87.
Mittelmann E. 105.
Muck O. 43.
Müller L. 12, 35.
Müller P. 56.

N

Nesper E. 20, 32, 112.
Nicolson. 86.
Nipkow. 68, 87.
Nisco. 69.

P

Pacoret E. 56.
Paiva A. de. 68, 86.
Parollini C. 80.
Perry. 68.
Peterson E. 70.
Pfeuffer H. 45.
Picken W. I. 38.
Plendl H. 52.
Pohl J. 82.
Pollak-Rudin R. 27.
Pool van der. 33.
Poulson W. 75.
Preece W. 42.

Q

Quäck E. 63.

R

Regnauld de Bellscize H. J. 72.
Reinartz J. L. 10.
Reiß E. 63.
Richardson. 40.
Richtera L. 1.
Riegger H. 62, 74.
Rignoux. 69, 93.
Robinson E. H. 80.
Roos O. C. 42.
Rosing B. 86.
Rothe H. 40, 81.
Ruhmer E. 68.
Rukop H. 78.

S

Sacklowsky A. 112.
Salb. 17.
Sandemann E. K. 60.
Sardina. 68.
Sattelberg O. 112.
Sawyer. 68.
Schäffer W. 78.
Schapira K. 75.
Schliephake. 79.
Schmierer. 69.
Schoultz E. G. 93.
Schottky W. 32, 72.
Schriever O. 63.
Schuchmann H. 52.
Schwaiger G. 21, 33.
Schwandt E. 56.
Sell H. 10.
Semm A. 4.
Senlecq. 68, 86.
Shearing G. 54.
Silent H. C. 95.
Sinding-Larsen A. 69.
Slepian. 30.
Sluiters A. v. 65, 89.
Smith-Rose R. L. 95.
Sohst W. 44.
Spooner. 93.
Statz W. 62.
Stephenson W. S. 69.
Stoff W. 35.
Stürner O. 32.
Swinton. 93.
Szczepanik J. 68, 87.

T

Taylor L. S. 53, 54.

Digitized by Google

Tenzer G. 84.
Theremin L. 95.
Thorne. 12.
Tschörner. 12.
Tucker W. S. 42.

V

Valensi G. 70, 87.
Villard P. 86.
Vogt H. 19.
Voulgre. 69.

W

Wagner K. W. 72, 112.
Walton G. W. 69.
Watson H. E. 42.
Weiller L. 68.
Wells H. G. 55.
Wente. 62.
Wien M. 40, 75.
Wright S. B. 95.

Y

Ylöstalo V. 61.

Z

Zahl H. A. 71.
Zworykin. 93.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN“

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien“ gestattet

Heft 1 **15. Jänner 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Prof. Dr. Leopold Richtera, Wien: Das Prinzip des Röhrenvoltmeters. S. 1 — Dr. A. Semm, Berlin-Steglitz: Die Eröffnung des neuen Deutschlandsenders. S. 4. — RUNDSCHAU. S. 9. — PATENTBERICHT. S. 11. — CHRONIK. S. 11. — LITERATURBERICHT. S. 12.

Das Prinzip des Röhrenvoltmeters.

Prof. Dr. Leopold **Richtera**, Wien.

Die Elektronenröhre ist in der verschiedensten Weise in der Meßtechnik verwendbar. Wohl die bekannteste dieser Verwendungsarten ist das Röhrenvoltmeter, ein idealer Behelf für Spannungsmessungen bei Radiofrequenz, der den unschätzbaren Vorteil hat, den Meßkreis praktisch unmerklich zu belasten. Für Röhrenvoltmeter gibt es eine Anzahl von Schaltmöglichkeiten, von denen im Folgenden eine Methode heraus-

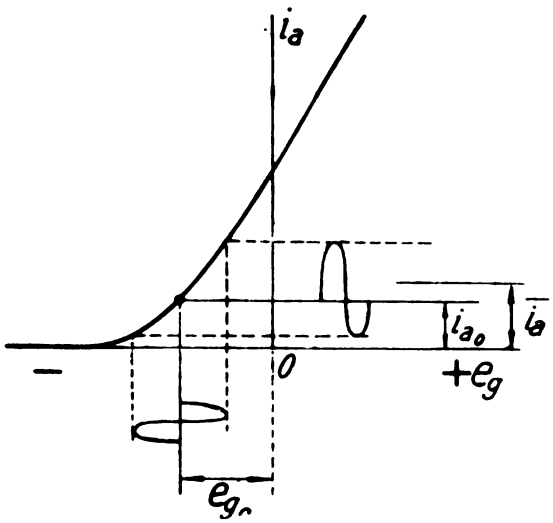


Abb. 1

gegriffen sei, die einfachste, die sich der Krümmung der Anodenstrom-Gitterspannungskennlinie bedient[1]).

Betrachtet man eine solche Charakteristik (Abb. 1), so ist leicht folgendes einzusehen: Wenn dem Gitter eine konstante Vorspannung e_{g0} gegeben ist, so entspricht diesem Zustand ein Anodenstrom i_{a0}. Legt man nun an das Gitter eine sinusförmige Wechselspannung an, so entspricht wegen der Krümmung der Kennlinie der einen Hälfte der Wechselspannung eine stärkere Zunahme an Anodenstrom als der anderen Hälfte an Abnahme an Anodenstrom. Das Resultat ist, daß der mittlere Anodenstrom steigt ($\bar{i}_a$) und diese Änderung des Anodenstromes ist dann ein Maß für die angelegte Wechselspannung. Natürlich wird man trachten, zur Erhöhung der Meßgenauigkeit diese Anodenstromänderung möglichst groß zu erhalten.

Es bleibe zunächst die Größe der angelegten Wechselspannung konstant. Die resultierende Änderung des Anodenstromes hängt dann von der Lage des Arbeitspunktes auf der Charakteristik ab.

Das läßt sich auf drei Arten zeigen:

1. Direkt aus der Form der Charakteristik.

Die Anodenstromänderung wird natürlich umso kleiner, je weniger sich die beiden Hälften des Anodenwechselstroms von einander unterscheiden, je „gerader“ also die Kennlinie an der betreffenden Stelle ist. Sowohl das rechte wie das linke Ende der Kennlinie führen zu sehr ungünsti-

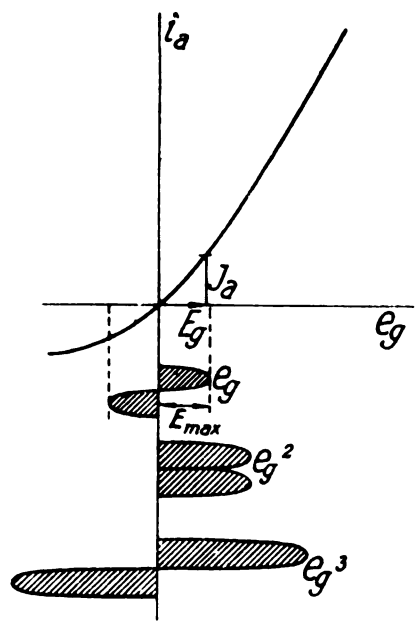


Abb. 2

gen Bedingungen für den gewünschten Meßzweck, daher muß irgendwo dazwischen die günstigste Gittervorspannung liegen. Dieser Punkt ist, wie leicht einzusehen, die Stelle der stärksten

[1]) Vgl. E. u. M. 1920, S. 391; 1921, S. 298; 1923, S. 591; 1925, S. 323, 1038; 1926, S. 348 ff, 887.

Digitized by Google

Krümmung der Charakteristik, wie sich gleich rechnerisch ergeben wird.

2. Rechnerische Ableitung.

Wir wollen der Einfachheit halber den Nullpunkt unseres Achsensystems in den Arbeitspunkt verlegen. Wir brauchen die Gleichung des Anodenstromes nicht zu kennen, sondern es genügt zu wissen, daß er eine Funktion der angelegten Gitterspannung sei: also $i_a = f(e_g)$.

Wollen wir den zu irgend einer bestimmten Gitterspannung E_g zugehörigen Anodenstromwert J_a wissen, so können wir einfach nach der Mac Laurinschen Reihe entwickeln:

$$i_a = f(E_g) =$$

$$= \frac{E_g}{1!}\frac{di_a}{de_g} + \frac{E_g^2}{2!}\frac{d^2 i_a}{de_g^2} + \frac{E_g^3}{3!}\frac{d^3 i_a}{de_g^3} + \dots$$

Da aber zufolge der gemachten Annahmen die Wechselspannung e_g symmetrisch um den Nullpunkt schwankt, so ist — wie Abb. 2 erkennen läßt — der Mittelwert der ersten, dritten usw. Potenz von e_g Null, dagegen der Mittelwert von $\overline{e_g^2} = \frac{E^2_{max}}{2}$.

Für den mittleren Anodenstrom können wir also schreiben:

$$\overline{i_a} = \underset{\|}{\overline{e_g}}\frac{di_a}{de_g} + \underset{\|}{\frac{\overline{e_g^2}}{2!}}\frac{d^2 i_a}{de_g^2} + \underset{\|}{\frac{\overline{e_g^3}}{3!}}\frac{d^3 i_a}{de_g^3} + \dots$$

$$0 \qquad \frac{E^2_{max}}{4} \qquad 0$$

Unter Vernachlässigung der höheren Glieder ergibt sich also

$$\overline{i_a} = \frac{E^2_{max}}{4}\frac{d^2 i_a}{de_g^2}.$$

Da wir rechnerisch vom Anodenstromwert Null ausgingen, so ist also $\overline{i_a}$ schon die gesuchte Anodenstromänderung. Diese hat also dann ein Maximum, wenn $\frac{d^2 i_a}{de_g^2}$ ein Maximum hat, also an der Stelle der stärksten Krümmung der Charakteristik.

3. Experimenteller Weg.

Um die geschilderten Verhältnisse experimentell zu studieren, wurde die Meßanordnung der Abb. 3 gewählt. Da es sich nur um Vergleichsmessungen handeln soll, wurde der Wechselstrom des Wiener städtischen Netzes benützt. (Für exakte Absolutmessungen müßte man genauer die Abhängigkeit von der Stromform studieren; die Abhängigkeit von der Frequenz ist praktisch vernachlässigbar.) Mit Hilfe eines Transformators *Tr* wird die Wechselspannung auf einen geeigneten Wert herabtransformiert und dann über einen Regulierwiderstand und ein Präzisions-Wechselstrominstrument einem 1 m langen Widerstandsdraht *AB* zugeführt. (Strom $J_{eff} = 0{\cdot}205$ A, Widerstand des Drahtes $22{\cdot}1\,\Omega$, also ganzer Spannungsabfall längs *AB* 4·53 V_{eff}.) Klemmt man an das eine Drahtende *B* sowie an einen Gleitschieber *C* die Röhrenvoltmeter-Anordnung an, so kann man jede beliebige Wechselspannung anlegen, indem man einfach den Schieber *C* entsprechend einstellt. Die Röhrenvoltmeteranordnung enthält die Möglichkeit zur Einstellung beliebiger Gittervorspannungen e_g und Anodenspannungen e_a, die an Meßinstrumenten abgelesen werden. Ferner wird der jeweilige Gitter- und Anodenstrom (i_g bezw. i_a) gemessen und durch ein fünftes Instrument die Konstanz der Heizung des Glüh-

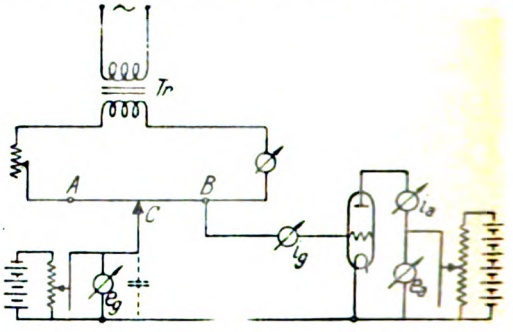


Abb. 3

fadens überwacht. Um dem Wechselstrom einen bequemeren direkten Weg vom Gleitschieber zum Glühfaden zu geben, war das Gitterspannungsinstrument durch eine hohe Kapazität überbrückt.

Das Studium der Abhängigkeit des mittleren Anodenstromes vom Arbeitspunkt wurde zunächst bei konstanter Wechselspannung auf zwei Arten überprüft.

Erste Methode: Konstante Gittervorspannung, variable Anodenspannung.

Betrachten wir Abb. 4: Die Gitterspannung hat hier den konstanten Wert e_{g0}, die Wechselspannung den konstanten Wert E_{max}. Geändert aber wird die Anodenspannung. In der Abb. 4 sind

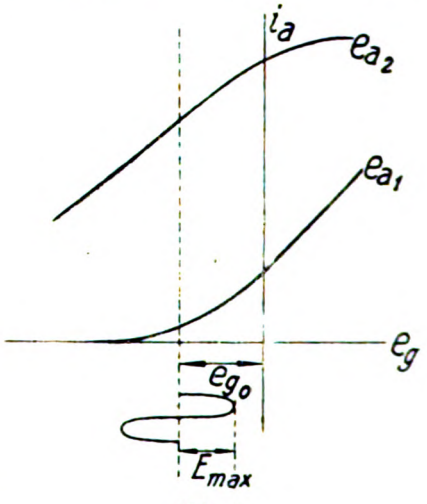


Abb. 4

zwei Kennlinien für verschiedene Anodenspannungen schematisch eingetragen.

Bei sehr niedriger Anodenspannung e_{a_1} liegt die Kennlinie noch weit rechts und daher ist jetzt der durch e_{g0} eingestellte Arbeitspunkt recht

Digitized by Google

günstig, denn an seine Stelle liegen die Stellen starker Krümmung der Kennlinie.

Erhöht man aber die Anodenspannung, so rückt die Kennlinie immer mehr nach links und an die Stelle e_{g0} kommt immer mehr und mehr der praktisch ganz geradlinige Teil der Kennlinie e_{a2} und damit wird die Änderung des Anodenstromes beim Anlegen der Wechselspannung an das Gitter eine geringere und schließlich sogar Null.

Zweite Methode: Konstante Anodenspannung, variable Gittervorspannung.

Läßt man die Anodenspannung konstant (Abb. 5), arbeitet also dauernd auf derselben Charakteristik und verschiebt den Arbeitspunkt nunmehr durch Abänderung der Gittervorspannung, so muß sich natürlich ebenfalls die Empfindlichkeit

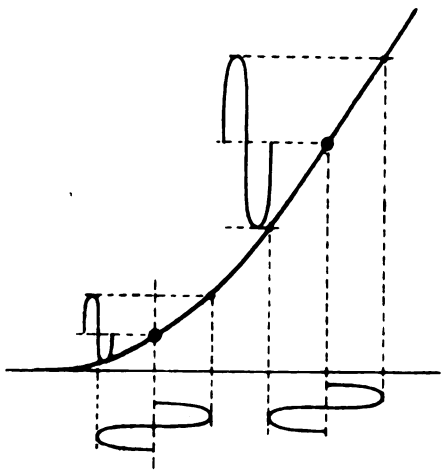


Abb. 5

der Anordnung, die Änderung des Anodenstromes, fortwährend ändern, da durch das Ändern der Gittervorspannung immer Stellen anderer Krümmung in Frage kommen.

Im Sinne der geschilderten Arbeitsmethode wurde also zunächst die Änderung des mittleren Anodenstromes gemessen, wenn bei Festhaltung der Gittervorspannung und Größe der Wechselspannung die Kennlinie allmählich durch Änderung der Anodenspannung verschoben wurde und damit der Arbeitspunkt auf den verschiedenen Kennlinien immer an Stellen anderer Krümmung zu liegen kam.

Das Resultat gibt die nachstehende Tabelle 1, aus der deutlich hervorgeht, wie bei steigender Anodenspannung der Unterschied zwischen Anodenruhestrom und mittlerem Anodenstrom bei angelegter Wechselspannung immer kleiner wird und wie von einer gewissen Anodenspannung an der Anodenstrom sich überhaupt nicht mehr ändert, wenn die Wechselspannung an das Gitter angeschaltet wird. Es ist begreiflich, daß dieser Moment um so später eintritt, also bei um so höherer Anodenspannung, je größer die Wechselstromamplitude ist. So war zum Beispiel für $E_{max} = 1{\cdot}56$ V schon bei 90 V Anodenspannung dieser Moment erreicht, für $E_{max} = 3{\cdot}15$ V bei 110 V. Die verwendete Röhre war von der Type RE 79, deren Heizspannung wurde auf 2·2 V gehalten, die konstante Gittervorspannung betrug $e_{g0} = -4$ V. Da der überstrichene Betrieb relativ sehr groß ist, so stellt das Verschwinden der Anodenstromänderung bei entsprechender Anodenspannung an die gute Form der Kennlinie hohe Anforderungen.

In der Tabelle 1 ist für die verschiedenen Wechselspannungen angegeben: Der Ruhestrom und jener mittlere Anodenstrom, der sich bei Anlegen der betreffenden Wechselspannung für den Fall

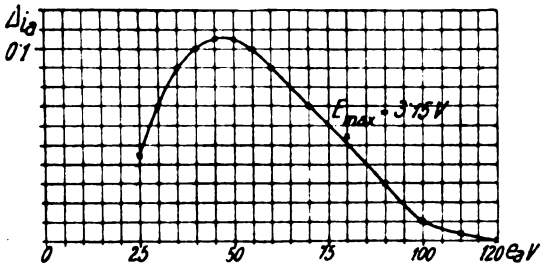


Abb. 6

der links in der Tabelle stehenden Anodenspannung einstellt ($\bar{i}_a$), dann die Differenz zwischen dem mittleren Anodenstrom und dem Ruhestrom bei der betreffenden Anodenspannung (Δi_a), also die absolute Größe des Ausschlages des Anodeninstrumentes beim Anlegen der Wechselspannung.

Tabelle 1.

$e_{g0} = -4$ V

e_a V	Ruhestrom mA	$E_{max} = 1{\cdot}56$ V		$E_{max} = 3{\cdot}15$ V	
		$\bar{i}_a$ mA	Δi_a mA	$\bar{i}_a$ mA	Δi_a
25	0·005	0·015	0·01	0·050	0·045
30	0 015	0·035	0·02	0·085	0·070
35	0·045	0·070	0·025	0·135	0·090
40	0·085	0·115	0·03	0·185	0·100
45	0·155	0·183	0·028	0·26	0·105
50	0·245	0·27	0·025	0·35	0·105
55	0·345	0·367	0·022	0·445	0·100
60	0·465	0·485	0·020	0·555	0·090
70	0·76	0·773	0·013	0·83	0·070
80	1·075	1·082	0·007	1·13	0·055
90	1·45	1·45	0	1·48	0·030
100	1·75	1·75	0	1·85	0·010
110	2·20	2·20	0	2·204	0·004
120	2·62	2·62	0	2·62	0

Abb. 6 gibt die Resultate in Bezug auf Δi_a graphisch wieder.

Größere Amplituden der Wechselspannung wären bei der benützten Gitterspannung bei Messungen nicht zuzulassen, da dann während der positiven Stromhälften bereits merkbarer Gitterstrom fließt, der dämpfend wirkt.

Die zweite Methode zum Studium der Abhängigkeit des Δi_a vom Arbeitspunkt besteht darin, die Anodenspannung konstant zu halten und dafür die Gitterspannung zu ändern. Tabelle 2 enthält die Meßresultate, wobei auch der Gitterstrom i_g (der bei der ersten Meßreihe vernachlässigbar klein war) mitgemessen wurde. Es ist klar, daß das Auftreten von Gitterströmen die Methode

Digitized by Google

wesentlich in ihrem Wert herabsetzt, da dadurch unzulässige Belastungen des Meßkreises entstehen und damit seine Dämpfung wesentlich erhöht wird, so daß die ursprünglichen Verhältnisse durch das Anschalten des Röhrenvoltmeters geändert werden. So lange die Gitterspannung auch beim Amplitudenwert der Wechselspannung noch immer etwa 1 V negativ bleibt, sind die Gitterströme, wie die Tabelle zeigt, so gering, daß sie nicht weiter stören. Darüber hinaus nehmen sie aber sehr stark zu und machen die Methode unverwendbar.

Tabelle 2.

$e_a = 58$ V $\qquad E_{max} = 3{\cdot}15$ V

e_{g0} V	Ruheströme				
	i_a mA	i_g 10^{-5} A	$\overline{i_a}$ mA	$\Delta\overline{i_a}$ mA	$\overline{i_g}$ 10^{-5} A
−12	0	0	0·0016	0·0016	0
11	0	0	0·004	0·004	0
10	0·002	0	0·014	0·012	0
9	0·004	0	0·040	0·036	0
8	0·018	0	0·08	0·062	0
7	0·059	0	0·135	0·076	0
6	0·135	0	0·225	0·095	0
5	0·252	0	0·355	0·1	0
4	0·42	0	0·51	0·09	0
3	0·60	0	0·68	0·08	0
2	0·825	0	0·85	0·05	0·15
1	1·09	0	1·125	0·015	0·75
0	1·35	0	1·35	0	1·8
+1	1·65	0·9	1·65	0	3
+2	1·9	3·75	1·9	0	5·1

Abb. 7 gibt die Resultate graphisch wieder.

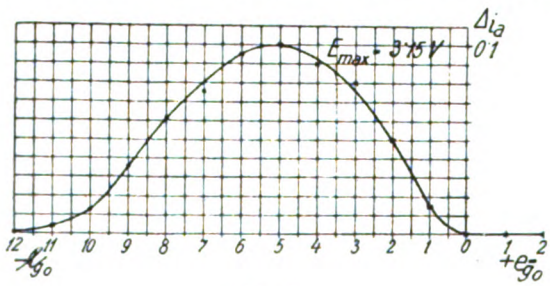


Abb. 7.

Die Tabelle 3 enthält eine andere Meßreihe, und zwar für $E_{max} = 0{\cdot}63$ V.

Man sieht aus dieser Tabelle, daß für jede Anodenspannung eine günstigste Gittervorspannung besteht, doch ist das Optimum ziemlich flach und ist selbstverständlich auch abhängig von der Größe der angelegten Wechselspannung.

Es hängt ja der mittlere Anodenstrom bei Einschaltung von Gitter- und Anodenspannung natürlich auch sehr von der Amplitude der angelegten Wechselspannung ab. Hiefür gibt die Tabelle 4 ein Beispiel.

Tabelle 3 ($E_{max} = 0{\cdot}63$ V).

e_{g0}	$e_a = 28$ V			$e_a = 15$ V		
	i_a	$\overline{i_a}$	Δi_a	i_a	$\overline{i_a}$	Δi_a
−6	0	0	0	—	—	—
−4	0·003	0·005	0·002	—	—	—
−3	0·02	0·025	0·004	0·001	0·002	0·001
−2	0·074	0·079	0·005	0·01	0·014	0·004
−1	0·179	0·185	0·006	0·054	0·06	0·006
−0·75	0·21	0·218	0·007	—		—
−0·5	0·54	0·261	0·007	0·093	0·1	0·007
0	0·330	0·335	0·005	0·148	0·152	0·004

Tabelle 4 ($e_a = 28$ V).

E_{max}	$\overline{i_a}$ in mA			
	$e_{g0} = -1$	$e_{g0} = -2$	$e_{g0} = -3$	$e_{g0} = -5$ V
0	0·239	0·12	0·038	0·0014
0·68	0·24	0·127	0·048	0·002
1·36	0·257	0·14	0·056	0·004
2·03	0·285	0·17	0·082	0·0102
2·71	0·311	0·205	0·108	0·0210
3·36	0·352	0·244	0·143	0·036

Natürlich kommen jene Werte, wo schon Gitterströme auftreten, praktisch nicht in Betracht, doch sind sie der Geschlossenheit halber in die Tabelle aufgenommen.

Damit wären die wesentlichen Momente erörtert, welche für die Konstruktion von Röhrenvoltmetern der genannten Type wichtig sind.

Natürlich kann man auch andere Voltmetertypen bauen, wie etwa solche mit Gitterkondensator und Ableitwiderstand (dann direkt auch an Kondensator anschließbar, da kein galvanisch geschlossener Meßkreis hier nötig) oder Doppelgitterröhrenvoltmeter[2]) und dergleichen, die dann alle ihre speziellen Vor- und Nachteile haben, ihre besonderen Arbeitsbedingungen, die auf ganz ähnliche Weise zu untersuchen sind, wie in dem geschilderten typischen Fall.

Ein Röhrenvoltmeter ist so einfach zu bauen und ist ein solch ideales Meßinstrument für radiotechnische Messungen, daß jeder näher interessierte Radiofreund trachten sollte, sich durch Selbstbau in den Besitz eines solchen Instrumentes zu setzen.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 1038.

Die Eröffnung des neuen Deutschlandsenders.

Von Dr. A. **Semm**, Berlin-Steglitz.

Der Probebetrieb des neuen Deutschlandsenders wurde am 20. Dezember 1927 eröffnet. Aus diesem Anlasse wurde die neue Rundfunksendestelle vom Reichspostministerium unter Führung des Staatssekretärs Dr. Feyerabend einem kleinen Kreise von geladenen Gästen der Fachindustrie, der Rundfunkgesellschaften und der Fachpresse vorgeführt. Da die neue Anlage in jeder Beziehung vorbildlich ist, sei sie im Folgenden beschrieben.

Wie in einem früheren Aufsatz[1]) bereits dargelegt wurde, befindet sich der bisherige Deutschlandsender in einem Haus der Haupt-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, S. 91.

Digitized by Google

funkstelle Königs-Wusterhausen. Seine Antenne ist zwischen zwei Stützpunkten von 210 m Höhe gespannt, die noch viele andere Luftleiter tragen. Keines der Häuser der Hauptfunkstelle bot nun Platz für einen Sender von der beabsichtigten Stärke, und es erschien auch untunlich, die Antenne für den neuen Sender in dem bestehenden Antennenwald unterzubringen. Vielmehr entschied man sich dafür, eine ganz neue Anlage so weit von Königs-Wusterhausen entfernt zu errichten, daß irgendwelche Beeinflussungen durch die Sender der Hauptfunkstelle vermieden werden.

Die Wahl fiel auf ein Waldgrundstück, etwa 3 km südlich von Königs-Wusterhausen, zwischen den Ortschaften Zeesen und Schenkendorf gelegen. Eine elliptische Fläche von 300 m Breite und 750 m Länge wurde abgeholzt. Als Antennenstützpunkte wurden zwei abgespannte eiserne Masten

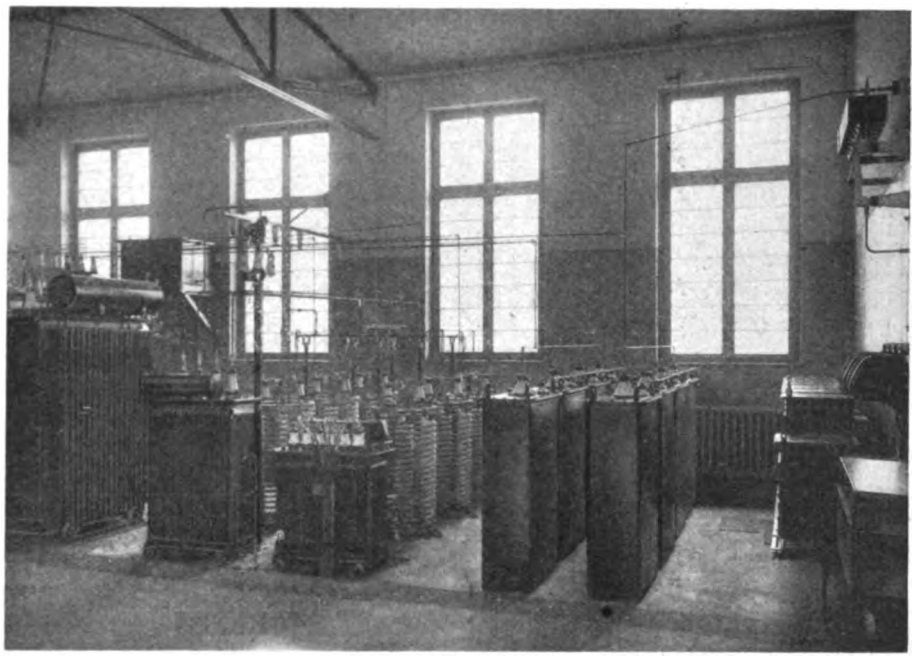


Abb. 1.

von je 210 m Höhe in einem Abstand von 450 m errichtet, und das Senderhaus wurde in der Mitte der Verbindungslinie der beiden Masten erbaut.

Die Masten haben die gleiche Bauart wie jene in Königs-Wusterhausen und Nauen. Der Querschnitt jedes Gittermastes besteht durchgehend aus einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 2·75 m. Der Fuß endet in einer Pyramide, die mit einem Kugelgelenk die aufliegende Last auf eine schwere Eisenkonstruktion überträgt. Diese wiederum ist isoliert auf einem Fundament gelagert und gegen horizontale Kräfte gesichert. Die Masten sind nach drei um 120° versetzte Richtungen verspannt. In jeder Richtung dienen vier übereinanderliegende, in verschiedenen Höhen befestigte Seile zum Halten. Je zwei von ihnen sind an einem gemeinsamen Fundament befestigt. In jedes Abspannseil ist oben und unten je ein Isolationsglied besonderer Bauart eingefügt und so gebaut, daß selbst beim Bruch eines Isolators sich dessen Befestigungsteile halten wie die Glieder einer Kette. Die Standfestigkeit des Mastes wird also in einem solchen Falle nicht beeinträchtigt. Das Eigengewicht eines Mastes beträgt 65 t. Der Luftleiter wird mit einem Zug von 3 t zwischen den beiden Masten gespannt. Die Masten sind in sieben Abschnitten rot-weiß gestrichen, damit die Flieger schon von Ferne auf die Antennenanlage aufmerksam werden.

Die Antenne besteht aus fünf parallelen Litzen von je 280 m Länge, die an 12 m breiten Rahmen befestigt sind. Die von der Mitte der Antenne ausgehende Niederführung hat drei Drähte in einer Ebene. Die Antennenrichtung ist ziemlich genau Ost-West.

Die Erdanlage wird aus 3 mm starken Kupferdrähten gebildet, die vom Senderhaus aus radial ausgehen und durch zwei Ringleitungen miteinander verbunden sind. Außerdem sind noch an verschiedenen Stellen in unmittelbarer Nähe des Hauses mit dem Erdnetz verbundene Rohre bis in das Grundwasser hineingetrieben. Die Erdanlage bedeckt die ganze Fläche des Sendegeländes. Insgesamt sind rund 14 km Kupferdraht verlegt worden.

Das Senderhaus, in modernem Stil aus Oldenburger Klinkern erbaut, läßt schon von außen erkennen, daß es für einen technischen Zweck bestimmt ist. Der Kopfbau enthält drei Dienstwohnungen und mehrere Nebenräume. Die technischen Räume sind in einem anschließenden Hallenbau untergebracht. Durch den Haupteingang kommt man zunächst in einen Vorraum und von hier aus in den Senderaum. Links von diesem befinden sich drei kleinere Räume für den Endverstärker, Batte-

Digitized by Google

rien und für Meßzwecke. An den Senderraum schließen sich rechts und links eines Ganges der Hochspannungs- und Gleichrichterraum einerseits und der Maschinenraum andererseits an. Eine Rückkühlanlage ist in einem Nebengebäude eingebaut.

Bei der Beschreibung des Senders und seiner Hilfseinrichtungen möchte ich vom Hochspannungsraum (Abb. 1) ausgehen, also von der Stelle, die den Ausgangspunkt für die Lieferung der elektrischen Energie darstellt. Vom Hochspannungsnetz der Berliner Elektrizitätswerke führt ein 6000 V-Kabel in den Hochspannungsraum. Hinter einer Trennwand sind sieben Zellen eingebaut. Sie enthalten einen Überspannungsschutz, eine Meßzelle für die gesamte Anlage, einen Hauptölschalter, einen 30 kVA-Transformator 3×380 V für Hilfszwecke und Beleuchtung nebst Ölschalter, einen Ölschalter für den Gleichricht-Transformator mit den erforderlichen Meßwandlern, einen Ölschalter für das 3×380 V-Netz für die Maschinen und Heiztransformatoren und den dazu gehörigen Transformator von 100 kVA. Auf der Vorderseite der Trennwand sind die Relais angebracht, die die Ölschalter bei einem einstellbaren Überstrom nach einer einstellbaren Zeit auslösen.

Bei dem neuen Deutschlandsender wird in gleicher Weise, wie es bereits in Langenberg[2]) geschieht, die Anodenspannung durch Gleichrichtung von Drehstrom mit Hilfe von wassergekühlten Hochvakuum-Gleichrichtern gewonnen. Der Drehstrom des Überlandnetzes wird dem Gleichricht-Transformator zugeführt, der ein Übersetzungsverhältnis von 6000 auf 12000 V besitzt. Der Transformator hat primärseitig noch fünf Anzapfungen. Mit Hilfe einer Reguliervorrichtung kann die Spannung ohne Unterbrechung in sieben Stufen bis auf etwa 7000 V herab geregelt werden. Sekundärseitig hat der Transformator Sechsphasenschaltung. Je zwei Gleichrichter liegen elektrisch parallel an einer Phase, während sie vom Kühlwasser hintereinander durchflossen werden. Je zwei zusammengehörige sind auf einem Gestell befestigt, das in seinem Unterteil die isolierten Schlauchtrommeln des Kühlwassers trägt. Dem durch sechsphasige Gleichrichtung entstehenden Gleichstrom ist ein nur geringer Wellenstrom überlagert, der durch zwei Drosselglieder vom Sender ferngehalten wird. Ein in den Hochspannungsgleichstromkreis eingeschaltetes Überstromrelais löst bei einem vorher eingestellten Stromwert den Ölschalter des Gleichricht-Transformators aus und schützt so die gesamte Anlage vor gefährlichen Überspannungen.

Da der Hauptkraftbedarf des Senders unmittelbar dem Drehstromnetz entnommen wird, nimmt es nicht Wunder, wenn man im Maschinenraum nur kleinere Maschinen antrifft. Für den Betrieb des Senders werden fünf Maschinen gebraucht. Aus Sicherheitsgründen sind diese Maschinen doppelt vorhanden, damit beim

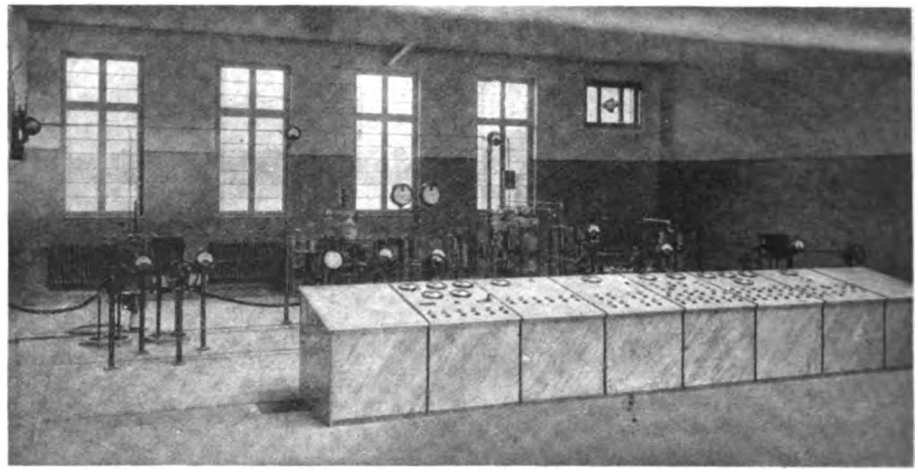


Abb. 2.

Versagen der einen sofort die Ersatzmaschine geschaltet werden kann. Die elfte Maschine dient zum Laden der Notbeleuchtungsbatterie. In zwei Reihen sind die Maschinen aufgestellt. Zwei Umformer von je 4 kW-Leistung bei 220 V liefern den Gleichstrom für die Erregung der anderen und für Hilfszwecke. Für die Heizung der ersten und zweiten Senderstufe sind zwei Gleichstrommaschinen von je 5 kW bei 40 V aufgestellt. Die Gittervorspannung der letzten Stufe erfordert eine Gleichspannung von 500 bis 1000 V. Aus Betriebsgründen wird diese einer Maschine entnommen, die eine Leistung von 2 kW besitzt. Für den Endverstärker, der die im Kabel ankommende Sprachenergie nochmals verstärken soll, ehe sie den Modulationsröhren zugeführt wird, sind Anoden-Hochspannungsmaschinen von 1 kW bei 500 bis 1000 V vorgesehen. Endlich sind noch zwei Ladeumformer für die Batterien des Endverstärkers, der Überwachungs- und Meßgeräte vorhanden.

Im Maschinenraum fällt nun auf, daß für die Maschinen keine Schalttafel aufgestellt ist. Dies hat seinen Grund in Folgendem:

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 88, 94.

Digitized by Google

Alle Schaltvorgänge erfolgen hier durch elektrische Fernbetätigung. Im Senderaum (Abb. 2) befindet sich vor dem Sender ein Schaltpult mit Druckknöpfen, Lichtsignalen und Meßinstrumenten. Jeder Druck auf einen Knopf löst einen Arbeitsvorgang aus, und ein Lichtsignal meldet, daß die elektrische Steuerung vor sich geht. Das Schaltpult besteht aus acht Feldern, von denen sechs besetzt und die übrigen zwei für künftige Zwecke vorgesehen sind. Von hier aus werden die Ölschalter und die Maschinen bedient, hier wird die Temperatur des Gleichricht-Transformators gemessen und die Erdung der Antenne vorgenommen. Die Inbetriebnahme einer Maschine geht so vor sich, daß durch Betätigen eines Druckknopfes ein Schalter im Maschinenraum die betreffende Maschine an das 380 V Drehstromnetz anschaltet und einen selbsttätigen Anlasser in Tätigkeit setzt. Durch Bedienen eines weiteren Knopfes wird die Spannung mit Hilfe eines kleinen Motors, der den Kontaktarm des Spannungsreglers langsam dreht, auf den gewünschten Wert eingestellt. Daß die Spannungsregelung auch tatsächlich vor sich geht, kann man an einem Instrument erkennen. Die Umschaltung der Betriebs- auf die Ersatzmaschine erfolgt ebenfalls mittels Druckknopf. Glühlampen zeigen an, welche Maschine im Betrieb ist. In ähnlicher Weise geschieht die Einschaltung der verschiedenen Ölschalter und Transformatoren. Bei der Inbetriebname der Heizmaschine für die erste und zweite Stufe und der Transformatoren zum Heizen der Gleichrichter und Röhren der letzten Stufe sorgen Verzögerungsrelais dafür, daß die Spannung in vier Stufen allmählich gesteigert wird, da ein plötzliches Einschalten die Heizfäden der Röhren gefährdet. Auch die Anodenspannung wird durch Druckknopfsteuerung stufenweise geändert. Eine seitlich an der Wand angebrachte Tafel zeigt optisch jeweils die in Betrieb befindliche Energiestufe an. Alle Schaltvorgänge, die durch Druckknopfbetätigung eingeleitet werden, lassen sich durch Bedienung entsprechender Knöpfe rückgängig machen.

Die ferngesteuerten Schalter, welche die Motoren an das Netz legen, sind für Überstromauslösung eingerichtet. Sie sind gemeinsam mit den zugehörigen ferngesteuerten Umschaltern in Zellen angeordnet, während die selbsttätigen Anlasser und fernbetätigten Spannungsregler an einem Gestell befestigt sind.

Der Vorteil einer solchen Anlage mit Druckknopfsteuerung liegt vor allem in der Übersichtlichkeit und der leichten und schnellen Bedienbarkeit. Ein Nachteil könnte darin erblickt werden, daß die ferngesteuerten Schaltorgane einmal versagen und damit den Betrieb des Senders stilllegen könnten. Für diesen Fall ist Vorsorge getroffen, daß dann die betreffenden Schaltorgane von Hand aus betätigt werden können.

In das Schaltpult sind insgesamt 58 Druckknöpfe und 60 Signallampen eingelassen. Sind alle Maschinen auf die richtige Spannung eingeregelt, so kann die ganze Sendeanlage mit einem einzigen Druckknopf ein-, und mit einem anderen ausgeschaltet werden. Zeitrelais sorgen dann dafür, daß die Schaltungen in gewünschter Reihenfolge nacheinander selbsttätig vorgenommen werden.

Für die Fernsteuerung ist ein besonderes Netz vorhanden, an das auch die Beleuchtung des Senderhauses angeschlossen ist. Dieses Netz wird von dem bereits erwähnten 30 kVA-Transformator gespeist, der vor dem Hauptölschalter mit dem 6000 V-Kabel verbunden ist, damit bei einem

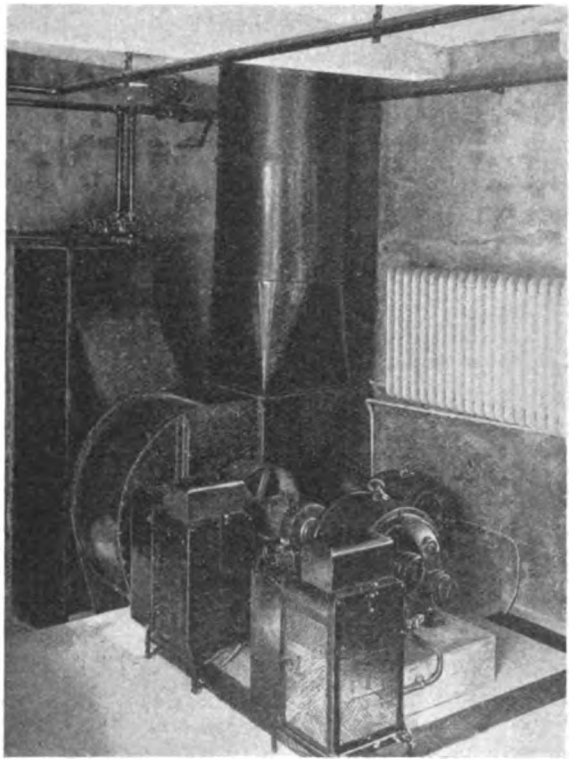


Abb. 3.

etwaigen Auslösen eines Ölschalters die Beleuchtung unberührt bleibt und auch die Steuerorgane bedient werden können.

Der Sender benötigt 15 m³ Wasser zur Kühlung der Röhren und Gleichrichter, wofür eine Umlaufkühlung vorgesehen ist. Aus einem Behälter von 15 m³ Inhalt wird das Wasser mit Hilfe einer Kreiselpumpe mit 3 at Druck durch die Röhren und Gleichrichter hindurchgedrückt und fließt in den Behälter zurück (Abb. 3). Genügt die Wärmeabgabe der Leitungsröhren und des Behälters nicht, so muß für weitergehende Kühlung gesorgt werden. Die Temperatur des abfließenden Wassers darf 50° C nicht überschreiten. Zur Vermeidung einer Übertemperatur wird das Wasser des Behälters in ähnlicher Weise gekühlt wie bei einem Kraftwagen. Durch einen Röhrenkühler mit 300 m² Oberfläche wird mit Hilfe eines Exhaustors Luft hindurchgesaugt. Die erwärmte Luft wird durch einen Schornstein ins Freie geführt.

Digitized by Google

Um die Zerstörung der Gleichrichter und Röhren zu verhüten, wenn die Wasserkühlung versagen sollte, ist ein Kontaktmanometer eingebaut, das die gefährdeten Teile sofort außer Betrieb setzt, sobald der Wasserdruck unter einen bestimmten Wert sinkt. Außerdem kann im Senderraum an einem Fernthermometer die Temperatur an verschiedenen Stellen der Kühlleitung gemessen werden.

Die Schaltung des Senders (Abb. 4) ist im wesentlichen dieselbe wie die des Langenberg-Senders. Beide Sender besitzen drei Stufen. Ein Steuersender von 2 kW Leistung erzeugt ungedämpfte Schwingungen. Mit Hilfe eines aperiodischen Kreises wird die zum Steuern erforderliche Leistung dem Gitter der wassergekühlten

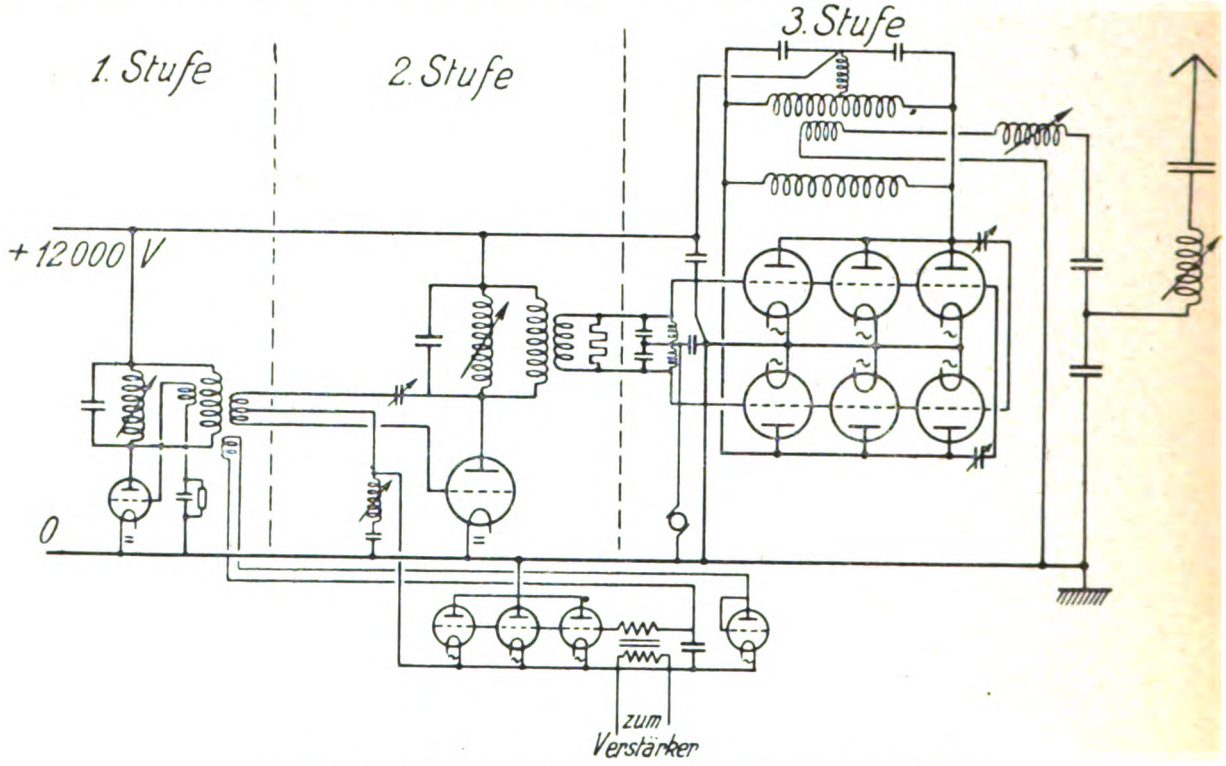


Abb. 4. Grundsätzliches Schaltbild des neuen Deutschlandsenders.

20 kW Röhre der zweiten Stufe zugeführt. Hier findet die Modulation nach der bei allen deutschen Sendern fast ausschließlich angewandten Schäfferschen Gittergleichstrom-Methode statt. Im Gittergleichstromweg der genannten Röhre liegen die Modulationsröhren. Die vom Endverstärker kommende Spannung wird an die Gitter der drei Modulationsröhren gelegt. Sie verändert im Takte der Sprache oder Musik den Widerstand dieser Röhren und damit den Gittergleichstrom der 20 kW Röhre. Die Änderung des Gittergleichstromes ruft aber die Modulation der hochfrequenten Schwingungen hervor, die von der letztgenannten Röhre in dem angeschlossenen Schwingungskreis erzeugt werden. Die Gittervorspannung für diese Stufe, die für den Modulationsvorgang von größter Wichtigkeit ist, wird dadurch gewonnen, daß etwas Hochfrequenzenergie dem Steuersender entnommen und mit einer Röhre gleichgerichtet wird. Die Änderung der Vorspannung erzielt man durch losere oder festere Kopplung. An den Schwingungskreis der zweiten Stufe ist der nicht abgestimmte Gitterkreis der dritten Stufe angekoppelt, der durch einen wassergekühlten Widerstand belastet wird. In der letzten Stufe werden die modulierten hochfrequenten Schwingungen nochmals verstärkt. Hierzu dienen sechs im Gegentakt arbeitende wassergekühlte Röhren von je 20 kW Höchstleistung, die zunächst auf einen Zwischenkreis arbeiten. Zur weitergehenden Schwächung der Oberwellen ist noch ein weiterer Kreis, der Sekundärkreis, eingebaut, an den kapazitiv die Antenne angekoppelt ist. Die Gittervorspannung der letzten Stufe beträgt 500 bis 1000 V, sie wird einer Hochspannungsmaschine entnommen. Die Eigenwelle der Antenne beträgt 2150 m. Da die Sendewelle 1250 m ist, muß eine elektrische Verkürzung der Antenne durch Einfügen von Kondensatoren in den Antennenkreis vorgenommen werden. Man hat die Abmessungen der Antenne absichtlich so gewählt, weil eingehende Versuche ergeben haben, daß unter diesen Verhältnissen die beste Strahlung erzielt wird.

Um Selbsterregung der zweiten und dritten Stufe zu vermeiden, sind die beiden Stufen neutrodynisiert worden; und zwar hat man bei der zweiten die Gitterneutrodyn-, bei der letzten Stufe die Anodenneutrodynschaltung angewandt.

Für den Sender ist eine ganz offene Bauweise gewählt worden. Keine Schalttafel versperrt die Sicht. Die Hochfrequenzteile sind so im Raum aufgestellt, wie es aus funktechnischen Gründen am zweckmäßigsten ist. Bei Hochfrequenzapparaten muß ja in unvergleichlich höherem

Digitized by Google

Maße als bei Niederfrequenzapparaten auf die Leitungsführung Bedacht genommen werden. Die einzelnen Stufen sind in sich eng zusammengebaut, jedoch so, daß sie von allen Seiten frei zugänglich sind. Die Verbindungsleitungen der Teile einer Stufe sind so kurz als möglich gehalten. Der Abstand der Stufen voneinander dagegen ist groß, um gegenseitige Beeinflussungen zu vermeiden. Die Anodengleichspannung wird von Trennmessern aus frei durch den Raum den einzelnen Stufen zugeführt.

Die Spulen stehen auf isolierten Gestellen. Bei den ersten beiden Stufen und bei dem Antennenvariometer sind zylindrische Litzenspulen, in den anderen Fällen Kupferrohrspulen verwendet worden. Die mittlere Höhe ist so gewählt, daß die Achsen der Variometer und Kopplungsspulen nahezu wagrecht zum Handrad führen. Jedes Handrad ist auf einer eisernen Säule gelagert und trägt eine Skala sowie eine Vorrichtung zum Feststellen. Bei den drei unmittelbar an den Röhren liegenden Schwingungskreisen besteht die Selbstinduktion aus zwei parallelgeschalteten Spulen, die so gewickelt sind, daß die Kraftlinien sich schließen. Auf diese Weise wird eine Streuung und damit eine unerwünschte Kopplung vermieden. Die linke Spule ist jeweils das Variometer, während die rechte die Kopplungsspule enthält.

Die Kondensatoren der Hochfrequenzkreise sind Dubilierkondensatoren mit Glimmer als Dielektrikum[3]).

Zum Abstimmen des Senders und zur dauernden Überwachung müssen natürlich eine Reihe von Instrumenten vorgesehen sein. Eine zu große Zahl könnte verwirrend wirken. Es sind deshalb nur an solchen Stellen Instrumente eingebaut, an denen Strom- oder Spannungswerte besonderer Beachtung bedürfen oder für das Arbeiten des Senders besonders charakteristisch sind. Sie sind auf Säulen so angeordnet, daß sie bequem beobachtet werden können, wenn die entsprechenden Handräder der Variometer oder Kopplungen bedient werden. Die ersten beiden Stufen stimmt man nach geringster Anodengleichstromaufnahme ab. Dazu dient je ein Amperemeter in der Hochspannungszuführung. Weiterhin sind Voltmeter zum Messen der Gittervorspannungen in der zweiten und dritten Stufe vorhanden. Bei der letzten Stufe genügt die Beobachtung der geringsten Leistungsaufnahme als Kriterium für günstigste Abstimmung nicht. Es ist vielmehr noch nötig, ein bestimmtes Verhältnis von Gitterwechselspannung zu Anodenwechselspannung bei gegebener Gittervorspannung einzustellen. Zur Messung der Wechselspannungen sind Hitzdrahtvoltmeter an wenige Windungen von Spulen hoher Selbstinduktion gelegt, die parallel zu den betreffenden Schwingkreisspulen geschaltet sind. Im Sekundär- und Antennenkreis befindet sich je ein Hochfrequenzstromwandler mit Amperemeter.

Die genaue Einhaltung der Welle wird mit einer Quarz-Kristall-Meßeinrichtung nach Giebe beobachtet[4]). Außerdem sind noch verschiedene Einrichtungen vorhanden, die eine Überwachung des Modulationsvorganges gestatten. In einem Aussteuerungsmeßgerät läßt sich der Modulationsgrad und eine etwaige Übersteuerung des Senders feststellen. Ein Abhörgerät erlaubt, die Güte der Übertragung vor und hinter dem Sender zu vergleichen.

Die gesamte, soeben beschriebene Anlage wurde von der Telefunken-Gesellschaft erbaut und in Betrieb gesetzt.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 112.

[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 68; 1927, S. 1, 122.

Rundschau.

Drahtloses Fernsprechen über den Atlantischen Ozean. R. Bown bringt neuere Ergebnisse auf diesem Gebiete. Nach Herstellung der Sprechmöglichkeit zwischen Amerika und Europa,[1]) trachtete man das Verhältnis der Stärke der auftretenden störenden Geräusche zu jener der übertragenen Sprache möglichst herabzudrücken. Hiezu zeigten sich drei Wege. Der erste Weg führt zur Verwendung eng begrenzter Filter, welche nur den Sprachfrequenzen den Durchgang gestatten, wodurch alle Störgeräusche mit anderen Frequenzen ferngehalten werden. Der zweite Weg zeigt sich in der Benützung gerichteter Antennen. Eine dritte Möglichkeit ergab sich aus Messungen, denen zufolge das früher genannte Verhältnis günstiger wird, wenn man die Empfangsstation in nördliche Breiten verlegt. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde die amerikanische Empfangsstelle in Houlton (Maine) neu errichtet, während auf englischer Seite in Anbetracht der Lage des Inselreiches auf nördlicheren Breitengraden als Maine die Empfangsstelle bei Wroughton aufgebaut wurde. Von diesen Stellen wurden Drahtverbindungen mit den Fernsprechämtern in New York einerseits und London andererseits hergestellt. Die Gesprächsübertragung konnte sohin schon in den ersten Monaten 1926 aufgenommen werden. Um den für das drahtlose Fernsprechen verfügbaren Frequenzbereich möglichst auszunützen, wurden noch Anordnungen getroffen, um die zwischen zwei Stellen in beiden Richtungen abzuwickelnden Gespräche auf ein und dasselbe Frequenzband zu beschränken. Dabei war Vorsorge zu treffen gegen die Störung der einlangenden Gespräche durch die von der gleichen Seite ausgehenden Gespräche. Auf amerikanischer Seite erwies sich hiebei die über 900 km betragende Entfernung zwischen Sender und Empfänger neben der Verwendung gerichteter Antennen als ausreichend, um Störungen zu vermeiden. In England hingegen mußten besondere Schaltanordnungen getroffen werden, ähnlich jenen zur Unterdrückung der auf langen Leitungen auftretenden Echowirkungen. Der Verbindung der beiderseitigen Endstellen mit den Teilnehmern der angeschlossenen Draht-Fernsprechnetze dient eine Reihe von Einrichtungen, die sich aber grundsätzlich nicht von denen für Fernsprech-Weitverbindungen auf Drahtleitungen unterscheiden. Dr. Ste.

(The Bell System Technical Journal, Heft 2, April 1927).

[1]) Vergl. „Die Radiotechnik", 1927, Heft 7, S. 65.

Digitized by Google

Neue Versuche mit einem Kurzwellensender. Das „Mutoskop" als Indikator für verschiedene Arbeitsverhältnisse beschreibt John L. Reinartz. Das Mutoskop ist eine Art Teslatransformator nach Abb. 1. Die Primärspule, die an Stelle der Antennenspule des Senders eingeschaltet wird und daher dieselbe Charakteristik besitzen soll, besteht aus einem 1 cm breiten Flachkupferband, das zu einer Spule von 15 cm Durchmesser hochkant aufgewickelt wird. Die Sekundärspule wird auf einen Glaszylinder von 5 cm Durchmesser aufgewickelt; sie besitzt für Wellen von 35 bis 40 m Länge 125 Windungen aus 0·4 mm starkem, zweimal mit Baumwolle umsponnenen Kupferdraht, dessen Enden in der gezeichneten Art frei abstehen. Die quadratische Grundplatte besteht aus Holz. Auf das obere Drahtende der Sekundärspule wird ein nach der in der Abbildung angegebenen Form gebogener, in der Mitte mit einer passenden Öse versehener blanker Draht von 0·25 mm oder noch geringerer Stärke aufgesteckt. Ist nun die Sekundärspule in Resonanz mit den Schwingungen in der Primärspule, so beginnt dieser Draht durch den elektrischen

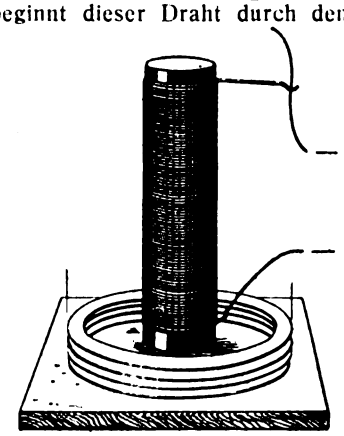


Abb. 1.

Wind zu rotieren, wobei an seinen Enden Koronabüschel auftreten. Aus der Form dieser Lichterscheinung kann man entnehmen, ob die Anodenstromquelle des Senders, zum Beispiel ein Wechselstrom-Anschlußgerät, genügend gleichförmige Spannung liefert. Bei Verwendung von nicht gleichgerichtetem Wechselstrom unterscheidet man eine kreisförmige Reihe von Lichtflecken, die durch dunkle Zwischenräume voneinander getrennt sind. Die Länge der Flecken ist eine Funktion der Anodenspannung; die Dunkelheit der Zwischenräume hängt von der der Spule zugeführten Spannung und die Anzahl der Lichtflecken und Zwischenräume von der dem Schwingungskreise zugeführten Energie ab. Speist man den Anodenkreis mit gleichgerichtetem Wechselstrom, so verdoppelt sich die Anzahl der Lichtflecke und die Zwischenräume werden enger; bei mangelhafter Filterung verschwinden dann zwar die Zwischenräume, es sind aber immer noch hellere und minder helle Stellen unterscheidbar, die erst bei vollkommener Filterung in einen gleichförmigen Lichtkreis übergehen. Befindet sich ein Milliamperemeter im Anodenkreise, so kann man nach dessen Ausschlage die Güte von Platten aus Isolierstoffen, die dem oberen Ende der Sekundärspule genähert werden, beurteilen. Je schlechter oder feuchter das Isoliermaterial ist, desto stärker ist der dem Energieverbrauch entsprechende Amperemeterausschlag.

R. H.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 3, Sept. 1927.)

Die Verstärkung der Hochfrequenzverstärker. Von Dr. K. Hoffmann. Für die Dimensionierung von Hochfrequenztransformatoren werden einige Formeln angegeben und der Verstärkungsgrad in Verbindung mit einer Röhre berechnet. Der maximale Verstärkungsgrad wird erreicht, wenn der innere Widerstand der Röhre gleich dem äußeren Widerstande ist. Ferner ist untersucht worden, welchen Einfluß die Windungszahl der primären Spule und die Stärke der Kopplung zwischen primärer und sekundärer Spule auf die Verstärkung hat und es wurde dabei gefunden, daß die optimale Verstärkung einer abgestimmten Hochfrequenzverstärkerstufe nur von der Röhre und dem Schwingungskreise abhängt, dessen Selbstinduktion groß und dessen Dämpfung klein sein soll; dagegen ist die optimale Verstärkung unabhängig von der Kopplungsart mit der die günstigste Anpassung erzielt wird. Der Widerspruch der dieses Resultat gegenüber den Anpassungsbedingungen bei Widerstandsverstärkern zeigt, läßt sich dadurch erklären, daß beim Widerstandsverstärker auf der Primärseite des Kopplungssatzes schon eine möglichst große Spannung erzielt werden muß, was naturgemäß einen möglichst großen Eingangswiderstand des Koppelsatzes zur Bedingung hat. Beim abgestimmten Hochfrequenztransformator soll aber die Spannung an dem möglichst gut dimensionierten, abgestimmten Schwingungskreis ein Maximum werden. Diese Bedingung verlangt aber eine möglichst große Leistungsübertragung auf den Schwingungskreis, das heißt also eine möglichst gute Anpassung der Widerstände. Die Untersuchungen über den günstigsten Durchgriff der verwendeten Lampen haben ergeben, daß der Verstärkungsgrad um so größer wird, je kleiner der Durchgriff der Röhre ist. Das bei kleinem Duchgriff, infolge kapazitiver Kopplungen auftretende Selbstönen der Röhren muß durch Neutralisationsschaltungen kompensiert werden. Kelch

(Funk, 4. Jahrg., Heft 37, 1927.)

Über moderne Musik- und Sprachübertragungsanlagen. Von Dr. Ing. Kühn wird eine von der Firma Siemens & Halske hergestellte Musikübertragungsanlage beschrieben. Als Mikrophon wird die von Dr. Sell entwickelte Type verwendet. Es ist dies eine Kohlemikrophon mit einer dünnen metallischen und äußerst stark gespannten Membran, welches eine sehr hohe elektrische Empfindlichkeit besitzt. Der Verstärker besteht aus drei Spannungsverstärkerstufen in Widerstandskopplung mit einer etwa 10 000 fachen Spannungsverstärkung und einer Leistungsverstärkerstufe, welche mehrere parallel geschaltete Röhren besitzt und mit einer Anodenspannung von 300 V arbeitet. Die vom Spannungsverstärker an das Gitter der Leistungsverstärkerstufe maximal abgebbare Spannung beträgt 30 V. Hinter der Leistungsverstärkerstufe kann eine unverzerrte Leistung von 4 W bei einer maximalen Stromstärke von 44 mA abgegeben werden. Die Änderung der Verstärkung in dem Frequenzbereich von 500 bis 5000 Hertz ist nur etwa 6 vH. und zwar mit zunehmender Frequenz stetig ansteigend ohne irgend welche Spitzen. Als Wiedergabeapparat wird der bekannte Gerlachsche Protoslautsprecher[1]) verwendet, und zwar können 12 bis 16 Lautsprecher an diesen Verstärker angeschlossen werden. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, H. 9, 1927.)

Konuslautsprecher aus Papier von großem Durchmesser. Clyde J. Fitch. Während die meisten Hornlautsprecher die tiefsten musikalischen Töne kaum wiedergeben, zeigen sich große Konuslautsprecher in dieser Hinsicht viel besser: vorausgesetzt, daß das Antriebssystem zu seinem Konus paßt, in welchem Falle hohe und tiefe Töne gleichmäßig wiedergegeben werden. Der Papierkonus wird aus einer Kreisscheibe passender Stärke nach Ausschneiden eines Zwickels zusammengeleimt und an seiner Spitze durch einen kleinen, innen aufgeleimten Papierkonus verstärkt; der Rand wird mit einem stumpfen Instrument eingefurcht und zur Versteifung etwas aufgebogen. Der Durchmesser des Konus am Boden beträgt 90 cm. Als Träger des Schirmes dient ein Kreuz aus vier runden Holzstäben, die in einen prismatischen Holzklotz in Kreuzform eingeleimt werden. An diese Kreuzarme wird der Rand des Schirmes einfach angenagelt. Der Holzklotz trägt auch das Antriebssystem, das höchst einfach nur aus einem polarisierten Elektromagnet besteht, der auf eine federnde, ziemlich kräftige Stahlzunge wirkt. Der Luftspalt befindet sich in der Mitte der Erregerspule und kann mittels einer Einstellschraube verändert werden. Die Spule verträgt 200 V und kann daher ohne Transformator unmittelbar

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 343.

Digitized by Google

an eine Kraftröhre angeschlossen werden. Der Antriebsstift wird mit dem Schirme unter Zwischenschaltung von zwei kleinen konischen Messingkappen und zwei dünnen, aus einem großen Korke geschnittenen Korklagen durch zwei Muttern verschraubt. Das Ganze wird mit Hilfe einer nahe den Enden zweier Kreuzarme befestigten Schnur an einem Wandhaken aufgehängt und durch eine Büchse aus Pappe in entsprechendem Abstande von der Wand gehalten. Noch besser ist die Aufhängung in horizontaler Lage an der Decke. In diesem Falle wird die Aufhängeschnur am zentralen Block befestigt. R. H.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 3, Sept. 1927.)

Vorführung des Fernsehens. Am 7. April 1927 fand, wie „Bell Telephone Quarterly" berichtet, zwischen dem Handelssekretär Hoover der Vereinigten Staaten in Washington und dem Präsidenten Gifford der American Telephone and Telegraph Company in New York eine telephonische Unterredung mit gleichzeitiger Sichtbarmachung der beiden sprechenden Personen statt. Sodann wurde nach New York eine Ansprache des Handelssekretärs Hoover mit Lautsprecher übermittelt, während welcher das Antlitz des Sprechenden auf einem großen Schirm von sämtlichen Anwesenden als bewegtes Bild gesehen werden konnte. Schließlich wurden noch einzelne der Gäste in Sprech- und Sehverkehr mit New York gesetzt. Die Übertragung der Bilder konnte sowohl über Draht, als auch drahtlos erfolgen. Mit diesen Versuchen sind die beiden Städte Washington und New-York gewissermaßen nicht nur auf Hörweite, sondern auch auf Sehweite nahe gebracht. Dr. Ste.

Patentbericht.

Elektronenröhren-Schaltungen.

Empfängerschaltungen.

Eine Erfindung der Telefunkengesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin ermöglicht es, beim Zwischenfrequenzempfang auch für längere Wellen nur mit einer Röhre auszukommen. Zu diesem Zwecke wird eine Trennung der zwei Schwingungskreise, von denen der eine die ankommende Hochfrequenz empfängt und der Röhre zuführt und der andere den frequenzbestimmenden Kreis der Überlagerungsfrequenz bildet, vorgenommen. Diese Trennung muß derart erfolgen, daß sich die beiden Kreise nicht beeinflussen, so daß eine Änderung der Überlagerungsfrequenz keine Verstimmung des Empfangskreises hervorruft. Erfindungsgemäß verbindet man die beiden Schwingungskreise (den Empfangskreis und den frequenzbestimmenden Kreis

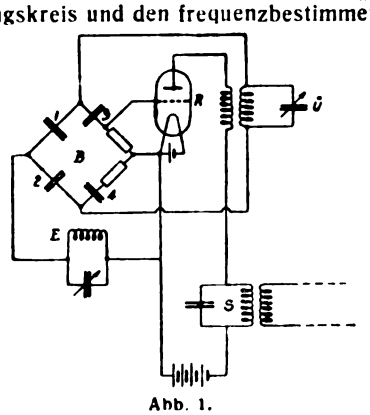


Abb. 1.

des Überlagerers) derart mit einer Elektronenröhre, daß ein jeder Kreis an den Diagonalzweig einer abgeglichenen Brückenanordnung angeschlossen ist. In der Abb. 1 ist *B* die Brücke mit den Kapazitäten 1, 2, im Zweig 3 die Kapazität der Röhre nebst Ableitung; Zweig 4 enthält Widerstand und Kapazität zur Abgleichung. *E* ist der Eingangskreis, *Ü* der Überlagerungskreis, an die Röhre *R* rückgekoppelt, und *S* der Zwischenfrequenzkreis. (Ö. P. Nr. 105285.)

Bei einer Elektronenröhrenschaltung der gleichen Gesellschaft wird zwecks Verhinderung störender Eigenschwingungen eine Vorrichtung angeschaltet, welche auf den Abfall des Anodenstromes im Audion beim Einsetzen von Schwingungen reagiert und die Schwingungserzeugung verhindert. Diese Vorrichtung kann etwa bei induzierter Rückkopplung in einem Relais bestehen, das einen zur Rückkopplungsspule parallelen, kapazitiven Nebenschluß einschaltet. (Ö. P. Nr. 106848.)

Nach einer Erfindung von Dr. H. Wigge, Cöthen, wird bei einer Entkopplungseinrichtung für Hochfrequenzverstärkerröhren mit zwei Steuerelektroden, zwischen welchen die zu verstärkende Wechselspannung zugeführt wird, das Verhältnis der Teilkapazitäten zwischen der Anode und den beiden Steuergittern gleich gemacht dem Verhältnis der Teilkapazitäten zwischen der Kathode und den beiden Steuerelektroden. Dadurch wird eine von der Frequenz unabhängige Entkopplung erzielt. (D. R. P. Nr. 446926.)

(Fortsetzung folgt)

Chronik.

Die Entwicklung des Rundspruchs in Österreich. Anschließend an den ersten Jahresbericht der „Ravag"[1]) gibt deren die Zeit von Juni 1926 bis zum Herbst 1927 umfassender zweiter Jahresbericht[2]) ein Bild über die Weiterentwicklung des Rundspruchs in Österreich, außerdem aber einleitend auch einen Überblick über den derzeitigen Stand des Rundfunkspruchwesens in Europa.

Infolge der Einführung des Rundspruches in fast allen Staaten Europas ist eine erhebliche Steigerung der Zahl der im vorgeschriebenen Wellenbereich zwischen 200 und 600 m arbeitenden Sendestationen zu verzeichnen, wobei die größte Zahl der Sender, die innerhalb dieses Bereiches untergebracht werden kann, auch bei Verwendung mehrerer Sender auf derselben Welle bereits überschritten ist. Den Versuchen, diesem Übelstand durch Umbau bestehender Anlagen auf höhere Leistungen abzuhelfen, ist aber durch die internationalen Vereinbarungen eine Grenze gezogen, wonach die Höchstleistung von Sendern, die auf gemeinsamen Wellen arbeiten, 500 W beträgt. Im Vordergrunde des Interesses steht die Frage eines internationalen Austausches der Darbietungen längs Drahtleitungen. Übertragungsversuche zwischen süddeutschen Sendern, Prag, Warschau und Wien hatten ein derart günstiges Ergebnis, daß voraussichtlich schon in nächster Zeit mit dem regelmäßigen Austausch der Programme der erwähnten Sendestationen begonnen werden kann. Die technische Kommission der Union internationale de Radiophonie, die seinerzeit den Plan für die Verteilung der Wellen auf die europäischen Sendegesellschaften aufgestellt und auch die sehr zweckentsprechende Kontrolle der Einhaltung der zugewiesenen Wellen durch die Stationen angeregt hat, arbeitet einen Plan über den Aktionsbereich der verschiedenen Stationen und deren Leistungen aus, auch war sie im Einvernehmen mit der juridischen Kommission bemüht, Störungen, die durch den Betrieb elektrischer Bahnen, durch die Benutzung elektromedizinischer Apparate usw. verursacht werden, nach Möglichkeit auszuschalten. Es wurde den Sendegesellschaften nahegelegt, diesbezüglich auch bei den zuständigen Staatsverwaltungen auf Schaffung einer geeigneten Abhilfe hinzuwirken. Die juridische Kommission hatte vor allem die internationale Regelung eines Senderechtes vorzubereiten. Das Urheberrecht soll hinsichtlich seiner Auswirkung auf den internationalen Verkehr auf einer für das Frühjahr 1928 in Aussicht genommenen Konferenz einer neuerlichen Überprüfung unterzogen werden. Auch zu den Vorschlägen des Komitees zur Vorbereitung der internationalen Urheberrechtskonferenz in Rom im Jahre 1928 wurde Stellung

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, „Die Radiotechnik", S. 94.

[2]) II. Jahresbericht der Österr. Radioverkehrs A.-G. 1927. 29 S. mit 16 Tafeln mit Abb. und 4 Diagrammen.

Digitized by Google

genommen, schließlich wurde die Frage der kommerziellen Verwertung von Rundfunksendungen erörtert, insbesondere hinsichtlich des Schutzes gegen dritte, welche in gewinnsüchtiger Absicht empfangene Sendungen ohne Zustimmung der betreffenden Sendegesellschaft weiterverbreiten. Die unter dem Vorsitze des Generaldirektors der „Ravag" stehende „Commission de Rapprochement" hat sich im Einvernehmen mit der technischen Kommission mit der Weitersendung von Rundfunkverbreitungen mittels oder ohne Draht befaßt, und auch, nachdem die technische Kommission die technischen Voraussetzungen geschaffen hat, bereits die hiezu erforderliche Einigung einer Reihe von Sendegesellschaften erzielt. So wurden während der Beethovenfeier Relais von Wien nach deutschen Sendestationen und nach Prag und Warschau gesendet, andererseits aber auch von den beiden letztgenannten Stationen Relais nach Wien, ferner während der Völkerbundtagung von Genf an englische, holländische und deutsche Sender. Mit dem Ausbau und der Verbesserung der innerstaatlichen Telephonlinien ist eine weitere Ausgestaltung der internationalen Relais zu erwarten.

Für die Entwicklung des österreichischen Rundspruchs ist die Steigerung der Teilnehmerzahl auf fast 280 000 (davon fast 200 000 in Wien) zu Ende Juli 1927 kennzeichnend, die auch zur Verwendung von Maschinen für die Evidenthaltung der Teilnehmer und zur Ausfertigung der Rundspruchteilnehmerrechnungen geführt hat. In der Entwicklung der technischen Betriebsmittel der Ravag hat die Berichtsperiode Fortschritte hinsichtlich der Vergrößerung der Reichweite und der Steigerung der Qualität der Stationen gebracht und auch die Vermehrung des Bereiches möglich gemacht, aus dem der Stoff für die Programmbildung geschöpft werden kann. Durch die Eröffnung der Stationen Innsbruck und Klagenfurt konnte ein nicht unbeträchtlicher Teil der Bevölkerung vom Röhrenapparat zum einfachen Detektorapparat übergehen, eine weitere Verbesserung in dieser Hinsicht ist von der Inbetriebnahme des im Bau befindlichen Linzer Senders zu erwarten. Hinsichtlich der Innsbrucker Anlage ist erwähnenswert, daß die hochfrequente Verbindung Linz—Wörgl unter Berücksichtigung des Postbedarfes nicht nur für einseitige Übertragungen Wien—Linz—Wörgl—Innsbruck, sondern auch mit einer Gegenverbindung ausgeführt wurde, so daß der österreichische Fernsprechverkehr in der Zeit des stärksten Bedarfes (bis 15 Uhr) über einen weiteren Fernsprechkreis Wien—Innsbruck—Schweiz verfügt. Bei der Grazer Anlage wurde der Wirkungsgrad durch Vergrößerung der Erdanlage wesentlich verbessert und durch den Einbau eines neuen Relaisempfängers im Sendegebäude eine wirtschaftlichere Betriebsführung erreicht. In Linz wird ein weiterer 0·5 kW Marconizwischensender errichtet, der im Frühjahre 1928 in Betrieb kommen soll.

Infolge der raschen Entwicklung des europäischen Rundspruchsendnetzes wurde im Juli 1927 der Auftrag zur Verdoppelung der Energie des Senders Rosenhügel erteilt und sofort mit der baulichen Adaptierung des Sendegebäudes begonnen. Da fast der gesamte Umbau ohne Störung des laufenden Sendebetriebes durchgeführt wird, ist mit der Fertigstellung der Neuanlage erst im Mai 1928 zu rechnen. Durch die Verwendung aller Neuerungen der letzten Zeit und durch Benutzung der Erfahrungen mit dem Rheinlandsender[4]) ist zu erwarten, daß mit der Inbetriebnahme der neuen Einrichtungen nicht nur der Detektorbereich des Rosenhügelsenders um etwa 40 vH vergrößert und in Wien vielfach die Verwendung von Ersatzantennen möglich sein, sondern auch eine Verminderung der verschiedenen Störungen und eine Verbesserung der Qualität der Sendungen erreicht werden wird. Da sich die bisher in der Flugsicherungsstation Aspern untergebrachte Kontrollempfangsanlage wegen Störungen nicht bewährte, wurde eine solche Anlage im Schlosse Laxenburg errichtet.

[4]) „Die Radiotechnik", 1927, S. 88, 94.

Die Versuchstätigkeit der „Ravag" erstreckte sich auf die Bildübertragung nach den Verfahren von Thorne-Baker-Fulton und Tschörner[5]). Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen, lassen aber erwarten, daß es bald möglich sein wird, auch bildliche Darstellungen zur Ergänzung des Rundspruchs zu senden. Die „Ravag" befaßt sich ferner augenblicklich damit, die Vorbedingungen für die Ausschaltung der Störungen durch die Benutzung elektromedizinischer Apparate zu schaffen. Da der Beweis für die Möglichkeit der Anbringung wirksamer Schutzmittel experimentell erbracht wurde, wird die Erlassung entsprechender gesetzgeberischer Maßnahmen erwartet[5]). In das Arbeitsgebiet der „Ravag" gehört auch der Betrieb des radiotelegraphischen Flugsicherungsdienstes für die Österr. Flugverkehrs A.-G. und die Compagnie internationale de Navigation aërienne (mittels einer aus einem 500 W Telefunkensender bestehenden Anlage) zwischen Murchen, Budapest, Prag, Krakau und Zürich. Im Jahre 1926 wurden zusammen über 10 000 Telegramme aufgenommen und abgegeben. Schließlich besorgt die von der „Ravag" betriebene Empfangsanlage in der Burg den Empfang von Wirtschafts- und Pressenachrichten aus dem Ausland für die amtliche Nachrichtenstelle und die Transatlantic-Radio Ges. m. b. H. und nahm im Jahre 1926 8236 Telegramme auf.

Der mit recht guten Abbildungen der Sendeanlagen und sonstigen Einrichtungen der „Ravag" geschmückte Bericht enthält noch sehr ausführliche Angaben über das Sendeprogramm während der Berichtsperiode, über die finanzielle Gebarung des Unternehmens werden dagegen keinerlei Mitteilungen gemacht.

An der Bundeslehranstalt für Maschinenbau und Elektrotechnik, Wien, X., Pernerstorfergasse 81, beginnt am 4. Jänner 1928 ein viermonatiger Kurs über Radiotechnik (auch für technisch Nichtvorgebildete). Kursbeitrag S 20. Anmeldungen in der Direktion.

Literaturbericht.

3626 **Transformatorenverstärker.** Von Dr. Ludwig Müller und Manfred von Ardenne. VIII. 137 Seiten, 66 Abb. Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1927. Preis M. 4·—.

Die Verfasser unternehmen den Versuch, eine abschließende und zusammenfassende Darstellung des Problems der Transformatorenverstärker zu geben; eine solche Darstellung fehlte bisher in der Literatur. Nach einer kurzen Zusammenfassung der einfachen Röhrengleichungen wird im ersten Abschnitt der Verstärkertransformator ausführlich behandelt und der Weg zur rechnerischen und meßtechnischen Analyse angedeutet. Den Amplitudenverzerrungen durch den Transformator ist ein besonderes Kapitel gewidmet. — Im zweiten Abschnitt werden die Elektronenröhre und der Transformator zusammenhängend behandelt; dieser Abschnitt verdient die erhöhte Aufmerksamkeit des Lesers, da er für die Konstruktion bezw. Vorausberechnung einer Verstärkeranlage grundlegend ist. Besonders auf die Kapitel über die Lage der Transformatorenresonanz und den günstigsten Durchgriff sei nachdrücklichst hingewiesen. Das letzte Kapitel dieses Abschnittes, über die Endverstärkung, dürfte vielen Lesern willkommen sein, die mit dem Aufbau von Großlautsprecheranlagen zu tun haben; es werden die Bedingungen abgeleitet, unter denen eine verzerrungsfreie Wiedergabe großer Lautsprecherleistungen erzielt werden können. Als Anhang zu den theoretischen Ausführungen enthält das Buch noch einen praktischen Teil, wo Bauanleitungen zum Bau von Verstärkeranlagen gegeben werden. Das Buch kann einem jeden, der sich ernstlich mit dem Problem der Transformatorenverstärkung beschäftigen will, empfohlen werden. Die Ausstattung des Buches ist eine sehr gute. Für die nächste Auflage wäre lediglich zu wünschen, daß die wenigen Druckfehler im mathematischen Teil des Buches korrigiert werden. Mittelmann.

[5]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1927, S. 32.
[5]) Vgl. „Die Radiotechnik", 1927, S. 105 ff.

Eigentümer, Verlag, Herausgeber: Elektrotechn. Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grunhut, W. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstr. 9

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN“
Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien“ gestattet

Heft 2 **12. Februar 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Über Prüfung von Niederfrequenztransformatoren. Von Ing. Friedrich Benz, Wien. S. 13. — RUNDSCHAU. S. 17. — Literaturbericht. S. 20.

Über Prüfung von Niederfrequenztransformatoren.

Von Ing. Friedrich **Benz**, Wien.

(Mitteilung aus der Radiotechnischen Versuchsanstalt des Technologischen Gewerbemuseums in Wien.)

Die Entwickung der Radiotechnik geht heute dahin, Geräte zu schaffen, die einen bequemen und klangreinen Empfang ermöglichen. Ein guter Niederfrequenzverstärker kann diesen Bedingungen entsprechen, da die Bedienung sehr einfach und eine Verzerrung bei Verwendung von Widerstandsverstärkern oder guten Niederfrequenztransformatoren fast vollständig vermieden wird.

Die Hauptfehlerquelle schlechter Klangübertragung eines Niederfrequenzverstärkers liegt in der Regel im Niederfrequenztransformator. Zweck dieser Zeilen ist, anzugeben, wie eine sachgemäße Prüfung von Niederfrequenztransformatoren vorzunehmen ist und wie sie an der staatlichen Versuchsanstalt am Technologischen Gewerbemuseum in Wien ausgeführt wird.

Bei der Untersuchung eines Niederfrequenztransformators, können wir natürlich von den verschiedensten Gesichtspunkten ausgehen. Hier soll auf diese Untersuchungsmethoden nur soweit eingegangen werden, als es notwendig ist, sich über die Güte des Verstärkerapparates ein Urteil zu bilden.

Die Anforderungen, die an einen guten Niederfrequenztransformator gestellt werden, sind: größtmögliche Klangreinheit und Verstärkung, Bedingungen, die einander zum Teil widersprechen[1]). Für die Verstärkung maßgebend ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators, das durch Primärwiderstand und sekundäre Belastung bestimmt wird. Der Primärwiderstand (Wechselstromwiderstand der Primärwicklung) soll zum Zwecke größter Energieübertragung dem innerem Widerstande des Generators, der Röhre oder des Detektors, gleich sein. Die sekundäre Belastung dagegen bestimmt sich aus der Kapazität des Transformators und der wirksamen Kapazität der Röhre. Ebenso wesentlich ist es, um größtmögliche Verstärkung zu erzielen, die Verluste so klein als möglich zu halten. Die beste Klangreinheit hingegen wird erzielt, wenn jede Frequenz innerhalb des hörbaren Bereiches im Transformator eine, ihrer primär aufgedrückten Amplitude proportionale sekundäre Amplitude erhält, mit anderen Worten die Resonanzkurve eines Niederfrequenztransformators innerhalb der Grenzen von 100 bis 20 000 Hertz möglichst flach verläuft. Eine solche flache Resonanzkurve wird aber nur erreicht durch entsprechend hohe Dämpfung des Transformators oder Belastung im Primär- oder Sekundärkreis, wodurch allerdings der erwähnte Übelstand der geringen Verstärkung eintritt. Die aus diesen Gesichtspunkten sich ergebende Berechnung wird einen den Anforderungen entsprechenden Mittelweg zu gehen haben, wird aber besonders auch den Widerstand im Primärkreis, hervorgerufen durch Detektor- oder inneren Röhrenwiderstand, mit zu berücksichtigen haben; diese Größen müßten also vor Berechnung des Transformators festgelegt sein.

Eine Untersuchung, die ein objektives Urteil über einen Niederfrequenztransformator ergeben soll, muß sich auf folgende Prüfungen erstrecken:

1. Untersuchung der Klangreinheit, Aufnahme der Resonanzkurve.

2. Untersuchung der Verstärkung, des Übersetzungsverhältnisses, der primären und sekundären Induktivität und des Widerstandes.

3. Prüfung der mechanischen Ausführung.

In erster Linie maßgebend für die Reinheit der Verstärkung des Niederfrequenztransformators ist der Verlauf der Resonanzkurve. Sie unterscheidet sich wesentlich von der eines Hochfrequenzschwingungskreises, da es sich beim Niederfrequenztransformator um zwei festgekoppelte Schwingungskreise verschiedener Eigenresonanzen handelt, die sich aus Induktivität und Eigenkapazität beider Wicklungen zusammensetzen. Trotzdem erhält der Transformator nur ein Resonanzmaximum, das durch die sekundäre Induktivität L_2 und sekundäre Effektivkapazität C_2 gebildet wird. Es kann also die Aufnahme der Resonanzkurve nicht wie bei eisenfreien Schwin-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 75.

Digitized by Google

gungskreisen üblich (Abb. 1) durch lose Ankopplung der erregten Spule erfolgen, da infolge des geringen Streuflußes und der außerordentlich langen Welle eine kaum meßbare und den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechend kleine Energie übertragen würde. In der Meßschaltung der Abb. 1 ist eine Hochfrequenzquelle mit dem inneren Widerstand R_i, der beliebig klein sein kann, an die Primärwicklung I des Transformators angeschlossen, die Sekundärwicklung II besteht aus einem Schwingungskreis (L_2 und C_2), dessen Spannung mit dem Meßinstrument M (Röhrenvoltmeter) gemessen wird.

Ein ebenso großer wie häufig begangener

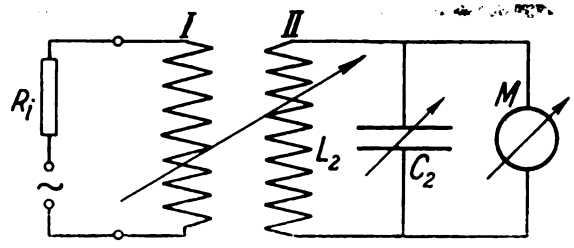


Abb. 1. Aufnahme einer Resonanzkurve.

Fehler bei der Aufnahme der Resonanzkurve eines N. F. T. ist es, eine konstante Spannung verschiedener Frequenzen an die Primärklemmen des Transformators zu legen und an den Sekundärklemmen die Resonanzkurve aufzunehmen. Der Erfolg ist eine ungefähr geradlinig verlaufende Resonanzkurve. Um nämlich einem Schwingungskreis eine konstante Spannung aufzudrücken, ist ein Generator notwendig, dessen innerer Widerstand null ist; die Schaltung ist also so getroffen, daß jede freie Schwingung einen Kurzschluß über den inneren Widerstand des Generators finden muß. Die Resonanzkurve eines zweiten Schwingungskreises kann also nur unter der Voraus-

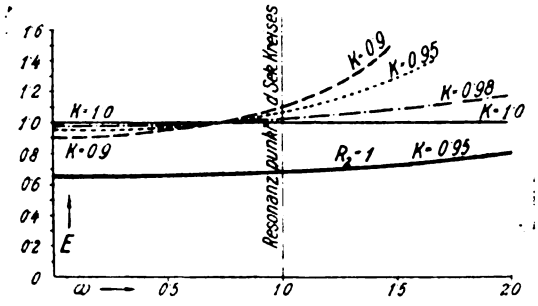


Abb. 2. Resonanzkurven bei fester Kopplung.

setzung, daß die Kopplung sehr lose ist, aufgenommen werden, was aber bei Niederfrequenztransformatoren nicht der Fall ist. In der Tat können nur Resonanzkurven von Hochfrequenzkreisen nach dieser Methode bestimmt werden.

Auf die Notwendigkeit dieses speziellen Unterschiedes soll noch etwas näher eingegangen werden, und zwar gelten die folgenden Ausführungen natürlich ebenso für niederfrequente, wie hochfrequente Schwingungskreise. Von besonderem Einfluß auf den Verlauf der Resonanzkurve ist die Größe der Kopplung k. Abb. 2 stellt den Verlauf der in der Schaltung der Abb. 1 aufgenommener Resonanzkurven zweier gekoppelter Schwingungskreise dar, und zwar sind die vier oberen Kurven der Einfachheit halber unter der Voraussetzung vollständiger Dämpfungsfreiheit gezeichnet. Die Aufnahme der Resonanzkurve der Sekundärspannung ergibt demnach bei Anschluß konstanter Spannung an die Primärwicklung eine, innerhalb des normalen Frequenzbereiches sehr flach verlaufende Kurve. Die Kopplungen von Niederfrequenztransformatoren erreichen annähernd die Größen 0·9 — 1·0. Für diese Werte ergibt sich also aus dem Kurvenverlauf der Abb. 2 sogar für den Fall, daß keine Sekundärdämpfung vorhanden wäre, ein außerordentlich flacher Verlauf der Resonanzkurven im normalen Frequenzbereich. Im Falle der Kopplung $k = 1$ erhält man eine Gerade, die (siehe Abb. 2) im Abstande

$$E_2 = E_1 \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

parallel zur Abszissenaxe (auf der die Werte von ω aufgetragen sind) verläuft. In Abb. 2 ist außerdem noch der Verlauf der Resonanzkurve bei der Kopplung $k = 0{\cdot}95$ für den Fall aufgetragen, daß der Widerstand der Sekundärwicklung R_2 berücksichtigt ist. Die vertikale strichpunktierte Linie stellt die Lage des Resonanzpunktes des sekundären Schwingungskreises

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

dar, wo also das Maximum der dämpfungslosen (oder sehr schwach gedämpften) Schwingung sich einstellen soll und bei losen Kopplungen auch genau genug einstellt. Der Berechnung des Verlaufes der in Abb. 2 dargestellten Resonanzkurven liegt folgender einfacher Ansatz zugrunde:

$$E_1 = j I_1 \omega L_1 + j I_2 \omega M,$$

$$0 = j I_2 \omega L_2 + j I_1 \omega M + I_2 R_2 - j \frac{I_2}{\omega C_2},$$

woraus sich für den Spannungsverlauf ergibt:

$$E_2 = - \frac{E_1 k \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}}{1 - \omega^2 L_2 C_2 (1 - k^2) + j \frac{R_2 C_2}{L_1}}$$

und

$$E_{2\max} = j \frac{E_1 k \sqrt{L_2 L_1}}{R_2 C_2};$$

für den Resonanzpunkt ergibt sich eine Frequenz:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2 (1 - k^2)}}.$$

Da also der Verlauf der Resonanzkurve allgemein ganz wesentlich von der Größe der Kopplung abhängt, würde sich nach diesen Überlegungen bei konstant aufgedrückter Primärspannung ein fast geradliniger Verlauf der Spannungs-Resonanzkurven für den Niederfrequenztransformator

Digitized by Google

ergeben. Ist die Energiequelle des Transformators (Detektor, Röhre) nicht in der Lage, konstante Spannung zu liefern, das heißt besitzt sie einen inneren Widerstand R_i, was stets der Fall ist, so ergibt sich eine, diesem inneren Widerstande entsprechende Veränderung der Resonanzkurve, die dann umso spitzer verläuft, je größer der Wert dieses Widerstandes ist. Einer richtigen Aufnahme des Spannungsverlaufes der Resonanzkurve eines Niederfrequenztransformators muß daher die Berücksichtigung des inneren Widerstandes unbedingt zugrunde liegen.

Im folgenden seien die am häufigsten verwendeten Methoden von Aufnahmen von Resonanzkurven von Niederfrequenztransformatoren kurz beschrieben[2]).

Die einfachste Art der Aufnahme der Resonanzkurve eines Niederfrequenztransformators erfolgt häufig mit Hilfe einer Widerstandsmessung, zum Beispiel der Primärwicklung bei verschiedenen Frequenzen, wodurch allerdings nur angenähert der Verlauf der sekundären Spannungsresonanz ermittelt werden kann. Zur Erzeugung der veränderlichen Frequenz verwendet man einen Tongenerator oder Röhrensummer und die Widerstandsmessung erfolgt aus einer Strom-Spannungsmessung, wie dies Abb. 3 darstellt. Als Amperemeter J gelangt ein empfindliches Hitzdraht-Milliamperemeter oder Thermokreuz mit Drehspuleninstrument zur Verwendung, als Spannungsanzeiger E eignet sich am besten ein Röhrenvoltmeter. Es kann auch natürlich, wenn es sich um ganz rohe Messungen handelt, eine der beiden Größen I oder E konstant gehalten werden und so ein Instrument erspart werden. Mehr empfehlen würde sich noch die Anwendung einer Brückenmethode. Die gleiche Kurve des Widerstandes in Abhängigkeit von der Frequenz erhält man in einfacher Weise durch Messung mit der Franke schen Maschine[3]), die eine genaue Kompensationsmethode mit Hilfe zweier auf derselben Axe befindlicher Hochfrequenzmaschinen beliebig einstellbarer Phasenverschiebung darstellt. So sehr diese einfache Messungsmethode zum raschen Vergleich von Transformatoren empfohlen werden kann, so wenig ist aus ihr der tatsächliche Verlauf der Verstärkerkurve der einzelnen Frequenzen ersichtlich. Denn beim Niederfrequenzverstärker ist der Transformator sowohl im Primär- wie Sekundärkreis belastet. An die Primärwicklung ist als Generator eine Röhre oder ein Detektor angeschlossen. Ist der innere Widerstand im Verhältnis zum Transformatorwiderstand klein, so wird nach dem eben Gesagten die Kurve entsprechend flach werden. Für die Röhre seien die Verhältnisse kurz noch etwas näher beleuchtet. Aus der bekannten Barkhausenschen Röhrenformel

$$I_a = S(E_g + D \; a)$$

ergibt sich durch einfache Umformung die Gleichung

$$\frac{E_g}{D} = I_a(R_i + R_a),$$

wobei E = Gitterwechselspannung, E = Anodenwechselspannung, I_a = Anodenwechselstrom, S = Steilheit, D = Durchgriff, R = innerer Widerstand ist. Hieraus ist ersichtlich, daß eine Röhre, der die Wechselspannung E am Gitter aufgedrückt wird, wie ein Generator mit der EMK $\frac{E_g}{D}$, dem inneren Spannungsabfall $I_a R_i$ und der Klemmenspannung $I_a R_a$ arbeitet.

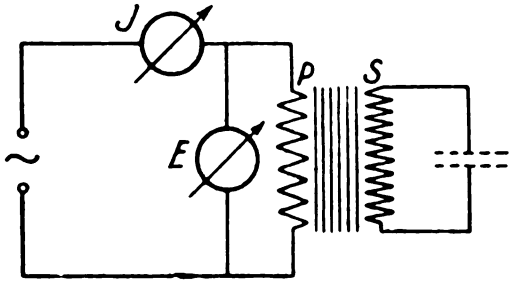


Abb. 3. Aufnahme der Resonanzkurve durch Widerstandsmessung.

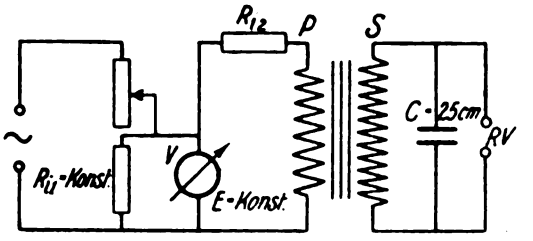


Abb. 4. Schaltung zur Ermittlung der Resonanzkurve, wie sie den Betriebsverhältnissen entspricht.

Die Sekundärwicklung des Transformators ist an Gitter und Heizfaden geschaltet und daher mit der Kapazität zwischen Gitter und Heizfaden und den Zuleitungen belastet. Da diese Kapazität im allgemeinen klein, etwa 5 bis 10 cm ist, hat sie im

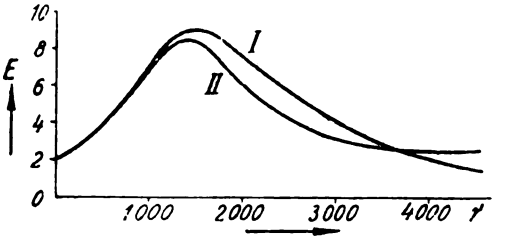


Abb. 5. Resonanzkurven bei verschiedenen Gitterkapazitäten, hervorgerufen durch geänderte Anodenbelastung bei sonst gleichen Verhältnissen.

Vergleich zur Eigenkapazität des Transformators von meist über 100 cm nahezu keine Bedeutung. Die wirksame Gitterkapazität ist jedoch von der Belastung im Anodenkreis abhängig, da durch den Spannungsabfall im Anodenkreise $I_a R_a$ zwischen Gitter und Anode eine Spannung $I_a R_a + E_g$ auftritt, die natürlich eine Erhöhung der am Gitter gebundenen Elektrizitätsmenge zur Folge hat. Das

[2]) Vgl. a. Die Radiotechnik 1927, S. 25.
[3]) Vgl. E. u. M. 1913, S. 520.

Digitized by Google

Gitter ist nämlich gleichzeitig Belegung eines zweiten Kondensators von der $(I_a R_a + E_g)$-fachen Spannung und muß daher außerdem noch die diesem Potential entsprechende Elektrizitätsmenge enthalten. Eine einfache Rechnung ergibt, daß eine

$$\frac{R_a}{D\,(R_i + R_a)} + 1$$

größere Ladestromstärke fließt, was einer ebenfalls

$$\frac{R_a}{D\,(R_i + R_a)} + 1$$

größeren Gitter-Heizfadenkapazität entspricht. Die größte Energieübertragung erfolgt aber, wenn der innere Widerstand des Generators R_i gleich ist dem Belastungswiderstande R. Es kann daher bei

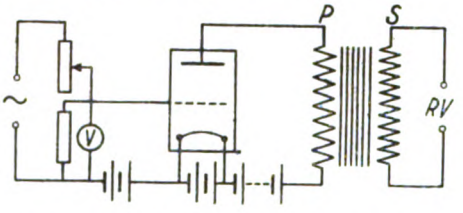


Abb. 6. Aufnahme einer Resonanzkurve eines Transformators unter Verwendung einer bestimmten Röhre im Primärkreis.

richtig bemessenen Apparaten annähernd gesetzt werden

$$C_{geff} = C_g \cdot \left(\frac{1}{2\,D} + 1\right)$$

Für die meisten Verstärkerröhren erhält man dann wirksame Gitterkapazitätswerte von 30 bis 50 cm. Diese zusätzliche Kapazität hat natürlich eine Verschiebung der Resonanzkurve zur Folge.

Will man also den tatsächlichen Verhältnissen genau entsprechende Kurven erhalten, so wird die

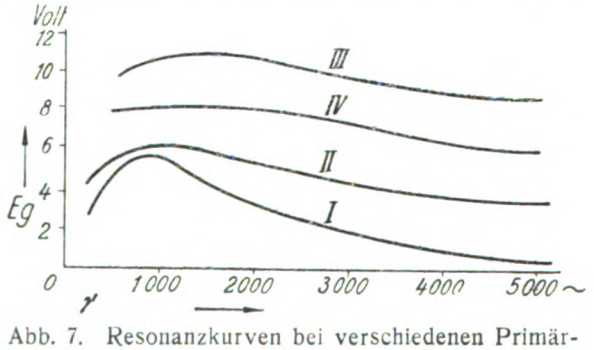


Abb. 7. Resonanzkurven bei verschiedenen Primärbelastungen.

in Abb. 4 angedeutete Schaltung zu wählen sein. Eine Potentiometeranordnung ermöglicht es, bei konstantem Widerstand R_{i1} eine konstante Klemmenspannung zu erhalten, während außerdem ein Widerstand R_{i2} der Primärwicklung P vorgeschaltet wird, der mit R_{i1} und dem Widerstande des Voltmeters V den gewünschten Gesamtwiderstand ergibt, der gleich dem innerem Widerstand des durch diese Anordnung ersetzten Generators (in Abb. 6 eine Röhre) sein muß. Ist die zu verwendende Röhrentype nicht bekannt, so empfiehlt es sich, eine Kurvenschar bei den Primärwiderstandswerten von 5000, 10 000, 20 000, 100 000 und 200 000 Ohm aufzunehmen. Die Aufnahme der beiden letzten Kurven dient zur Feststellung der Resonanzpunkte und eventuell zur Ermittlung der Dämpfung. Als sekundäre Belastung dient in Abb. 4 ein Kondensator, der mit dem Röhrenvoltmeter zusammen eine Kapazität von 25 cm besitzt. Zur Messung werden drei Meßinstrumente benötigt: 1 Frequenzmesser, 1 Hitzdraht- oder Röhrenvoltmeter zur Kontrolle der E M K und ein Röhrenvoltmeter zur Messung der Sekundärspannung.

In Abb. 5 sind zwei Resonanzkurven für den gleichen Transformator und dieselbe Belastung von

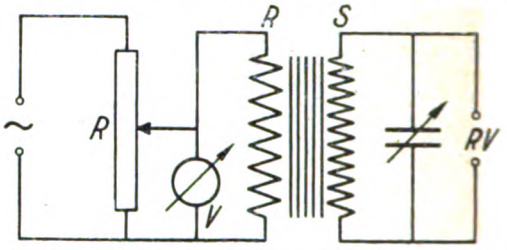


Abb. 8. Schaltung zur Messung des Übersetzungsverhältnisses eines Transformators.

100 000 Ohm primär dargestellt. Kurve 1 wurde in der Schaltung der Abb. 4 bei Belastung durch ein Röhrenvoltmesser, zirka 5 cm Kapazität, und Kurve 2 bei Belastung durch zirka 25 cm, entsprechend normaler Belastung im Anodenkreis bei einem Durchgriff von etwa $D = 10$ vH aufgenommen.

Eine Zusammenstellung von in der Schaltung der Abb. 6 aufgenommenen Resonanzkurven eines Transformators bei verschiedenen Belastungen ist in Abb. 7 gegeben und zwar stellen dar:

Kurve I: Resonanzkurve bei 100 000 Ohm prim. Belastg.
„ II: „ „ 25 000 „ „ „
„ III: „ „ 1 000 „ „ „
„ IV: „ „ 100 „ „ „

Es dürfte sich vielleicht empfehlen, im Interesse der objektiven Beurteilung und des Vergleiches der einzelnen Erzeugnisse einen bestimmten Vor-

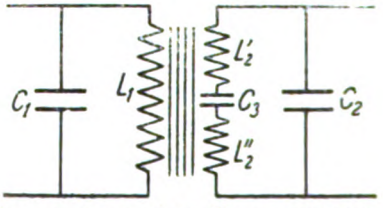


Abb. 9. Untersuchung eines Transformators mit unterbrochener Wicklung im Sekundärkreis.

gang der Prüfung von Niederfrequenztransformatoren, wie er zum Beispiel den Untersuchungen an der „Radiotechnischen Versuchsanstalt" zugrundeliegt, einzuhalten.

1. Messung der Kupferwiderstände der Wicklungen,
2. des Isolationswiderstandes;
3. Prüfung der Isolation mit 500 V;
4. Messung der Induktivität der Wicklungen.

Digitized by Google

5. der Eigenkapazitäten sowie der gegenseitigen Kapazität;

6. Aufnahme der Resonanzkurve innerhalb 50 — 5000 (10 000) Per., bei konstanter Sekundärbelastung durch Röhrenvoltmeter gemessen und ergänzt auf 25 cm. Primäre Belastung:

a) zur Aufnahme der Resonanzkurve: 200 000 Ohm.

b) zur Untersuchung der Sprachübertragung: 5000 und 25 000 Ohm.

7. Messung des Übersetzungsverhältnisses (Spannungsverstärkung) bei 25 cm kapazitiver Belastung und konstanter Primärspannung ($R_i = 0$) mit Hilfe des Röhrenvoltmeters und Hitzdrahtinstrumentes nach Abb. 8: Die Spannung eines Wechselstromgenerators wird an einen Spannungsteiler R gelegt und die von diesem abgegebene, mit dem Hitzdrahtvoltmeter V gemessene Spannung gelangt an die Primärwicklung P des Niederfrequenztransformators. Der Quotient zwischen der an der Sekundärwicklung S im Röhrenvoltmeter $R\,V$ gemessenen Spannung und der an der Primärwicklung gemessenen Spannung ergibt das Übersetzungsverhältnis.

Die Untersuchung fehlerhafter Transformatoren hätte in folgender Weise zu erfolgen:

1. Feststellen des Fehlers durch Messung der Gleichstromwiderstände.

2. Transformatoren mit kurzgeschlossenen Wicklungen können durch Bestimmung der Konstanten aus Leerlauf-, Kurzschluß- bezw. Belastungsversuch ermittelt werden, nachdem durch Messen zu geringen Übersetzungsverhältnisses oder zu großer Dämpfung der Fehler vermutet wurde.

3. Auch an Transformatoren mit unterbrochenen Wicklungen können Messungen auf Grund des in Abb. 9 dargestellten Ersatzschemas vorgenommen werden. Hiebei stellen C_1 und L_1 den Primärschwingungskreis, L_2' und L_2'' die Sekundärinduktivitaten, C_2 die äußere und C_3 die Kapazität der Unterbrechungsstelle dar. Der Schwingungskreis ist demnach auch hier als geschlossen zu betrachten und es können an ihm Messungen wie an jedem anderem vorgenommen werden. Seine Eigenwelle erscheint natürlich wesentlich verkürzt.

Rundschau.

Über Störungen des Rundfunks insbesondere durch den Straßenbahnbetrieb hat Postrat Ing. F. Eppen auf dem Internationalen Straßenbahnkongreß in Kopenhagen einen Vortrag gehalten. Die Bedeutung dieser Störungen läßt sich an der Tatsache ermessen, daß in Europa derzeit 7·5 Mill. Teilnehmer angenommen werden können. Die Störungsursachen liegen: in anderen Sendern, schlecht bedienten Empfangern, der Atmosphäre und elektrischen Anlagen verschiedener Art. Störungen der ersten Art äußern sich als Pfeifton, wenn die beiden Trägerfrequenzen einen hörbaren Schwebungston erzeugen. Abhilfe können nur organisatorische Maßnahmen bringen, wie Einschränkung des Telegraphierverkehrs während der Rundfunkzeit und Bauart der Sender. Die gegenseitige Störung von Telephoniesendern sucht man durch die internationale Regelung der Wellenlänge zu beseitigen, was auch gelingt, wenn die Empfänger die nötige Selektivität haben, was bei vielen Geräten nicht der Fall ist. Störungen durch andere Empfanger durch zu feste Rückkopplung erzeugen ebenfalls pfeifende Geräusche. Diese verschwinden meist, wenn das Gerät richtig bedient wird. Die von atmosphärischen Entladungen erzeugten Geräusche sind Knacken und Prasseln, je nachdem es sich um Einzelentladungen oder um zum Beispiel Regen mit starker Ladung der Tropfen handelt. Auf den kurzen Wellen des Unterhaltungsrundfunks werden diese Art von Störungen weniger als auf langen Wellen empfunden. Störungen durch elektrische Anlagen treten dann auf, wenn eine Stromunterbrechung imstande ist, die eigene Leitung in elektrische Schwingungen zu versetzen, die ein starkes elektromagnetisches Feld erzeugen. Kabelleitungen erzeugen wegen ihrer großen Kapazität gegen Erde keine Störungen.

Was die durch die Straßenbahn veranlaßten Störungen anlangt, so liegen die Ursachen bei den Kollektoren, Kontrollern und insbesondere bei den Stromabnehmern. Da die Leitungsanlage verteilte Induktivitäten und Kapazitäten hat, stört sie auf einem breiten Wellenband und, da die Störungsursache ihren Ort verändert, auch in großer räumlicher Ausdehnung. Störungen durch die Kollektoren von in gutem Zustand befindlichen Motoren sind gering, da die Zuleitungen im Wagen gekabelt sind. Stromunterbrechungen am Stromabnehmer treten erst unter einer gewissen Stromstärke auf, da sonst der Lichtbogen den Stromfluß aufrecht erhalt. Hierüber angestellte Versuche von Burstyn[1]) und vom Vortragenden haben ergeben, daß die Grenze der störenden Stromstärke bei positiver Kupferfahrleitung bei verschiedenen Baustoffen für den Stromabnehmer verschieden ist. Auch die Form des Stromabnehmers und die Empfindlichkeit gegen Rillenbildung, wie sie bei Aluminium sehr groß ist, beeinflussen die Größe des störenden Stromes. Bei breiter Auflagefläche sind Störungen geringer, bei stets wechselnden und daher kalten Kontaktstellen, wie bei der Rolle, ist der Grenzstrom größer. Je kleiner der noch störende Strom ist, desto besser wirkt der Stromabnehmer. Bei Bügelbetrieb ist Kohle als Schleifstück am günstigsten, dann folgen Zink, Messing, Eisen und Aluminium. Bei negativem Fahrdraht verschwindet dieser Unterschied. Bei Rollen mit schmaler Rille klemmt der Fahrdraht gelegentlich fest und erzeugt Flachstellen, die wiederkehrende Stromunterbrechungen hervorrufen, weil die Stange zu träg ist, um sich rasch genug anlegen zu können. München mit breitrilligen Rollen und allerdings sehr hohem Anpressungsdruck von 10 kg ist störungsfrei[2]). Wl.

Messung des Widerstandes von Stromzweigen beim Durchgang von hochfrequentem Wechselstrom behandelt H. Bruun. Das Prinzip der Methode wird durch Abb. 1 dargestellt; es beruht auf der Maxwellschen Brückenmethode zum Vergleiche zweier Gegeninduktivitäten, die auch von Salb[3]) zur Messung magnetischer Spulenfelder angewendet wurde. Die nicht gemeinsamen Stromkreise der Abb. 1 enthalten immer zwei mit

[1]) Vgl. Die Radiotechnik, 1925, S. 1, 29, 39.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, S. 73.
[3]) Z. f. Techn. Phys. 4: 369 — 375; 1923.

Digitized by Google

dem Primärkreis L_0', L_0'' gekoppelte Induktivitäten L' und L'' mit kleinen Verlustwiderständen und je nach Aufgabestellung *a)* Widerstände, *b)* Induktivitäten und Widerstände oder *c)* Schwingungskreise und Widerstände. Bei geeigneter Erregung durch Wahl von M_1 und M_2 wird die Brücke stromlos und es ist dann:

$$j\omega M_1 i_0 = j(\omega L_1 - 1/\omega C_1) i + R_x i, \quad j = \sqrt{-1},$$
$$j\omega M_2 i_0 = j(\omega L_2 - 1/\omega C_2) i + R_y i,$$

woraus sich

$$(\omega L_1 - 1/\omega C_1)/M_1 = (\omega L_2 - 1/\omega C_2)/M_2 \quad . (1\,a),$$
$$R_x/M_1 = R_y/M_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1\,b)$$

ergibt. Die Gl. (1 *a*) wird erfüllt, wenn man jeden der beiden Kreise 1 und 2, während der andere geöffnet ist, auf Resonanz einstellt. Schließt man dann beide Kreise,

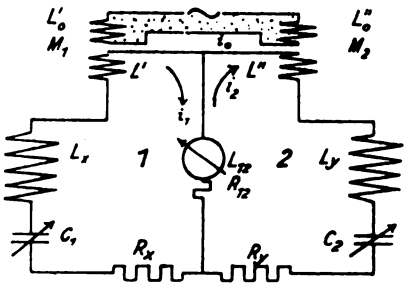


Abb. 1.

so ist (1 *a*) durch geringe Kapazitätsänderungen leicht zu erfüllen. Die Gl. (1 *b*) erfüllt man dadurch, daß $M_1/M_2 = R_x/R_y$ eingestellt wird. Wiederholt man diese Messung nach Zuschalten eines bekannten Hochfrequenzwiderstandes in einem der beiden Kreise, so kann man R_x und R_y bestimmen. Zur bequemen Änderung von M_1/M_2 wurde ein besonderer Apparat gebaut. Die Induktivitäten L_0' und L_0'' bilden die beiden gleichmäßig bewickelten, etwas auseinander gerückten Hälften einer Kugelspule, in deren Inneren sich zwei um 90° gegen einander versetzte Ringspulen L' und L'' auf einer herausragenden Achse mit Knopf drehen lassen. Die Kugelspule ist aus 3·2 mm starker Litze mit $L_0' = L_0'' = L_0 = 157\,800$ cm hergestellt; die Litzenstärke der Spulen L' und L'' beträgt 1·6 mm; ihre Induktivitäten sind $L' = L'' = 87\,500$ cm. Die Werte von M_1 und M_2 in verschiedenen Stellungen wurden mit Hilfe der Summen- und Differenz-Reihenschaltung der Spulen L_0 und L' bezw. L_0 und L'' nach der Formel $M = (L_s - L_d)/4$ ermittelt; der hieraus berechnete Kopplungskoeffizient $\varkappa = M/\sqrt{L_1 L_2}$ bewegte sich innerhalb der Grenzen 2·34 bis 66·3 vH. Die Eichkurve mit den Einstellwinkeln α als Abszissen und $M_1 M_2$ als Ordinaten entspricht nahe der Kurve $M_1/M_2 = \operatorname{tg}\alpha$; die Abweichungen werden auf die Abweichungen der Kugelspule von der idealen Ausführung zurückgeführt. Der L_0-Kreis wurde durch Einschalten eines Kondensators zu einem abstimmbaren Schwingungskreis ergänzt, der durch eine zu L_0 parallel geschaltete Kopplungsspule von einem Röhrensender aus erregt werden konnte. An Stelle des Brückeninstrumentes wurde eine Spule $L_3 = 55\,450$ cm eingeschaltet, die mit einer Spule $L_4 = 225\,000$ cm im Galvanometerkreise gekoppelt wurde. Der letztere enthielt einen Kristalldetektor und je ein wahlweise einzuschaltendes Galvanometer mit Parallelkapazität für die Resonanzeinstellung, die annähernde und die endgiltige Nulleinstellung, wovon das letztere empfindlichste ein Zeigergalvanometer von S. & H. mit 1 Skalenteil $= 3 \cdot 10^{-7}$ A war. Der Verlustwiderstand von L' und L'' betrug je 1·12 Ohm, er wurde bei der Berechnung von R_x und R_y jedesmal berücksichtigt. Als erste Meßreihe wurde der Verlustwiderstand zweier identischer Variometer mit einer von 200 000 bis 1 230 000 cm veränderlichen Induktivität bestimmt. Die bekannten Zusatzwiderstände betrugen 3·71 und 7·45 Ohm; es waren gerade ausgespannte Drähte von 20 bis 30 cm Länge, die als kapazitäts- und induktionsfrei betrachtet wurden. Die Messungen wurden bei der Einstellung der Variometer auf 1 200 000 cm vorgenommen. Als Mittelwert ergab sich $R_x = R_y = 0{\cdot}64$ Ohm; der relative Fehler der Einzelmessungen betrug $\pm 1{\cdot}8$ vH. Weitere Messungen zeigten, daß die Verkleinerung der Induktivität auch verkleinerten Verlustwiderstand lieferte, während der Verlustwiderstand des unverändert gebliebenen Variometers sich ebenfalls unverändert ergab. Die Resultate wurden durch die Heizstromstärke des Senders nicht beeinflußt. Auch die Verlustwiderstände offener Antennenkreise können gemessen werden. Eine 60 m lange, in einer mittleren Höhe über 30 m ausgespannte und mit einer 18 m langen Zuleitung versehene Antenne zeigte einen Verlustwiderstand von 29·34 Ohm mit $\pm 2{\cdot}3$ vH mittlerem Fehler. Die Empfindlichkeit des Meßgerätes ist größer als die derzeitige Einstellbarkeit von M_1/M_2, die nur bis auf Viertelgrade möglich war. Die drei Teile, das sind Sender, Zwischenkreis und Brücke werden zweckmäßig von einander so weit als möglich metallisch abgeschirmt. R. H.
(Elektr. Nachrichten-Technik, Bd. 4, H. 5, S. 218; 1927.)

Über Störwellen und Wetterwechsel schreibt Lieut. E. H. Kincaid.[1]) Auf dem amerikanischen Kriegsschiffe „Kittery" stationiert, hatte er seit dem Frühjahr 1924 Gelegenheit zu Beobachtungen. Hiebei wurde sowohl die Stärke als auch die Richtung der Störwellen in Betracht gezogen. Hinsichtlich der ersteren kann man ähnlich wie beim Luftdruck Hochs und Tiefs feststellen. Die ersten Versuche auf der „Kittery" waren dieser Art. Wenn schon solche Beobachtungen einen sicheren Zusammenhang zwischen Wetterlage und Störwellen erkennen lassen, so liefert die Beobachtung ihrer Richtung auch Anhaltspunkte über ihren Entstehungsort, was für den Seemann von größtem Werte sein kann. Während sich die „Kittery" an der Küste von Haïti befand, lag am 16. März 1927 ein barometrisches Hoch von 762 bis 770 mm über Westindien, Südatlantik und östlichen Golfstaaten; die Störwellen waren praktisch gleich Null und der Empfang über einen großen Bereich innerhalb des Hochs ausgezeichnet. Dagegen befand sich das Schiff am 16. September 1926 in einem sehr ausgeprägten Tief von 752 mm nahe der Mitte des bekannten Miami-Taifuns, nachdem er die Turkinsel überschritten und verwüstet hatte und längs Kuba gegen Florida vorrückte. Damals war in keiner Richtung und nicht einmal auf 40 Meilen Entfernung Empfang möglich. Ähnliche Verhältnisse wurden so oft beobachtet, daß die barometrischen Hochs (antizyklonale Wetterlage) als störungsfrei und die Stärke der Störwellen gewissermaßen als proportional zur Wetterstörung angesehen werden konnten. Im Miami-Taifun waren die Störwellen im allgemeinen im südöstlichen Abschnitte stärker als im nord- oder südwestlichen Quadranten; im allgemeinen sind sie in der östlichen Hälfte eines Tiefs stärker als in der westlichen, ferner im Südosten und Südwesten stärker als im Nordosten und Nordwesten. In den Hochs weist das Zentrum die geringsten Störwellen auf; der südöstliche Quadrant geringere als der südwestliche und ebenso der nordöstliche geringere als der nordwestliche. Die Hochs zeigen je nach der Gegend verschiedene elektrische Verhältnisse, so zum Beispiel die starken aber enger begrenzten Pazifik-Hochs andere als die flacheren aber ausgedehnteren Alberta-Hochs (Kanada, Felsengebirge). Ebenso zeigen sich die Tiefs je nach ihrem Ursprunge verschieden. Von besonderer Wichtigkeit für die Wettervoraussage ist die Empfangsrichtung, in welcher die stärksten Störungen auftreten. Am 19. September 1926 befand sich die „Kittery" in Guantanomo am Ostende von Kuba, während das Zentrum des Miami-Taifuns an die Westküste von Florida, 600 Meilen von der „Kittery" gelang war. Die am schwersten gestörte Empfangsrichtung war es gegen seinen Südostquadranten. Dieser Zyklon wurde zuerst auf halben Wege zwischen der Westküste von Afrika und den kleinen Antillen beobachtet und zog dann im Laufe von 11 Tagen längs der großen Antillen und Florida bis nach Mobile (Alabama) an der Golfküste, wo er sich auflöste. Der Störwellengürtel zog mit ihm. Durch Bestimmung der am schwersten gestörten Empfangs-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1928, S. 30.

Digitized by Google

richtung von mehreren passend verteilten Orten aus könnte daher der Weg solcher Stürme zum Nutzen der Schiffahrt leicht verfolgt werden.

Im Sommer liegt gewöhnlich ein Hoch über der Mitte des Nordatlantik; eines über dem Südatlantik und eines nahe der amerikanischen Küste im Stillen Ozean. Die von diesen Hochs ausgehenden Luftströme treffen sich in einem Sturmgürtel, den „Doldrums", der sich vom westlichsten Punkte Afrikas gegen die Nordküste von Südamerika und weiter längs des Isthmus von Panama erstreckt. Hier würde sich die Anlage von eigenen Radiokompaßstationen in einer je nach der verlangten Genauigkeit zu wählenden Dichte empfehlen. Ähnliche, wie die hier geschilderten Beobachtungen hat auch H. T. Friis von den Bell-Telephon Laboratorien während des letzten

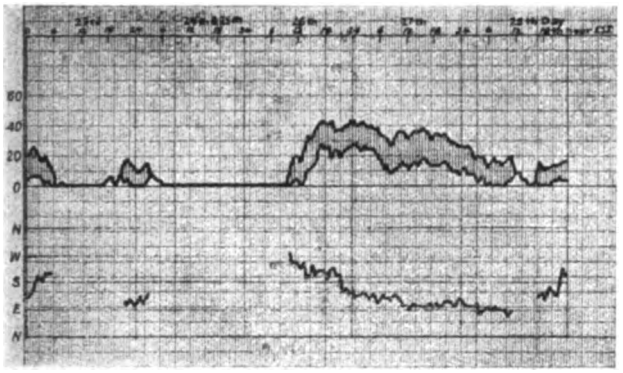


Abb. 2.

Jahres angestellt. Auch er beobachtete zum Beispiel am 25. November 1926 während des Durchganges eines Hochs über New Jersey das Verschwinden der Störwellen. Später zog das auf dieses Hoch folgende Tief über dieselbe Station. Die Störwellen stiegen hiebei von 1 bis über 400 μV/m. Abb. 2 zeigt die mit Hilfe eines selbsttätigen Registrierapparates aufgenommene Stärke und Richtung der Störungen. Die Richtung wurde mit Hilfe einer langsam rotierenden Rahmenantenne registriert, bei deren Drehung sich der untere Schreibstift längs der Achse der Registriertrommel verschob und nur dann schrieb, wenn Störwellen eintrafen. Solche Störungsschreiber, wie auch einer mit einem in 6 bis 10 Minuten einmal sich umdrehenden Rahmen auf der „Kittery" in Verwendung stand, sollten nach Friis auch auf den meteorologischen Stationen aufgestellt werden und könnten dann für die Wettervoraussage sehr wertvoll werden. R. H.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 2, August 1927.)

Der tönende Kondensator als Lautsprecher. Von Hans Vogt. Die Anwendung der elektrostatischen Anziehung zur Erzeugung von Schall bietet verschiedene Vorteile gegenüber den, bei den jetzt allgemein üblichen Lautsprechern verwendeten elektromagnetischen oder elektrodynamischen Systemen. Bei der Verwendung der elektrostatischen Anziehung kann man relativ große schwingende Flächen an allen Punkten erregen, den betreffenden Flächen wenig Masse geben, um die höheren Frequenzen herauszuholen und sie so stark dämpfen, daß kaum noch eine nennenswerte Eigenschwingung vorhanden ist. Infolgedessen läßt ein elektrostatischer Lautsprecher eine naturgetreuere Wiedergabe erwarten. Die Versuche haben diese Annahme bestätigt und es hat sich gezeigt, daß der bei den bis jetzt üblichen Lautsprechern vorhandene mechanische Charakter der Wiedergabe vollständig in Fortfall kommt. Die größte Schwierigkeit beim Bau solcher Lautsprecher ist, ein geeignetes Membranmaterial zu schaffen, das den an eine solche Membrane zu stellenden Bedingungen bezüglich Stabilität, Dauerhaftigkeit, Leichtigkeit und Zerreißfestigkeit vollauf entspricht. Bei der neuesten Konstruktion eines solchen Lautsprechers, welche vom Verfasser angegeben und ausprobiert worden ist, besteht diese Membrane aus einer sehr elastischen Leichtmetalllegierung, welche sich als Ganzes schwingend vor einer festen Gitterfläche bewegt. Durch entsprechende Ausbildung der Kompressionsräume ist es gelungen, die Membrane praktisch völlig aperiodisch zu erregen, das heißt sie besitzt, trotzdem sie vollkommen frei schwingt, keine hervortretenden Eigenschwingungen. Infolge ihrer außerordentlich geringen Masse gibt sie jedem Impuls nach und dieses, sowie die geringe Frequenzabhängigkeit sind die Ursachen dafür, daß der Wiedergabe der mechanische Charakter der bisher üblichen Lautsprecher fehlt. Eine gute Wiedergabe der tiefen Frequenzen wird dadurch erreicht, daß die Einrichtung in eine Holzverkleidung gegeben wird, die den Druckausgleich der langsamen Frequenzen um den Rand herum erschwert und sie zwingt, weiter in den Raum hinauszutreten. Als weiterer besonderer Vorteil wird angegeben, daß die für die charakteristische Färbung von Sprache und Musik wesentlichen Obertöne bis zu 10 000 Hertz in der gleichen Intensität wiedergegeben werden, wie die mittleren und tiefen Bereiche. Für den Betrieb wird dieser Lautsprecher parallel zur letzten Röhre des Verstärkers geschaltet. Zur Kopplung wird eine Drossel von etwa 15 bis 30 H bei einem Gleichstromwiderstand von 500 bis 1000 Ohm verwendet, oder aber eine normale Widerstandskopplung. Für den Betrieb des Lautsprechers sind Anodenspannungen von etwa 160 bis 220 V notwendig, damit eine genügend große Vorspannung der Membrane vorhanden ist. Kelch

(Funk, 4. Jahrg., Heft 37, 1927.)

Mikrophone für hochwertige Übertragung. Von C. A. Hartmann sind einige Mikrophone in Bezug auf ihre Verzerrungsfreiheit untersucht worden. Die Untersuchungen fanden in einem doppelwandigen Raume statt, dessen Wände und Decken mit Fries behängt und dessen Fußboden mit Kokosläufer belegt war. Die erregende Schallwelle war ein Faltsprecher, dessen Falte senkrecht steht und dessen Schallenergie mittels einer Rayleighschen Scheibe[1]) von 0·5 cm Durchmesser gemessen wurde. Die Entfernung der Schallquelle von dem zu untersuchenden Mikrophon betrug etwa 60 cm. Meßscheibe und Mikrophon waren in einer Ebene untereinander angeordnet. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die normalen, für den Fernsprechbetrieb verwendeten Mikrophone, auf spezielle hochwertige Kohlemikrophone und auf das Bandmikrophon nach E. Gerlach[2]). Das normale Fernsprechmikrophon eignet sich nur zur Übertragung von Frequenzen zwischen 200 und 3500 Hertz. Oberhalb und unterhalb dieser Werte ist eine Übertragung überhaupt unmöglich, weil in diesen Gebieten das Mikrophon fast schallunempfindlich ist. Auch das Amplitudenverhältnis bei verschiedenen Schallenergien ist keineswegs linear. Durch Verwendung einer praktisch direktionskraftfreien Membrane als Abschluß einer mit Kohlekörnern ganz gefüllten Kammer aus nicht schwingungsfähigem Material ist es aber möglich, auch bei Kohlemikrophonen brauchbare Verhältnisse zu erzielen. Die Versuche haben gezeigt, daß es dadurch möglich war, den Übertragungsbereich eines Kohlemikrophons von etwa 60 bis 8000 Hertz ziemlich gleichmäßig zu gestalten und dabei auch ein lineares Amplitudenverhältnis zu erzielen. Allerdings zeigt auch ein derartig verbessertes Kohlemikrophon eine Reizschwelle, so daß die Wiedergabe der Feinheiten der Musik dadurch eventuell Einbuße erleiden kann. Die günstigsten Resultate wurden mit dem Bandmikrophon erreicht, bei dem die Haupteigenschwingung des im Felde eines permanenten Magneten schwingenden Bandleiters nach oben verlagert und besonders stark gedämpft worden ist. Ein

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 7, 61, 78.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 343.

Digitized by Google

solches elektrodynamisches Mikrophon ermöglicht eine gute und fast gleichmäßige Übertragung der Frequenzen von etwa 50 bis 8000 Hertz, besitzt ein lineares Amplitudenverhältnis und gegenüber dem Kohlemikrophon keine Reizschwelle. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Bd. 4, H. 9, 1927.)

Das Anodenstromnetzanschlußgerät. Manfred von Ardenne, der bereits früher vorgeschlagen hatte[1]), bei Netzanschlußgeräten zur Entnahme des Heizstromes aus dem Lichtnetz die Parallelkondensatoren der Siebketten durch rein ohmische Widerstände zur ersetzen, schlägt jetzt vor, in den Siebketten der Anodenstromnetzanschlußgeräte die Drosselspulen entweder ganz oder teilweise durch rein ohmische Hochohmwiderstände zu ersetzen. Da die Anodenstromentnahme aus einem solchen Netzanschlußgerät meist ziemlich klein ist, so spielen die Spannungsabfälle, welche durch die in Serie geschalteten Hochohmwiderstände verursacht werden, keine bedeutende Rolle und können leicht durch entsprechende Dimensionierung des Transformators ausgeglichen werden. Auf diese Art ist es auch möglich geworden, Netzanschlußgeräte zu bauen, welche die gleichzeitige Entnahme von Anodenspannung und Gittervorspannung aus dem Lichtnetz ermöglichen. Von einem parallel zu den Gleichstromklemmen liegenden Widerstand von etwa 10 000 Ohm wird die erforderliche Größe der Gittervorspannung abgezweigt. Auf der Anodenstromseite dieses Potentiometerwiderstandes wird dann ein Kondensator von 1 μF parallel geschaltet, während auf der Gittervorspannungsseite mit der Gitterspannung in Serie ein rein ohmischer Widerstand von etwa 2 Megohm und hinter diesem ein Kondensator von 0·05 μ F parallel zur Gittervorspannung geschaltet wird. Man sieht, daß durch die Serienschaltung dieses 2 Megohmwiderstandes der Ausgangskondensator nur sehr klein zu sein braucht, während man ohne diesen Hochohmwiderstand zur Erzielung der gleichen Wirkung zwischen den Ausgangsklemmen für die Gittervorspannung einen Kondensator von mindestens 20 μ F verwenden müßte. Da ein gut dimensionierter Empfänger praktisch ohne Gitterstrom arbeiten soll, so kommt ein Spannungsabfall in diesem Serienwiderstand nicht in Frage. Kelch.

(Funk, Jg. 4, H. 39, 1927.)

Radiomaterialausfuhr nach Polen. Aus einem Berichte im „Mitteilungsblatt des deutschen Ausstellungs- und Messeamtes" über die polnische Radioausstellung in Warschau (Oktober 1927) geht hervor, daß bei einer Rundfunkteilnehmerzahl von 94 000 zu Ende August 1927 in den ersten acht Monaten dieses Jahres an fertigen Radioapparaten 164 q im Werte von 936 000 Zl. und an Bestandteilen 1362 q im Werte von 4·95 Mill. Zl. eingeführt wurden, zum überwiegenden Teile aus Deutschland. Im Jahre 1926 wurden bei 48 000 Teilnehmern etwa 160 000 Röhren im Werte von 1 Mill. Zl. eingeführt, ferner fertige Apparate und Bestandteile im Werte von 5·6 Mill. Zl. Von der Errichtung neuer Sendestationen in Kattowitz und Wilna ist ein weiterer Aufschwung der Einfuhr zu erwarten, da eine nennenswerte einheimische Industrie nicht besteht.

Literaturbericht.

3660 **Lichtnetz-Empfänger (Netzanschluß-Empfänger).** Von Dr. Eugen Nesper. Mit 84 Abb. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Zweigniederlassung Berlin SW 19. Preis brosch. Mk. 3·50, in Halbleinen Mk. 4·80.

Es ist keine Frage, daß dem bequem zu bedienenden Lichtnetzempfänger die Zukunft der Radiobewegung gehört. Allenthalben macht sich eine gewisse Abkehr von der Bastlerbewegung fühlbar, man strebt den „Einknopfapparat" an und wünscht eine möglichste Beseitigung der lästigen Batteriewirtschaft. Bisher fehlte es an einer monographischen Zusammenfassung dieses neuen Gebietes und es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß Dr. Nesper mit dem vorliegenden Büchlein diese Lücke ausfüllt. Dabei betritt er einen sehr glücklichen Mittelweg. Ohne die Gefahren zu verkennen, die bei unsachgemäßer Durchführung insbesondere des Gleichstromanschlusses eintreten können, warnt er vor übertriebener Ängstlichkeit und weist darauf hin, daß die Vorschriften des VDE leicht eingehalten werden können. Diese Vorschriften, die im wesentlichen mit den österreichischen des EVW übereinstimmen, werden auch im Anhange gebracht.

Das Büchlein enthält zahlreiche praktische Ausführungen und eine ganze Anzahl nützlicher Winke, bei deren Beachtung man sich viel Ärger ersparen kann. Es sei hier beispielsweise hingewiesen auf einen billigen, einfachen Sperrkreis, bestehend aus einer gewöhnlichen Telephonspule und einem Fixkondensator zur Abschirmung der 50-Periodengeräusche. Für jene Amateure, die bereits eine ausgedehnte Erfahrung auf dem Gebiet des Rundfunks erworben haben, mögen die allgemeinen Kapitel (über Spulen, Drehkondensatoren, Niederfrequenz-Transformatoren), vielleicht etwas zu ausführlich geraten sein. Dagegen ist leider dem Kapitel über indirekt geheizte Empfangsröhren (zum Beispiel die Sinusröhre von Ultra) allzu wenig Raum gewidmet. Auch dieses Buch ist unter besonderer Berücksichtigung des deutschen Marktes abgefaßt und enthält leider nicht die bei uns in Österreich häufigsten Röhrentypen wie zum Beispiel Philips, Tritron und andere. Das Büchlein ist leichtfaßlich geschrieben, gut illustriert und sauber gedruckt.

Ettenreich.

Eingelaufene Bücher.

Innenantenne und Rahmenantenne. Von Friedrich Dietsche. Zweite, verbesserte und stark erweiterte Auflage. Mit 90 Textabb., 110 Seiten. Bibliothek des Radio-Amateurs, 15. Band. Herausgegeben von Dr. Eugen Nesper. Verlag J. Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 3·50.

Wireless Direction Finding and Directional Reception. Von R. Keen. Zweite und erweiterte Auflage. 490 Seiten mit 329 Abb. Verlag Iliffe & Sons Ltd., London. Preis 21 sh.

Kalender für Radioamateure 1928/29. Von Ing. G. W. Meyer. 240 Seiten (Taschenformat) mit 80 Abb., Kalendarium und zahlreichen Tabellen. Meyers techn. Verlag, Bodenbach a. E. Preis Kč 20·—; Mk. 2·50; Schw. Fr. 3·15; ö. S 4·20.

Leithäuser-(Reinartz-)Empfänger, ein Bastelbuch. Von Ing. Walter Sohst. 137 Seiten mit 172 Textabb. und 2 Tafeln. Verlag Julius Springer, Berlin 1927. Preis Mk. 5·50.

Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rundfunkempfanges. Von Prof. Dr. Ing. e. h. Dr. K. W. Wagner. 418 Seiten mit 253 Textabb. Verlag Julius Springer. Berlin 1927. Preis Mk. 25·—.

Aide-Mémoire-Formulaire de la T.S.F. Théorique et Practique. Radiotélégraphie, Radiotéléphonie, Radiotélémécanique, Radiotélévision. Von E. Pacaret. Edition 1926. 577 Seiten mit 255 Abb. Verlag Albert Blanchard, Paris. Preis 32 Fr.

Radiotechnik. V: Die Elektronenröhre. Von Dipl.-Ing. O. Stürner. 124 Seiten mit 88 Abb. und 35 Abb. auf 16 Tafeln. Sammlung Göschen Bd. 974. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1927. Preis in Leinen geb. Mk. 1·50.

[1]) Die Radiotechnik 1927, S. 110.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbaut, sämtl. in Wien, VI Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN“

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien“ gestattet

Heft 3 **4. März 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Prof. Dr. G. Schwaiger, Wien. Die Hochfrequenzzwischenverstärker in Bruck a. d. Mur. S. 21 — Dr. Ing. R. Linsmayer, Wien. Die drahtlose Einrichtung an Bord des A 28. S. 23. — Ing. Dr. Robert Pollak-Rudin, Wien. Die Entwicklung der Rundfunk-Empfangsapparate. S. 27. — RUNDSCHAU. S. 30. — Literaturberichte. S. 32.

Die Hochfrequenzzwischenverstärker in Bruck a. d. Mur.

Von Prof. Dr. G. **Schwaiger**, Wien.

So paradox es auf den ersten Blick scheinen mag, es ist aber so: die Betriebssicherheit eines Rundspruchnetzes ist aus mehrfachen Gründen eine Funktion der Anzahl und der Betriebssicherheit der normalen Fernsprechstromkreise eines Landes.

Diese zunächst verwunderliche Abhängigkeit eines drahtlosen Verkehrsmittels von den drahtlichen Fernverbindungen hat mehrfache Gründe.

Es ist bekanntlich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit unmöglich, ein Land von einem einzigen Riesensender aus mit Rundspruch zu versorgen, denn mit Rundspruch versorgen heißt wenigstens allen größeren Städten die Empfangsmöglichkeit mit Ersatzantennen verschaffen und das würde zu so ungeheuren Leistungen der Zentralsender führen, daß diese Lösung aus wirtschaftlichen Gründen als undurchführbar zu bezeichnen ist. Die Rundspruchversorgung muß daher durch mehrere Sender erfolgen. Selbst für den Fall, daß an jeder Sendestelle die Erstellung eines für die gesamte Sendezeit ausreichenden lokalen Programmes bestünde, müßte der Wunsch nach gegenseitigem Austausch der Darbietungen im Hinblick auf möglichste Abwechslung die Frage einer verläßlichen Verbindung der einzelnen Stationen untereinander aufwerfen.

Die naheliegendste Lösung wäre zunächst die, bei der die Nebensender die Zentralstation drahtlos empfangen und die gelieferte Niederfrequenz zur Modulation des eigenen Senders verwenden. Die Praxis hat jedoch gezeigt, daß dieser einfachste Weg infolge der notwendigen großen Verstärkungsgrade eigentlich nur in Ausnahmefällen möglich ist, da weitestgehende Störungsfreiheit des Empfanges der Zentralstation eine conditio sine qua non ist. Bei gelegentlichen ganz besonders aktuellen Sendungen wird man die Bedingungen wohl etwas leichter stellen können, da die Tatsache, daß man an dem aktuellen Programm überhaupt teilnehmen kann, kleinere Unreinheiten mit in Kauf nehmen läßt.

Anders liegen die Verhältnisse aber dann, wenn z. B. die Programmbildung in den Nebensendestellen aus irgendwelchen Gründen unmöglich ist, wenn die Verbindung mit der Zentrale also dauernd benötigt wird. In diesem Falle gibt es wohl nur den Draht und damit die eingangs erwähnte Abhängigkeit des drahtlosen Dienstes von dem drahtlichen Fernsprechnetz des Landes. Je umfangreicher und je hochwertiger das Fernsprechnetz ist, um so betriebssicherer und vollwertiger die Darbietungen der Nebensender.

Der österreichische Rundspruch hat gerade in dieser Hinsicht bei seiner Einführung ziemlich erschwerte Verhältnisse vorgefunden, da das damals bestehende Fernsprechnetz kaum imstande war, den normalen amtlichen, kommerziellen und privaten Verkehr zu bewältigen.

Während in England, Deutschland und in manchen anderen Ländern damals schon einzelne Hauptlinien verkabelt waren und die alten Freileitungen wenigstens zu gewissen Stunden ohne Beeinträchtigung des allgemeinen Verkehres, dem sie ja eigentlich dienen sollen, dem Rundspruch überlassen werden konnten, lagen die Verhältnisse in Österreich so, daß außer den wenigen bestehenden Freileitungen keine anderen Verbindungen bestanden und somit auch nur an ein zeitweises Abtreten der Linien an den Rundspruch nicht zu denken war.

In diesem Falle gab es nur den Ausweg der Mehrfachausnützung der bestehenden Leitungen durch Anwendung von hochfrequenter Überlagerungstelephonie, der auch beschritten wurde.

Natürlich mußte neben den Vorteilen der Überlagerungstelephonie dabei auch eine Reihe von Nachteilen mit in Kauf genommen werden, die sich in etwas verminderter Betriebssicherheit auswirkten. An sich ist die Hochfrequenztelephonie viel robuster und kann bei atmosphärischen Verhältnissen, in denen die niederfrequente Verbindung längst versagt, noch brauchbare Ergebnisse liefern.

Die Verminderung der Betriebssicherheit kommt aber dadurch zustande, daß vielfach Arbeiten an den verwendeten Leitungen, die aus ganz anderen Gründen notwendig sind, die Hochfrequenz beeinflussen und bei der Hochwertigkeit des in diesem Falle übertragenen akustischen Ma-

Digitized by Google

teriales dauernd kleine Störungen verursachen, die eben im Rundspruchbetrieb sehr störend empfunden werden.

Daß diese letztangeführte indirekte Beeinflussung sich oft sehr unangenehm auswirkt, aber praktisch unvermeidlich ist, ist leicht einzusehen, wenn man den tatsächlich vorgekommenen Fall ins Auge faßt, daß von der Postverwaltung auf dem benützten Gestänge aus öffentlichen Rücksichten in der vollen Trassenlänge eine Leitung zugespannt werden muß, die obendrein mit der auch für die hochfrequente Übertragung verwendeten Leitung „ausgekreuzt" werden muß, da die Postverwaltung auf beiden Leitungen noch als dritten Fernsprechstromkreis eine Phantomleitung herstellen will. Es ist klar, daß selbst bei sorgfältigster Arbeit durch die auf der Strecke befindliche Baupartie Beeinflussungen während der ganzen Bauzeit unvermeidlich sind und zu vielen Klagen der Rundspruchteilnehmer Anlaß geben.

Eine analoge Schwierigkeit tritt neuerlich in der Verbindung Wien—Klagenfurt dadurch auf, daß infolge des Leitungsmangels die Postverwaltung gezwungen ist, zwischen Klagenfurt und Friesach einerseits und Friesach—Leoben anderseits neue Phantomsprechkreise einzubauen. Dadurch wird die „Ravag" gezwungen, wie dies aus Abb. 1 hervorgeht, die Ämter Leoben und Friesach hochfrequent zu überbrücken und damit einen neuerlichen Dämpfungszuwachs in Kauf zu nehmen. Da es von großer Wichtigkeit ist, am Sendeort mit möglichst großer Energie anzukommen, damit die Kopplung der Empfänger mit der Leitung recht lose gehalten werden kann, ist zu erwarten, daß in der Verbindung mit dem Sender Klagenfurt durch den eben begründeten Dämpfungsanstieg neuerlich Schwierigkeiten auftreten würden.

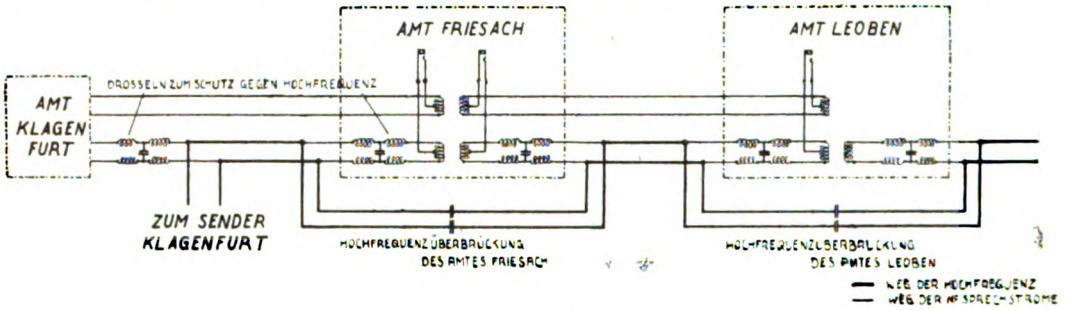


Abb. 1.

Um diese zu vermeiden, wird im Amt Bruck ein Hochfrequenzverstärkerglied eingebaut, das in Abb. 2 schematisch dargestellt ist. Die von Wien eintreffende Hochfrequenz wird über einen abgestimmten Kopplungstransformator zwei Verstärkerröhren zugeführt, deren Anodenkreise einerseits mit der Freileitung nach Graz, andererseits mit der über Leoben nach Klagenfurt führenden Leitung gekoppelt sind. Selbstverständlich ist durch Neutralisation Vorsorge getroffen, daß eine Selbsterregung der Verstärkerstufe nicht eintreten kann.

Die neue Anlage ist im Post- und Telegraphenamt Bruck eingebaut und besteht aus den beiden Verstärkerapparaturen mit je einem 20-Watt-Rohr (RV 27). Die Heizung der Rohre erfolgt über Transformatoren, wobei zur Vermeidung des 50-Periodentones die kapazitiven und widerstandsmäßigen Mittelpunkte geerdet sind. Die Anodenspannung von 1000 V wird einem Drehstromgleichstromumformer entnommen. Außerdem enthält das Gerät neben den nötigen Strom- und Spannungsmessern Prüfklinken, die mit Hilfe eines Thermo-Milliamperemeters die Messung der ankommenden und abgehenden Hochfrequenz gestatten.

An dieser Stelle sei auch kurz erwähnt, wie die Steuerung des Senders Innsbruck erfolgt[1]).

Die schon für die südlichen Zwischensender ausgeführten Verhältnisse des Leitungsmangels gelten für die Richtung nach Westen noch in verstärktem Maß. Doch trat als weitere Komplikation dazu, daß infolge des Fernkabelbaues und der Elektrifizierung der Bundesbahnen die hochfrequente Ausnützung der Freileitungsstrecke Wien—Linz wegen ihrer vielfachen Unterteilung und der Strecke Wörgl—Innsbruck wegen des gänzlichen Verschwindens aller Freileitungen nicht in Frage kommen konnten. Es mußte daher die Distanz Wien—Linz durch Niederfrequenz überbrückt und im Amt Linz ein Überlagerungssender montiert werden. Die Strecke bis Wörgl wird hochfrequent durchlaufen und die von dem Empfänger in Wörgl

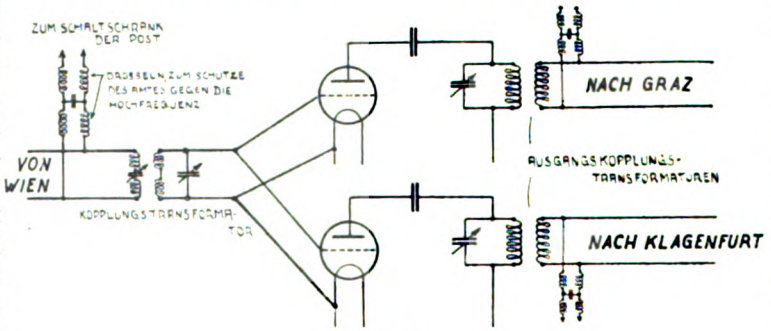


Abb. 2.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 99.

Digitized by Google

erzeugte Niederfrequenz durch ein Bezirkskabel dem Sender in Aldrans bei Innsbruck zugeführt. Daß bei so komplizierter Ineinanderschachtelung verschiedener Übertragungspartien nicht jene Betriebssicherheit zu erreichen ist, die vorhanden wäre, wenn eine durchgehende Freileitung zur alleinigen Verfügung der „Ravag" stünde, ist auf der Hand liegend. Da aber ein anderer Weg derzeit nicht existiert, muß die verringerte Betriebssicherheit in Kauf genommen werden, wenn anders ein Sendebetrieb in Innsbruck aufrecht erhalten werden soll.

Eine grundlegende Änderung wird erst in dem Augenblick eintreten, in dem die Fernkabelverbindung Wien—Linz—Innsbruck samt allen zugehörigen Verstärkerämtern dem Betriebe übergeben wird, bezw. wenn auch Graz und Klagenfurt in das internationale Fernkabelnetz einbezogen sein werden.

Wie schon angedeutet, ist hiefür nicht nur die vollendete Kabellegung Voraussetzung, sondern auch der vollendete Einbau der Spezialverstärker, die in den staatlichen Verstärkerämtern für den Betrieb der speziell für Musikübertragungen pupinisierten Kernvierer vorgesehen sind. Erst die Inbetriebnahme dieser Verbindungen wird dem Rundspruchnetz jene Betriebssicherheit und konstante Qualität geben, die mit Recht von der in den Landeshauptstädten wohnenden Bevölkerung gefordert werden kann.

Die drahtlose Einrichtung an Bord des A 28.

Von Dr. Ing. R. **Linsmayer**, Wien.

Die erste Forderung, welche an den Flugverkehr im Allgemeinen gestellt werden muß, ist die der unbedingten Sicherheit der Passagiere. Bei der wachsenden Bedeutung, welche das Flugzeug im kommerziellen Verkehr erreicht, sind auch die Anforderungen an alle Geräte gestiegen, die dem Flugzeugführer als Hilfsmittel mitgegeben werden. Mehr und mehr setzt sich die Erkenntnis durch, daß eine drahtlose Verbindung zwischen Flugzeug und Flughafen ein unschätzbares Hilfsmittel in navigatorischer Hinsicht ist, weil es in weitem Maße zur Erhöhung der Sicherheit des Flugverkehrs beiträgt.

Die gelungenen Versuche, welche mit dem dreimotorigen Junkers-Großflugzeug A 28 der österreichischen Luftverkehrs A.-G. im Verein mit der „Ravag" durchgeführt wurden, lassen eine eingehende Beschreibung der Flugzeugstation als gerechtfertigt erscheinen. Die Anlage wurde in ihrer Gänze von der Telefunken Gesellschaft, Berlin, geliefert und stellt das letzte Ergebnis der Arbeiten dieser Gesellschaft auf dem Gebiete der Flugzeugsender dar. Die besonderen Forderungen, die an Abmessungen und Gewichte, sowie an die Bedienungsmöglichkeit einer Flugzeuganlage gestellt werden müssen, sind bei der Stationstype 257 F weitgehenst berücksichtigt worden. Die Bedienung ist so einfach, daß nach ganz kurzer Einführung jeder Flugzeugführer ohne Schwierigkeiten in der Lage ist, mit der Anlage zu arbeiten.

Die Station umfaßt zwei Hauptteile, den S e n d e r, und den E m p f ä n g e r. Der Wellenbereich dieser beiden Einheiten ist gleich, und zwar erstreckt er sich von 300 bis 1300 m. Innerhalb dieses Bereiches kann jede beliebige Welle gewählt werden.

1. Die Stromquelle.

Um das lästige Mitführen von Akkumulatoren zu ersparen, wird der gesamte Energiebedarf sowohl des Senders als auch des Empfängers aus einer Spezialmaschine gedeckt, deren Antrieb durch einen Propeller erfolgt, welcher von dem gegen das Flugzeug beim Fliegen auftretenden Luftstrom in Drehung versetzt wird. Durch eine eigene Regeleinrichtung wird die Drehzahl des Generators in weiten Grenzen konstant gehalten, auch wenn die Belastung durch das Tasten oder Sprechen schwankt. Die Regulierung wirkt auf die Flügelsteigung des Propellers. Die Maschine ist in ein tropfenförmiges Gehäuse eingeschlossen, um den Luftwiderstand möglichst klein zu machen.

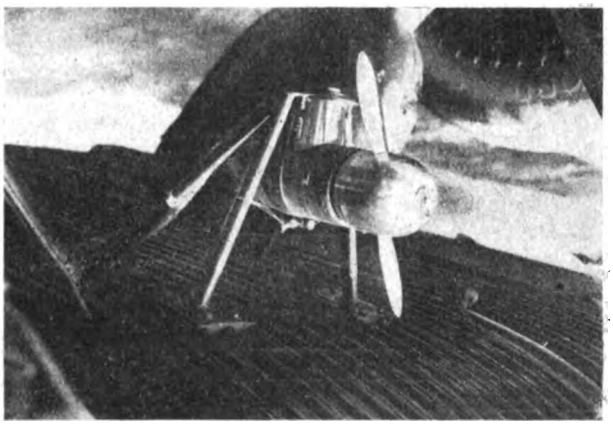


Abb. 1.

Die Befestigung erfolgt dort, wo die Luftstromverhältnisse gegeben sind. Meistens wird der Einbau am Rumpf zwischen dem Fahrgestell vorgenommen (Abb. 1).

Der Generator besitzt im rotierenden Teil drei Wicklungen, nämlich zwei Gleichstromwicklungen und eine Einphasenwicklung. Die beiden erstgenannten Wicklungen arbeiten auf zwei Kollektoren, während zur Abnahme des Einphasenstromes zwei Schleifringe vorhanden sind. Der Generator liefert eine Gleichspannung von 1500 V, eine solche von 14 V und einen einphasigen Wechselstrom von 10 V. Die Gleichstrom-Hochspannung dient zur Speisung der Anoden der Senderohre und gleichzeitig zur Entnahme der Anodenspannung für den Empfänger. Zu diesem Zwecke ist ein Potentiometer vorgesehen, welches die

Digitized by Google

Reduzierung der Anodenspannung auf 50 V erlaubt. Die Gleichspannung von 14 V ist für die Heizung der Sende- und Empfangsröhren, die Wechselspannung von 10 V für die der Modulationsröhre bestimmt. Für die Beseitigung der Kollektorgeräusche ist zwischen Maschine und Sender bezw. Empfänger eine Siebkette bekannter Art gelegt. Während zur Beruhigung der Anodenspannung des Senders nur große Kondensatoren parallel zu den Generatorklemmen von 1500 V liegen, sind sowohl in den Heiz- als auch in den Anodenleitungen des Empfängers Drosseln und Kondensatoren geschaltet, um die Störgeräusche möglichst herabzumindern.

Alle Leitungen, welche die Energie von der Maschine zur Anlage führen, sind als Panzerbleikabel ausgeführt und zusammengefaßt und werden mit der Maschine durch einen gesicherten Stecker verbunden.

2. Der Sender.

Der Sender gestattet *a)* ungedämpftes Telegraphieren, *b)* Tönendsenden und *c)* Telephonie.

a) Die Schaltung für ungedämpftes Telegraphieren ist in Abb. *2* dargestellt. Um die Senderwelle möglichst konstant zu halten,

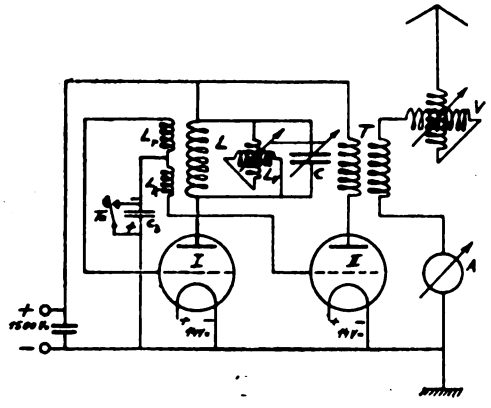


Abb. 2.

ist der Sender fremdgesteuert, das heißt er besitzt einen eigenen Steuersender, welcher auf einen Hauptsender arbeitet. Aus der Abb. *2* erkennt man das Steuer-Senderohr *I*, welches den Steuersender-Zwischenkreis, bestehend aus der Selbstinduktionsspule *L*, dem Drehkondensator *C* und dem Variometer L_1, speist. Zur Erzielung eines möglichst großen Wellenbereiches ist der Drehkondensator mit dem Variometer mechanisch gekuppelt. Die Rückkopplungsspule L_r besorgt in bekannter Art die Energie-Rückführung aus dem Anoden- in den Gitterkreis der Röhre. Sie ist ebenso wie die Spule L_k mit der Selbstinduktion *L* des Steuersender-Zwischenkreises gekoppelt. Die letztgenannte Spule dient zur Abnahme der Gitterwechselspannung für das Hauptsenderrohr *II*, welches also nichts anderes als ein Hochfrequenzverstärker ist. Im Anodenkreis dieses Rohres Gitterwechselspannung für das Hauptsenderohr formators *T*, dessen Sekundärwicklung im Verein mit dem Variometer *V*, der Antenne und dem Gegengewicht („Erde") den Antennenkreis darstellt. Das Amperemeter *A* zeigt den jeweiligen Antennenstrom an, der ein Bild vom Arbeiten des Senders bezw. von der richtigen Abstimmung gibt. Der Blockkondensator C_b dient als sogenannter Gitterblock zum Tasten des Senders. Bei gedrück-

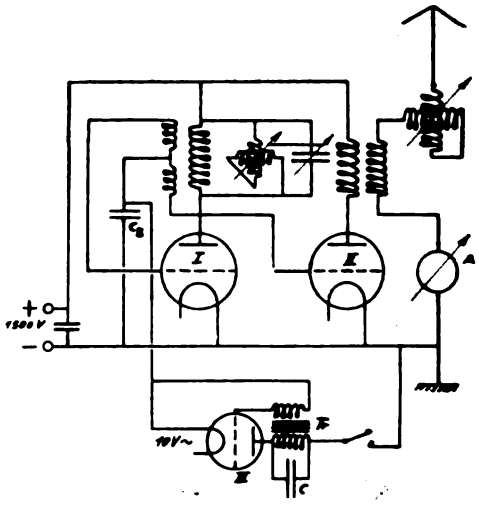


Abb. 3.

ter Taste kann der Gitter-Gleichstrom über dieselbe zum Minuspol der Heizung abfließen. Ist die Taste geöffnet, so lädt sich infolge der Ventilwirkung der Röhren der Gitterkondensator sofort im Sinne der Vorzeichen auf und die Röhren sperren sich automatisch, sodaß die Schwingungen aussetzen. Da der Blockkondensator in der gemeinsamen Leitung von den Gittern der Röhren zur Heizung liegt, werden durch die Taste beide Röhren gleichzeitig getastet. Das Detail der Ankopplung der Antenne durch den Hochfrequenz-

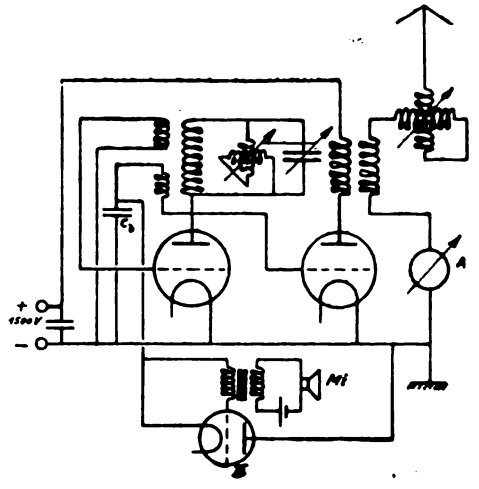


Abb. 4.

transformator *T* ist so, daß eine Grobabstimmung durch einen mit der Primärwicklung gekuppelten Schalter so erfolgt, daß mit der Grobabstimmung auch die Kopplung geändert wird, damit sie bei jeder Welle den optimalen Wert erreicht.

Die eben beschriebene Art der Tastung geschieht nach dem bei allen Telefunkensendern seit jeher angewendeten Gittergleichstromprinzip, nach welchen auch die übrigen Betriebsarten (Tönendsenden und Telephonieren) erfolgen.

Digitized by Google

b) Das Prinzipschaltbild für das Tönendsenden zeigt die Abb. 3. Der Gittergleichstromweg führt über das Modulationsrohr *III* und die Taste zur Heizleitung der Senderohre. Die Modulationseinrichtung liegt also parallel zum Gitterblockkondensator. Das Modulationsrohr ist beim Tönendsenden als kleiner Sender in normaler Rückkopplungsschaltung geschaltet; der Schwingungskreis, der aus dem Transformator *Tr* und dem Kondensator *C* besteht, ist so dimensioniert, daß sich eine hörbare Frequenz von etwa 1000 Hertz ergibt. Im Takte dieser Frequenz wird der Gittergleichstrom unterbrochen und durchgelassen, sodaß sich eine Modulation der ausgestrahlten Schwingungen ergibt. Da die Heizung der Modulationsröhre am Gitter der Senderöhren liegt, ist eine gute Isolation zwischen den Heizungen der Senderöhren und der Modulationsröhre erforderlich. Aus diesem Grunde ist es natürlich

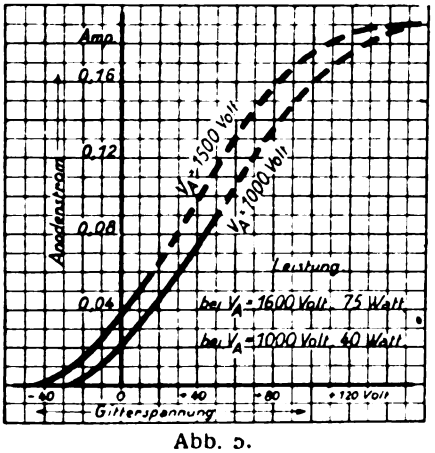


Abb. 5.

auch unmöglich, eine gemeinsame Heizung aller Röhren vorzusehen. Es ist vielmehr nötig, das Modulationsrohr mit Wechselstrom zu heizen, um eine zu weitgehende Komplikation im Aufbau des Generators zu vermeiden.

c) Die Telephonieschaltung ist in der Abb. 4 dargestellt. Man erkennt zunächst, daß der Steuersender unmoduliert durchschwingt, da seine Rückkopplungsspule direkt mit der Heizung der Hauptrohre verbunden ist. Die Modulationseinrichtung besteht wieder aus dem Modulationsrohr III, welches parallel zum Gitterblockkondensator C_b liegt. Über ein Mikrophon *Mi* wird die Primärseite eines kleinen Transformators besprochen, welcher die im Rhythmus der Sprache erfolgenden Spannungsschwankungen an das Gitter der Modulationsröhre bringt. Die elektrischen Daten dieses Rohres sind so gewählt, daß es im unbesprochenen Zustand einen Gitterstrom durchläßt, der im Antennenkreis den etwa 0.6fachen maximalen Antennenstrom beim ungedämpften Telegraphieren und gedrückter Taste hervorruft. In gleicher Art wie beim Tönendsenden erfolgt die Modulation des Antennenstromes durch die Sprache derart, daß das Modulationsrohr als variabler Widerstand den Gitterblockkondensator überbrückt. Der Wert des Widerstandes schwankt im Rhythmus der Sprache, in welch gleichem Rhythmus auch der Antennenstrom verändert wird.

Sowohl als Steuersende- als auch als Hauptsenderohr wird die Type RS 231 verwendet, deren elektrische Daten aus Abb. 5 ersehen werden können. Als Modulationsröhre dient die Type RV 70, deren Kennlinie die Abb. 6 zeigt.

Die Bedienung des Senders ist sehr einfach: Für die Einstellung und Abstimmung einer Welle sind nur drei Griffe erforderlich. Zuerst wird die gewünschte Welle am Steuersender eingestellt. Mit einem zweiten Hebel erfolgt die Wahl der zur

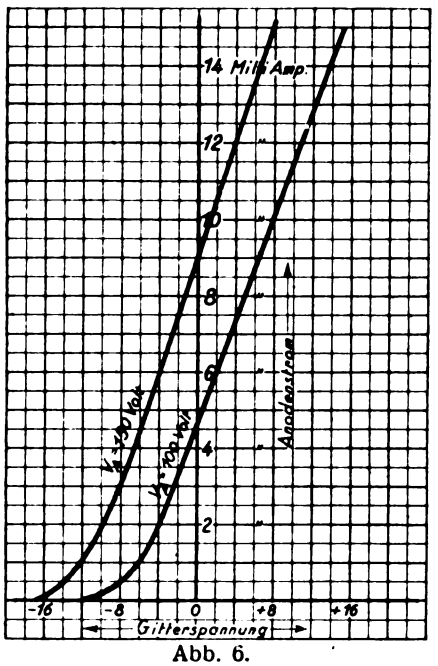


Abb. 6.

eingestellten Welle gehörigen Grobstufe der Antennenabstimmung und Kopplung. Mit Hilfe eines dritten Knopfes wird dann die Feinabstimmung der Antenne durch das bereits erwähnte Variometer auf das Strommaximum im Antennenamperemeter vorgenommen. Am Schalter befindet sich weiters noch ein Hebel mit drei Stellungen, der die gewünschte Betriebsart einzustellen gestattet. Ein weiterer Drehknopf mit ebenfalls drei Stellungen dient für die Umschaltung von Senden auf Empfang bezw. zum Außerbetriebsetzen der Station.

3. Empfänger.

Die Empfangsanlage besteht aus einem Dreiröhrengerät. Die erste Röhre ist als Audion, die zweite als widerstandsgekoppelter Niederfrequenzverstärker geschaltet. Der Wellenbereich des Empfängers ist der gleiche wie der des Senders, nämlich 300 bis 1300 m.

Als Empfangsrohre dienen Spezialröhren mit Doppelgitter, welche die Typenbezeichnung RE 1 haben. Eine Kennlinie dieser Type zeigt die Abb. 7 für Anoden- und Raumladegitterspannungen von 15 bezw. 30 V. Da der Spezialgenerator, wie bereits erwähnt, Gleichstrom von 14 V Spannung liefert, sind die drei Röhren des Empfängers in

Digitized by Google

Serie geschaltet und werden durch einen einzigen Heizwiderstand richtig geheizt. Die Rückkopplungsschaltung ist nach Prof. Leithäuser eine induktive, mit kapazitiver Regelung (Reinartz). Durch die Einstellung der Rückkopplung ist der Empfang sowohl tönender als auch ungedämpfter Telegraphiesender möglich.

Der konstruktive Aufbau der ganzen Anlage ist derart, daß sie nur ein Minimum an Raumbedarf erfordert. Die Abb. 8, welche die Apparatur zeigt, läßt die Einzelteile klar erkennen. Der Empfänger ist unmittelbar ober dem Sender aufgebaut. Wenn dies die Raumverhältnisse aber nicht zulassen, kann der obere Teil des Kastens, in welchem sich der Empfänger befindet, abgehoben und an anderer Stelle montiert werden.

Mit Hilfe des Drehknopfes *A*, der drei Stellungen aufweist, wird zunächst die gewünschte Betriebsart (Telegraphie tonlos, tönend, oder Telephonie) gewählt. An der Skala des Steuersendervariometers (Drehknopf *B*) wird die gewünschte

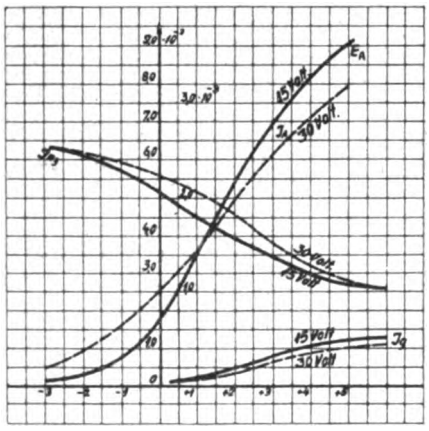


Abb. 7.

Betriebswelle eingestellt. Mit dem Hebel *C* erfolgt die Wahl der zur eingestellten Welle gehörigen Grobstufe der Antennenabstimmung. Die Feinabstimmung der Antenne wird schließlich mit dem Bedienungsgriff *D* vorgenommen, indem man auf das Strommaximum im Antennenamperemeter abstimmt. Die Inbetriebsetzung der Station geschieht mit Hilfe des Schalters *E*, welcher durch eine dritte Stellung auch die Umschaltung von „Senden" auf „Empfang" gestattet. Die Antennenhaspel ist rechts unten sichtbar.

4. Die Antennenanlage.

Sowohl der Sender als auch der Empfänger verwenden die gleiche Antenne, welche aus einem etwa 70 m langen Draht besteht, der aus dem Flugzeug herabgelassen wird. Am Ende dieses Drahtes befindet sich ein Gewicht, welches das zu starke Schrägstellen der Antenne bei der großen Fluggeschwindigkeit verhindert. Als Antennendurchführung dient ein starkes Isolierrohr. Eine Haspel mit automatischer Ablauf- und Bremsvorrichtung dient zum Einziehen der Antenne bei der Landung. Die Bremsvorrichtung verhindert ein zu rasches Ablaufen der Antenne, welches unter Umständen ein Abreißen derselben zur Folge haben könnte. Die Ablaufzeit beträgt etwa eineinhalb Minuten. Durch Umlegen des Griffes der Haspel wird diese festgebremst.

Als „Erde" dient bei Flugzeugen, deren Rumpf- und Tragflächen aus Holz bestehen oder mit Leinwand bespannt sind, ein Gegengewicht aus Bronzelitze, das an den Tragflächenkanten und im Rumpf auf Isolatoren verlegt ist und auch mit dem Körper des Motors leitend verbunden wird. Bei den Ganzmetallflugzeugen bildet der Metallkörper selbst eine sehr günstige „Erde". Wichtig ist nur, daß auch die Steuerorgane des Flugzeuges, wie Höhen- und Seitensteuer, sowie die Verwindungsflächen gut leitend verbunden sind, weil durch das Betätigen dieser Organe bei fehlender direk-

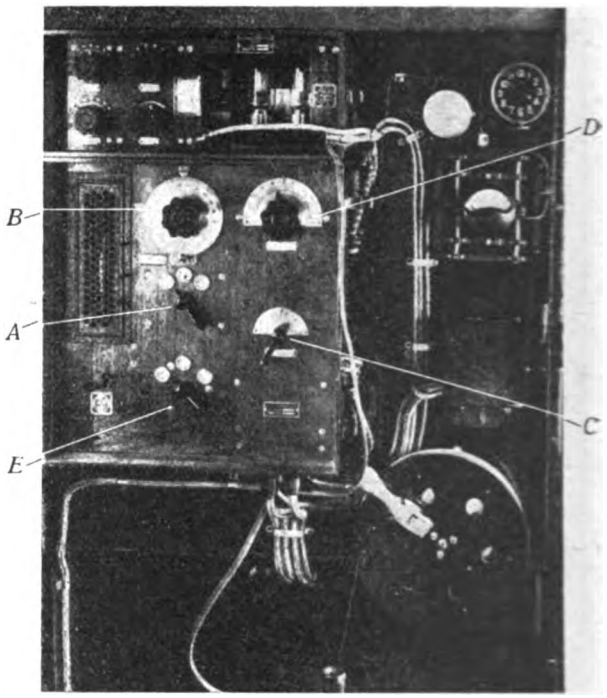


Abb. 8.

ter Verbindung durch die Lagerung der Achsen sehr störende Nebengeräusche entstehen können.

Der Antennenstrom beim ungedämpften Telegraphieren beträgt bei dauernd gedrückter Taste etwa 2 A, bei Telephoniebetrieb etwa die Hälfte. Die Reichweiten des Senders richten sich naturgemäß je nach der Beschaffenheit des Geländes, der Tages- und Jahreszeit und den Witterungsverhältnissen. Wird eine Bodenstation von etwa 3 kW Antennenleistung vorausgesetzt, welche auch über einen Empfänger verfügt, der mindestens die Selektivität und Güte eines rückgekoppelten Audions zuzüglich zweier Niederfrequenzverstärkerstufen aufweist, so kann eine Telegraphiereichweite im Gegenverkehr von etwa 600 km angenommen werden. Für telephonisches Gegensprechen entspricht das ungefähr 200 km. Unter günstigen Umständen können diese Entfernungen noch bedeutend übertroffen werden.

Digitized by Google

Die Entwicklung der Rundfunk-Empfangsapparate.

Von Ing. Dr. Robert **Pollak-Rudin**, Wien.

Die Ausbildung der Empfangsapparate für Rundspruch in den letzten Jahren wurde nicht nur durch technische Gründe, sondern in mindestens ebenso hohem Maße durch die Wünsche des Publikums und durch die Mode beeinflußt. Der Geschmack des Hörerpublikums geht mehr und mehr von den Kopfhörer zum Lautsprecher über, denn man will nicht an einen Punkt gebunden sein, sondern während des Hörens Bewegungsfreiheit haben; man wünscht auch, daß eine beliebig große Anzahl von Personen gleichzeitig hören kann. Dadurch ist der einfache Detektorapparat stark in den Hintergrund gedrängt worden und steht wohl kaum bei mehr als 10% aller Radiohörer in Benützung.

Die Entwicklung der Röhrenempfänger war in den ersten Zeiten nach Einführung des Rundspruches eine äußerst stürmische. Es tauchten täglich neue Schaltungsideen auf, täglich wurden neue Namen gefunden, aber die meisten hatten nur ein sehr kurzes Leben und bald kristallisierten sich einige klar umrissene Baumethoden, als die praktisch brauchbaren, aus dem Chaos. Es zeigte sich nämlich, daß mit Überleistungsschaltungen, beispielsweise Reflexschaltungen[1]) oder Superregenerativ-Apparaten[2]), wohl in Einzelfällen in der Hand eines tüchtigen Fachmannes hervorragende Erfolge zu erreichen sind, für die große Menge der Hörer jedoch haben sich derartige Apparate nicht bewährt.

Der Weg zur Vervollkommnung der Empfangsapparate ist durch folgende Richtlinien gegeben: Für den Lokalempfang, wo es nicht auf Reichweite, sondern nur auf Billigkeit, Bequemlichkeit und beste Tonwiedergabe ankommt, haben wir den einfachen Detektorapparat für Hörer, mit entsprechender Niederfrequenzverstärkung für den Lautsprecher. Diejenigen Lokalempfänger, die nur für Lautsprecherempfang gedacht sind, verlangen Bedienbarkeit durch den technisch ungebildeten Laien. Man fordert daher als einzige Bedienungsgriffe einen Ein- und Ausschalter und irgendeine Lautstärkeregulierung (Parallelwiderstand o. dgl.) Diese Apparate, an die besondere Anforderungen an Klangreinheit und Tonfülle gestellt werden, wurden so weit als irgend möglich vereinfacht, sie werden heute meist als reine Widerstandsempfänger ohne Rückkopplung ausgeführt[3]) und zur weiteren Vereinfachung mehrere Röhrensysteme vereinigt und mit den Schaltelementen in die Mehrfachröhre[4]) eingebaut.

Für Apparate für Fernempfang gibt es grundsätzlich zwei Wege, um die nötige Reichweite zu erzielen: Der erste steigert durch besondere Ausbildung der Eingangskreise, sowie durch Entdämpfung, bezw. Rückkopplung die Aufnahmsfähigkeit und den Verstärkungsgrad einer einzigen Röhre so weit, daß dieses eine Audion genügt, um an einer entsprechenden Antenne auch weit entfernte Sender zu empfangen, die verstärkten Wellen gleichzurichten und hörbar zu machen, so daß lediglich niederfrequente Verstärkung nötig ist, um den Empfang bis zur Lautsprecherstärke zu treiben[5]). Die Leistungsfähigkeit eines derartigen Apparates an einer guten Antenne, selbst an einer erstklassigen Ersatzantenne, ist eine überaus große; drei Röhren bringen eine erhebliche Anzahl von Sender in den Lautsprecher. Diese Apparate sind billig, einfach zu bedienen, denn sie besitzen außer der Rückkopplungsverstellung nur eine einzige Einstellung für die Wellenlänge, sie sind auch durch den Nichtfachmann leicht herzustellen. Diese einfachen Audion-Apparate können nur durch noch sorgfältigeren Ausbau aller Schaltelemente, durch Verbesserung der mechanischen Ausführung und durch Steigerung der Leistung jeder einzelnen Röhre verbessert werden. In der Nähe eines starken Senders bringen sie jedoch nicht alle Stationen vom Lokalsender unbeeinflußt, so daß zur Erhöhung der Selektivität oft eine oder zwei Hochfrequenzstufen vorgeschaltet werden. Diese Hochfrequenzstufen erschweren die Bedienung des Apparates für den Laien ganz bedeutend, vor allem, da zwei oder drei Abstimmungen für die Wellenlänge vorhanden sind. Die Schwierigkeit der Abstimmung steigt noch infolge der Tatsache, daß die einzelnen Schwingungskreise, die ja sämtliche auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt werden müssen, in, wenn auch noch so geringem Maße, aufeinander einwirken und daher zum Auftreten von Kopplungswellen Veranlassung geben. Es ist also möglich, ein und dieselbe Wellenlänge mit verschiedenen Einstellungen der einzelnen Kondensatoren zu erhalten, die jedoch voneinander abhängig sind. Diese Apparate werden wohl von mehreren Firmen stark propagiert, ergeben aber das gewünschte Resultat, die zur vollständigen Ausschaltung eines Lokalsenders nötige Selektivität, nur in wenigen Fällen, nur bei ganz erstklassiger Ausführung und sehr geschickter Bedienung. Sie sind daher gegenüber den einfachen Audion-Apparaten, dort wo es sich nicht um besondere Ansprüche handelt, im Nachteil und es ist wahrscheinlich, daß auf diesem Wege keine weiteren Fortschritte angestrebt und erzielt werden.

Die Höchstleistungen an Reichweite und Selektivität bei minimalsten Ansprüchen an die Antenne werden auf andere Weise erreicht: Dieser

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 71, 94; 1926, S. 88.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 287; 1925, S. 61 und 125.
[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 76, 118.
[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 110; 1927, S. 31.
[5]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 286; 1925, S. 4, 71, 72; 1926, S. 119.

Digitized by Google

zweite Weg ist, die ankommenden Wellen hochfrequent in mehreren Stufen so weit zu verstärken, daß dann eine Gleichrichtung mit gutem Wirkungsgrade stattfinden kann, die eventuell noch von Niederfrequenzverstärkung gefolgt wird. Bei dieser Type von Apparaten ist jedoch eine große Schwierigkeit vorhanden: Um die gewünschte Verstärkung und Selektivität zu erreichen, müssen zwischen je zwei Hochfrequenzröhren Schwingungskreise geschaltet werden, die auf die Empfangswelle abgestimmt sind. Es findet nun eine zweifache Rückwirkung dieser Schwingungskreise aufeinander statt, und zwar einerseits eine direkte Einwirkung der Wicklungen durch ungewollte Kopplungen, die durch entsprechende Kapselung und Abschirmung zum großen Teile geschwächt und nahezu unschädlich gemacht werden kann. Diese Abschirmungen schwächen die Einwirkung eines Schwingungskreises auf einen anderen dadurch, daß die Streukraftlinien in den Schirmwänden Wirbelströme erzeugen, welche die Wirkung der Kraftlinien außerhalb der Abschirmung fast vollständig aufheben. Begreiflicherweise bilden diese Wirbelströme Energieverluste und erhöhen dadurch die Dämpfung der Schwingungskreise, was nicht immer erwünscht ist. Um diese Energieverluste zu verringern, müssen die Abschirmbleche möglichst weit von den Spulen entfernt werden, dadurch werden die Dimensionen des Apparates sehr vergrößert. Immerhin ist es auf diese Weise möglich, die direkte Einwirkung mehrerer Schwingungskreise aufeinander in für den praktischen Gebrauch genügendem Maße auszuschalten. Es existiert jedoch noch eine zweite Einwirkung der Schwingungskreise aufeinander durch die zwischen denselben befindliche Elektronenröhre, und zwar sowohl durch die Kapazität zwischen Anode, Gitter und Faden, als auch infolge von Elektronenbewegungen in der Röhre. Diese gegenseitige Einwirkung der Schwingungskreise bringt es mit sich, daß die Hochfrequenz-Verstärkungsröhre bei gleicher Abstimmung beider Kreise die Neigung zeigt, in ungewünschte Selbstschwingungen zu geraten; diese Schwingneigung potenziert sich überdies mit der Zahl der hintereinander geschalteten Hochfrequenzstufen.

Es wurden viele Methoden ausgearbeitet, um die Rückwirkung des Anodenkreises auf den Gitterkreis zu verhindern, oder, wie der Fachausdruck lautet, die Verstärkerröhre zu neutralisieren; es existiert aber noch keine Methode, welche diese Neutralisierung (Stabilisierung) derart herbeiführt, daß dieselbe in einem Apparate einmal eingestellt wird und für alle Wellenlängen konstant bleibt. Diese Forderung müßte natürlich an einen Apparat gestellt werden, der in die Hand von Laien gegeben wird. Die Theorie dieser Stabilisierungen ist noch nicht vollständig durchgebildet, da die Vorgänge in der Röhre bei Hochfrequenz noch nicht vollkommen durchschaut werden können. Es ist als fast sicher anzunehmen, daß eine Neutralisierung eines mehrstufigen Apparates, die für alle Wellenlängen (etwa im Rundspruchbereich von 200 bis 2000 m) wirksam sein soll, nicht nur praktisch, sondern auch theoretisch unmöglich ist. Es ist sogar fraglich, ob eine theoretisch einwandfreie Neutralisierung selbst nur für eine einzige Wellenlänge herstellbar ist. Soll also ein Apparat mit mehreren Hochfrequenzstufen einwandfrei arbeiten, so ist man zu Kompromissen gezwungen und muß die Schwingneigung durch künstlich eingeführte Dämpfungen zu bekämpfen suchen, eine Methode, die konstruktiv unschön ist und eine Nachstellung für jede Wellenlänge verlangt.

Eine weitere Schwierigkeit der Apparate mit mehreren Hochfrequenzstufen ist die erforderliche genaue Abstimmung aller Schwingungskreise. Es ist für den praktischen Gebrauch eines Empfängers unmöglich, 3, 4 oder noch mehr Einstellungen zu handhaben. Diese Schwierigkeit wurde durch mechanische Kupplung der Abstimmkondensatoren zu beheben versucht und auf diese Weise soll der Apparat mit einer einzigen Bedienungsscheibe verwirklicht werden[6]). Tatsächlich ist es praktisch ohne sehr hohe Kosten sehr schwer, drei oder mehrere Drehkondensatoren derart herzustellen, daß ihre Kapazitätskurven vollkommen übereinstimmen. Um nun zu vermeiden, daß bei mehreren mechanisch gekuppelten Abstimmungen die Resonanzspitzen der einzelnen Kreise zu weit voneinander abstehen, verwendet man Abstimmkreise mit flachen Resonanzkurven, die hiedurch den erreichbaren Verstärkungsgrad verschlechtern. Um die dadurch hervorgerufene Einbuße an Reichweite auszugleichen, erhöht man wieder die Zahl der Röhren und ist so beispielsweise zu einem Empfänger gelangt, der bis sechs mechanisch gekuppelte Hochfrequenzstufen, ein Audion und zwei Niederfrequenzstufen enthält, also im ganzen neun Röhren. Um die gegenseitige Einwirkung der einzelnen Hochfrequenzkreise zu vermeiden, ist neben der erwähnten, nur unvollkommen durchführbaren Neutralisierung eine sorgfältige Abschirmung jeder Stufe in einem eigenen Blechkasten nötig[7]), so daß ein derartiger Apparat nicht nur groß und unhandlich, sondern auch sehr teuer wird und der Bau nur durch eine erstklassig eingerichtete Fabrik möglich ist.

Ein großer Teil der Schwierigkeiten der mehrfachen Hochfrequenzverstärkung kann vermieden werden, wenn man es nur mit einer einzigen Wellenlänge zu tun hat. Die sogenannten „Überlagerungsempfänger" (Transponierungsempfänger) lösen dieses Problem bekanntlich auf folgende Weise[8]): Die ankommende Schwingung wird in einem abgestimmten Kreise aufgenommen und mit einer zweiten Schwingung, die mittels einer eigenen Schwingröhre im Apparate selbst erzeugt wird, zur Interferenz gebracht. Diese Interferenz-

[6]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 107.
[7]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 107.
[8]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 51.

Digitized by Google

Schwingungen, deren Frequenz gleich ist der Differenz aus den Frequenzen der ankommenden Welle und der Lokalschwingung, werden nun in einem mehrstufigen Hochfrequenzverstärker dem sogenannten „Zwischenfrequenzverstärker" weiterverarbeitet, nach entsprechender Verstärkung gleichgerichtet und nach niederfrequenter Verstärkung dem Lautsprecher zugeführt. Um bei verschiedenen ankommenden Frequenzen stets dieselbe Zwischenfrequenz zu erhalten, ist es also nur nötig, die Frequenz der Hilfsschwingung jeweils der Empfangswelle anzupassen. Dieser Apparat hat demnach zwei Einstellungen, den Eingangskreis und die Schwingröhre, wobei die Einstellungen immer um die Zwischenfrequenz verschieden sind. Es ist daher eine gegenseitige Einwirkung dieser beiden Abstimmungen, das Auftreten von Kopplungswellen, usw. ausgeschlossen und die beiden Einstellungen daher unabhängig voneinander genau nach Wellenlängen eichbar. Die bei diesen Apparaten erforderliche Schwingröhre erhöht scheinbar die nötige Röhrenzahl, jedoch ist der Wirkungsgrad des Zwischenfrequenzverstärkers, der meist aus drei Stufen (vier abgestimmten Kreisen) besteht, ein vielfach höherer als bei den früher erwähnten Apparattypen, denn es können die einzelnen Kreise mit sehr geringen Dämpfungen ausgeführt werden und brauchen nur ein für allemal, selbstverständlich mit Einzelabstimmung, auf eine fixe Wellenlänge abgestimmt werden. Infolge der Konstanz dieser Welle ist auch die Stabilisierung des Zwischenfrequenzverstärkers leicht durchführbar und konstant. Tatsächlich leistet ein Überlagerungsempfänger mit acht Röhren (Überlagerungsrohr, Schwingrohr, drei Zwischenfrequenzröhren, Audion, zwei Niederfrequenzröhren) an einem kleinen Rahmen ungefähr dasselbe, wie ein mehrfacher Hochfrequenzempfänger mit Einknopfbedienung (gekuppelten Kondensatoren) bei derselben Röhrenanzahl an einer mittleren Antenne. Der Nachteil des Überlagerungsempfängers, daß zwei Einstellungen nötig sind, fällt nicht sehr ins Gewicht, da diese beiden Einstellungen voneinander unabhängig und absolut konstant sind, so daß der Laie den Apparat nach der Eichtabelle leicht einstellen kann. Wo es sich nur um einen beschränkten Wellenbereich, etwa 200 bis 500 m handelt, können die beiden Abstimmkondensatoren nach entsprechender gegenseitiger Verschiebung der Plattenpakete um die Differenz der Zwischenfrequenz auch auf eine Achse gesetzt werden; diese Empfänger verlangen jedoch eine peinlichst genaue Justierung aller Innenteile, die sich unter Umständen schon bei Austausch einer einzigen Röhre ändert, sie haben demnach kaum Aussicht auf Einführung. In Europa, wo der Rundspruchbereich von 200 bis 2000 m reicht, ist diese Type überhaupt kaum anwendbar, die Type mit zwei Einstellungen setzt sich hingegen allgemein durch.

Die Entwicklungstendenz des Überlagerungsempfängers geht dahin, die Zahl der Zwischenfrequenzstufen zu erhöhen, einerseits, um die Reichweite beim kleinsten Empfangsrahmen zu steigern, weiters, um mit der Stabilisierung der Zwischenfrequenz nicht an die Erreichung des besten Wirkungsgrades gebunden zu sein und endlich erlaubt ein Apparat mit einer erhöhten Zwischenfrequenzstufenzahl, die Zahl der Niederfrequenzstufen zu verringern. Dies letztere Bestreben ist beeinflußt durch die steigende Verwendung von Oxydröhren, die als Audion mehr oder weniger mikrophonisch sind und durch die akustische Rückwirkung des Lautsprechers um so leichter in Selbstschwingungen geraten, je höher die Niederfrequenzverstärkung ist. Man trachtet daher, nach dem Audion mit einer einzigen Hochleistungsröhre auszukommen und erhöht daher die Verstärkung vor dem Audion. Tatsächlich ist es für den Herstellungspreis und den Stromverbrauch eines Apparates ziemlich unbedeutend, ob derselbe acht oder neun Röhren enthält. Bei dieser Type von Apparaten kommt man mit einem Empfangsrahmen von 20, ja auch von 15 cm Durchmesser für alle Entfernungen aus und da dieser Rahmen leicht nebst den Batterien in den Empfänger eingebaut werden kann, ist dieser nunmehr vollkommen unabhängig, kann wie irgendein anderer Gegenstand einfach ins Zimmer gestellt, nach der Richtung der gewünschten Station gedreht werden und empfängt jeden Sender, dessen Welle nicht durch atmosphärische oder sonstige Störungen vernichtet wird.

Die Entwicklung der Lautsprecher hat sich von den Trichterlautsprechern fast ausnahmslos zu den trichterlosen Großflächenlautsprechern gewendet. Die Vorzüge dieser letzteren Typen, die gleichmäßige Wiedergabe aller Frequenzen im Hörbereiche, hätten wohl durch geeignet ausgeführte Trichterlautsprecher auch erreicht werden können, da jedoch die letzteren nicht nur unhandlich sind, sondern auch die Mode sich den trichterlosen Apparaten zuwandte, konzentrierte sich die Konstruktionstätigkeit vollständig auf die Großflächenlautsprecher und die Fortschritte, die in den letzten zwei Jahren auf diesem Gebiete gemacht wurden, sind überraschend gute[8]). In Verbindung mit einer der Wicklung angepaßten Hochleistungsröhre bietet ein derartiger Lautsprecher eine der Wirklichkeit täuschend nahekommende Wiedergabe von Sprache und Musik.

[8]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 7, 25, 107, 108, 110, 119, 120; 1927, S. 108, 117, 119.

Digitized by Google

Rundschau.

Der neutralisierte Superhet wird von Dr. Friedr. Aug. Lentze behandelt. Auf den ersten Blick erscheint der Zwischenverstärker als das einfachste Glied des Transponierungsempfänger, bietet aber infolge seiner Schwingneigung doch viele Schwierigkeiten. Man kann diese Neigung zwar durch Verschiebung des Potentiometerkontaktes nach der positiven Seite beseitigen; diese Verschiebung muß jedoch desto größer sein, je mehr die Röhrenheizung der vollen Leistung genähert wird. Die Röhren arbeiten also nie unter den günstigsten Bedingungen. Für eine günstige Wirkung ist ferner völlig gleiche Charakteristik aller Röhren erforderlich. Man erhält zwar heute abgeglichene Röhrensätze; es entstehen aber immer noch Schwierigkeiten, wenn eine Röhre des Satzes durchbrennt. Auch, wenn alles gut geht, erfordert der Apparat vorsichtigste Bedienung. Jensen[1]) versuchte es daher mit einer einzigen Zwischenfrequenzstufe und besonders sorgfältig abgeglichener Rückkopplung und erzielte vorzügliche Ergebnisse. Der Verfasser kam dagegen auf den Gedanken, die Schwingneigung durch weitgehende Entkopplung der einzelnen Stufen zu bekämpfen und hatte damit ebenfalls vollen Erfolg. Er suchte durch seine Versuche die Fragen: 1. nach der Notwendigkeit, einer Neutralisation der Gitter-Anodenkapazität und 2. nach der Empfindlichkeit eines entkoppelten Verstärkers zu klären. An einem mit kernlosen Transformatoren versehenen, gut arbeitenden, normalen Transponierungsempfänger wurden folgende Änderungen vorgenommen. Die Transformatoren wurden durch fabriksmäßig hergestellte „Radixtransformer" mit Siliziumkernen ersetzt, die mit einer Anzapfung zur Neutralisation nach Hazeltine versehen waren. Der Eingangskreis wurde an das Steuergitter einer Doppelröhre RE 072 mit induktiver Rückkopplung gelegt. Als Oszillator wurde eine Ultra-Orchestrion 2 verwendet, deren Gitterkreis mit dem Raumladegitter der ersten Röhre verbunden wurde. Die Transformatoren wurden möglichst so aufgestellt, daß gegenseitige Kopplungen vermieden wurden. Um die Hochfrequenzströme zu dem gleichen Zwecke auf dem kürzesten Wege zu führen, wurden Kondensatoren von je 5000 cm Kapazität zwischen Kathode einerseits und Anode und Gitterkreis andererseits eingeschaltet. Der Niederfrequenzverstärker mit seinem stark streuenden Transformator wurde abseits aufgestellt und durch eine lange Zuleitungsschnur verbunden. Die Heizung der drei Zwischenfrequenzröhren konnte sowohl getrennt, als auch durch einen gemeinsam vorgeschalteten Heizwiderstand gemeinsam geregelt werden. Als Zwischenfrequenzröhren dienten drei abgeglichene Huthröhren LE 244 (Heizspannung 1·1 V; $D = 10$ vH; $R_i = 24\,000$ Ohm), als Audion eine alte, zweimal regenerierte Röhre RE 89 in Gittergleichrichtungsschaltung. Das Potentiometer lieferte maximal — 0·9 V, was eine Herabsetzung der Anodenspannung auf 45 V bedingte. Abb. 1 zeigt die ganze Schaltung. Die Transformatoren wurden auf 55 Kilohertz abgestimmt. Der Empfang war auch ohne Neutralisation befriedigend, sank aber sofort, wenn eine der abgeglichenen Röhren durch eine andere derselben Type ausgewechselt wurde. Nun wurde neutralisiert, das heißt der Ortssender möglichst lautstark eingestellt, je eine Röhre ausgelöscht und der dessenungeachtet bestehende Empfang durch die Einstellung des Neutralisations-Kondensators ausgelöscht, was nach einigen Leitungsumlegungen in der ersten Stufe leicht gelang. Ausgewechselte Röhren mußten frisch neutralisiert werden. Hiemit war der Zwischenfrequenzverstärker vollkommen schwingungsfrei geworden, so daß die Gittervorspannung auf den günstigsten Wert gebracht werden konnte. Das Empfangsoptimum lag nicht mehr knapp vor dem Ausschwingungspunkt, zeigte eine erhebliche Breite und wurde ohne Potentiometer durch volles Anheizen der Röhren erreicht. Von Breslau aus konnte der Romsender mit nur einer Ledionspule als Rahmen eingestellt und hiebei eine Lautstärke erzielt werden, welche den zweistufigen Niederfrequenzverstärker mit RE 154 übersteuerte. An Stelle der einen LE 244 wurden Röhren 12 verschiedener Typen eingebaut, wobei Rom stets gut, oft ohne Verminderung der Lautstärke hörbar blieb. Bei Verwendung von Röhren gleicher Type zeigte sich, daß die Auswahl abgeglichener Röhren überflüssig geworden war. Hiebei mußte allerdings individuell neutralisiert werden. Auch die Frage der Empfindlichkeit wurde zugunsten der Neutralisation beantwortet. Mit einem 85 cm Rahmen von 10 Windungen konnten alle europäischen Stationen zwischen 250 und 580 m Wellenlänge im Lautsprecher erhalten werden. Diese Empfindlichkeit verminderte sich jedoch sofort, wenn die Neutralisation beseitigt wurde.

R. H.

(Funkbastler, H. 37, 1927.)

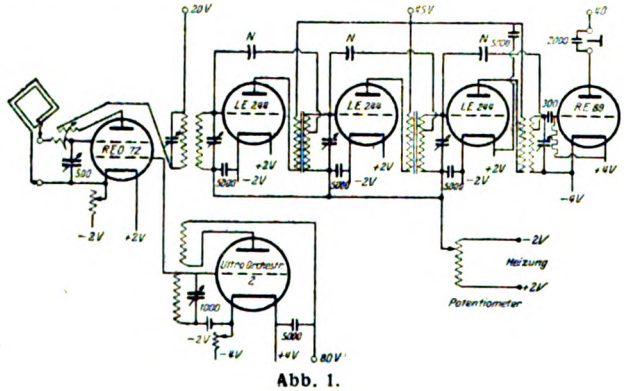


Abb. 1.

Ein Lautsprecher mit einer Reichweite von drei Viertelmeilen wurde von Clinton R. Hanna gebaut. Er ist ein sogenanntes Exponentialhorn, dessen Theorie von Dr. Slepian entwickelt wurde und dem man in Amerika die gleichförmigste Schallwiedergabe zuschreibt. Sein Querschnitt folgt der Formel $q_x = q \cdot e^{ax}$, wobei q den Eintrittsquerschnitt und q einen Zwischenquerschnitt in der Entfernung x von q bezeichnet. Ist ferner l die Länge des Hornes und $Q = q \cdot e$ sein Austrittsquerschnitt, so ist $a = (1/l)\, ln\ (Q/q)$; womit die Form des Hornes bestimmt ist. Ein solches Horn verhält sich wie ein Tonfilter, welches die niedersten Frequenzen nicht mehr durchläßt. Für die untere Grenzfrequenz ist das Erweiterungsverhältnis des Hornquerschnittes maßgebend. Die Angaben des Verfassers hierüber entsprechen der Formel $f_0 = k \cdot a$, worin f_0 die Grenzfrequenz und k eine Konstante = 2815 bezeichnet; der angegebene Wert von k bezieht sich auf die Einheiten cm und s. Die Größe des Austrittsquerschnittes hängt vom Grade der Luftsäulenresonanz ab, den man noch zulassen will. Die Mundöffnung soll daher weit genug sein, so daß sich die Druckwellen, welche vom Horn ausgehen, ohne Zurückwerfung in den Raum ausbreiten. Das ist streng genommen unmöglich, praktisch aber ausreichend erfüllt, wenn der Mündungsdurchmesser ungefähr einem Viertel Wellenlänge der Grenzfrequenz f_0 gleichkommt. So erfordert $f_0 = 64$ Hertz mit einer Wellenlänge von $\lambda_0 = 333/64 = 5{\cdot}2$ m einen Mündungsdurchmesser von 1·3 m; oder bei einer quadratischen Mündung einen Querschnitt, der der Kreisfläche von 1·3 m Durchmesser gleichkommt.

Die Eintritts- oder Schlundöffnung des Horns richtet sich nach 3 Gesichtspunkten: 1. der Membranmasse; 2. der Membranfläche, und 3. nach der Höchstfrequenz, welche das Horn ohne Abschwächung wiedergeben soll. Die Geschwindigkeit der von einer Membran mit vorgelegter Luftkammer in Schwingung versetzten

[1]) Funkbastler, 1927, Heft 14.

Digitized by Google

Luftteilchen und damit der Schalldruck im Hornschlunde ist umgekehrt proportional dem Schlundquerschnitte. Der Schalldruck breitet sich in der Luftkammer nach hydrostatischen Gesetzen aus und stellt die Nutzlast der Membran dar. Ein Teil der vom Antriebssystem auf die Membran übertragenen Energie dient zur Überwindung des Schalldruckes, der andere zur Beschleunigung der Membranmasse und zur Deckung der Verluste. Je größer der erstere Teil, desto besser. Der Schalldruck soll daher ziemlich hoch, das heißt der Schlundquerschnitt des Hornes tunlichst klein sein. Dies erfordert zusammen mit den schon früher erwähnten Bedingungen eine große Hornlänge. Immerhin fällt diese beim Exponentialhorn geringer aus als bei jeder anderen Horntype. Das vom Verfasser nach diesen Grundsätzen gebaute Horn wurde wegen seiner großen Länge mehr-

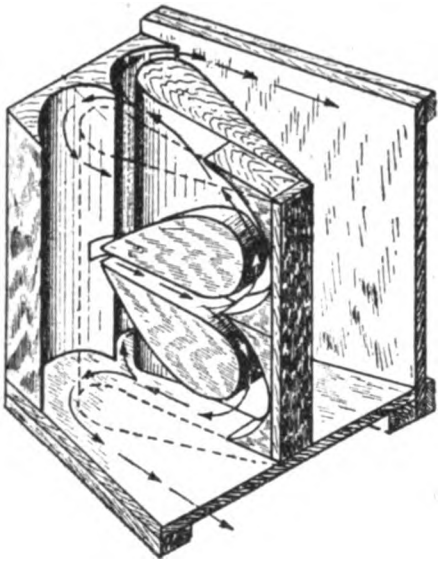


Abb. 2.

fach umgebogen, wie in Abb. 2, hergestellt. Sein Schlundquerschnitt beträgt 3·25 cm²; der Mündungsquerschnitt 3715 cm². Das Erweiterungsverhältnis ist niedrig genug, um noch 64 Hertz durchzulassen. Wenn die Membran Luft in einer sekundlichen Menge von 820 cm³/s in wechselnder Richtung durch den Hornschlund pumpt, beträgt die ausgestrahlte Schallenergie etwa 1 W. Die Membran ist verhältnismäßig klein; etwa 5 bis 7·5 cm im Durchmesser. Das Horn wurde von der Westinghouse Co. hergestellt und zuerst in Pittsburgh vorgeführt, während die Zuhörer sich auf einem ³/₄ Meilen (1·2 km) entfernten Hügel befanden. R. H.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 2, Aug. 1927.)

Isolation bei Hochfrequenz. Von C. F. Forbes-Buckingham. Die ständig wachsende Bedeutung der kurzen Wellen in der Radiotechnik stellt an die hiebei verwendeten Isolationsmaterialien Anforderungen ganz besonderer Art. Auf der Suche nach einem für diese Zwecke speziell geeigneten Materiale, das hohe Durchschlagsfestigkeit und geringe elektrische Verluste mit entsprechenden mechanischen Eigenschaften vereinigen soll, entwickelt der Verfasser Prüfmethoden und gibt Richtlinien zur Beurteilung von Isolationsmaterialien in dieser Hinsicht. Die Versuche zeigen, daß Materialen mit geringen dielektrischen Verlusten auch immer die notwendige hohe Durchschlagsfestigkeit besitzen und daß sich der Grad der Verlustfreiheit wieder aus der Höhe der zur Erzeugung einer Oberflächenentladung notwendigen Hochfrequenzspannung beurteilen läßt. Die Versuche beschränken sich daher schließlich auf die Bestimmung der Spannung, bei der eine sichtbare Glimmentladung an der Materialoberfläche eintritt. Form des Probestückes und der Elektroden richten sich möglichst nach den in der Praxis an das Material gestellten Anforderungen. Während bei den technisch üblichen Frequenzen Glimmentladungen erst bei Spannungen um 100 000 V auftreten, geschieht dies bei Hochfrequenz schon wesentlich früher, meist schon bei 5000 bis 6000 V.

Die Prüfung erfolgte auf drei verschiedene Arten. Die erste bestand in der Anwendung eines auf beide Seiten des plattenförmigen Probestückes angelegten Metallrostes, wobei die Prüfspannung zwischen untereinander abwechselnde Stäbe an beide Seiten gelegt wurde, so daß sie einerseits längs der Oberfläche (zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stäben) und andererseits durch die Platte hindurch wirksam war. Dieses Verfahren erfordert relativ hohe Spannungen und Energien. Bei der zweiten Prüfungsart wurden als Elektroden Platte und scharfe Spitze verwendet; die Glimmspannungen waren hier wesentlich niedriger als die nach der ersten Methode erhaltenen. Wegen der örtlich enge begrenzten Wirkung der Prüfspannung haben in diesem Falle nur Mittelwerte aus mehreren Versuchen praktische Bedeutung. Ein gut brauchbares Kompromiß zwischen den beiden beschriebenen Methoden ergibt schließlich die Verwendung von Elektroden in der Form einer Metallplatte einerseits und eines kreisrunden Metallscheibchens (1 Zoll Durchmesser) mit mäßig gerundeten Kanten andererseits, wobei die Abmessungen des Probestückes derartige sein sollen, daß der Weg der Oberflächenentladung kein zu großer wird. Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurde die verwendete Frequenz ein für allemal mit 100 000 pro sec, die Materialstärke mit ¹/₄ Zoll festgesetzt. Für Hartgummi liegt dann die Glimmspannung bei 5000 bis 6000 V. Als Hochfrequenzgenerator diente eine 400 W-Senderöhre in Rückkopplungsschaltung mit einer Anodenspannung von 2000 bis 3000 V. Die Hochfrequenzspannung wurde durch ein elektrostatisches Voltmeter gemessen. Die praktische Durchführung des Versuches bestand in der stufenweisen Steigerung der Prüfspannung (alle 5 min um 200 V) bis zum Zusammenbruche des Materiales. Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften wird Hartgummi oft „gefüllt" (d. h. mit anderen Materialien vermengt), was jedoch seine Qualität in elektrischer Hinsicht immer bedeutend verschlechtert. Die Durchbruchspannung liegt dafür zwischen 3000 und 5000 V, wobei dem endgültigen Zusammenbruche des Materiales ein Aufblähen und Verkohlen vorangeht, welche Eigenschaft reiner Hartgummi nicht zeigt. Bakelit und Kunstharze verhalten sich ähnlich wie mindere Sorten „gefüllten" Hartgummis: Durchbruchsspannung selten über 3500 V. Auf Grund aller Versuche ist reiner Hartgummi das beste Isoliermaterial für Hochfrequenz, doch lassen seine mechanischen Eigenschaften zu wünschen übrig. Die „gefüllten" Hartgummisorten sind in dieser Hinsicht vorzuziehen, doch betragen ihre elektrischen Verluste ein Vielfaches. In der Praxis ist dieser Umstand jedoch nicht so schwerwiegend, wie er zunächst scheint: da die elektrischen Verluste mit wachsendem Spannungsgradienten außerordentlich ansteigen, lassen sie sich umgekehrt durch etwas reichlichere Dimensionierung des Isolationskörpers unschwer auf die Werte bei reinem Hartgummi herabdrücken. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß ein Material weder nach seiner Glimmspannung noch nach seiner Durchbruchsspannung allein beurteilt werden darf. Ein Material mit selbst hoher Glimmspannung kann zum Beispiel durch Entstehen von Ozon und Wärmeentwicklung derart verändert werden, daß der Durchbruch nach einiger Zeit erfolgt. Andererseits können die elektrischen Verluste eines Materials mit hoher Durchschlagsspannung sehr bedeutende sein. Gutes Material soll eine Glimmspannung von mindestens 4500 V und eine Durchbruchsspannung von mindestens 6000 V besitzen. K.

(The Electrician, Bd. 99, Nr. 2567, 1927.)

Quantitatives über Straßenbahnstörungen des Rundfunkempfanges[1]). Von W. Bernit wurden in Rostock bzw. in Berlin umfangreiche Meß- und Versuchsreihen über die Beschaffenheit und Intensität der verschiede-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 1, 29, 39; 1927, S. 73; 1928, Heft 2, S.

Digitized by Google

nen, von der Straßenbahn herrührenden Störgeräusche durchgeführt. Bei den Untersuchungen wurde eine von Schottky angegebene Meßanordnung benutzt, die im wesentlichen aus einer Zusatzapparatur zum eigentlichen Rahmenempfänger besteht, die es ermöglicht, dem Gitter der ersten Röhre des Empfängers über einen entsprechend bemessenen Widerstand Spannungsimpulse zu erteilen. Die Größe des jeweils eingeschalteten Widerstandes, der zur Einstellung derselben Lautstärke als die der Störung notwendig war, ergab ein Maß für die Intensität der Störwelle. Die in zahlreichen Diagrammen festgehaltenen Meßergebnisse lassen auf eine ausgeprägte Gesetzmäßigkeit in der Ausbreitung dieser Störungen schließen, und zwar erfolgt das Abklingen der von einem Wagen bei Unterbrechungsvorgängen ausgesandten linearen Störstärken senkrecht zur Linie, verkehrt proportional dem Quadrate bzw. der dritten Potenz der Entfernung. Längs der Linie selbst erfolgt keine Abnahme der Störintensität. Von wesentlichem Einfluß sind die Speisepunkte der Leitung. Das Überfahren der Speisepunkte hat eine Verminderung der Störstärke bis auf $^1/_3$ zur Folge, wenn beide Strecken gegeneinander isoliert sind, während beiderseitig speisende Speisepunkte keinen merklichen Einfluß zeigten. Wird die Linie durch einen stromlosen Wagen blockiert, so stellt sich ebenfalls eine Verminderung der Störgeräusche bis auf $^2/_3$ bzw. $^1/_6$ ein. Von wesentlichem Einfluß ist auch die Beschaffenheit des Bügelmateriales. Es wurden diesbezüglich die verschiedensten Materialien untersucht, und zwar sowohl für das Öffnen, wie auch das Schließen des Stromkreises (Abheben und Anschlagen des Bügels). Für beide Fälle ergab sich Kohle als das geeignetste Material. Nach Kohle kommt sofort an nächster Stelle Bleiglanz (PbS) gleichwertig mit Wismutsulfit (Bi_2S_3), dann Zink; Aluminium gibt beim Öffnen, Eisen bzw. Messing (AEG-Bügel)[1]) beim Schließen die stärksten Störgeräusche. Für den betriebsmäßigen Fall sind die Öffnungsgeräusche ausschlaggebend. Die Versuche wurden bei Unterbrechungsströmen von 0·2 bis 1·25 A durchgeführt. Während die Öffnungsgeräusche in diesem Bereich ziemlich konstant sind, zeigen die Schließungsgeräusche einen merklichen Abfall. Bei durchschnittlicher Berücksichtigung des Öffnungs- und des Schließungsgeräusches ergibt sich die nachstehende Reihenfolge der einzelnen Bügelmaterialien hinsichtlich ihrer Eignung: Kohle, Zink, Stahl, Lagermetall, Aluminium, Kupfer, Bronze. Bezüglich der Kondensatorüberbrückung vertritt der Verfasser auf Grund von Annäherungsversuchen die Meinung, daß durch den Kondensator das Auftreten der Überspannungen mehr in das letzte Intervall der Unterbrechung verlegt wird, wo der Unterbrechungswiderstand bereits größer ist als der Wellenwiderstand des Fahrdrahtes. Bei Überbrückung mit Kondensatoren von 1 bis 6 μF ergab sich eine Intensitätsverminderung auf zirka $^1/_3$ bei normalem Lichtstrom, gleichzeitig wurde auch der Geräuschcharakter der Öffnungsgeräusche verändert. Bei sinkender Stromstärke werden diese Merkmale ausgeprägter.

E. M.

(Zeitschrift für technische Physik, Nr. 10, 1927.)

Die Ausfuhr an Radiomaterial hatte nach einer Zusammenstellung in „The Electrical Review" vom 29. Juli 1927 für die drei wichtigsten Ausfuhrstaaten, das sind die V. St. A., Deutschland und Großbritannien, im Jahre 1926 einen Wert von 1·8, 1·6 und 1·3 Mill. Pf. Die V. St. A. führen hauptsächlich nach dem amerikanischen Kontinent und nach Asien aus, Deutschland vorwiegend nach den anderen europäischen Ländern und England etwa zur Hälfte nach den britischen Besitzungen und zur anderen Hälfte nach fremden Ländern. Gegen das Vorjahr ist die Ausfuhr der drei Länder nach den meisten Staaten gestiegen.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 74.

Literaturberichte.

3665 **Netzanschlußgeräte.** Eine Anleitung für den Bau und Gebrauch von Geräten zur Entnahme der Heiz- und Anodenspannung aus Gleich- und Wechselstromnetzen. Von Dr. Eugen Nesper. Zweite Auflage, mit 76 Abb. im Text. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Preis geb. Mk. 4·80.

Die erste Auflage dieser Broschüre war rasch vergriffen entsprechend der stürmischen Entwicklung dieses neuen Zweiges der Radiotechnik. Die zweite Auflage ist wesentlich erweitert und gibt alle wünschenswerten Anweisungen für den Bau und Gebrauch von Geräten, für die Entnahme von Heiz- und Anodenstrom aus dem Gleich- und Wechselstromnetz. Insbesonders wertvoll sind die detaillierten Angaben über die Vor- und Nachteile verschiedener Schaltungen, sowie die zahlreichen praktischen Winke für die Selbstherstellung.

Für den österreichischen Leser ist es allerdings zu bedauern, daß das Büchlein speziell für die reichsdeutschen Verhältnisse zugeschnitten ist, so daß sehr viele von den angegebenen Einzelteilen und Fertigapparaten bei uns schlechterdings unerhältlich sind, während die bei uns marktgängigen Typen vielfach nicht genannt sind.

Das Buch, mit Figuren und Abbildungen reichlich ausgestattet, kann jedem Radiofreund bestens empfohlen werden. Ettenreich.

860 **Die Radiotechnik,** Bd. V. Die Elektronenröhre. Von O. Stürner. Sammlung Göschen, Nr. 974. 124 Seiten, 88 Abb., 16 Tafeln.

Ein typisches „Göschenbuch", mit den Vor- und Nachteilen einer kurzen, zusammenfassenden Darstellung, die auf eine wissenschaftliche und exakte Schreibweise Wert legt und doch breiten Kreisen zugänglich sein soll. Bei Auswahl des gebotenen Stoffes hatte der Verfasser eine glückliche Hand. Besonders begrüßenswert ist es, daß der Verfasser auch das Thema der Hochvakuumtechnik ziemlich ausführlich behandelt und auf die Herstellungsverfahren hindeutet, zumal diese beiden Gebiete in den meisten Büchern über Elektronenröhren nur sehr flüchtig oder überhaupt nicht behandelt sind. Das Büchlein gliedert sich in drei Abschnitte: I. Physik und Vakuumtechnik der Elektronenröhren. II. Wesen und Wirkungsweise der Elektronenröhre. III. Besondere Verhältnisse und Anordnungen von Elektronenröhren. Die modernen Mehrfachröhren finden bereits eine entsprechende Berücksichtigung. Die Abbildungen, sowohl die Photographien, wie auch die Schaltskizzen sind recht klar und deutlich und erleichtern das Verständnis des Gebotenen. Lediglich die Abb. 34 wäre bei einer nächsten Auflage richtigzustellen: das Gitter der Endröhre liegt an der vollen Anodenspannung, die nur um die Spannung der Gitterbatterie vermindert ist. Auch wäre die Beibehaltung einer einheitlichen Darstellung der Polarität von Batterien zu empfehlen (langer Strich negativ, kurzer Strich positiv). Das Buch kann empfohlen werden. Mittelmann.

3017 **Innenantenne und Rahmenantenne.** Von F. Dietsche. (Bibliothek des Radioamateurs, Bd. 15.) Berlin, Julius Springer, 1927. Zweite Auflage. VIII. 110 Seiten, 90 Abb. Mk. 3·30.

Die zweite Auflage erfuhr gegenüber der ersten eine gründliche Erweiterung und auch eine teilweise Umarbeitung. Besonders der Abschnitt über Rahmenantennen wurde erheblich erweitert, es sind auch zahlreiche praktische Ausführungsbeispiele angegeben. Die Umarbeitung ist besonders dem praktischen Teil des Buches zugute gekommen, da seit der ersten Auflage erheblich größere Anforderungen an eine Innenanlage gestellt werden. Das Buch kann auch in seiner veränderten Form zur allgemeinen Orientierung empfohlen werden.

Mittelmann.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 112.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünbst, sämtl. in Wien, VI. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 68.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN“

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien“ gestattet

Heft 4 | **1. April 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Prof. Dr. G. Schwaiger. Die Tagung der Fachkommissionen der Genfer Union in Prag. S. 33 — Manfred von Ardenne. Ein Versuchs-Verstärker für Phonofilm-Aufnahmen. S. 35 — RUNDSCHAU: S. 37 — Patentbericht. S. 43 — Literaturberichte. S. 44

Die Tagung der Fachkommissionen der Genfer Union in Prag.

Von Prof. Dr. G. **Schwaiger**, Wien.

In der Zeit vom 13. bis 16. Februar d. J. tagten in Prag die drei ständigen Arbeitsausschüsse der Internationalen Union der Europäischen Rundspruchgesellschaften, um die in Diskussion stehende Materie für die im kommenden Mai in Lausanne zusammentretende Vollversammlung zur Beschlußfassung vorzubereiten und zu gewisssen aktuellen Fragen zwischenzeitig Stellung zu nehmen. Im nachstehenden soll über diese Tagung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten der Technischen Kommission, die unter dem Vorsitz Raymond Braillards tagte, berichtet werden.

Zunächst erstattete Captain Eckersley und Dr. van der Pool, die die Interessen der Union auf der Internationalen Konferenz in Washington vertreten hatten, ihre Berichte. Aus ihren Berichten war ersichtlich, daß es keine leichte Aufgabe war, das Erfordernis des Rundspruches im Wellenband gegenüber den vielen anderen Ansprüchen zu verteidigen. Namentlich die Zuweisung von Wellen über 1000 m verursachte große Schwierigkeiten. Nur den vereinten Bemühungen der europäischen Vertreter gelang es, wenigstens für die derzeit auf langen Wellen arbeitenden Stationen zwei schmale Bereiche sicherzustellen. Allerdings decken diese zur Zeit schon nicht mehr das, was die bestehenden Stationen benötigen und es wird erst die Zukunft zeigen, wie sich Europa in die gegebenen Möglichkeiten schicken wird. Keinesfalls ist zu erwarten, daß noch weitere Langwellenstationen entstehen werden, wenn anders man sich nicht damit begnügt, einen solchen Dienst unter der ständigen Bedrohung durch andere Dienste zu führen, die bei Auftreten von Störungen berechtigt sind, auf dem alleinigen Benützungsrecht zu bestehen. Es bliebe natürlich noch immer die Möglichkeit, daß eine Welle gemeinsam von mehreren Stationen benützt wird. In dem Fall der Langwellenstationen, die jedoch, wenn sie vollständig zur Geltung kommen sollen, nur als Großstationen denkbar sind, scheidet diese Möglichkeit von vorneherein praktisch aus.

Das eigentliche Rundspruchwellenband, das sich heute noch praktisch von 200 bis knapp unter 600 m erstreckt, wurde gleichfalls an seiner oberen Grenze um einige Telephoniebänder beschränkt und mit 200 bis 545 m festgesetzt. Der Grund hiefür ist darin zu suchen, daß man die für den internationalen Rettungsdienst (S. O. S.-Anruf) festgesetzte Welle von 600 m durch eine Sicherheitszone von dem Rundspruchband trennen wollte. Für die Einhaltung dieser Schutzzone spricht der Umstand, daß man für alle die, welche berufsmäßig auf S. O. S.-Rufe zu achten haben, die Versuchung, auf den unterhaltenden Rundspruch sich einzustellen und dabei einen Notruf zu übersehen, möglichst verringern wollte.

Auch der Rundspruch zieht aus dieser Schutzzone insoferne einen gewissen Nutzen, als die Möglichkeit der Störungen durch die ungedämpften Schiffsender hiedurch merklich verringert wird. Ein Nachteil erwächst hiedurch dem Rundspruch insofern, als die Zahl der im Rundspruchband möglichen Sender um drei Telephoniewellenbänder verringert wird. Stationen, die bisher auf diesen Wellen gearbeitet haben, werden daher früher oder später diese Wellen verlassen oder ihre Energie so weit beschränken müssen, daß eine Beeinflussung des Seeverkehrs sowie der in der Schutzzone liegenden Verkehrszweige nicht entsteht.

Da derzeit noch einzelne Stationen zwischen 600 und 1000 m arbeiten, ist offensichtlich, daß die Unterbringung dieser und der eben erwähnten Stationen zwischen 545 und 600 m die ohnedies schon schwierige Situation noch erschweren wird.

Daß für den Rundspruch auch einige Bänder im eigentlichen Kurzwellenbereich reserviert wurden, ändert nichts an der Tatsache, daß der Rundspruch auf der Konferenz von Washington im Wellenband an Terrain verloren hat.

Ein weiterer Punkt der Tagesordnung beschäftigte sich mit den praktischenn Ergebnissen des seit Herbst 1926 in Kraft stehenden Genfer Wellenverteilungsplanes.

Digitized by Google

Würde man die gegenwärtige Situation auf Grund der in den verschiedenen Fachblättern veröffentlichten Klagen und Beschwerden beurteilen, so müßte man wohl den Eindruck gewinnen, daß der eben erwähnte Versuch einer praktischen Welleneinteilung sich in der Praxis nicht bewährt hat. Für den Teilnehmer der Konferenz, dem das ganze Material über die eingelaufenen Klagen neben den ständigen Kontrollmessungen aller europäischen Wellen zur Verfügung stand, bot sich indes ein anderes Bild.

Große Bereiche des Gesamtbandes sind störungsfrei, weil die in ihnen liegenden Stationen sich den Genfer Vereinbarungen nicht nur mit dem Wort angeschlossen haben, sondern ihre Sendewellen mit der dem heutigen Stand der Technik entsprechenden Präzision einhalten. Damit ist auch der Beweis erbracht, daß die Grundsätze, nach denen die Wellen zugewiesen wurden, an sich richtig sind und die Störungen nur auf Ungenauigkeiten zurückzuführen sind, die in Zukunft mit allem Nachdruck vermieden werden müssen.

In fast allen Fällen, in denen über Störungen geklagt wurde, handelte es sich darum, daß von zwei benachbarten Stationen die eine ständig um ihre Sollwelle auf- und abschwankt oder aber konstant um ganz beträchtliche Beträge zu hoch oder zu tief arbeitet. Es ist offensichtlich, daß die Ursache hiefür in einer gewissen Leichtfertigkeit bei der Abstimmung der Sender oder aber in der Benützung von Wellenmessern gelegen ist, die nicht auf das internationale Eichnormale bezogen sind. Ein Vergleich der monatlichen Meßberichte der Zentralstelle in Brüssel zeigt jedoch, daß die unermüdlichen Aufforderungen der Technischen Kommission nach und nach Gehör finden und das Gefühl einer internationalen Verantwortlichkeit bei den einzelnen Gesellschaften wecken.

Bis jetzt wurde vielfach der Fehler gemacht, daß Stationen, die von Nachbarn gestört wurden, statt auf ihrer Welle zu verbleiben und die Störung durch Intervention bei der Zentralstelle beseitigen zu lassen, durch Veränderung ihrer eigenen Welle auszuweichen versuchen. Hiedurch wurden weitere Nachbarn in Mitleidenschaft gezogen, bis sich endlich eine Station fand, die standhielt und die Intervention der Technischen Kommission verlangte. Die gegenseitige Aussprache hat diesen Fehler klar erkennen lassen und man einigte sich darauf, in Hinkunft nicht auszuweichen und die Regelung nur durch die Zentralstelle vornehmen zu lassen.

Einzelne Klagen waren auch darauf zurückzuführen, daß ganz schwache Stationen (30 bis 40 W) der Ansicht waren, daß sie infolge der geringen Energie durch Mitbenutzen einer fremden Welle unmöglich Schaden zufügen könnten. Auch in diesen Fällen hat die gegenseitige Aussprache dazu geführt, daß solche Stationen künftig nur auf Gemeinschaftswellen arbeiten werden.

Die unangenehmsten Fälle betreffen einzelne Stationen, die sich noch nicht in den Genfer Plan eingegliedert haben und der Ansicht sind, daß sie durch die Mitbenützung der Wellen sehr weit entfernter Stationen nicht stören, da sie aus ihren eigenen Hörerkreisen selbst keine Klagen erhalten. Leider zeigt sich gerade im Rundspruchbereich, daß auf ganz großen Distanzen wieder Empfang auftritt, so daß an eine Behebung dieser Störungen nur dann zu denken ist, wenn sich alle europäischen Stationen an den Verteilungsplan halten.

Die Technische Kommission wurde beauftragt, den für diese Sender verantwortlichen Stellen das gesamte Material zur Verfügung zu stellen, um an Hand der Meßergebnisse zu beweisen, daß es nicht nur im europäischen Interesse, sondern auch im Interesse dieser Stationen gelegen sei, sich an die Union anzuschließen oder sich wenigstens in den von ihr ausgearbeiteten Verteilungsplan einzufügen.

Im Zusammenhang mit der eben erwähnten Diskussion wurden auch drei Zentren für die Internationale Kontrolle der Wellenlängen bestimmt.

Zuerst hatte das Telegraphen-technische Reichsamt zu Berlin seine Meßeinrichtungen der Technischen Kommission zur Verfügung gestellt. Seit einigen Monaten betreibt letztere in Brüssel parallel mit den deutschen Messungen eine eigene Anlage. Ein Vergleich der Meßresultate ergab gute Übereinstimmung und hat das Vertrauen zu diesen Messungen wesentlich gefestigt. In einigen Wochen wird von der Englischen Rundspruchgesellschaft in Keston ein drittes Meßzentrum errichtet werden, so daß jede europäische Station täglich mindestens einmal in ihrer Wellenlänge kontrolliert wird.

Als letzter von den Punkten der Tagesordnung, die von allgemeinem Interesse sind, wurde über den gegenwärtigen Stand der Organisation internationaler Relaissendungen unter Verwendung staatlicher Fernsprechstromkreise gesprochen. Daß auf der Warschauer Konferenz vom November 1927 die Voraussetzungen für einen mitteleuropäischen Programmaustausch zwischen Deutschland, Österreich, Polen und der Tschechoslowakei geschaffen wurden und seither auch schon mehrfach benützt wurden, ist bekannt. England berichtete über seine Versuche mit Übertragungen nach Brüssel und es ist zu erwarten, daß binnen kurzem auch eine Verbindung Englands mit unseren Sendern zur Wirklichkeit werden wird.

Digitized by Google

Ein Versuchs-Verstärker für Phonofilm-Aufnahmen.

Von Manfred von **Ardenne**, Berlin.

Für die Besprechung von Telephoniesendern, bei der Aufnahme von Schallplatten, für die Großwiedergabe des Rundfunks und auch für laboratoriumsmäßige Untersuchungen verschiedenster Art (zum Beispiel Prüfung der Leistungsfähigkeit von Lautsprechern) sind Niederfrequenz-Verstärker erforderlich, die bei sehr großer und gleichmäßiger Verstärkung der den hohen wie den tiefen Tönen entsprechenden Frequenzen beträchtliche Wechselstrom-Amplituden verzerrungsfrei abzugeben vermögen. Es wird nachstehend ein Verstärker dieser Art beschrieben, der im besonderen zur versuchsweisen Verwendung bei Phonofilm-Aufnahmen bestimmt ist. Die Schaltung und Dimensionierung des Verstärkers wurde vom Verfasser angegeben, während die konstruktive Gestaltung in den Händen von Herrn Obering. Gabriel lag, der auch die Herstellung leitete.

Der erwähnte Verwendungszweck des Verstärkers erforderte zunächst in seinen Spannungsverstärker-Stufen, die drei durch ohmsche Widerstände gekoppelte Röhren umfassen, eine für den Frequenzbereich von 2000 bis 6000 Hertz gleichbleibende etwa 2500-fache Verstärkung. Diese Aufgabe wurde durch die in Abb. 1 wiedergegebene Schaltung und Dimensionierung des Spannungsverstärkers erfüllt. Der Spannungsverstärker bestand aus drei Stufen. In der ersten Stufe ist zur Vermeidung starker Empfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen und akustische Rückkopplungen eine Röhre mit starkem, nicht thorierten Wolfram-Faden benutzt, die einen Durchgriff von 10 vH hat. In den beiden folgenden Stufen wurden Röhren mit kleinem Durchgriff (*RE* 054, $D = 3$ vH) in Verbindung mit großen Anodenwiderständen ($3 \cdot 10^6$ und $1 \cdot 10^6$ Ohm) benutzt. Die Gitter-Ableitungswiderstände und die Übertragungskondensatoren, deren genaue Werte aus Abb. 1 zu entnehmen sind, wurden so gewählt, daß auch die an der unteren Grenze des Hörbereiches liegenden Frequenzen in nahezu demselben Grade mitverstärkt werden wie die Frequenzen des mittleren Hörbereiches. Auch die hohen, an der oberen Grenze des Hörbereiches liegenden Frequenzen erfahren trotz der relativ hohen Röhren- und Anoden-Widerstände keine wesentliche Schwächung. Daß die Röhren- und Leitungs-Kapazitäten bei diesen relativ hohen Widerständen noch nicht einen so großen Einfluß haben, wie man oft annimmt, ist wie in einer früheren Arbeit gezeigt wurde[1]), in der Phasenverschiebung zwischen Anoden- und Gitter-Spannung begründet. Im mittleren Hörbereich beträgt die Verstärkung der drei Spannungsverstärkerstufen ungefähr 8, 18 und 18 und somit die Gesamtspannungsverstärkung etwa 2500. Diese Verstärkungsziffer stellt ungefähr die Grenze des bei der Spannungsverstärkung unter Benutzung einer gemeinsamen Stromquelle Erreichbaren dar; geht man darüber hinaus, so tritt die Neigung zur Selbsterregung so stark in Erscheinung, daß besondere Maßnahmen zu ihrer Unterdrückung erforderlich werden. In der Regel wird eine 400-fache Spannungsverstärkung vollkommen ausreichend sein. Auch bei dem vorliegenden Verstärker wurde im Betrieb durch die weiter unten näher besprochene Lautstärker-Einstellung meist nur eine Spannungsverstärkung eingestellt, die selten über den eben erwähnten Wert hinausging.

Für die Endstufe war ein verzerrungsfreier Aussteuerungsbereich von 25 mA verlangt. Diese Forderung ließ sich nur durch zwei einander parallel geschaltete große Endröhren (RV 218; $R = 3200$ Ohm) mit je 100 mA Emission unter Aufwendung einer Anodenspannung von 800 V und einer Gitter-Vorspannung von ungefähr 100 V[2]) befriedigen. Um den hohen Anoden-Gleichstrom (60 mA) und ebenso die Gleichspannung von 800 V von dem an den Verstärker angeschlossenen Aufnahmeapparat fernzuhalten, wurde im Anodenkreis der Endröhren mit Hilfe einer Drossel, die bei 60 mA Vormagnetisierung etwa 20 bis 30 H Selbstinduktion aufweist, und eines Kondensators von 4 μF die Gleichstrom-Zuführung völlig vom Wechselstromwege getrennt. Das zur Überwachung auf Verzerrungsfreiheit der abgegebenen Wechselströme vorhandene Milliamperemeter ist in die negative statt wie üblich in die positive Anodenstrom-Zuführung geschaltet; dies war notwendig, weil das Instrument in der metallischen, geerdeten Frontplatte, die zur Abschirmung dient, durch Überschläge der hohen Anodenspannung (800 V) gefährdet wäre. Es zeigt bei der gewählten Anordnung außer dem Anodenstrom der Endröhre auch den Anodenstrom der Spannungs-

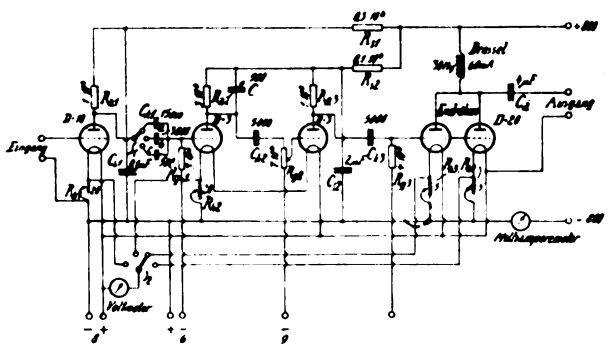


Abb. 1.

[1]) Vgl. M. v. Ardenne und W. Stoff, „Die Berechnung der Scheinkapazität bei Widerstandsverstärkern", Jahrbuch d. drahtl. Telegraphie und Telephonie, Bd. 30, Heft 3. Sept. 1927.

[2]) Vgl. M. v. Ardenne, „Zur Theorie der Endverstärkung", Jahrbuch d. drahtl. Telegraphie und Telephonie, Bd. 30, Heft 4 und Ludwig Müller und M. v. Ardenne, „Transformatoren-Verstärker", Abschnitt „Die Endverstärkung", Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1927.

Digitized by Google

verstärker-Stufen an, doch ist das belanglos, weil der Stromverbrauch der Spannungsverstärker-Stufen sehr gering gegenüber dem Verbrauch der Endstufe ist.

Da damit gerechnet werden muß, daß die Anodenstrom-Versorgung des Verstärkers aus einem Netzanschluß-Gerät geschieht, waren besondere Maßnahmen zu treffen, diese Betriebsweise zu ermöglichen. Im allgemeinen zeigen Widerstandsverstärker, die auch Frequenzen unter etwa 150 Hertz gut wiedergeben, periodische Gitteraufladungen, sobald sie an ein Netzanschluß-Gerät angeschaltet werden. Um diese periodischen Aufladungen, die durch kleine Wechselstrom-Reste aus dem Netzanschluß-Gerät angeregt werden

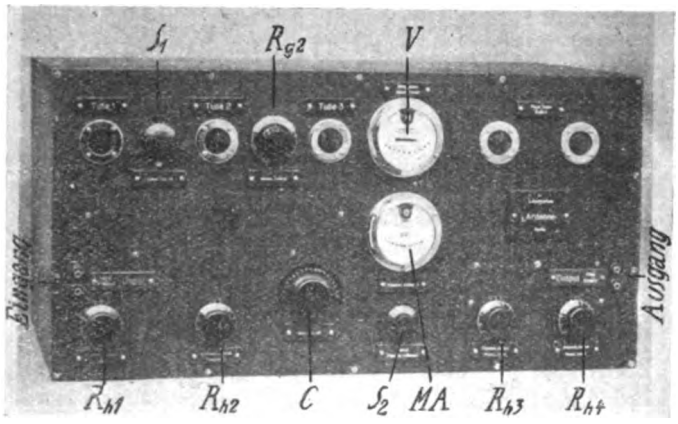


Abb. 2.

und deren Verlauf in einem bestimmten Zusammenhang mit der Relaxationszeit der in Betracht kommenden Übertragungsglieder steht, zu beseitigen, wurden in die Anodenstrom-Zuführungen der Spannungsverstärker-Röhren aus hochohmigen Widerständen ($0{\cdot}3 \cdot 10^6$ und $0{\cdot}1 \cdot 10^6$ Ohm) und Kondensatoren (0·1 bezw. 2 μF) gebildete Siebketten gelegt[3]); es erwies sich als notwendig, je eine solche Siebkette für die erste Röhre allein und andererseits für die zweite und dritte Röhre gemeinsam vorzusehen.

Außer den üblichen veränderlichen Widerständen mit Drehknopf-Betätigung zur Einstellung der richtigen Heizspannungen der einzelnen Röhren (3·5 und 7 V), die an einem umschaltbaren Voltmeter abzulesen sind, besitzt der Verstärker noch folgende Einstellvorrichtungen: Durch einen Schalter läßt sich die Kopplungskapazität zwischen der ersten und zweiten Röhre, die hier normalerweise 15 000 cm beträgt, auf den Wert 3000 bezw. 500 erniedrigen. Die Verkleinerung der Kopplungskapazität soll eine Abschwächung der niedrigen gegenüber den hohen Frequenzen zur Folge haben. Diese Abschwächung kann zuweilen erwünscht sein, um Übersteuerungen zu vermeiden, die bei den großen Amplituden der tiefen Töne sonst leicht vorkommen können. Dies ist von besonderer Bedeutung bei der Aufnahme von Schallplatten, wo die Amplitude durch den halben Rillenabstand begrenzt ist. Andererseits ist es umgekehrt, zum Beispiel beim Abhören von Schallplatten, erwünscht, die an der oberen Grenze des Hörbereiches liegenden Frequenzen mehr oder weniger zu benachteiligen. Um dies erreichen zu können, ist parallel zu dem Anodenwiderstand von 3.10^6 Ohm der zweiten Röhre ein Drehkondensator von 500 cm Maximalkapazität und geringer Anfangskapazität gelegt worden. Es empfiehlt sich, diese Anordnung an der zweiten und nicht an der dritten Röhre zu treffen, weil an dieser die Wechselstrom-Amplituden bereits so groß sind, daß Verzerrungen infolge der durch die kapazitive Belastung bewirkten Vergrößerung der Kennlinien-Krümmung zu befürchten wären[4]). Der Gitter-Ableitungswiderstand vor der dritten Röhre ist als Potentiometer ausgebildet; dies gibt die Möglichkeit, die Gesamtverstärkung herabzusetzen. Da eine Änderung der Potentiometer-Einstellung ohne Einfluß auf den dem Gitterkondensator nachgeschalteten Widerstand ist, also das Produkt $C.R$ und somit die Abklingzeit konstant bleibt, tritt bei einer Herabsetzung der Gesamtverstärkung eine merkliche Änderung der Frequenzcharakteristik des Verstärkers nicht ein. Für die ganz hohen Frequenzen ist bei Einführen einer geringen Lautstärke mit Hilfe der Lautstärken-Einstellung eine etwas kleinere Anodenrückwirkung durch die Gitter-Anode-Kapazität der dritten Röhre vorhanden. Diese Tatsache ist jedoch nur in theoretischer Hinsicht interessante, aber nicht von praktischer Bedeutung.

Die Frage, in welche Stufe das zur Lautstärken-Einstellung dienende Potentiometer eingeschaltet werden soll, ist von grundlegender Bedeutung für die störungsfreie Wirkung der Einstellung und auch für den Verstärker überhaupt. Wenn man den Potentiometer-Widerstand erst in den Gitterkreis der Endröhre einschalten würde, wäre

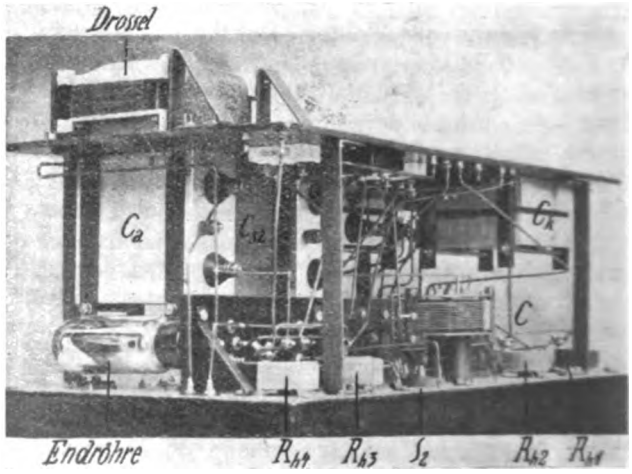


Abb. 3.

[3]) Vgl. a. „Die Radiotechnik" 1927, S. 99.

[4]) Vgl. Manfred v. Ardenne „Über Röhrenverzerrungen bei Verstärkern", Zeitschrift für technische Physik, 8, Nr. 6, 1927.

Digitized by Google

die Gefahr sehr groß, daß die vorletzte Stufe übersteuert würde. Andererseits ist es nicht ratsam, die Potentiometer-Anordnung schon in den Gitterkreis der ersten oder zweiten Stufe zu legen, weil dann die bei der Einstellung sich ergebenden Störgeräusche eine zu große Verstärkung erfahren und eine geräuschlose Lautstärkenregulierung unmöglich werden würde.

Die Frontplatte des Verstärkers ist in Abb. 2 wiedergegeben. In dieser Abbildung sind die einzelnen Schalt- und Einstellmittel mit denselben Buchstaben bezeichnet wie im Schaltplan. Der Aufbau der einzelnen Teile im Inneren des Apparates, den Abb. 3 zeigt, weicht vom Herkömmlichen nicht unerheblich ab. Es sind, wie man sieht, ganz außerordentlich große Kondensatoren verwendet worden, die an einer besonderen Platte (oben) befestigt sind; diese Platte ist durch Eisenwinkel mit der Aluminium-Frontplatte (unten) verbunden. Es mußten nämlich wegen der hohen Anodenspannung von 800 V und wegen der Möglichkeit, daß bei Ein- und Ausschaltvorgängen Spannungswellen auftreten, Kondensatoren von großer Durchschlagsfestigkeit (2500 V Prüfspannung) benutzt werden. Solche Kondensatoren besitzen nun aber beträchtliche Metallflächen, deren Kapazität gegenüber der metallischen und geerdeten als Abschirmung dienenden Frontplatte der Beachtung bedarf, weil diese Erdkapazität, sobald sie einen gewissen Wert erreicht, die Gesamtverstärkung verringern und vor allem die Gleichmäßigkeit der Verstärkung in dem gewünschten Frequenzbereich aufheben kann. Auf diese Weise ergab sich die Notwendigkeit, die großen Kondensatoren genügend weit von der metallischen Frontplatte entfernt anzubringen, was durch die in Abb. 3 gezeigte Anordnung erreicht wird. Die Vermeidung von Erdkapazitäten, zugleich aber auch die Vermeidung von Spannungsüberschlägen, ist weiterhin der Grund dafür, daß Teile, wie zum Beispiel der Drehkondensator C (Vgl. Abb. 3), ebenso der veränderliche Gitter-Ableitungswiderstand und die Schalter mit Hilfe kleiner Säulen in ziemlich großem Abstand an der Frontplatte befestigt wurden; ihre Betätigungswellen sind zur Isolierung durch Trolitrohre unterbrochen. Auch die Röhrensockel und einige der zur Kopplung dienenden Hochohmwiderstande sind der Frontplatte ferngehalten, indem sie von Konsolen getragen werden oder an der großen Trolitplatte angeordnet sind. Es ist so nicht nur eine vorzügliche Isolierung, sondern auch eine geringe Kapazität aller Teile gegeneinander und gegen Erde erreicht.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß sich bei der Inbetriebnahme des Verstärkers zunächst Schwierigkeiten durch den Umstand ergaben, daß bei einigen der zur Verfügung stehenden Röhren RV 218, zum Teil durch mangelhafte Isolierung im Sockel, sehr beträchtliche Ströme im Gitterkreis auftraten. Um das Vorhandensein der Ströme im Gitterkreis nachzuweisen, wurde der ohmsche Gitter-Ableitungswiderstand der beiden Endröhren kurz geschlossen. Bei den fehlerhaften Röhren ergab sich dann eine wesentliche Änderung des Milliamperemeter-Ausschlages im Anodenkreise[5]).

Bei den Versuchen mit dem großen Konus-Lautsprecher der Western Electric zeigte sich, daß die Ausgangsleistung nicht nur für Aufnahmezwecke, sondern auch für die Wiedergabe in kleineren Sälen ausreichend ist. In Verbindung mit dem eben erwähnten Lautsprecher und einem guten Mikrophon nach dem Reisz-Prinzip trat die Frequenz- und Amplituden-Unabhängigkeit des Verstärkers auch akustisch in Erscheinung.

[5]) Vgl. Manfred v. Ardenne „Eine einfache Methode zur indirekten Messung von Gitterströmen", Jahrb. d. drahtl. Telegraphie und Telephonie, 29, Heft 3, 1927. Vgl. a. „Die Radiotechnik" 1927, S. 93.

Rundschau.

Der neue Großsender WGY der Gen. Electric Co. in Schenectady (U. S. A.), den A. Dinsdale beschreibt, verwendet Senderöhren von 100 kW Leistung[1]). Zwei solche Röhren sind in der Hochfrequenz-Kraftverstärkerstufe und drei Röhren in der Modulatorstufe eingebaut. Die Röhren der Hochfrequenzstufe sind parallel geschaltet und arbeiten direkt auf einen geschlossenen Schwingungskreis, der über eine besondere Hochfrequenzübertragungsleitung und Kopplungsspulen mit der Antenne gekoppelt ist. Die Antenne ist eine vertikale Käfigantenne von 72 m Höhe und 0·6 m Durchmesser. Das Gegengewicht wird durch ein radiales Drahtnetz von 72 m Durchmesser gebildet. Infolge der Verwendung der neuen Röhren ist der Raumbedarf der neuen Anlage nur der halbe als der der früheren 50 kW-Anlage. Die Steuerung des Senders (790 kc) erfolgt durch Quarzkristallkontrolle, welche auf einen neutralisierten Hochfrequenverstärker arbeitet. Die letzte Stufe des Verstärkers besteht aus einer wassergekühlten 20 kW-Röhre, die genügende Energie zur vollständigen Aussteuerung der großen 100 kW-Röhren hergibt. Die Modulation erfolgt in der Parallelschaltung, mit direkter Anodensteuerung der Hochfrequenzröhren. Die Sprechströme werden zunächst in einem mehrstufigen Sprechverstärker mit einer Endstufe von 20 kW Leistung verstärkt. Die wassergekühlte 20 kW-Röhre des Vorverstärkers arbeitet direkt auf die Gitter der drei 100 kW-Modulatorröhren. Die Anodenspannung für die 100 kW-Röhren wird von einer Gleichrichteranlage von sechs Zweielektrodenröhren geliefert, die eine Gleichstromleistung von 750 kW bei 15 kV Spannung abzugeben imstande ist. Die Ausgangsspannung des Gleichrichters kann durch eine Fernsteuerung geregelt werden. Die Inbetriebsetzung des Senders erfolgt mittels zweier ferngesteuerter Relais. Automatische Schutzvorrichtungen, durch welche die Energiezufuhr bei einem Schaden unterbrochen wird, sichern die gesamte Anlage vor Betriebsunfällen. Der jeweilige Grad der Modulation wird durch einen Oszillographen ständig kontrolliert. Das Kühlwasser (rund 1 l pro s) für die Anoden wird einem Brunnen entnommen, durch die Rohre, hierauf durch einen Kühler, außen durch einen Ventilator angeblasen, geführt und strömt wieder dem Brunnen zu, verläuft also in einem geschlossenen System. Abb. 1 zeigt die Senderröhren in Betrieb. Bemerkenswert sind die Empfangs-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 88.

Digitized by Google

resultate, die mit dem neuen Riesensender erreicht wurden. Abgesehen von der großen erzielten Reichweite (800 bis 1000 km), deuten die eingelaufenen Empfangs-

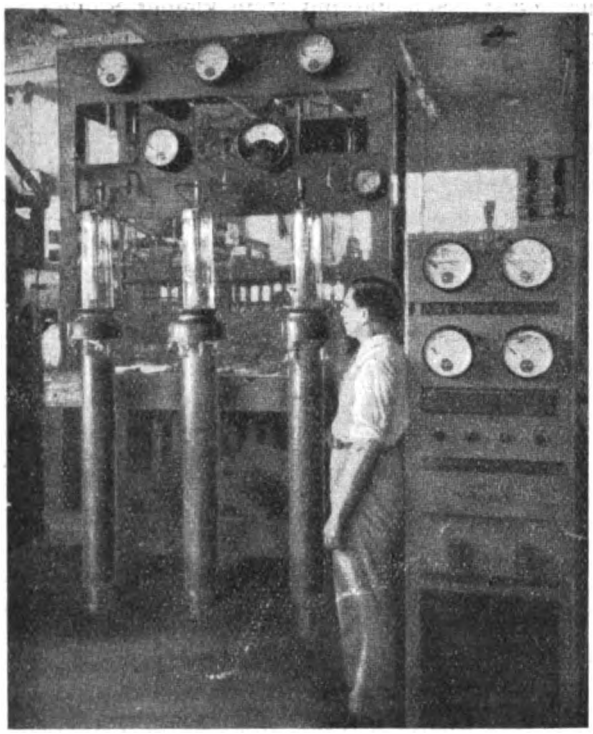


Abb. 1.

beobachtungen auf eine sehr große Erhöhung der Tonreinheit und der Unabhängigkeit von atmosphärischen Störungen hin. Die Versuche und die Empfangsbeobachtungen an dem neuen Großsender werden fortgesetzt. E. M.

(Wireless World, Bd. 21, Nr. 14.)

Der Strobodyne-Empfänger. L. Chetien beschreibt einen neuartigen Frequenzwandler, der das stroboskopische Prinzip verwendet, das ja bekanntlich bei der Analysierung von Wechselstromkurven, bei Schlüpfungsmessungen und dergleichen sehr oft benützt wird. Der Grundgedanke des neuen Empfängers ist der folgende: Schwingt eine Elektronenröhre mit einer gewissen Frequenz um einen solchen Arbeitspunkt der Röhrenkennlinie, daß während der positiven Halbperioden des Gitters der Gitterstrom zu fließen beginnt, so wird der Widerstand der Strecke Gitter—Heizfaden für genügend hohe Frequenzen praktisch kurz-

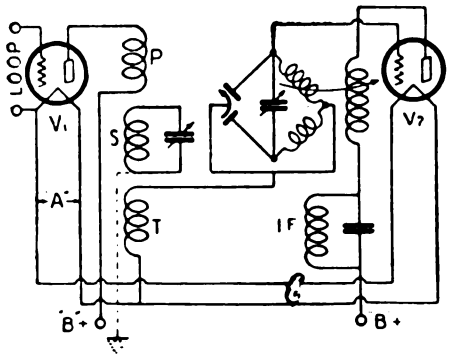


Abb. 2.

geschlossen. Parallel zu diesem Widerstand liegt aber der schwingende Kreis selbst, so daß man behaupten kann, daß der Schwingungskreis entsprechend seiner Schwingungszahl in regelmäßigen Zeitabständen kurzgeschlossen wird. Die Röhre wirkt also wie ein Kommutator. Ein praktisches Ausführungsbeispiel zeigt die Abb. 2. Zwischen Gitter und Heizfaden der Röhre V_2 ist ein Schwingungskreis geschaltet, dessen neutrale Punkte über die Überlagerungsspule T mit dem Heizfaden verbunden sind. Die zu empfangende Frequenz der Fernerregung wird durch die Röhre V_1 verstärkt und durch den auf die Empfangsfrequenz abgestimmten Kreis S auf die Röhre V_2 übertragen. Wird V_2 durch Anziehen der Rückkopplung zu Schwingungen erregt, so wird nach dem Vorherigen der Gitterkreis von V_2 mit der Frequenz der Lokalschwingung periodisch kurzgeschlossen. Während der Kurzschlußperioden bleiben aber die Schwingungen des Kreises S auf das Gitter der Röhre V_2 ohne Einfluß, so daß in dem Anodenkreis IF der Röhre V_2 die reine Zwischenfrequenz $f_1 - f_2$ erscheint, wenn mit f_2 die Lokalfrequenz und f_1 die Empfangsfrequenz bezeichnet werden. Der wesentliche Unterschied gegenüber den bekannten Empfängern mit Frequenzwandlung besteht darin, daß hier weder eine Modulation, noch eine Gleichrichtung erfolgt, die Röhre V_2 wirkt lediglich als Verstärker für die Zwischenfrequenz. E. M.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 1, Juli 1927.)

Senderöhren mit gekühlten Anoden und die Lebensdauer von Senderöhren behandelt W. J. Picken. Die Steigerung der Leistung von Röhren, die die Verlustwärme nur durch Wärmestrahlung abführen, verbot sich bald durch die unverhältnismäßigen Schwierigkeiten und Kosten der Herstellung. Die Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd., London, ging daher bald zum Bau von Röhren mit außenliegender, der Wasser- oder Ölkühlung zugänglicher Anode über. Es werden folgende Typen behandelt: Senderöhren C. A. T. 1, C. A. T. 2, C. A. T. 5; Modulationsröhren C. A. M. 1, C. A. M. 2, C. A. M. 3; Gleichrichterröhren C. A. R. 1, C. A. R. 2, C. A. R. 3. (Die Bezeichnungen bedeuten: C. A. T. = Cooled-anode transmitter; C. A. M. = Cooled-anode modulator; C. A. R. = Cooled-anode rectifier.) Abb. 3 stellt die Röhre C. A. T. 1 dar.

Die Anode besteht aus einem Kupferrohr, an das ein etwas weiteres Glasrohr angeschmolzen ist. Zur Herstellung einer sicheren Verbindung zwischen beiden Röhren ist an den Rand des Kupferrohres ein dünner,

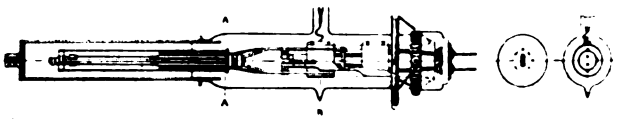


Abb. 3.

verkupferter Zylinder aus einer Nickeleisenlegierung hart angelötet, die den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie das Glas besitzt. Das Glasrohr hat am freien Ende eine nach innen verengerte Einstülpung, durch die die Kathodenzuleitungen führen. Am Grunde der Einstülpung sind sie mit dünnen Platin- oder Nickelbändern verbunden, die in zwei kurze Röhrchen eingeschmolzen sind. Zwei voneinander isolierte Metallringe auf dem Glasrohr dienen als Stütze für die inneren Zuleitungen zum Heizdrahte, die aus Molybdän bestehen. Der Heizdraht selbst ist in W-Form ausgespannt; er ist 1 mm dick und 400 mm lang. Er wird mit 50 A bei 20 V belastet. Die aus Wolfram bestehenden Tragstäbe des Gitters sind an einem Nickelringe befestigt, der auf einem, den verengten Teil der Einstülpung umgebenden Glasrohre sitzt. Dieses Glasrohr ist mit dem weiteren Teile der Einstülpung durch eine zweite Metallhülse verbunden. Die Gitterzuleitung ist in einen Seitentubus des äußeren Glasrohres eingeschmolzen. Das Gitter selbst besteht aus einem zylindrischen, rund gewebten Netz aus feinem Wolframdraht. Scharfe Spitzen sind überall vermieden. Die Metallteile werden vor dem Einbau auf chemischem Wege gereinigt und durch Erhitzen auf 1000° C entgast. Den Abschluß des Glasrohres bildet eine Metallkappe, in der die Kathodenzuleitungen isoliert befestigt sind. Die Röhre wird mit einem seitlich angesetzten Rohr an eine Diffusionspumpe angeschlossen

Digitized by Google

und während des Auspumpens auf 400° C erhitzt. Schließlich findet ein Elektronenbombardement der Anode mit 12 kW bei 20 kV und des Gitters mit 1·5 kW bei 600 V statt. Bei den größeren Röhren werden dieselben Spannungen, jedoch 18 kW an der Anode und 2 kW am Gitter verwendet. Die C. A. T. 1-Rohre hält einer Kurzschlußprobe von 7·5 kW bei 15 kV und einer Schwingungsprobe von 30 kW Leistungsaufnahme bei derselben Spannung stand. Sie ist für höchstens 12 kV Anodenspannung und 10 bis 15 kW Leistungsaufnahme bei einem Verlust von höchstens 3 kW in der Anode entworfen. Der Verstärkungsfaktor ist 65, der innere Widerstand 15 000 Ohm; die Steilheit bei $V_a = 10$ kV und $V_g = 0$ ist 4·34 mA/V; die Gesamtemission bei normaler Heizspannung beträgt etwa 10 A. Die Röhre C. A. T. 5 entspricht in ihrem Aufbau der eben beschriebenen; sie ist für große Wellenlängen bestimmt und kann mit 15 bis 20 kW Leistungsaufnahme bei 12 kV Anodenspannung beansprucht werden; ihr innerer Widerstand beträgt 2500 Ohm. Die Röhre C. A. T. 2 hat ein Anodenrohr mit beiderseitigen Glasansätzen zur getrennten Einführung der Kathoden- und Gitterzuleitung behufs Verminderung der inneren Kapazität. Ihr innerer Widerstand beträgt 10 000 Ohm; sie ist für Kurzwellenstrahlstationen bestimmt und kann bei 15 m-Wellen mit 10 kW Leistungsaufnahme beansprucht werden. Die Gitterzuleitung verträgt bis zu 100 A. Die Daten der übrigen, ähnlich wie die beschriebenen gebauten Röhren sind:

Modulationsröhren.

Röhre	Anodenspannung kV	Modulation vH	Glühfaden V	Glühfaden A	Verstärkungsfaktor	Steilheit mA/V	Innere Ohm
C. A. M. 1	12	83	20	50	7	2·8	2500
C. A. M. 2	10	für Telegraphie	20	25	25	5·0	5000
C. A. M. 3	11	80	17	69	6·5	6·5	1000

Gleichrichterröhren.

Röhre	Höchste Gleichspannung, kV	Gesamtemission A	Glühfaden V	Glühfaden A
C. A. R. 1	10	1·0	20	50
C. A. R. 2	15	7·0	20	50
C. A. R. 3	25	10·0	15	125

Für die Lebensdauer der Röhren ist in erster Linie die Lebensdauer des Heizfadens bestimmend, für die das bekannte, auch für die Wolframglühlampe gültige Gesetz: „Eine Erhöhung oder Erniedrigung der Betriebsspannung um 5 vH halbiert oder verdoppelt die Lebensdauer" besteht. Die Lebensdauer wird daher schon durch geringe Fehler der den Betrieb kontrollierenden Instrumente beeinflußt. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer erscheint es ferner vorteilhaft, etwas größere innere Verluste infolge höheren inneren Widerstandes zuzulassen und damit die Heizung so weit zu erniedrigen, als es mit der Vermeidung wirklicher Sättigung verträglich ist. Bei Telephoniesendern, die mit Gleichstrom geheizt werden, fließt ferner der ganze Anodenstrom zum negativen Ende des Heizfadens, das schon durchbrennt, bevor das positive Ende noch seine halbe Lebensdauer erreicht hat. Dieser Nachteil tritt in Modulationsröhren noch stärker auf als in Senderöhren. Es ist daher nötig, die Fadenpolarität regelmäßig in kurzen Zwischenräumen, etwa einmal täglich, mittels eines Umschalters zu wechseln. Wird Wechselstrom zur Heizung verwendet, so darf er mit der ungeachtet der Gleichrichtung noch vorhandenen Wechselkomponente des Anodenstromes nicht synchron sein, sonst muß man ebenfalls zu dem vorerwähnten Umschalter greifen. Man kann die Stromverteilung im Heizfaden auch durch passende, zu seinen Hälften parallel geschaltete Ausgleichswiderstände verbessern. Wird Vierphasen- oder Achtphasengleichrichtung verwendet, so kann die Heizung mit einem um 90° gegen die Wechselkomponente des Anodenstromes verschobenen Wechselstrom erfolgen. Es empfiehlt sich ferner, die Fäden langsam anzuwärmen, weil der geringe Widerstand des kalten Wolframs einen hohen Anfangsstrom zuläßt, der alte Fäden schon durch magnetische Kraftwirkungen schädigen kann und die schwächsten Stellen am stärksten erhitzt. Ähnliche Vorsichtsmaßnahmen empfehlen sich beim Ausschalten, um eine Beanspruchung durch ungleichmäßiges Zusammenziehen bei der Abkühlung zu vermeiden. Für 50 A-Fäden erscheint ein zumindest 15 s lang vorzuschaltender Schutzwiderstand von 0·5 bis 0·75 Ohm geeignet.

Abb. 4 zeigt eine Kurve mittleren Verlaufes der Lebensdauer für die Type M. T. 6 mit den ungefähren

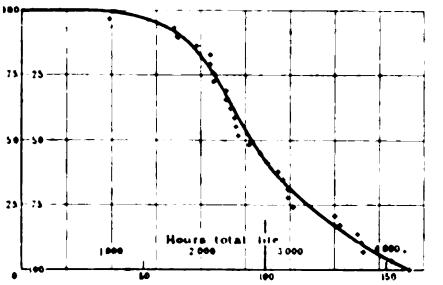


Abb. 4.

Daten: Heizspannung 15·5 V; Heizstrom 9·5 A; Anodenspannung 10 kV; Kurzschlußversuch 400 W. Die Abszissen stellen die absolute Lebensdauer in Stunden (obere Skala) und die relative in Prozenten der mittleren Lebensdauer (untere Skala) dar. Die Ordinaten geben die überlebenden Röhren (linke Skala) und die ausgebrannten (rechte Skala) in vH der Gesamtzahl an. Je ungleichmäßiger die Güte der in einem Prüfsatze vereinigte Röhren ist, desto flacher verlaufen die Kurven, weil die Röhren unter Durchschnittsgüte sehr rasch ausbrennen, während die über Durchschnittsgüte unverhältnismäßig lang aushalten. Je gleichmäßiger dagegen die Güte ist, desto eckiger und stufenförmiger ist die Kurvenform und desto steiler in ihrem mittleren Abschnitte, da die Röhren fast alle zu gleicher Zeit durchbrennen. R. H.

(Journ. of the I. E. E., Bd. 65, Nr. 368, 1927.)

Über den Emissionsmechanismus von Oxydkathoden und die Austrittsarbeit von Elektronen aus Erdalkalioxydkathoden berichtet Werner Espe auf Grund besonders sorgfältig durchgeführter Versuche. Die Kathode bestand aus einem durch eine Wolframspirale gerade gespannten Platiniridiumband (5 bis 10 vH Ir) 50 × 0·25 × 0·05 mm, das in der Mitte auf 30 mm Länge mit Oxyd bedeckt war. Als Bindemittel des Oxyds dienten Kolophonium in Alkohol oder reinstes Paraffinöl, die durch Ausglühen leicht entfernt werden konnten. Die Anode bestand aus einem konzentrischen Tantalblech von 32 mm Länge und 20 mm Durchmesser. Beiderseits an das Meßrohr angeschlossene Hartglasbeutel mit Kokosnußkohle ermöglichten nach sorgfältiger Entgasung des ganzen Apparates ein Vakuum unter 10^{-7} mm Hg. Die Erscheinungen sprechen dafür, daß die Oxydschicht durch den sie durchquerenden Emissionsstrom elektrolysiert wird, so daß sich an der Oberfläche freies Metall bildet. Da dieses durch den neben den Elektronen emittierten negativ ionisierten Sauerstoff wieder oxydiert wird, bildet sich ein dynamisches Emissionsgleichgewicht aus, das nicht nur von der Fadentemperatur, sondern auch von der Anodenspannung abhängt. Die mit dem Emissionsstrom ansteigende Erwärmung der Oxydschicht verhindert das Auftreten von Sättigungserscheinungen, wenngleich der Anodenstrom bei höheren Anodenspannungen gegenüber der Formel

$$i = (2\,l/9\,r\,\beta^2) \cdot \sqrt{2\,l/m} \cdot V^{3/2},$$

der sich die Meßergebnisse bei geringen Anodenspannungen gut anschließen, beträchtlich zurückbleibt. Das Ansteigen der Fadentemperatur mit dem Emissions-

Digitized by Google

strome ungeachtet konstanter Heizung wurde mittels eines Mikropyrometers von Siemens & Halske, das die Fadenoberfläche 20fach vergrößert zeigte, an verschiedenen Oxydkathoden bestätigt. Da die Ausbildung der metallischen Einlagerungen Zeit beansprucht, wird die Höchstemission bei einer gegebenen Anodenspannung erst nach einigen Stunden erreicht; die Röhre muß formiert werden. Eine CaO + BaO + SrO-Kathode lieferte bei $T = 1300^0$ K und $e_a = 220$ V anfänglich $i_a = 1{\cdot}3$ mA, nach fünf Stunden Betrieb jedoch bereits $i_a = 111$ mA. Die erreichbare obere Grenze für i wächst mit der Anodenspannung. Bei einem BaO-Faden stieg sie beim Übergang von 220 auf 300 V von 20 mA auf 75 mA. Dagegen bewirkt reine Heizung ohne Anlegung einer Anodenspannung keine Formierung. Für die Emission gilt auch die Formel von Richardson:

$$i_a = F \cdot A \cdot \sqrt{T} \cdot \varepsilon^{-B/T}$$

oder das Gesetz von S. Dushman:

$$i_a = F \cdot A_0 \cdot T^2 \cdot \varepsilon^{-B_0/T},$$

(F = Emissionsfläche; A, A_0, B, B_0 = Konstanten). Zwischen den beiden Formeln konnte bisher wegen des geringen Einflusses des Faktors $\sqrt{T}$ oder T^2 gegenüber der Exponentialfunktion noch keine Entscheidung getroffen werden. Die Formeln gelten jedoch nur, wenn für die gewählte Anodenspannung Emissionsgleichgewicht besteht, das heißt reproduzierbare Ergebnisse erhalten werden. Trägt man $1/T$ als Abszissen und $\log i_a - {}^1/_2 \log T$ oder $\log i_a - 2 \log T$ als Ordinaten auf, so erhält man für verschiedene Anodenspannungen parallele Gerade, woraus hervorgeht, daß sich nur die Faktoren $F \cdot A$ oder $F \cdot A_0$, nicht aber die Konstanten B oder B_0 mit der Anodenspannung ändern. Für eine SrO-Kathode ergaben sich für Temperaturen zwischen 1000 und 1350° K:

Anodenspannung:	200	300 Volt
Konstante A:	$0{\cdot}75 \cdot 10^3$	$2{\cdot}4 \cdot 10^3$ A/cm² grad$^{1/2}$
„ B:	1·41	1·44 Volt

Die Einstellung des Gleichgewichtes beim Übergange auf eine andere Anodenspannung erfordert stets eine gewisse Zeit. In der kalten Röhre tritt ferner nach längerer Zeit eine Verminderung von A durch Oxydation oder Rückdiffusion der emittierenden Metallteilchen ein, die sich durch kurzes Erhitzen auf hohe Temperatur rückgängig machen läßt. Ebenso vermindert Glühen ohne Anodenspannung die Konstante A durch Verdampfung des Metalls manchmal bis auf die Hälfte. Bei kürzerer Dauer der hohen Temperatur (1400°) kann diese Verminderung durch Erhitzen auf 900 bis 1000° K rückgängig gemacht werden; bei längerer Dauer ist hiezu Anodenspannung erforderlich. Dies erscheint mit der elektrolytischen Theorie gut vereinbar. Vom Standpunkte dieser Theorie wäre ferner B oder B_0 nicht als die Loslösungsarbeit des Oxydes, sondern als die des reinen Metalls zu betrachten. Die Ökonomie der Oxydkathoden steigt mit der Temperatur rasch an, desgleichen mit der Anodenspannung. Sie beträgt zum Beispiel für SrO bei 1300° K:

Anodenspannung:	200	300 V
Ökonomie:	14 bis 16	31 bis 34 mA/Watt

Die in einer zweiten Arbeit behandelten Untersuchungen des Verfassers über die Austrittsarbeit gehen von der Richardsonschen Formel

$$i = F \cdot A \cdot T \cdot \varepsilon^{-ed\varphi/kT}$$

aus. ($e = 4{\cdot}774 \cdot 10^{-10}$ ESE = Elektronenladung; $d\varphi$ = Loslösungsarbeit in est. Spannungseinheiten; $ed\varphi$ = Loslösungsarbeit in Erg; $k = 1{\cdot}372 \cdot 10^{-16}$ erg . grad^{-1} = = Boltzmannkonstante; $ed\varphi/k = B$ = Loslösungsarbeit in Grad Kelvin.) Die Neigung α der früher erwähnten Richardsonschen Geraden liefert

$$B = \operatorname{tg}\alpha / \log \varepsilon = 2{\cdot}3 \operatorname{tg}\alpha \text{ und } d\varphi = B/1{\cdot}16 \cdot 10^4 \text{ V}.$$

Auf Grund der Dushmanschen Gleichung erhält man die Größen $d\varphi_0$ und B_0 aus der Neigung α_0 durch dieselben Formeln. Die Dushmansche Konstante

$$A_0 = 2\pi k^2 \mu e / h^3 = 60{\cdot}2 \text{ A/cm}^2 \text{ . grad}^2$$

ist eine universelle Konstante, deren Wert an Tantal, Molybdän und Wolfram verifiziert werden konnte; sie gilt für alle Kathodenmetalle mit ungesättigten Feldern der äußersten Gitteratome. Die Fadentemperaturen wurden mittels des erwähnten Mikropyrometers gemessen, wobei von der durch Arnold bestätigten Voraussetzung ausgegangen wurde, daß sich die Oxyde im roten Teile des Spektrums wie schwarze Körper verhalten. Einwandfreie Messungen erfordern ferner eine gleichmäßige Temperatur der ganzen Oxydoberfläche, die nur bei dünnen Aufstrichen erreichbar ist, da dicke stets Glühinseln oder -ringe zeigen. Vorkommende, fast mikroskopische Glühinseln können durch hohe Erhitzung unter Anodenspannung verdampft werden. Es muß ferner ein Emissionsgleichgewicht erzielt werden, bei dem der chemische Zustand der Kathode während einer Meßreihe konstant bleibt; würde sich A während der Messung ändern, so erhielte man falsche Werte für die Neigung α. Bei dünnen Schichten ist es schwierig, A genügend lange konstant zu halten; es gelingt aber, wenn man sich auf kleinere Meßströme (20 bis 30 mA bei den gewählten Abmessungen) und geringere elektrolytische Vorbehandlung, also weniger aktive Masse in der Oxydschicht beschränkt. Die erreichte Konstanz zeigt folgende Tabelle ($e_a = 200$ V):

Hingang		Rückgang		Hingang	
T in °K	i_a in mA	T in °K	i_a in mA	T in °K	i_a in mA
1091	0·3	1085	0·28	—	—
1173	1·28	1173	1·25	1173	1·3
1240	3·72	1253	3·9	1240	3·8
1314	10·1	1327	11·2	1309	10·2
1389	29·5	—	—	1383	29·5.

Möglichste Reinheit der Oxyde ist ein unbedingtes Erfordernis, da schon sehr geringe Mengen stärker emittierender Verunreinigungen die Emission stark erhöhen. Die Apparatur darf nicht durch vorher untersuchte hoch emittierende Stoffe „vergiftet" sein. Ebenso können Gasreste in den Röhren falsche Werte liefern. Die Meßergebnisse aus je 3 bis 5 dünnen Probeschichten bei $e_a = 200$ bis 300 V waren im Mittel:

Kathodenschicht	B in °K	d in V	B_0 in °K	d_0 in V
CaO	22 400	1·93	20 400	1·76
SrO	16 600	1·43	14 800	1·27
BaO	12 800	1·11	11 500	0·99.

Die Ergebnisse stimmen mit den von Koller (1925) und Rothe (1926) gut überein; frühere Beobachter erhielten wegen der damals noch unzureichenden Pumptechnik (Gasreste) zu hohe Werte. R. H.

(Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern, Bd. V, Heft 3.)

Geräuschmessungen in Flugzeugen beschreiben H. Faßbender und K. Krüger. Das durch die Motoren und Luftschrauben, in offenen Flugzeugen auch durch den Fahrwind, erzeugte Geräusch ist nicht nur beim akustischen Empfang von Funktelegraphie oder -telephonie, sondern im letzteren Falle auch beim Senden sehr störend. Um über die Wirksamkeit von Gegenmitteln täuschungsfreie Ergebnisse zu gewinnen, erschien es erforderlich, die Geräuschstärken, in irgend einem zunächst willkürlichem Maße zu messen. Als Einheit wurde der Schwellenwert eines Tones von $\omega = 5000$ (790 Per/s, das ist nahe dem Tone g_2) bei vollkommener Geräuschlosigkeit gewählt; die weiteren Stufen der Geräuschstärke sind so abgeglichen, daß die am geräuscherzeugenden Telephon liegenden Wechselspannungen nach Potenzen von 2 fortschreiten. Die Spannung der n-ten Stufe entspricht also dem 2^{n-1}-fachen der Spannung beim Schwellenwerte (Siemensstufen). Nach Messungen von Max Wien[1]) entspricht dem Schwellenwert bei dieser Tonhöhe eine Schallenergie von $38 \cdot 10^{-12}$

[1]) Verh. d. Naturf. u. Ärzte, Karlsbad 1902, Bd. II, T. I, S. 28; Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 97 (1903); Physik. Z. S., Bd. 4 (1902/03), S. 69.

Digitized by Google

Erg. Die Messung wird derart vorgenommen, daß ein Ohr des Beobachters dem zu messenden Geräusche frei ausgesetzt ist, während am zweiten Ohre das Geräusche bekannter Stärke erzeugende Telephon dicht anliegt. Die Geräuschstärke im Telephon wird stufenweise so lange verändert, bis das Geräusch in beiden Ohren gleich stark erscheint. Die Einstellung ist bei der ziemlich groben Abstufung nicht schwierig; es zeigte sich, daß — von ganz ungeeigneten Personen abgesehen — in einem bestimmen Falle mehrere Beobachter die gleiche Stufe einstellten. Die Schaltung des Apparates zur Erzeugung der Geräuschskala ist in Abb. 5 dargestellt. Er besteht aus einem Transformator, dessen Primärwicklung durch einen auf $\omega = 5000$ abgestimmten Sum-

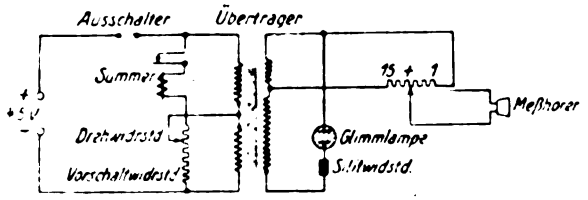


Abb. 5.

mer mit unterbrochenem Gleichstrom erregt wird. Mit der Sekundärwicklung ist einerseits eine Glimmlampe, andererseits ein Telephon mit Potentiometer verbunden. Die Stärke der primären Erregung wird durch den im Primärkreise liegenden Drehwiderstand so eingestellt, daß die Glimmlampe auf der Sekundärseite eben zu leuchten beginnt. Das Potentiometer im Telephonkreise dient dazu, die Geräuschstärke einzustellen. Die Messungen ergaben, daß in der geschlossenen Flugzeugkabine die Geräuschstärke nahezu im ganzen Raume konstant ist, während sie im offenen Flugzeug oder am Führersitz eines Verkehrsflugzeuges um so höher anwächst, je mehr man das Ohr dem Fahrwinde aussetzt, ja selbst schon beim Drehen des Kopfes merkliche Änderungen erfährt. Es wurden folgende Flugzeuge untersucht:

Nr.	Baumuster	Hersteller	Motorenzahl	Nennleistung in PS	Motortype
1	GMG 1	Müller-Griesheim	1	35	Anzani,
2	L 68	Albatros-Flugzeugw.	1	75	S H 11
3	F 13	Junkers A. G.	1	260	Junkers L 2
4	F 13	„	1	300	B M W 4
5	A 20	„	1	300	„
6	F 3	Fokker	1	300	„
7	F 2	„	1	300	„
8	Merkur	Dornier Metallbauten	1	450	B M W 6
9	L 73	Albatros-Flugzeugw.	2	je: 300	Junkers L 5
10	G 24	Junkers A. G.	3	„ 260	Junkers L 2
11	Roland	Rohrbach Co.	3	„ 300	B M W 4

Im normalen Betrieb ergaben sich folgende Geräuschstärken in Siemensstufen:

Nr.	Baumuster	In der Kabine		Im Freien	
		Drehzahl	Siemensstufen	Drehzahl	Siemensstufen
1	GMG 1	—	—	1400	12
2	L 68	—	—	1500	13
3	F 13	—	10	1380	13 - 13½
4	F 13	—	10	1330	14
5	A 20	—	—	1400	13
6	F 3	1480	11	—	—
7	F 2	—	—	1200	11½
8	Merkur	—	11½—12	1400	über 15
9	L 73	—	11½	—	—
10	G 24	1180—1250	9½—10	—	—
11	Roland	1200—1300	9	—	—

Die Abhängigkeit vom Fahrwind und der Drehzahl zeigen die folgenden Tafeln:

Nr.	Type	Drehzahl	Siemensstufen bei der Stellung des Beobachters: Normaler Sitz	In den Fahrwind gebeugt	Nach innen gebeugt
4	F 13 (BMW 4)	1200	13	bis 14	12
4	„	1330	14	bis 15	13
5	A 20	1400	13	über 15	12

Nr.	Type	Lage	Drehzahl	Siemensstufen
2	L 68	im Fluge	1000	11
2	„	„ „	1500	13
3	F 13	„ „	1200	12 – 12½
3	(L 2)	„ „	1300	13 – 13½
4	F 13 (BMW 4)	am Boden	500	9
4	„	„ „	600	9½
4	„	„ „	800	10
4	„	„ „	1000	11½
4	„	„ „	1200	13
4	„	im Fluge	1330	14
5[1])	A 20	„ „	1000	9¾
5	„	„ „	1100	10
5	„	„ „	1200	10½
5	„	„ „	1300	11
5	„	„ „	1400	12
8	Merkur	„ „	1200	15
8	„	„ „	1400	über 15

[1]) Außerhalb des direkten Fahrwindes gemessen.

Die geringsten Geräuschstärken zeigt die allseitig geschlossene Kabine, insbesonders die des Rolandflugzeuges (Nr. 11), doch kann schon eine einfache, geschickt vor dem Führersitz angebrachte Windschutzscheibe, wie beim Fokkerflugzeug F 2 (Nr. 7) sehr gute Dienste leisten. Der Geräuschmesser kann auch dazu dienen, die für verschiedene Geräuschstärken erforderliche Lautstärke eines Empfängers zu ermitteln, indem man das Empfängertelephon an ein Ohr und das Telephon des Geräuschmessers an das andere Ohr legt. Weitere Versuche über die Abhängigkeit der Geräuschstärke vom Luftdruck sowie über die Trennung der Geräuschanteile der Luftschraube und des Motors sind in Aussicht genommen.

R. H.

(Z. f. Techn. Physik, Jg. 8, Nr. 7, 1927.)

Genaue Wellenlängenmessungen in Sendeanlagen. R. Braillard und E. Divoire beschreiben die im Auftrage der Technischen Kommission der Union International de Radiophonie in den physikalischen Laboratorien der Brüsseler Universität durchgeführten Messungen. Eine Sendestation muß vor allem den nachstehenden Anforderungen genügen: Die angegebene Frequenz muß mit der ausgestrahlten genau übereinstimmen. Die ausgesandte Welle muß stabil arbeiten, unabhängig von der Art der Sendersteuerung. Die ausgestrahlte Welle darf keine Harmonische besitzen. Die Genauigkeit, mit der die Abstimmung des Senders auf eine bestimmte Wellenlänge erfolgen kann, ist in erster Linie von der Genauigkeit des hiebei verwendeten Wellenmessers abhängig. Eine untere Grenze der Meßgenauigkeit des Wellenmessers ist durch die Weite des zugelassenen Seitenbandes von 10 Kilocycle gegeben. Dies entspricht bei der Welle von 600 m einer Wellenlängenänderung von 2 vH, bei der Welle von 200 m nur mehr 0·66 vH. Es ist nun klar, daß die Genauigkeit des Wellenmessers eine viel größere sein muß, etwa in der Größenordnung von einigen 0·0001. Diese Genauigkeit kann nur bei einem sehr eingeschränkten Meßbereich des Instrumentes erreicht werden. Jede Sendestation erhält einen besonderen Wellenmesser, welche jedoch alle in demselben Laboratorium mit derselben Wellennormale geeicht werden müssen. Der schließlich zur Ausführung gekommene Wellenmesser besteht lediglich aus einer konstanten Selbstinduktion in Verbindung mit einer großen Fixkapazität, zu der ein kleiner variabler Kondensator parallel geschaltet ist. Der mit der veränderlichen Kapazität bestreichbare Frequenzbereich beträgt nur einige vH des Gesamtwertes. Als Indikator dient eine kleine Glühlampe, die mit Hilfe einer kleinen Kupferschleife mit dem Abstimmungskreis lose gekoppelt ist. Besondere

Digitized by Google

Erwähnung verdient die Konstruktion der Kapazität. Diese ist als ein Zylinderkondensator ausgeführt, dessen Belegungen durch starke Aluminiumzylinder gebildet werden, die aus dem vollen gedreht sind. Beide Metallbeläge sind an einer fixen Achse konzentrisch montiert, die äußere Belegung ist mit der Achse verbunden, während die innere isoliert ist. Die beweglichen Elektroden der veränderlichen Kapazität sind ebenfalls an derselben Achse montiert, wobei die beweglichen Platten die Polarität des Außenzylinders haben. Die veränderliche Kapazität wird durch je zwei um 180 Grad versetze Zylinderquadranten gebildet, von denen die inneren verdrehbar sind. Die fixen Quadranten sind aus einem Stück mit dem Innenzylinder des Fixkondensators gearbeitet. Es wurde deshalb diese Form der Kapazität gewählt, entgegen der allgemein üblichen Anordnung von planparallelen Flächen, da, wie mathematisch leicht nachweisbar, der Fehler, der durch eine allfällige Excentrizität der Kondensatorachse entstehen kann, hier viel geringer ist als bei Kondensatoren mit planparallelen Belegungen. Die Selbstinduktion wird durch eine verlustarm gewickelte Blankdrahtspule gebildet, deren Wicklungen von sechs Isolierstäben getragen werden. Die Ganghöhe der Windungen und der Durchmesser des Drahtes sind derart bemessen, daß die geringsten Verluste auftreten. Die Eichung des Wellenmessers erfolgte mit Hilfe des Multivibrators von Abraham und Bloch[1]), durch Herauslesung höherer Harmonischer. Die Grundfrequenz wurde durch einen Stimmgabelgenerator erzeugt. Die hiebei notwendigen Überlagerungsfrequenzen wurden durch Quarzkristalle gesteuert. Die Meßgenauigkeit dieser Wellenmesser ist eine sehr große, der durchschnittliche Fehler beträgt nicht mehr als 0·0002.

E. M.

(Experimental Wireless, Band 4, Heft 45 und 46, 1927).

Das Glühdrahtmikrophon und die Tonresonanzselektion behandelt G. G. Blake. Schon 1880 beschrieb W. Preece ein Thermotelephon, bestehend aus einem feinen, straff gespannten und durch Batteriestrom erhitzten Platindraht, dessen eines Ende an einer Membran befestigt war. Wurde gegen ein im Heizstromkreise eingeschaltetes Mikrophon gesprochen, so gab die Membran die Sprache wieder. 1887 verwendete Prof. G. Forbes Glühdrähte als Mikrophon, wobei die den Glühdraht treffenden Schallschwingungen dessen Widerstand durch Kühlwirkung änderten. 1906 erfand Dr. Eccles einen „Thermophon" benannten Telephonempfänger, der aus einem U-förmigen Glühdraht bestand, welcher in einer röhrenförmigen, mit einer kleinen Öffnung versehenen Kapsel eingeschlossen war. Die Kapsel konnte unmittelbar in den Gehörgang eingeführt werden. 1923 zeigte W. S. Tucker die außerordentliche Empfindlichkeit von Glühdrähten, die sich vor der Mündung eines Resonators befanden und einen Zweig einer Wheatstonebrücke bildeten, gegen Schallwellen von der Eigenfrequenz des Resonators und ihre Unempfindlichkeit gegen Schallschwingungen anderer Frequenz. Diese Eigenschaft wurde während des Weltkrieges dazu benutzt, den Standort der schweren Geschütze des Feindes unbeeinflußt vom kurzwelligen Gewehrfeuer zu bestimmen. Der Verfasser machte ferner schon 1924 aufmerksam, daß das Verfahren geeignet wäre, einander störende Telegraphiesender voneinander zu trennen, soferne sie mit einer festen Tonfrequenz modulierte Wellen verwendeten. Das mit den Ausgangsklemmen des Empfängers verbundene Telephon wird hiezu gegenüber der Mundöffnung eines auf die Sendermodulation abgestimmten Resonators angebracht; zwischen beiden befindet sich der in einen Zweig einer Wheatstonebrücke eingeschaltete Glühdraht. Der Galvanometerkreis der Brücke wird mit dem Schreibapparat verbunden. In den „Radio News" von Dezember 1926 beschreibt O. C. Roos seinen „Acoustat" zur Aussiebung luftelektrischer Störungen. Das Verfahren ist auf ein 1910 oder 1911 von Braun in Deutschland entwickeltes Tonselektionssystem gegründet, verwendet aber keine Glühdrähte. Eine Veröffentlichung von Dr. H. E. Watson aus dem Jahre 1927 über das Tucker-Mikrophon regte den Verfasser zu eigenen Versuchen an. Watson verwendete als Glühdaht einen Wollastondraht von 0·006 mm Stärke, der auf Rotglut erhitzt wurde und erhielt ähnliche Ergebnisse wie Tucker. Es gelang ihm, schwache Signale neben starken aufzunehmen, obwohl der Unterschied der Hochfrequenzwellen nur 8 m von 4000 m betrug. Ebenso konnten Zeichen von Siagon (15 750 m) und Malabar (15 600 m) von den Lyoner Zeichen (15 300 m) scharf getrennt werden.

Der Verfasser verband ebenso wie Watson den Glühdraht mit den Eingangsklemmen eines Niederfrequenzverstärkers, während die Ausgangsklemmen des ein- oder zweistufigen Hochfrequenzverstärkers mit dem vor dem Resonator angeordneten Telephon verbunden waren. Hiemit wurden Zeichen von zahlreichen ungedämpften und Funkensendern aufgenommen. Als Resonatoren dienten verschiedene Röhren, wobei sich die Abstimmung sowohl des Resonators, als auch des Überlagerungsempfanges auf 376 Per/s am zweckmäßigsten erwies. Der Glühdraht war wie bei Watson 0·006 mm stark, sein Heizstrom betrug 4·5 mA, die mittels eines Potentiometers von einem 6 V Akkumulator geliefert wurden. Die Öffnung des Resonators war mit einem einstellbaren Spaltdiaphragma versehen. Zur Ermittlung der günstigsten Abmessungen und Verhältnisse wurde nun ein Geräuschsender zur absichtlichen Störung der Zeichen gebaut. Vor einer konkaven Höhlung, in deren Grunde sich das Mikrophon befand, wurden drei Telephone und ein gewöhnlicher Summer angebracht, so daß die von ihnen erzeugten Geräusche sich untereinander und mit den Telegraphiezeichen vermengten. Zwei Telephone wurden mit verschiedenen Tonfrequenzen erregt, das dritte mit Gleichstrom, der durch eine Metallbürste, die über eine Feile geführt wurde, unterbrochen wurde; der Summer erzeugte ein Tongemisch. Hiemit wurden zahlreiche Anordnungen geprüft. Wollastondrähte von 0·0025 mm Stärke und 5 mm Länge erwiesen sich am wirksamsten. Das Resonatormundstück war von großem Einflusse und mußte durch Versuche auf eine günstigste Spaltbreite eingestellt werden. Für die Selektivität ist auch ein gewisser Abstand der Schalldose vom Resonator zur Verhütung erzwungener Schwingungen wesentlich. Der Heizstrom wurde von einem 4 V Akkumulator geliefert; er betrug 16·5 mA ohne Empfang und stieg bei Empfang um weniger als 1 mA an. Er wurde einem Verstärker zugeführt, dessen normaler Anodenstrom durch ein mit der Röhrenheizbatterie in Verbindung stehendes Potentiometer kompensiert wurde. Im Anodenstromkreise befand sich ein Siemensrelais, das einen Syphonrekorder betätigte. Mit dieser Einrichtung konnten drahtlose, mit einer Außenantenne aufgenommene Zeichen, auch wenn sie durch die oben erwähnten Störgeräusche hoffnungslos gestört wurden, tadellos ausgesiebt und empfangen werden.

Der Verfasser erwähnt ferner, daß im Jahre 1907 A. Koepsel ein Relais patentiert wurde, das eine große Verwandtschaft mit dem Tuckerschen Glühdrahtmikrophon besitzt. Gegenüber einem ausgespannten und in eine Wheatstonebrücke eingeschalteten Glühdraht befindet sich eine mit einem Spalt versehene Glimmerscheibe. Durch eine geringe Drehung dieser Scheibe tritt der Spalt vor den Glühdraht, wodurch sich dessen Wärmeausstrahlung und Widerstand ändern. Die Empfindlichkeit wird durch einen zweiten im anderen Brückenzweig liegenden Glühdraht, der bedeckt wird, wenn der erste freiliegt, erheblich gesteigert. Dies legt eine ähnliche Anordnung zweier Glühdrahtmikrophone oder eine Steuerung der Glimmerscheibe des Koepselrelais durch den Luftstrom des Resonators nahe. Die Selektivität des Glühdrahtmikrophons ist so groß, daß beim Überlagerungsempfang von ungedämpften Zeichen schon eine Verstimmung des einen 500 cm Kondensators um 1 bis 2 Skalenteile genügt, um den Empfang zu verhindern. Luftelektrische Störungen mittlerer Stärke werden ausgeschaltet. Starke solche Störungen können

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1927, S. 46.

Digitized by Google

weder mit diesem Apparat noch mit dem Acoustat verhindert werden. Mit Hilfe der Tonresonanzselektion könnte die Zahl der Telegraphiesender außerordentlich vermehrt werden, wenn die feste Tonmodulation in den Sender verlegt würde. Auch die gleichzeitige Aufnahme mehrerer Sender erscheint durchführbar. R. H.
(Experimental Wireless, Bd. 4, Nr. 47, Aug. 1927.)

Patentbericht.

Elektronenröhren-Schaltungen.

Empfängerschaltungen.

(Schluß aus Heft 1, Seite 11.)

Der Zweck einer Erfindung der Telefunkengesellschaft besteht darin, durch eine besondere Schaltungsanordnung von fremdgesteuerten Sendern die Rückwirkung des Hauptsenders auf den Steuersender zu verhindern und gegebenenfalls auch die Selbsterregung des Hauptsenders zu vermeiden. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, daß der Steuersender mit dem Röhrensender und die Elektronenröhren mit den Schwingungskreisen derart verbunden sind, daß entweder der Steuersender oder der Hauptsender in dem Nullzweig einer Brückenschaltung liegt. In der Abb. 2 sind *A*, *N* und *G*, *K* die Endpunkte der Brücke, *St* der Steuer- und *H* der Hauptsender. (D. R. P. Nr. 448063.)

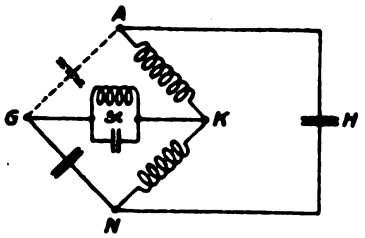


Abb. 2.

Nach einer Erfindung der Gebr. Fleischhauer & Co. G. m. b. H., Berlin, wird der Ausgleich der inneren Röhrenkapazität dadurch vollzogen, daß zwischen das Gitter der Vorröhre und der Abstimmungsspule des nachfolgenden Kreises eine oder mehrere offene Windungen gelegt werden, welche die Abstimmungsspule konzentrisch mit geringem Abstand umgeben. Diese Windungen ersetzen den Feinkondensator und stellen zugleich einen beweglichen Anschluß an die Abstimmspule dar, auf welcher sie hin- und hergeschoben werden können (Abb. 3). (D. R. P. Nr. 441989.)

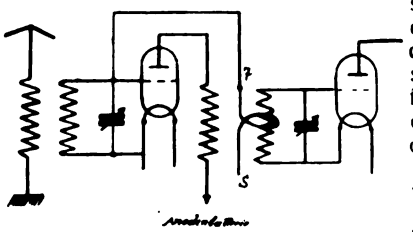


Abb. 3.

Bei einer Schaltung zur Unterdrückung der Pfeifneigung wird nach Dr. E. F. Huth G. m. b. H., Berlin, in den Gitterkreis einer jeden Röhre eine veränderliche Reguliervorrichtung derart eingeschaltet, daß durch ihre Betätigung die normalen Betriebszustände, insbesondere die Stromverhältnisse im Anodenkreis, nur unwesentlich geändert werden; der wirksame Gitterwiderstand kann dagegen stets so eingestellt werden, daß ein durch schlechtes Vakuum oder durch eine Rückkopplung hervorgerufener wirksamer negativer Widerstand, der für sich Seltbsterregung erzeugen würde, kompensiert werden kann. (D. R. P. Nr. 448134.)

Zur Vermeidung der schädlichen Kapazitäten zwischen Gitter und Anode wird nach einer Erfindung der Siemens & Halske A. G. zwischen beiden eine Drosselspule gelegt (kapazitiv mit dem Gitter verbunden), die mit der zwischen Anode und Gitter wirksamen Kapazität auf die zu verstärkende Frequenz abgestimmt ist. Hierdurch wird die Verstärkung wesentlich verbessert, besonders dann, wenn der Verstärker mit einer rückgekoppelten Audionröhre zusammenarbeitet, weil in diesem Fall der äußere Widerstand der ersten Röhre hoch ist und die Kapazität zwischen Gitter und Anode bis auf den annähernd 1/D-fachen Wert (D gleich Durchgriff) der statischen Kapazität ansteigt.
(D. R. P. Nr. 448209.)

Von Dr. N. Koomans, den Haag, wurde eine Neutrodynschaltung angegeben, bei der die Kapazitätswirkung zwischen dem Steuergitter und der Anode durch Verwendung einer vierten Elektrode ausgeglichen wird. Die Stelle *a* (Abb. 4), wo die Anodenbatterie mit der Selbstinduktion verbunden sein soll, hängt von der Größe der Kapazitäten zwischen dem Steuergitter und der Anode bezw. zwischen dem Steuergitter und dem zweiten Gitter ab. Sind diese beiden Kapazitäten gleich groß, so muß *a* in der Mitte von *b* liegen, sind sie verschieden, so soll *a* proportional verschoben werden.
(Ö. P. Nr. 107519.)

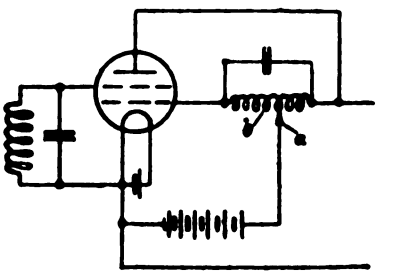


Abb. 4

Um möglichst viele Frequenzen auf derselben Leitung übertragen zu können, wird nach einer Erfindung von O. Muck, München, die Überlagerung einer oder mehrerer Hilfsfrequenzen benutzt; zwei im Frequenzbande benachbarte Frequenzen n_1 und n_2 ergeben mit einer Hilfsfrequenz n bekanntlich die Schwebungen n_1-n und n_2-n. Die spezifischen Schwingungsintervalle sind dann zwischen den beiden Frequenzen selbst $s = n_2/n_1 - 1$ und zwischen den beiden Schwebungen

$$s' = (n_2-n)/(n_1-n) - 1;$$

s' muß immer größer sein als s. (Ö. P. Nr. 107459.)

Die Konstanthaltung der Schwebungsfrequenz, die besonders beim Empfang kurzer Wellen im Falle von Schwankungen der empfangenen Frequenz Schwierigkeiten macht, wird nach einer Erfindung der Telefunken-Ges. in Berlin dadurch erreicht, daß mittels zweier um einen konstanten Betrag verschiedener Überlagerungsfrequenzen zwei um den gleichen konstanten Betrag voneinander abweichende Zwischenfrequenzen erzeugt werden, die durch für diese Zwischenfrequenzen genügend selektiv wirkende Kopplungsmittel auf einen gemeinschaftlichen Kreis zur Einwirkung gebracht werden, in welchem dadurch eine nach der Gleichrichtung objektiv wahrnehmbare Interferenzschwingung der beiden Zwischenfrequenzen entsteht, die als Differenz zweier stets im gleichen Sinn und Betrag veränderlicher Zwischenfrequenzen bei Änderungen der Empfangswelle konstant bleibt. Die Empfangsschwingungen werden dabei gewissermaßen nur als Übertrager der beiden Überlagerungsfrequenzen benützt. (Ö. P. Nr. 107511.)

Gemäß einer anderen Erfindung der gleichen Gesellschaft soll die Zeit verkürzt werden, in der der Empfänger durch Störungen beeinflußt werden kann; so zwar, daß die Apparatur nur so lange empfangsfähig ist, als wirksame Energie von Sender ausgestrahlt wird. Dies wird dadurch erreicht, daß die ankommenden Schwingungen zwei Röhrenanordnungen zugeführt werden, wobei die eine Röhrenanordnung (ein rückgekoppeltes Audion) als Generator wirkt und durch die ankommenden Schwingungen konphas mit dem fernen Sender gesteuert wird und daß durch diese Anordnung der zweiten, als Empfänger wirkenden Anordnung, an die der Indikator angeschlossen ist, eine hochfrequente Anodenspannung zugeführt wird. (D. R. P. Nr. 447482.)

Bei einer Überlagerungsempfangseinrichtung derselben Gesellschaft wird eine modulierte Überlagerungsfrequenz erzeugt. Die so entstehende modulierte Zwischenfrequenz wird nach Passieren eines Siebkreises wieder verstärkt und abgehört. Der Empfangston ist also hier unabhängig von den Schwankungen des Senders.
(D. R. P. Nr. 447546.)

Nach einer Erfindung der Dr. E. F. Huth G. m. b. H., Berlin, wird eine Empfangseinrichtung mit einem Uhrwerk mit Kontaktscheiben zusammengebaut, so daß kurz vor oder gegebenenfalls auch nach den jeweiligen Rundspruchszeiten ein optisches oder akustisches Signal ausgelöst wird. Auch kann die Einrichtung so getroffen

Digitized by Google

werden, daß zur bestimmten Zeit die Empfangseinrichtung freigegeben bezw. auf eine bestimmte Welle eingestellt wird. (D. R. P. Nr. 422277.)

Eine von Dr. F. Aigner in Wien angegebene Einrichtungen zur Frequenztransponierung besteht im Wesen darin, in einer vollkommen symmetrischen Gegentaktschaltung für die Erzeugung der Überlagerungsfrequenz das Aufdrücken der zu transponierenden Frequenz im Gleichtakt zu bewirken. Die Abb. 5 zeigt eine mit fünf Elektroden, nämlich einer Kathode *k*, zwei Gitter *g*, *g'* und zwei Anoden *a*, *a'* versehene sogenannte Pentatronröhre *A*, die in gleicher Weise wirkt, wie zwei entsprechend geschaltete, getrennte Röhren. Die Anoden *a*, *a'* der Röhre *A* sind über die Filtertransformatorenkreise *f*, *f'* und den Schwingungskreis *B* verbunden, der zwei symmetrisch verteilte Spulen *b*, *b'* aufweist, die im Symmetriepunkt *c* mit dem gemeinsamen Anodenkreis *d* verbunden werden. Die

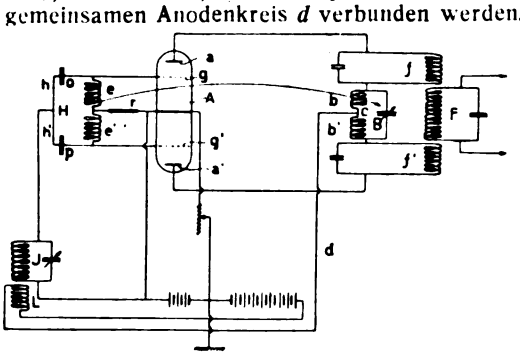


Abb. 5.

Spulen *b*, *b'* sind mit den Spulen *e*, *e'* des Gitterkreises induktiv gekoppelt. An die Gitter *g*, *g'* sind ferner die Gleichtaktleitungen *h*, *h'* gelegt, die die Audionkondensatoren *o*, *p* enthalten und der Gitterkreis ist an einen Symmetriepunkt *H* der Anordnung gelegt. Der gesamte Gitterkreis der Anordnung enthält demnach in der Gleichtaktleitung ausschließlich den Schwingungskreis *J* für die zu transponierende Welle samt den erforderlichen Audionkomplexen. Die Gitterableitung im Audionkomplex erfolgt über die Spulen *e*, *e'*, sowie über einen im Symmetriepunkt der Spulen *e*, *e'* angelegten Ohmschen Widerstand *r*. Die Spule *L* dient zur Rückkopplung auf den Eingangskreis *J*, der Ausgang der Kombinationsfrequenz erfolgt mit Hilfe des ebenfalls symmetrisch ausgebildeten Filtertransformators *f*, *f'*. F.

(Ö. P. Nr. 107242.)

Literaturberichte.

3603 **Leithäuser-Reinartz-Empfänger.** Ein Bastelbuch von Walter Sohst. VIII. Auflage, 137 Seiten mit 172 Textabbildungen und 2 Tafeln. Verlag Julius Springer, Berlin, 1927, Preis Mk. 5·50.

Das Buch ist in erster Linie für den bastelnden Amateur geschrieben, ein Großteil des Buches ist Bauanleitungen und Schaltplänen gewidmet. Im ersten Abschnitt über theoretische Schaltbilder werden nach einer kurzen Einleitung über die allgemeinen Prinzipien der Schaltungen mit kapazitiver Rückkopplung die einzelnen Abarten der Reihe nach besprochen. Leider beschränkt sich der Verfasser in der Regel auf eine kurze Beschreibung, ohne auf die Eigenschaften der Schaltung immer näher einzugehen. Hervorzuheben wäre jedoch die überaus klare und saubere Anordnung und Ausführung der Zeichnungen, die eine rasche Übersicht der Schaltung ermöglichen. Im zweiten Abschnitt über Bauanleitungen bringt der Verfasser zunächst Anleitungen zum Antennen- und Spulenbau. Bei dem Kapitel über Apparatebau muß man bemerken, daß die Bauweise, die der Verfasser zumeist anwendet und als das richtige hinstellt, heute (und wohl auch schon beim Erscheinen des Buches) bereits als überholt bezeichnet werden kann. Man ordnet nicht mehr alle Schaltelemente an der Frontplatte an, sondern nur diejenigen, die zur Bedienung des Empfängers unbedingt notwendig sind; alles übrige wird an der Grundplatte oder am Hilfspanel untergebracht. Auch trachtet man heute mit so wenig als nur möglich Bedienungsknöpfen das Auslangen zu finden, sehr im Gegensatz zu manchen angeführten Baubeispielen, kommt doch bei dem Vierröhrenempfänger mit H. F.-Verstärkung eine nicht geringere Zahl als 17 Bedienungsknöpfe vor. Man muß zwar zubilligen, daß die Spulenabgriffe an und für sich eine Vermehrung der Bedienungsstellen mit sich bringen, doch trachtet man auch hier möglichst zu sparen. Als Beispiel eines richtig ausgeführten Empfängers sei auf den Kurzwellenempfänger des Telegraphentechnischen Reichsamtes verwiesen. Die ausgeführten Baupläne sind im übrigen sauber ausgearbeitet. Auffallend ist es, daß der Kapazitätsbereich des Drehkondensators mit 80 bis 500 cm angegeben ist, wo auch die gewiß sehr tolerant gehaltenen Normvorschriften nur eine maximale Anfangskapazität von 30 cm bei 500 cm Endkapazität erlauben. Auch wenn man die Eigenkapazität der Spulen in Betracht zieht, ist die angegebene Anfangskapazität viel zu hoch. Bei Besprechung der verschiedenen Einzelteile, wären an Stelle der veralteten Kondensatortypen mit besonderer Feinstellplatte, die heute allgemein benützten Feinstellscheiben zu erwähnen gewesen. Für den Bastler jedoch wird das Buch manche Anregung bringen, da das gebotene in systematischer Darstellung gebracht wird. Das Buch kommt leider etwas zu spät. Bei einer zweiten Auflage wäre vor allem der Abschnitt über Apparatebau den neuzeitlichen Anforderungen entsprechend umzuarbeiten.

Mittelmann.

3642 **Wireless direction finding and directional reception.** Von R. Keen. VIII. 490 Seiten und 329 Abb. Verlag „The Wireless World", Ilife & Sons Ltd. London 1927.

Das vorliegende Buch ist die zweite und erweiterte Auflage des 1922 erschienenen Buches „Direction and Position Finding by Wireless". Die Arbeit wendet sich an alle, die ohne Zuhilfenahme eines großen mathematischen Apparates sich eingehend über die verschiedensten Methoden und Apparate der drahtlosen Richtungsbestimmung möglichst eingehend informieren wollen. Die Grundlagen der drahtlosen Technik werden als bekannt vorausgesetzt, ebenso die Wirkungsweise der Elektronenröhren. Der Verfasser hat gewissenhafte Arbeit geleistet, sind doch fast an die 400 Literaturnachweise im Text angeführt und in einem Anhang auch chronologisch geordnet; durch diese wertvollen Hinweise wird auch ein eingehendes Studium der einzelnen Sondergebiete ermöglicht. In den einleitenden Kapiteln werden die allgemeinen Grundlagen der Wellenausbreitung und der Polarisation der elektromagnetischen Wellen besprochen. Der nächste Abschnitt ist der Besprechung der verschiedenen Antennensysteme gewidmet; an Hand übersichtlicher und sehr anschaulicher Vektor- bezw. Polardiagramme werden die einzelnen Antennenkombinationen kritisch erläutert. Es wäre nur zu wünschen, daß bei der nächsten Neuauflage des Buches auch die neueren Arbeiten mit in einer höheren Harmonischen erregten Horizontalantennen bei vertikaler Polarisation Berücksichtigung fänden. Die Theorie des Rahmenempfanges sowie der Antennenrahmenkombinationen, die sehr anschaulich gebracht werden, bilden die Einleitung zu den Besprechungen der Apparate von einer großen Anzahl europäischer und amerikanischer Gesellschaften. Der Bellini-Tosi-System und seinen Abarten ist ein besonderer Abschnitt gewidmet. Die Kapitel über die verschiedenen Kartensysteme und der einschlägigen Himmelskunde werden sicher manchen Lesern willkommen sein. Sehr ausführlich sind die Abschnitte über die Verwendung der drahtlosen Richtungsbestimmung in der Schiffahrt und Luftfahrt. Auch die Theorie der Wellenausbreitung und die Kompensation der verschiedenen Fehlmessungen finden eine ziemlich eingehende Behandlung. Ausstattung und Druck sind sehr gut. Man kann das Buch jedermann empfehlen, der sich über die drahtlose Richtungsbestimmung grundlich orientieren will. Er wird das Buch Keens sicher nicht ohne Nutzen aus der Hand legen. Mittelmann.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, V. Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet

Heft 5 | **6. Mai 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Sektionsrat Ing. Hans Pfeuffer. Die internationale Radiokonferenz zu Washington. S. 45 — RUNDSCHAU. S. 52 — LITERATURBERICHT. S. 56

Die internationale Radiokonferenz zu Washington.

Von Sektionsrat Ing. Hans **Pfeuffer**, Wien.

Die ursprünglich schon für das Jahr 1917 in Aussicht genommene, durch den Weltkrieg verhinderte und in der Folge wiederholt hinausgeschobene internationale Radiokonferenz konnte endlich am 4. Oktober vergangenen Jahres in Washington zusammentreten und nach mehr als siebenwöchiger Arbeit ihre Tagung mit 26. November 1927 beschließen[1]). Die übermäßig große Zeitspanne zwischen dieser und der letzten internationalen Funkentelegraphen-Konferenz von London im Jahre 1912 und die gerade in dieser Zeit erfolgte stürmische Entwicklung des Radiowesens hatten zur Folge, daß der Konferenz ein Arbeitsprogramm von außergewöhnlichem Umfang vorlag. Das Interesse, das den vielerlei Fragen des internationalen Radioverkehrs, die in Washington ihrer zumeist schon äußerst dringlichen Lösung harrten, auf der ganzen Welt entgegengebracht wurde, drückte sich in der Beteiligung von rund 80 selbständigen Verwaltungen nahezu aller zivilisierten Nationen der Erde[2]) aus; die Washingtoner Radiokonferenz wurde damit zur überhaupt größten internationalen Konferenz, die bisher stattgefunden hat.

Einschließlich der Vertreter aller bedeutenden Radio- und Telegraphengesellschaften und der in Frage kommenden internationalen Organisationen (wie Union Internationale de Radiophonie, Internationale Kommission für Luftschiffahrt, Internationale Schiffahrtskonferenz, Internationale Amateur Radio-Union, Internationale Vereinigung der Radiotelegraphisten usw.), die mit beratender Stimme an den Arbeiten mitwirkten, zählte die Konferenz rund 400 Teilnehmer. Trotz der verschiedenartigsten Anschauungen und Wünsche, die in einem so vielfältig zusammengesetzten Kreise einander gegenüberstehen mußten, ist es doch dank der rein sachlichen Einstellung aller Beteiligten und ihrer weitestgehenden Bereitwilligkeit, die notwendigen Konzessionen zu machen, gelungen, alle der Konferenz vorliegenden Fragen in voller Übereinstimmung einer befriedigenden Lösung zuzuführen — und damit über das unmittelbare Ziel der Konferenz hinaus den wertvollen Nachweis zu erbringen, wie durchaus möglich es ist, wichtige internationale Probleme im Wege rein sachlicher Auseinandersetzung erfolgreich zu bereinigen.

Vorgeschichte der Washingtoner Konferenz.

Eine erste internationale Regelung der Funkentelegraphie wurde mit dem sogenannten Berliner Funkentelegraphen-Übereinkommen vom 3. November 1906 versucht[3]). Sechs Jahre später führte eine neuerliche Zusammenkunft der Telegraphenverwaltungen zu dem Londoner Funkentelegraphen-Übereinkommen samt der zugehörigen Vollzugsordnung vom 5. Juli 1912[4]). Dieses Übereinkommen, das heute noch in Kraft steht, bezog sich entsprechend dem damaligen Stande der radioelektrischen Nachrichtenmittel lediglich auf die Regelung des funkentelegraphischen Verkehres von Schiffen untereinander oder zwischen Schiffen (Bordstationen) und Küstenstationen. Die Londoner Konferenz hatte als nächsten Kongreßort Washington, und zwar für 1917, in Aussicht genommen. Das Zustandekommen dieser Konferenz wurde, wie schon erwähnt, durch den Weltkrieg verhindert.

Mittlerweile hatte aber die Radiotechnik eine sprunghafte Entwicklung durchgemacht. Neben dem Schiffs- und Küstenverkehr hatte der Verkehr zwischen festen Stationen über große Entfernungen (Übersee), die Anwendung der Radiotechnik bei der Luftschiffahrt, bei der Richtungs- und Ortsbestimmung vermittels der Hertzschen Wellen (Radiopeiler und Funkfeuer) und schließlich mit Ende des Krieges die Radiotelephonie und der Rundspruch ungeahnte Bedeutung gewonnen. Dies veranlaßte nach Kriegsende zunächst fünf Großmächte: Amerika, England, Frankreich, Italien und Japan, im Jahre 1920 in Washington zu einer „Conférence préliminaire" zusammenzutreten und den Entwurf eines Vertrages und eines Reglements für eine „Union Universelle des Communications Electriques" auszuarbeiten. Dieser Entwurf wurde im Jahre 1921 in Paris von einem „Comité technique de Radiocommunication" überarbeitet und fand dann im folgenden Jahre über das Internationale Büro der Telegraphen-Union in Bern in Form einer Broschüre (Graubuch) den Weg zu den einzelnen Telegraphenverwaltungen.

Zur Vorbereitung der endgültig für 1927 in Aussicht genommenen Konferenz wurde vom Berner Büro in einem Grünbuch eine Gegenüberstellung des alten Funkentelegraphen-Übereinkommens und der vorerwähnten neuen Entwürfe den Telegraphenverwaltungen zur Stellungnahme übermittelt. Die hierauf von den verschiedenen Verwaltungen bekanntgegebenen Wünsche und Vorschläge, etwa 2000 an der Zahl, bildeten die Grundlage für die Washingtoner Verhandlungen. Es muß noch erwähnt werden, daß die V. St. A., wo Telegraph, Telephon und der öffentliche Radioverkehr in besonderem Maße dem Einfluß der Staatsverwaltung entrückt sind, weder dem Welttelegraphenvertrag noch dem Londoner Funkentelegraphen-Übereinkommen angehören.

Nun wurde es aber sowohl von den V. St. A. als auch von anderen Ländern als sehr wünschenswert empfunden, daß in den künftigen internationalen Vereinbarungen auch die V. St. A. formell einbezogen seien. Man war deshalb bei den Verhandlungen in Washington bestrebt, den besonderen Verhältnissen so weit als möglich Rechnung zu tragen und den V. St. A. den Beitritt zu den Washingtoner Vereinbarungen zu ermöglichen, ohne daß die eifersüchtig gehüteten Freiheiten der amerikanischen Gesellschaften gegenüber dem Staat wesentlich eingeschränkt werden mußten. Tatsächlich ist heute Nordamerika (in Kanada lagen die Verhältnisse ähnlich) vollwertiger Vertragspartner des in Washington abgeschlossenen „Radiotelegraphen-Vertrages" sowie der zu-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 94.

[2]) Nur Rußland war aus politischen Gründen von dem Gastgeber der Konferenz, den Vereinigten Staaten von Amerika, nicht eingeladen worden.

[3]) Vgl. E. u. M. 1906, S. 917.

[4]) Vgl. E. u. M. 1912, S. 862 ff.

Digitized by Google

gehörigen „Allgemeinen Vollzugsordnung", welche den Großteil der Vollzugsbestimmungen umfaßt.

Die Konferenz tagte unter dem Vorsitz des amerikanischen Staatssekretärs H. Cl. Hoover und fand auch sonst die werktätigste Unterstützung seitens der Staatsverwaltung der Vereinigten Staaten.

Es wurden insgesamt 10 Kommissionen aufgestellt, die ebensoviel verschiedene Fragengruppen zu bearbeiten hatten und die ihrerseits wieder zur Beratung einzelner Sonderfragen eigene Unter- und Unter-Unter-Ausschüsse bildeten.

Das Ergebnis der Konferenz.

Allgemeines.

Die Bedeutung des Ergebnisses der Washingtoner Konferenz kann vielleicht am besten beurteilt werden, wenn man sich die Aufgaben, die der Konferenz vorlagen, vor Augen hält. Das Londoner Übereinkommen vom Jahre 1912 bezieht sich, wie schon erwähnt, lediglich auf den Schiffs- und Küstenverkehr. Die zahlreichen übrigen Radioverkehrszweige — es sei nur erinnert an den kontinentalen und interkontinentalen Radioverkehr zwischen festen Stationen, an den Flugradiodienst, an den Rundspruch, an die vielen Sonderdienste zur radioelektrischen Ortsbestimmung von Schiffen und Flugzeugen, zur Verbreitung von Wetternachrichten und Zeitzeichen usw. — haben sich mittlerweile ohne eine internationale Regelung, sozusagen wild entwickelt. Dies verursachte keine Schwierigkeiten, solange noch genug Platz im Äther war.

Mit der rapiden Verdichtung des Radioverkehres in den letzten Jahren war aber die Herstellung einer internationalen Ordnung immer dringender geworden. Es war die Aufgabe der Washingtoner Konferenz, diese Ordnung zu schaffen. Die Aufgabe war dadurch nicht wenig erschwert, daß diese Ordnung zum Teil sozusagen hinterher gemacht werden mußte und dabei auf die verschiedene Entwicklung in den verschiedenen Ländern und Erdteilen, auf die in den bestehenden Diensten und Anlagen investierten Werte Rücksicht genommen werden mußte. Die neue Ordnung mußte vor allem für jeden einzelnen Verkehrszweig den notwendigen Raum sichern und, namentlich für den internationalen Verkehr, die Voraussetzungen dafür schaffen, daß die nach dem jeweiligen Stande der Technik größtmögliche Anzahl von Verkehrsbeziehungen ungestört nebeneinander aufrechterhalten werden kann. Zu dem Zwecke mußten aber alle überhaupt vorkommenden radioelektrischen Anlagen, also auch solche, bei denen eine internationale Regelung ihres Betriebes weiter nicht in Frage kam (zum Beispiel Stationen für rein inländischen Dienst, Heeres- und Marinestationen) wenigstens soweit einer Ordnung unterworfen werden, als es notwendig ist, um internationale Störungen soweit als möglich zu verhindern.

Es galt also erstens den derzeit für radioelektrische Zwecke überhaupt in Betracht kommenden Wellenbereich so einzuteilen, daß jedem einzelnen radioelektrischen Betriebszweig, seiner Art und seiner augenblicklichen und voraussichtlichen zukünftigen Bedeutung entsprechend, die notwendigen Wellen oder Wellenbänder zur Verfügung stehen.

Die zweite Aufgabe war, diejenigen technischen Bedingungen für die Ausgestaltung der radioelektrischen Anlagen und deren Handhabung festzusetzen, die es ermöglichen sollen, in den den einzelnen Verkehrszweigen zugewiesenen Wellenbändern die größtmögliche Anzahl von Stationen, die jeweils nach dem Stand der Technik ohne gegenseitige Störung nebeneinander arbeiten können, unterzubringen.

Schließlich mußte — drittens — die Verkehrsabwicklung im internationalen beweglichen Dienst der Schiffe und Flugzeuge, wo eine Vielzahl von Stationen auf den gleichen Wellenlängen zu arbeiten gezwungen ist, so geregelt werden, daß gegenseitige Störungen vermieden und durch möglichste Raschheit und Kürze der einzelnen Übermittlung eine weitestgehende Ausnützung der vorhandenen Verkehrsmöglichkeiten erreicht wird.

Neben diesen technischen und verkehrstechnischen Bestimmungen waren natürlich alle jene vertraglichen Bindungen vorzusehen, die notwendig sind, um die allgemeine Beobachtung der vereinbarten Regelung zu sichern und der Schädigung des Radioverkehrs durch mißbräuchliches Senden oder Empfangen vorzubeugen.

Die angedeutete Ordnung wird im Washingtoner Internationalen Radiotelegraphenvertrag (Convention radiotélégraphique internationale) zunächst in grundsätzlicher Fassung zum Ausdruck gebracht.

Die genauen Einzelbestimmungen sind in der zugehörigen „Allgemeinen" und „Zusatz"-Vollzugsordnung (Règlement général et Règlement additionel annexé à la convention usw.) enthalten. Die Zweiteilung der Vollzugsordnung erfolgte mit Rücksicht auf die Vereinigten Staaten und Kanada, deren Regierungen sich im Hinblick auf die gesetzlich verankerte Freizügigkeit ihrer Radiobetriebsgesellschaften nur bezüglich der allgemeinen Vollzugsordnung binden zu können glaubten. Die zweite, allerdings weitaus kleinere „Zusatz"-Vollzugsordnung wurde von den genannten zwei Staaten nicht unterzeichnet.

„Internationaler Radiotelegraphen-Vertrag."

Dieser umfaßt 24 Artikel. Eine allgemeine Übersicht über den Inhalt derselben gibt nachstehendes Verzeichnis, welches die erst kürzlich vom Berner Büro durchgeführte endgültige Artikelbezeichnung wiedergibt:

1. Definitionen.
2. Umfang des Vertrages.
3. Gegenseitiger Verkehr.
4. Beschränkter Dienst.
5. Nachrichtengeheimnis. Falsche oder betrügerische Signale.
6. Untersuchung von Zuwiderhandlungen.
7. Anschluß an das allgemeine Netz der Nachrichtenwege.
8. Austausch von Mitteilungen über die Stationen und den Dienst.
9. Besondere Einrichtungen.
10. Bedingungen, die den Stationen auferlegt sind: Störungen.
11. Vorrang der Notrufe.
12. Gebühren.
13. Vollzugsordnungen. Konferenzen.
14. Sonderabkommen.
15. Einstellung des Dienstes.
16. Internationales Büro.
17. Internationaler beratender technischer Ausschuß für Radioübertragung.
18. Verkehr mit den Stationen von Nicht-Vertragsländern.
19. Beitritt.
20. Schiedsgericht.
21. Austausch der Gesetze und Vorschriften.
22. Anlagen der Flotte und des Heeres.
23. Inkrafttreten, Dauer und Kündigung.
24. Ratifikation.

Artikel 1, „Definitionen", gibt die nähere Erläuterung für eine Reihe von Ausdrücken, die in den Vereinbarungen verwendet werden. (Zum Beispiel „feste", „bewegliche", „Land"-Station, beweglicher Dienst usf.) Hervorgehoben sei die Umschreibung des Begriffes „radioelektrische Übertragung" (communication radioélectrique), als welche die drahtlose Übertragung von Schrift, Zeichen, Signalen, Bildern und Tönen jeder Art mit Hilfe Hertzscher Wellen verstanden wird, und womit erfreulicherweise der Name Hertz seinen verdienten Platz am Eingang des Int. Radiotelegraphen-Vertrages findet. Bemerkenswert ist die Festsetzung, daß als „Radiotelegramm" nur ein solches radioelektrisch befördertes Telegramm angesehen wird, welches von einer beweglichen (zum Beispiel Schiffs-) Station ausgeht oder an eine solche gerichtet ist. Ein nur zwischen ortsfesten Stationen radioelektrisch befördertes Telegramm wird in Hinkunft dem am Drahtweg beförderten „Telegramm" gleichgehalten.

Digitized by Google

Artikel 2 bezeichnet jene Stationen, auf die sich die Bestimmungen beziehen; es sind dies sowohl die von den Regierungen selbst errichteten und betriebenen Anlagen für den internationalen öffentlichen Verkehr und für die in der Vollzugsordnung geregelten Sonderdienste (wie Radiopeil- und Funkfeueranlagen, Verbreitung von Wetternachrichten usw.), als auch die bewilligten Anlagen privater Gesellschaften oder Einzelpersonen für einen internationalen Dienst, gleichgültig ob sie dem öffentlichen Verkehr dienen oder nicht.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die nähere Umschreibung des Begriffes „internationaler Dienst" durch Artikel 1. Als internationaler Dienst gilt danach nicht nur der Dienst zwischen zwei Stationen, die sich in verschiedenen Ländern befinden, sondern es wird auch ein Dienst innerhalb eines Landes, falls er außerhalb dieses Landes Störungen verursachen kann, hinsichtlich der Störungen wie ein „internationaler Dienst" betrachtet.

In Ergänzung des Artikels 2 bestimmt Artikel 10, daß alle in Artikel 2 genannten Stationen entsprechend den besten Bedingungen, die die Betriebserfahrungen jeweils erkennen lassen, errichtet und betrieben werden müssen und stets auf der Höhe des technischen und wissenschaftlichen Fortschrittes zu halten sind. Darüber hinaus stellt Artikel 10 die allgemeine Bedingung auf, daß alle Stationen, welcher Art immer, so weit als möglich derart zu errichten und zu betreiben sind, daß die radioelektrischen Übertragungen oder Dienste der anderen vertragschließenden Regierungen und der Privatpersonen oder Privatunternehmungen, die von diesen Regierungen zum Betrieb eines öffentlichen Radiodienstes ermächtigt sind, nicht gestört werden.

Alle in Artikel 2 nicht genannten Stationen, insbesondere aber auch die Heeres- und Marinestationen, müssen zufolge Artikel 22 hinsichtlich der Vorschriften für die Verwendung der Wellengattungen und Frequenzen und der Maßnahmen zur Verhinderung von Störungen (und hinsichtlich des Verhaltens bei Notsignal) den Vorschriften der Washingtoner Vereinbarungen entsprechen, wenn auch in allen anderen Belangen die volle Freizügigkeit der Regierungen hinsichtlich dieser Anlagen ausdrücklich vorbehalten wurde.

Auch bei den in Artikel 14 vorgesehenen Sonderabkommen zwischen zwei Ländern bezüglich eines Dienstes, an dem die Allgemeinheit der Länder nicht beteiligt ist, müssen hinsichtlich der Störungen die allgemeinen Bedingungen des Vertrages und der Vollzugsordnung eingehalten werden. Es sind also alle Stationen den auf die Hintanhaltung von Störungen abzielenden Bestimmungen der Washingtoner Vereinbarungen unterworfen.

Vom technischen Standpunkt sind noch folgende Teile des Vertrages bemerkenswert:

Artikel 3, welcher die Verpflichtung für alle Stationen des beweglichen Dienstes festlegt, innerhalb der Grenzen ihrer normalen Verwendung, ohne Ansehen des von ihnen verwendeten radioelektrischen Systems, Radiotelegramme wechselseitig auszutauschen. Um jedoch den wissenschaftlichen Fortschritt nicht zu hemmen, spricht Artikel 3, § 3, aus, daß die angedeuteten Bestimmungen die Verwendung eines radioelektrischen Systems nicht verhindern, welches nicht geeignet ist, mit anderen Systemen in Verbindung zu treten, allerdings unter der Voraussetzung, daß diese Nichteignung von der besonderen Natur dieses Systems herrührt und nicht die Folge von Einrichtungen ist, die einzige zum Zwecke der Verhinderung des gegenseitigen Verkehres angewendet werden.

Artikel 7 besagt, daß die dem öffentlichen internationalen Verkehr dienenden Landstationen an das allgemeine Netz der Nachrichtenwege angeschlossen sein müssen oder daß zumindest ein rascher und unmittelbarer Nachrichtenaustausch mit diesem Netz möglich sein muß.

Wichtig insbesondere vom technischen Standpunkt ist noch die in Artikel 17 vorgesehene Schaffung eines internationalen technischen Beratungskomitees zum Studium der auf den Radioverkehr bezughabenden technischen und damit zusammenhängenden Fragen. Dieses Komitee, das ähnlich wie das C. C. I. aufgebaut sein soll und an dem die Vertreter der Privatgesellschaften und der Industrie mit beratender Stimme werden teilnehmen können, soll die Möglichkeit bieten, Fragen allgemeinen Interesses, die durch den technischen Fortschritt oder die weitere Entwicklung des Betriebes aufgeworfen werden sollten, rechtzeitig, das heißt also auch in der Zeit zwischen den in längeren Zeitabständen tagenden Radiokonferenzen zu klären. Das Komitee soll deshalb mindestens alle zwei Jahre zusammentreten.

Der Aufrechterhaltung der in der Washingtoner Vereinbarung festgelegten Ordnung dient Artikel 6, welcher die gegenseitige Unterstützung der vertragschließenden Teile bei Verletzung der Vertragsbestimmungen und Verfolgung der die Vorschriften übertretenden Personen vorsieht, sowie der Artikel 20, der bei Meinungsverschiedenheiten die Anwendung eines Schiedsgerichtes regelt.

Von den übrigen Bestimmungen des Vertrages sei noch besonders erwähnt Artikel 5. Dieser verpflichtet die vertragschließenden Regierungen, die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen bzw. ihren gesetzgebenden Körperschaften vorzuschlagen, um

a) das unbefugte Senden oder Nehmen von Nachrichten privaten Charakters vermittels radioelektrischer Vorrichtungen,

b) die Verbreitung des Inhaltes oder auch nur der Tatsache des Bestehens von Nachrichten, die mittels radioelektrischer Einrichtungen aufgefangen werden könnten,

c) die unbefugte Veröffentlichung und Verbreitung von mittels radioelektrischer Einrichtungen empfangener Nachrichten,

d) die Aussendung oder Verbreitung von falschen oder betrügerischen Notsignalen oder Notrufen

zu unterdrücken.

„Allgemeine Vollzugsordnung zum Internationalen Radiotelegraphen-Vertrag."

Dieselbe umfaßt nachstehende 34 Artikel und 8 Anhänge:

1. Definitionen.
2. Konzession.
3. Wahl und Eichung der Apparate.
4. Einteilung und Verwendung der radioelektrischen Ausstrahlungen.
5. Verteilung und Verwendung der Frequenzen (Wellenlängen) und der Wellentypen.
6. Dienst der privaten Versuchsstationen.
7. Funkerzeugnisse.
8. Oberaufsicht des Befehlhabers.
9. Allgemeiner Vorgang im beweglichen Dienst.
10. Allgemeiner Anruf an alle beweglichen Stationen.
11. Störungen.
12. Bericht über die Verstöße.
13. Veröffentlichung der Dienstbehelfe.
14. Rufzeichen.
15. Beaufsichtigung der Stationen.
16. Bedingungen, die von den beweglichen Stationen zu erfüllen sind.
17. Ruf- und Horchwellen.
18. Einrichtungen für Hilfeleistung.
19. Notsignal, Alarmsignal, Dringlichkeitssignal.
20. Dienststunden der Stationen des beweglichen Dienstes.
21. Auskünfte in den Konzessionsurkunden.
22. Anschrift der Radiotelegramme.
23. Rangsordnung bei der Herstellung der Verbindungen im beweglichen Dienst.
24. Anrufe.
25. Aufgabezeit der Radiotelegramme.
26. Leitweg der Radiotelegramme.
27. Im Falle der Not zu verwendende Wellen.
28. Zur Verringerung der Störungen geeignete Maßnahmen.
29. Unbestellbarkeitsmeldung.
30. Lagerfrist der Radiotelegramme in den Landstationen.
31. Sonderdienste.

Digitized by Google

Tafel I.

Frequenz in Kilozykel/Sekunden (kc/s) (Kilohertz)	Annähernde Wellenlängen in Metern (m)	Bezeichnung der Radiodienste
10—100	30 000—3000	**Feste Dienste.**
100—110	3000—2725	**Feste und bewegliche Dienste.**
110—125	2725—2400	Bewegliche Dienste.
125—150[1])	2400—2000[1])	Bewegliche, ausschließlich dem öffentlichen Verkehr dienende Seeradiodienste.
150—160	2000—1875	Bewegliche Dienste.
160—194	1875—1550	*(a)* Rundspruch. *b)* Feste Dienste. *c)* Bewegliche Dienste. Die Benutzung dieses Bandes ist für die verschiedenen Ländergebiete wie folgt geregelt: Alle Gebiete, in denen bereits Rundspruchsender auf Wellen unter 300 kc/s (über 1000 m) arbeiten } Rundspruch. Andere Gebiete: Feste und bewegliche Dienste. Die Regelung in den Ländergebiete muß die Rechte anderer Ländergebiete in diesem Wellenband berücksichtigen.
194—285	1550—1050	*(a)* Bewegliche Dienste. *b)* Feste Dienste. *c)* Rundspruch. Die Benutzung dieses Bandes ist für die verschiedenen Ländergebiete wie folgt geregelt: Europa: *(a)* Bewegliche Flugradiodienste ausschließlich. *b)* Feste Flugradiodienste ausschließlich. *c)* In dem Band von 250—285 kc/s (1200—1050 m) feste, nicht öffentliche Dienste. *d)* In dem Band von 194—224 kc/s (1550—1340 m) Rundspruch. Andere Gebiete: *(a)* Bewegliche Dienste mit Ausnahme des öffentlichen Seeradiodienstes. *b)* Feste Flugradiodienste ausschließlich. *c)* Feste nicht öffentliche Dienste.
285—315	1050—950	Radiophare (Funkfeuer).
315—350[3])	950—850[3])	Bewegliche Flugradiodienste ausschließlich.
350—360	850—830	Bewegliche nicht öffentliche Dienste.
360—390	830—770	*(a)* Radiopeilung. *(b)* Bewegliche Dienste zugelassen, soweit der Dienst zu *a)* nicht gestört wird.
390—460	770—650	Bewegliche Dienste.
460—485	650—620	Bewegliche Dienste (ausgenommen sind gedämpfte und Telephoniewellen).
485—515[3])	620—580[3])	Bewegliche Dienste (Seenot, Anruf usw.).
515—550	580—545	Bewegliche, nicht öffentliche Dienste (ausgenommen sind gedämpfte und Telephoniewellen).
550—1300[4])	545—230[4])	Rundspruch.
1300—1500	230—200	*(a)* Rundspruch. *(b)* Seeradiodienste Welle 1364 kc/s (220 m) ausschließlich.
1500—1715	200 - 175	Bewegliche Dienste.
1715—2000	175—150	*(a)* Bewegliche Dienste. *(b)* Feste Dienste. *(c)* Amateursender.
2000—2250	150—133	Bewegliche und feste Dienste.
2250—2750	133—109	Bewegliche Dienste.
2750—2850	109—105	Feste Dienste.
2850—3500	105—85	Bewegliche und feste Dienste.
3500—4000	85—75	*(a)* Bewegliche Dienste. *(b)* Feste Dienste. *(c)* Amateursender.
4000—5500	75 - 54	Bewegliche und feste Dienste.
5500—5700	54—52·7	Bewegliche Dienste.
5700—6000	52·7—50	Feste Dienste.
6000—6150	50—48 8	Rundspruch.
6150—6675	48·8—45	Bewegliche Dienste.
6675 - 7000	45—42·8	Feste Dienste.
7000—7300	42·8—41	Amateursender.
7300 - 8200	41—36·6	Feste Dienste.
8200—8550	36·6—35·1	Bewegliche Dienste.
8550—8900	35·1—33·7	Bewegliche und feste Dienste.
8900—9500	33·7—31·6	Feste Dienste.
9500—9600	31·6—31·2	Rundspruch.
9600—11 000	31·2—27·3	Feste Dienste.
11 000—11 400	27·3—26·3	Bewegliche Dienste.
11 400—11 700	26·3—25·6	Feste Dienste.
11 700—11 900	25·6—25·2	Rundspruch.
11 900—12 300	25·2—24·4	Feste Dienste.
12 300 12 825	24·4—23·4	Bewegliche Dienste.
12 825 - 13 350	23·4—22·4	Bewegliche und feste Dienste.
13 350—14 000	22·4—21·4	Feste Dienste.
14 000—14 400	21·4—20·8	Amateursender.
14 400—15 100	20·8—19·85	Feste Dienste.
15 100—15 350	19·85—19·55	Rundspruch.

Digitized by Google

Frequenz in Kilozykel/Sekunden (kc/s) (Kilohertz)	Annähernde Wellenlängen in Metern (m)	Bezeichnung der Radiodienste
15 350—16 400	19·55—18·3	Feste Dienste.
16 400—17 100	18·3—17·5	Bewegliche Dienste.
17 100—17 750	17·5—16·9	Bewegliche und feste Dienste.
17 750—17 800	16·9—16·85	Rundspruch.
17 800—21 450	16·85—14	Feste Dienste.
21 450—21 550	14—13·9	Rundspruch.
21 550—22 300	13·9—13·45	Bewegliche Dienste.
22 300—23 000	13·45—13·1	Bewegliche und feste Dienste.
23 000—28 000	13·1—10·7	Nicht besonders vorbehalten.
28 000—30 000	10·7—10	Amateur- und Versuchssender.
30 000—56 000	10—5·35	Nicht besonders vorbehalten.
56 000—60 000	5·35—5	Amateur- und Versuchssender.
über 60 000	unter 5	Nicht besonders vorbehalten.

[1]) Die Welle von 143 kc/s (2100 m) ist die Anrufwelle der beweglichen Stationen bei Benutzung langer ungedämpfter Wellen.
[2]) Die Welle von 333 kc/s (900 m) ist die internationale Anrufwelle im Flugradiodienst.
[3]) Die Welle von 500 kc/s (600 m) ist die internationale Anruf- und Notwelle. Sie kann für andere Zwecke verwendet werden, wenn Anruf- und Notzeichen dadurch nicht gestört werden.
[4]) Die beweglichen Dienste können das Band 550—1300 kc/s (545—230 m) verwenden, wenn die Dienste eines Landes, das dieses Band ausschließlich für Rundspruch benutzt, dadurch nicht gestört werden.
Bemerkung. Da anerkanntermaßen die kurzen Wellen (Frequenzen etwa von 6000 bis 23 000 kc/s, Wellenlängen ungefähr 50 bis 13 m) besonders leistungsfähig im Verkehr auf große Entfernungen sind, wird empfohlen, dieses Wellenband grundsätzlich diesen Zwecken, im festen Dienst, vorzubehalten.

32. Abrechnung.
33. Internationaler beratender technischer Ausschuß für Radioübertragung.
34. Internationales Büro.

Dazu die Anhänge:

1. Liste der im Radioverkehr zu gebrauchenden Abkürzungen.
2. Bericht über eine Übertretung des Radiotelegraphen-Übereinkommens oder der Vollzugsordnungen.
3. Dienstbehelfe.
4. Stufenleiter zur Bezeichnung der Zeichenstärke.
5. Dienststunden der in die zweite Kategorie eingereihten Schiffe.
6. Internationale Dienststunden für Schiffe mit weniger als drei Radiotelegraphisten.
7. Behelfe, mit denen die Bordstationen und die Flugzeugstationen versehen sein müssen.
8. Durchführung der Radio-Peilungen.

Die größte Bedeutung kommt dem Artikel 5 zu, in welchem die Verteilung und die Anwendung der Frequenzen bzw. Wellenlängen und der Wellengattungen festgelegt ist.

Der Artikel enthält einleitend eine sehr wichtige, grundlegende Bestimmung: Der Wellenverteilungsplan, der einen Teil dieses Artikels bildet, sowie die übrigen Bestimmungen der Verordnung hinsichtlich der Wellenlängen und Wellengattungen gelten für alle jene Stationen, die ihrer Art nach ernstliche internationale Störungen verursachen können. Wie aus dem Vertrag erinnerlich ist, bezieht sich das also auch auf Stationen, die nur dem inländischen Verkehr dienen, aber außerhalb des Landes Störungen verursachen könnten. Allen übrigen Stationen kann von ihren Verwaltungen eine beliebige Wellenlänge oder Wellengattung zugeteilt werden.

Es besteht also eine gewisse Möglichkeit, im Inland Sender auch außerhalb der internationalen Wellenordnung zu betreiben, vorausgesetzt, daß sie nicht störend über die Grenzen hinaus strahlen. Leider ist diese Möglichkeit bei einem kleinen und langgestreckten Lande wie Österreich eine sehr begrenzte.

Ehe auf die Besprechung der Wellenverteilungstafel eingegangen wird, sei kurz erwähnt, wie es eigentlich mit der Wellenregelung bisher stand. Die Londoner Konferenz von 1912 hat eine ganz geringe Anzahl von bestimmten Wellen dem Schiffsverkehr vorbehalten. Die später hinzugekommenen Radiodienste haben sich im allgemeinen derjenigen Wellen bemächtigt, die aus technischen Rücksichten für den betreffenden Dienst besonders in Betracht kommen. Neue Sender haben sich mit ihren Wellen in eine freie Lücke des betreffenden Wellenbandes hineingesetzt oder haben, wenn sie stark genug waren, sich einfach mit Gewalt Platz geschaffen. Der europäische Rundspruch hat sogar seit etwa zwei Jahren versucht, sich in dem Wellenband von 600 bis 200 m im Wege der Union für Radiophonie eine Wellenordnung zu schaffen. Man ist aber, da die Grundlage einer internationalen Vereinbarung bisher fehlte, bis heute nicht imstande gewesen, einige unbotmäßige Sender zu zwingen, den ihnen zugewiesenen Platz im Wellenbande auch wirklich einzunehmen.

Die Washingtoner Wellenordnung setzt nun diesem unsicheren und unklaren Zustand ein Ende. Der ganze derzeit überhaupt in Frage kommende Wellenbereich von 30 000 m bis herab zu 5 m bzw. die Frequenzen 10 Kilohertz bis 60 000 Kilohertz wurde auf die in Betracht kommenden Radiodienste aufgeteilt, und zwar derart, daß einem bestimmten Dienstzweig als solchem gewisse Wellen oder Wellenbänder zugewiesen wurden. Die Wellenverteilung zeigt die Tafel I auf Seite 48.

Die individuelle Zuteilung einzelner Wellen an bestimmte feste Land- oder Rundspruchstationen aus dem Wellenbande, das für den betreffenden Dienst bestimmt ist, bzw. die Änderung der Wellen bereits bestehender Stationen obliegt, wie § 16 des Artikels 5 festlegt, der betreffenden Verwaltung, welche die Station betreibt oder bewilligt, und zwar soll die Zuteilung in der Weise erfolgen, daß nach Möglichkeit die von den bestehenden Stationen ausgeübten internationalen Dienste, deren Wellen bereits dem Berner Büro angezeigt wurden, nicht gestört werden. Im Bedarfsfalle müssen sich die beteiligten Verwaltungen über die Wellenzuweisung und die Verwendung der Welle verständigen. Kommt eine solche Verständigung, die den Zweck hat, gegenseitige Störungen zu vermeiden, nicht zustande, so kann das in Artikel 20 des Vertrages vorgesehene Schiedsgericht angerufen werden.

Die Aufteilung der Wellen auf die einzelnen Stationen im Rahmen des Washingtoner Wellenplanes ist also im wesentlichen Angelegenheit einer gebietsweisen Vereinbarung der beteiligten Verwaltungen.

Bezüglich der festen Kurzwellenstationen, die internationale Störungen verursachen können (was bei der Natur der kurzen Wellen schon bei sehr kleinen Leistungen der Fall sein kann), muß die gewählte Welle vor der Fertigstellung der Station, spätestens jedoch vor Betriebsaufnahme dem Berner Büro angezeigt werden.

Ganz allgemein ist im § 3 des Artikels 5 der Grundsatz aufgestellt, daß die Wellenverteilungstafel als Plan anzusehen ist, dem sich alle neu errichteten Stationen einfügen und an den alle bestehenden Stationen, sobald als möglich, in einem Zeitraum angepaßt werden müssen, der ohne Beeinträchtigung der Güte des Dienstes, den diese bereits bestehenden Stationen

Digitized by Google

aufrechterhalten, und unter Berücksichtigung des derzeitigen Standes ihrer Einrichtungen so kurz als möglich zu halten ist. (Mit diesem Vorbehalt wird der Kostenfrage, die in einzelnen Fällen bei der Umstellung der Stationen eine große Rolle spielen kann, Rechnung getragen.) Eine Ausnahme von der vorstehenden allgemeinen Fassung wurde nur für die Rundspruchstationen, die sich in dem am meisten umstrittenen Wellenbande von 1000 bis 2000 m befinden, in der Weise gemacht, daß für die Überführung dieser Stationen in eines der beiden für den Rundspruch vorgesehenen Wellenbänder eine begrenzte Frist von längstens einem Jahr nach Inkrafttreten der Washingtoner Vereinbarungen (also bis längstens 1. Jänner 1930) gesetzt wurde.

Bei der Wellenverteilung wurden folgende Dienstarten unterschieden:

Feste Dienste (zwischen festen Stationen),

Bewegliche Dienste (zwischen beweglichen oder mit einer beweglichen Station, zum Beispiel Schiffsdienste, Luftschiffdienste usw.),

Rundspruch,

Radiophare oder Funkfeuer,

Radiopeildienst,

Amateur- und Versuchssender.

Die Verteilung der Wellen über 200 m, in welchem Bereich sich der weitaus größte Teil des heute bestehenden Radioverkehrs zusammendrängt, erfolgte im großen und ganzen in Anlehnung an die bestehenden Dienste, wenn auch eine gewisse Umgruppierung und Zusammenfassung einzelner bestehender Dienste nicht zu umgehen war. Hervorzuheben ist, daß das Wellenband von 160 bis 194 Kilohertz (1875 bis 1550 m) in jenen Gebieten, wo bereits langwellige Rundspruchstationen bestehen, also auch in Europa, dem Rundspruch vorbehalten ist, während in anderen Gebieten dieses Wellenband den festen und beweglichen Diensten zugeteilt ist. Dem festen Dienst auf langen Wellen stehen demnach in Europa die Wellen über 2725 m zur Verfügung. Weiters wurde für Europa mit Rücksicht auf die zahlreichen vorhandenen langwelligen Rundspruchstationen im Wellenbande von 194 bis 224 Kilohertz (1550 bis 1340 m) ein Zugeständnis gemacht, indem dieses Band gleichzeitig mit dem festen und beweglichen Flugdienst auch dem Rundspruch zur Verfügung steht.

Das Wellenband zwischen 1000 und 2000 m war außerordentlich heftig umstritten, wobei hauptsächlich Flugradiodienst und Rundspruch in Europa einander außerordentlich bedrängten. Der nach wochenlangen zähen Verhandlungen schließlich für Europa erkämpfte lange Rundspruchwellenbereich war immer noch nicht ausreichend, um alle bereits bestehenden Stationen unterzubringen; es machten sich auch Bestrebungen geltend, jede weitere Entwicklungsmöglichkeit der Langwellenrundfunkstationen überhaupt zu unterbinden. Es ist jedoch erfreulicherweise gelungen, Bestimmungen durchzusetzen, danach die Errichtung neuer Stationen in dem festgesetzten Langwellenbereich möglich ist, sofern sie sich mit den bestehenden Stationen vertragen. Unter ähnlichen Voraussetzungen ist auch die Erhöhung der Sendeenergie gestattet. Es ist somit das Tor für eine weitere Entwicklung wenigstens nicht ganz geschlossen.

In besonderer Weise wurde die Welle 500 Kilohertz (600 m), welche die internationale Rufwelle im beweglichen Dienst und die Welle für die Aussendung von Notrufen ist, zunächst dadurch geschützt, daß ihr ein verhältnismäßig breites Schutzband von beiderseits 15 Kilohertz bzw. 20 m, das ist also 485 bis 515 Kilohertz (620 bis 580 m) freigehalten wurde. Außerdem wurden in den anstoßenden Bändern 460 bis 485 Kilohertz (650 bis 620 m) und 515 bis 550 Kilohertz (580 bis 545 m) die Verwendung von gedämpften Wellen, Radiotelephonie und überhaupt jeder Wellenart, die die Wirksamkeit der Notrufe auf Welle 600 m beeinträchtigen könnte, untersagt. Hiedurch wird die unter anderem auch von Österreich vorgeschlagene Trennung dieses 600 m-Wellenbandes von den Rundspruchwellen, allerdings in sehr ausgiebigem Maße, bewirkt. Das in Europa derzeit verwendete mittlere Rundspruchwellenband erleidet an der oberen Grenze eine geringe Einbuße von etwa drei Rundspruchwellen. Dafür ist den Funkensendern der beweglichen Stationen das Arbeiten auf der Welle 450 m in jenen Gebieten, wo der Rundspruch gestört werden könnte, untersagt. Das Gleiche gilt für die Welle 300 m zwischen 18 Uhr und Mitternacht nach Ortszeit.

Der Wellenbereich über 1500 Kilohertz (unter 200 m) ist derzeit noch verhältnismäßig spärlich in Anspruch genommen. Wenn man bedenkt, daß hier ein Wellenbereich zur Verfügung steht, der etwa 40 mal so groß ist wie der bis vor kurzem nahezu ausschließlich in Verwendung gestandene Wellenbereich über 200 m, und daß dieser Wellenbereich in Zukunft dank diesem Wellenplan in Ordnung besiedelt werden kann, so wird deutlich, welche Bedeutung der fast schöpferischen Arbeit, die bei der Einteilung dieses Wellenbereiches geleistet wurde, zukommt.

Der Wellenbereich wurde auf die verschiedenen Dienste so aufgeteilt, daß jedem Dienst mehrere, in verschiedenen Wellengebieten liegende Bänder zugeteilt wurden, was mit Rücksicht auf das besondere Verhalten namentlich der ganz kurzen Wellen notwendig war. Bezüglich des Bandes zwischen 50 und 13 m wurde die besondere Empfehlung ausgesprochen, diese Wellen wegen ihrer besonderen Eignung für die Überbrückung großer Entfernungen dem Weitverkehr vorzubehalten. Für Rundspruchzwecke (für Fernübertragungen) sind sechs verschiedene Bänder mit einer Gesamtbreite von insgesamt 850 Kilohertz freigehalten. Auch für Amateur- und Versuchssender wurden sechs verschiedene Wellenbänder festgesetzt, die, um Störungen anderer Dienste möglichst zu vermeiden, so gewählt wurden, daß die störenden Harmonischen in die dem gleichen Zweck bestimmten niedrigeren Wellenbänder hineinfallen. Die übrigen Wellen, mit Ausnahme zweier Bänder im ganz kurzen Wellenbereich und der Wellen über 60 000 Kilohertz (unter 5 m), die für keine besonderen Zwecke reserviert sind, wurden in geeigneter Weise auf den festen und beweglichen Dienst aufgeteilt.

Der Artikel 5 enthält noch eine Reihe anderer wichtiger Bestimmungen über die Verwendung der verschiedenen Wellengattungen. So sind von ganz besonderer Bedeutung die Bestimmungen, die der möglichsten Einschränkung des Gebrauches der gedämpften Wellen (von Funksendern) gelten.

Der Gebrauch gedämpfter Wellen wird in bestimmten Etappen in den Jahren 1930, 1935 und 1940 so eingeschränkt, daß nach dem 1. Jänner 1940 nur mehr kleine Funkensender mit höchstens 300 W Eingangsleistung verwendet werden dürfen.

Die Aussendung von Telephoniewellen zwischen 3000 und 1875 m ist untersagt, ebenso die Aussendung von tonmodulierten, ungedämpften Wellen zwischen 3000 und 2000 m mit Ausnahme der Zeitzeichen zwischen 3000 und 2400 m.

Jede Station, die einen Dienst zwischen festen Punkten auf einer Welle unter 110 Kilohertz (über 2725 m) durchführt, soll grundsätzlich für jeden ihrer Sender, die gleichzeitig arbeiten können, nur eine einzige Frequenz benützen (§ 12). Für den Austausch der meteorologischen Sammelberichte sind im europäischen Gebiet 2 noch näher festzusetzende Frequenzen und für die rasche Übermittlung und Verteilung von Nachrichten, die der Entdeckung von Verbrechen oder der Verfolgung von Verbrechern dienen, eine noch zu vereinbarende Welle in dem Bereich von 8000 bis 3000 m vorbehalten.

§ 18 bezieht sich auf Amateursender. Jede Verwaltung kann den Amateursendern beliebige Frequenzen aus den im Wellenverteilungsplan für Amateursender reservierten Bändern zuweisen. Die größte Leistung, die diese Stationen haben dürfen, wird von den betreffenden Verwaltungen unter Berücksichtigung der technischen Eignung der Betriebsführer und der Bedingungen, unter welchen die genannten Stationen arbeiten sollen, festgesetzt. Alle allgemeinen Regeln, die in dem Vertrag und der Vollzugsordnung festgelegt sind.

Digitized by Google

gelten auch für Amateurstationen. Insbesondere soll die Frequenz der ausgestrahlten Wellen so beständig und frei von Harmonischen sein, als es der Stand der Technik gestattet. Im Verlaufe ihrer Aussendungen müssen diese Stationen in kurzen Zeitabständen ihre Rufzeichen geben.

Artikel 6 enthält weitere Bestimmungen bezüglich der Amateursender. So ist der Verkehr zwischen Amateursendern zweier verschiedener Länder untersagt, wenn eines der betreffenden Länder sich gegen einen solchen Verkehr ausspricht. Ist ein solcher Amateurverkehr zugelassen, so muß er in offener Sprache erfolgen und muß sich auf Mitteilungen beschränken, die sich auf die Versuche beziehen oder die, falls sie persönlicher Natur sind, nur so unwichtigen Inhaltes sein dürfen, daß eine Beförderung durch den öffentlichen Telegraphen nicht in Betracht käme.

Es muß ferner jeder, der die Apparate einer zum Senden berechtigten privaten Versuchsstation für seine eigene Rechnung oder für die dritter Personen bedient, den Nachweis erbracht haben, daß er fähig ist, Mitteilungen in Morsezeichen zu übermitteln oder solcher Art übermittelte Nachrichten mittels Gehörempfanges zu lesen. Die Verwaltungen haben die ihnen notwendig erscheinenden Maßnahmen zu ergreifen, um vom technischen Standpunkt die Eignung aller für die Bedienung der Geräte in Frage kommenden Personen zu überprüfen.

Der Artikel 4 befaßt sich mit der Einteilung und Anwendung der verschiedenen radioelektrischen Ausstrahlungen. Die Wellen werden in zwei Klassen,

A) ungedämpfte Wellen, und

B) gedämpfte Wellen

eingeteilt.

Die ungedämpften Wellen werden unterteilt in:

Type A 1: ungedämpfte und unmodulierte Wellen, das heißt ungedämpfte Wellen, deren Amplitude oder Frequenz sich unter dem Einfluß einer telegraphischen Zeichengebung ändert.

Type A 2: mit Tonfrequenz modulierte ungedämpfte Wellen, das heißt ungedämpfte Wellen, deren Amplitude oder Frequenz sich nach dem Gesetz einer hörbaren Schwingung, verbunden mit einer telegraphischen Zeichengebung, ändert.

Type A 3: durch Sprache oder Musik modulierte ungedämpfte Wellen, deren Amplitude oder Frequenz sich den charakteristischen Schwingungen der Sprache oder Musik folgend, ändert.

Diese Einteilung der Wellen verhindert nicht den Gebrauch von Wellen, die in einer anderen Weise moduliert oder getastet werden (zum Beispiel bei Bildübertragung).

Eine bemerkenswerte Bestimmung des Artikels 4 regelt die Wellenbezeichnung. Es soll künftighin an erster Stelle immer die Frequenz in Kilocykel per Sekunde (Kilohertz) und dann in Klammer die angenäherte Wellenlänge in Metern angegeben werden. Hierdurch wird namentlich für den kürzeren Wellenbereich die notwendige genaue Bezeichnung der Wellen ermöglicht.

In dem folgenden Paragraphen des genannten Artikels wird ausgesprochen, daß die ausgestrahlten Wellen, so genau es der Stand der Technik erlaubt, die zugewiesene Wellenlänge einhalten müssen und daß die Ausserdung, so weit es praktisch möglich ist, frei sein muß von allen Ausstrahlungen, die für die Type der ausgeübten Sendung nicht wesentlich ist. Die Festsetzung der zulässigen Wellenabweichungen von der festgesetzten Frequenz wird den beteiligten Verwaltungen vorbehalten, wobei grundsätzlich die Fortschritte der Technik genützt werden sollen, um diese Abweichungen zu verringern. Die Breite des von der Ausstrahlung einer Station belegten Frequenzbandes soll dem technischen Fortschritt angepaßt sein und schließlich müssen die Wellen der Stationen so weit von der Grenze des zugehörigen Wellenbandes entfernt sein, daß die Stationen des unmittelbaren benachbarten Wellenbandes nicht gestört werden.

Artikel 3 gibt die Wahl der radioelektrischen Apparate und Anordnungen für eine Station unter der Bedingung frei, daß die ausgestrahlten Wellen den in der Vollzugsordnung aufgestellten Bedingungen entsprechen.

Die Verwaltungen haben dafür Sorge zu tragen, daß die zur Abstimmung der Sender verwendeten Frequenzmesser so genau als möglich durch Vergleich mit den nationalen Eichnormalien geeicht sind. Im Falle internationaler Meinungsverschiedenheiten soll auf absolute Frequenzmessungsmethoden zurückgegriffen werden. Die nähere Festsetzung derselben wird eine der Aufgaben des technischen Komitees bilden.

Wichtig ist im Zusammenhang damit eine Bestimmung des Artikels 11, § 4, die besagt, daß, falls von einer Station eine Klage über Störung durch einen Sender erhoben wird, von ihr nachgewiesen werden muß, daß ihre Empfangseinrichtung gleichwertig ist mit der besten Type, die in dem betreffenden Dienstzweig Anwendung findet. Hiedurch wird erreicht, daß auch auf der Empfangsseite allgemein jene Maßnahmen zur Anwendung kommen müssen, die geeignet sind, gegenseitige Störungen weitestgehend zu vermindern.

In Ergänzung des Artikels 5 enthält Artikel 16 alle jene Bedingungen, die von den beweglichen Stationen erfüllt werden müssen. Hervorzuheben ist, daß alle Stationen auf Schiffen oder Flugzeugen, die eine Schiffs- oder Fluglinie befahren, für die radioelektrischen Einrichtungen auf Grund einer zwischenstaatlichen Vereinbarung vorgesehen sind, Wellen der Type A 2 oder B auf Frequenz 500 Kc/sek (Wellenlänge von 600 m) aussenden und empfangen können müssen. Die Bordstationen müssen außerdem die Welle 375 Kc/sek (Wellenlänge von 800 m), Type A 2 (oder B), die Flugzeugstationen die Welle 353 Kc/sek (900 m) der Type A 2 oder A 3 (oder B) senden und empfangen können.

Von den übrigen Bedingungen seien noch jene angeführt, die sich auch auf Flugzeugstationen beziehen:

Es müssen zufolge § 6 die Sendeeinrichtungen geeignete Vorrichtungen aufweisen, die eine Verminderung der Sendeleistung gestatten. Diese Bestimmung bezieht sich nicht auf Sender, deren Eingangsleistung 300 W nicht übersteigt.

§ 8 schreibt vor, daß die Umschaltung auf andere Wellen oder der Übergang vom Senden auf Empfangen oder umgekehrt so rasch als möglich durchgeführt werden muß.

Damit wären die vom technischen Standpunkt wichtigsten Bestimmungen der allgemeinen Vollzugsordnung aufgezählt.

Es verbleibt noch die Gruppe der Vorschriften für die Regelung des Betriebes selbst.

Artikel 11 bezieht sich allgemein auf Störungen durch Sender. Der Austausch überflüssiger Zeichen im beweglichen Dienst ist untersagt und Versuche nur dann erlaubt, wenn der Dienst anderer Stationen nicht gestört wird. Letzteres gilt allgemein für alle Stationen. Versuchssignale müssen so gewählt sein, daß keine Irrtümer durch Verwechslung mit den allgemein vereinbarten Signalen eintreten. Während der Versuche oder während des Abstimmens muß öfter das Rufzeichen ausgesendet werden.

Die übrigen, ziemlich umfangreichen Bestimmungen beziehen sich auf die Abwicklung des Betriebes der beweglichen Stationen, der Peilstationen und Funkfeuer.

Da es sich um reine Betriebsvorschriften handelt, wird an dieser Stelle von einer eingehenden Besprechung abgesehen.

Erwähnt sollen nur noch die Bestimmungen bezüglich der Rufzeichen, die in § 14 enthalten sind, werden, da sie von allgemeinerem Interesse sein dürften.

Jedem Land ist eine Reihe von Rufzeichen zugewiesen. (Österreich erhielt die Serie UOA bis UOZ.)

Digitized by Google

Die Rufzeichen setzen sich zusammen aus:

a) 3 Buchstaben für feste und Landstationen,

b) 4 Buchstaben für Bordstationen,

c) 5 Buchstaben für Flugzeugstationen,

d) den Buchstaben, welche die Nationalität bezeichnen (UO für Österreich), gefolgt von einer einzelnen Zahl und einer Gruppe von 3 weiteren Buchstaben für private Versuchsstationen.

„Zusatz-Vollzugsordnung zum Internationalen Radiotelegraphen-Vertrag."

Dieselbe enthält nachstehende 7 Artikel.

1. Radiotelephonischer Vorgang im beweglichen Dienst.
2. Gebühren.
3. Rangordnung bei der Herstellung der Verbindungen im beweglichen Dienst.
4. Zweifelhafter Empfang. Übermittlung durch „Doppel"-Radioverkehr auf große Entfernung.
5. Radiotelegramme, die auf dem gewöhnlichen oder Luftpostwege weiter zu befördern sind.
6. Weiterbeförderung durch Bordstationen.
7. Anwendung des Internationalen Telegraphenvertrages und der zugehörigen Vollzugsordnung auf Radiotelegramme.

Dazu Anhang:

1. Vorgangsweise bei internationaler Radiotelephonie.

Da es sich durchwegs um Vorschriften betreffend die Abwicklung des Verkehrs handelt, wird von einer Besprechung derselben an dieser Stelle abgesehen.

Allgemeine Schlußbemerkungen.

Der Internationale Radiotelegraphen-Vertrag, welcher nun der Ratifizierung seitens der vertragschließenden Regierungen harrt, tritt am 1. Jänner 1929 in Kraft.

Die nächste Radiokonferenz ist für das Jahr 1932 in Madrid in Aussicht genommen. Mittlerweile auftauchende Fragen von internationalem Interesse werden zwischenzeitig von dem Internationalen beratenden technischen Ausschuß für Radioübertragung zu klären bzw. für die nächste Konferenz vorzubereiten sein.

Dieser Ausschuß soll zu diesem Zweck in der Regel alle zwei Jahre zusammentreten. Die Vorarbeiten für die erste Zusammenkunft wurden der niederländischen Telegraphenverwaltung übertragen.

Rundschau.

Die Anwendung der kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen behandelt H. Plendl. Die bisher verwendeten Langwellensender für Flugzeuge[1]) haben eine Telegraphiereichweite von nur 300 bis 600 km, die vom Flugzeug in 2 bis 4 Stunden zurückgelegt werden. Dagegen ist der Aktionsradius der Flugzeuge auf 6000 km bei etwa 50 Flugstunden gestiegen. Da sie sich mit den bisherigen Einrichtungen schon nach 2 bis 4 Stunden nicht mehr mit ihrem Starthafen verständigen können, ist eine Erweiterung der Telegraphiereichweite dringend geboten, die aber ohne unverhältnismäßige Erhöhung der Energie nur mit kurzen Wellen möglich erscheint. Versuche mit einem Kurzwellen-Bordsender mit einem Wellenbereich von 10 bis 150 m und einer Hochfrequenzleistung von etwa 70 W, die vom Verfasser gemeinsam mit Prof. Dr. Faßbender und Dr. Krüger vorgenommen wurden, lieferten günstige Ergebnisse. Der Bordsender wurde mit Anodenwechselstrom von 600 Hertz betrieben und lieferte daher tönende Telegraphiezeichen. Er enthielt eine Senderöhre mit kapazitiver Gitter-Anodenkopplung und eine Modulationsröhre, deren Kathode mit dem Gitter und deren Anode mit der Kathode der Senderöhre verbunden war. Die in der Ruhelage negative Gitterspannung wurde beim Tasten positiv gemacht und so das Gitter der Senderöhre durch den Anodenstrom der Modulationsröhre beeinflußt. Der Sender wog etwa 7 kg und maß 35 × 25 × 20 cm. Der Bordempfänger besaß eine Hochfrequenz-Gegentaktstufe und zwei Niederfrequenzstufen. Als Antennen wurden nur symmetrische Dipolantennen verwendet, die entweder von einem kleinen Ständer ober der Kabine nach rechts und links zu den Flügelenden, oder von einem Flügelende zum hinteren Ende des Flugzeugrumpfes gespannt wurden. Mit diesen Apparaten wurde ein Flugzeug D 212 ausgerüstet und zu Versuchsflügen verwendet. Die ersten Flüge dienten der Prüfung des Empfängers. Hiebei wurden die Nauener Kurzwellensender aga (15 m), agb (26·1 m) und agc (18·2 m) aufgenommen. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei den Empfangsstörungen durch den Magnetzünder des Flugzeugmotors sowie der angeblichen toten Empfangszone zugewendet. Die ersteren Störungen erwiesen sich als unerheblich, nur das Kollektorgeräusch der mitlaufenden Generatoren machte sich sehr störend bemerkbar, konnte aber leicht durch Ausschalten der Generatoren während des Abhörens beseitigt werden. Bei diesen Flügen, die nach Friedrichshafen und Königsberg (beide etwa 600 km von Nauen) führten, konnten wohl Gebiete stärkerer Schwächung zwischen 150 und 400 km, aber keine toten Zonen, die nach amerikanischen Berichten zwischen 50 und 800 km liegen sollten, gefunden werden. Die Empfangsstärke war auch im Flugzeug für Verkehrszwecke meist noch ausreichend. Da in der Schwächungszone Stationen, die 1500, 6000, 11 000 und 20 000 km entfernt waren, wesentlich lauter gehört wurden als die Nauener Sender gaben die Versuchsflüge auch über die gute Empfangsmöglichkeit sehr entfernter Stationen Aufschluß. Am Boden, bei abgestelltem Flugzeugmotor, wurden auch die Nauener Zeichen in 50, 145, 500 und 600 km Entfernung sehr laut empfangen. Im Mai vorigen Jahres wurde auch ein Sendeflug gegen Friedrichshafen mit Welle 38 m und 90 W Sendeleistung unternommen, der allerdings in Aschaffenburg am Main wegen Motordefektes abgebrochen werden mußte. Die auf dieser Welle gesendeten Zeichen wurden in Geltow (bei Potsdam, 400 km von Aschaffenburg) und Königsberg (950 km von Aschaffenburg) während des ganzen Fluges ausgezeichnet empfangen. Um eine etwaige Richtwirkung der Dipolantenne zu entdecken, wurden Viereckflüge von 30 km Seitenlänge bei München (19·4 m-Welle) und Berlin (38 m-Welle) vorgenommen. Der Empfangsort war im ersteren Falle Berlin, im letzteren Königsberg. Ein Einfluß der Antennenrichtung auf die Lautstärke wurde nicht wahrgenommen. Der Verfasser betrachtet daher auf Grund der beschriebenen Versuche einen Kurzwellenverkehr mit Bordstationen von etwa 100 W und Bodenstationen von einigen kW als durchaus entsprechend. Um die günstigste Wellenlänge zu finden, sollte noch das ganze Wellenband von 10 bis 150 m untersucht werden. R. H.

(Z. f. Technische Physik, Jg. 8, Nr. 11, 1927.)

Die Anwendung der Quecksilberdampfröhre als Schaltorgan, insbesondere zum Tasten starker Sendeströme in der drahtlosen Telegraphie, behandelt Hans Schuchmann[1]). Die Quecksilberdampfröhre, wie sie zum Schalten von Gleichstrom an Stelle von hochbelasteten Relais in Schnellreglern verwendet wird, besteht aus einem Glasgefäß mit Quecksilberkathode und einer festen Anode. Das Glasgefäß nimmt im praktischen Falle mit Rücksicht auf die Kühlung und die zu schaltende Spannung ziemlich verwickelte Formen an. Auf die

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 18; 1928, S. 23.

[1]) Vgl. E. u. M. 1928, Heft 2, S. 56 und Heft 11, S. 254.

Digitized by Google

Entfernung der Fremdgase ist großes Gewicht zu legen. Die Zündung des Lichtbogens wird mittels eines in der Höhe der Kathodenoberfläche außen um das Glasrohr gelegten Ringes bewirkt: Zwischen der Kathodenzuleitung und diesem Ringe liegt die Sekundärwicklung eines kleinen Transformators; wird dessen Primärwicklung plötzlich auf Spannung geschaltet, so tritt in der Sekundärwicklung ebenfalls ein Spannungsstoß auf, der innerhalb der Röhre ein Glimmen am Kathodenrande verursacht, das die Hauptentladung zündet und damit den Strom einschaltet. Bei der Regelung zum Beispiel der Drehzahl einer Gleichstromnebenschlußmaschine liefert die Schaltröhre eine Zusatzerregung. Sie liegt wohl an einer Wechselspannung, läßt aber nur gleichgerichtete Stromhalbwellen durch. Während der entgegengesetzt gerichteten Halbwellen erlischt dagegen der Lichtbogen und muß jedesmal neu gezündet werden. Dies wird durch ein im gleichen Takte bewegtes Relais bewirkt, das im Spannungsscheitel jeder durchzulassenden Halbwelle die Primärwicklung des Zündtransformators einschaltet. Wird durch einen Drehzahlindikator der Zündaugenblick durch das Einschalten eines das Relais beeinflussenden Gleichstromes beim Unterschreiten einer gewissen Drehzahl verschoben, so wird der Lichtbogen nicht mehr gezündet und die Zusatzerregung bleibt aus. Mit einer kleinen Röhre können 40 A bei 1000 V geschaltet werden.

Abb. 1 zeigt ferner das Schalten eines Wechselstromes mit der Quecksilberdampfröhre. Da es sich hiebei um Hochfrequenz handelt, scheitert das Zünden im Tempo des Wechselstromes an der Kürze der verfügbaren Zeit. Die Schaltröhren sind daher als kleine Gleichrichter für niederfrequenten Wechselstrom ausgebildet und unterhalten an den beiden Nebenanoden Hilfslichtbogen, die ihrerseits wieder beim Einschalten der niederfrequenten Wechselstromquelle auf die Primär-

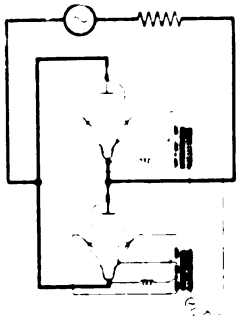


Abb. 1.

wicklung des kleinen Gleichrichtertransformators durch den oben beschriebenen Zündring gezündet werden. Um beide Halbwellen des zu schaltenden Wechselstromes durchzulassen, sind zwei Schaltröhren in Vollwegschaltung erforderlich. Mit dem Öffnen oder Schließen des Niederfrequenzkreises durch einen Taster erlischt der Hilfslichtbogen, oder wird wieder gezündet und im gleichen Takte erlischt oder zündet auch der Hauptlichtbogen. Wie Aufnahmen mit der Braunschen Röhre zeigen, tritt hiebei keine wesentliche Verzerrung der Stromkurvenform ein. Die Leistung eines derartigen ausgeführten Schaltsatzes betrug 50 A bei 3000 V; also eine Schaltleistung von 150 kVA bei einem Schalttempo von 150 bis 200 Worten in der Minute. Versuchsweise konnten Ströme bis zu 20000 Hertz geschaltet werden; auch höhere Frequenzen scheinen keine Schwierigkeiten zu bereiten. Die Schaltleistung könnte durch Parallelschalten mehrerer Röhren noch erhöht werden.

R. H.

(Z. f. techn. Physik, Jg. 8, Nr. 11, 1927.)

Hysteresis in Röhrenoszillatoren behandelt L. S. Taylor. In einer früheren Untersuchung[1]) zeigte der Verfasser, daß sich die Schwingungen eines Röhrenoszillators mit Kondensator und Widerstand im Gitterkreise unter Umständen in getrennte Gruppen auflösen. Ob stetige oder unterbrochene Schwingungen auftreten, wird durch die Konstanten des Schwingungskreises bestimmt. Als empirische Formel für die Frequenz F der Unterbrechungen wurde gefunden

$$F = A \cdot e^{(L_2 - k C_2)/L_1},$$

worin A und k konstante Koeffizienten, L_1, L_2 und C_2 Bestimmungsstücke des Schwingungskreises sind, die die Geschwindigkeit der negativen Gitteraufladung festlegen. Letztere ist einer der beiden Hauptfaktoren, welche bezüglich der Art der Schwingung maßgebend sind. Beim Beginn einer Schwingungsgruppe liegt E_g etwas über der statischen Abreißspannung; an ihrem Ende etwas unter der dynamischen Abreißspannung; der Änderungsbereich von E_g ist also durch diese beiden Spannungen bestimmt, von denen die erstere eine Röhrenkonstante ist.

Zur Prüfung der Theorie wurde ein synchronisierter Kathodenstrahlen-Oszillograph mit linearer Zeitachse

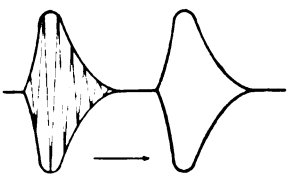


Abb. 2.

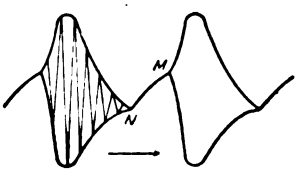


Abb. 3.

verwendet. Die gemachten Annahmen, daß innerhalb einer Schwingungsgruppe Wellenform und Frequenz ungeändert bleiben, wurden bestätigt. Abb. 2 zeigt ein solches Oszillogramm und Abb. 3 das des Gitterpotentials. Der auf die Gruppenfrequenz synchronisierte Oszillograph lieferte unmittelbar die Einhüllende der Schwingungen, wobei sich letztere selbst nur schwach vom Hintergrunde abheben. Zwischen N und M setzen die Schwingungen vollkommen aus, während sich das Gitter wieder entladet. Bei hoher Gittervorspannung dauerten die Schwingungen mehrere Sekunden und rissen dann plötzlich ab. Bei sehr hoher Gruppenfrequenz dagegen überlappen sich die Gruppen derart, daß es nicht zum vollkommenen Aussetzen der Schwingungen, sondern nur zu einer allmählichen Abnahme und darauf folgenden rascheren Wiederzunahme der Amplituden kommt, ein Spiel, das sich periodisch mit Gruppenfrequenz wiederholt.

R. H.

(Journ. of the Franklin Inst. Bd. 204, Nr. 2, Aug. 1927.)

Ein neues Relais, System Knowles, mit drei Elektroden. In der Elektronenröhre spielt das Gitter die Rolle eines elektrischen Hahnes, der je nach seiner statischen Ladung geschlossen oder mehr weniger geöffnet ist. Überläßt man das Gitter sich selbst, so spielt die sich einstellende Raumladung die Rolle des Absperrhahnes.

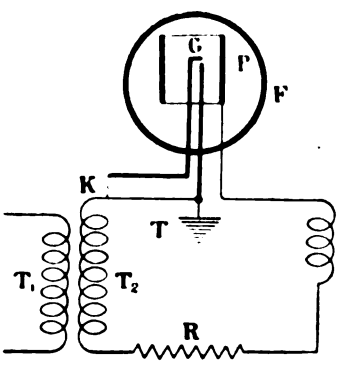


Abb. 4.

Von D. Knowles wurde im Forschungslaboratorium der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. zu Relaiszwecken eine besondere Dreielektrodenröhre mit Argon- oder Neonfüllung entworfen. Abb. 4 zeigt den Aufbau der Röhre: die Anode P ist zylinderförmig, die Kathode ein einfacher Glühfaden und das Gitter G ein

[1]) Journ. of the Franklin Inst. Bd. 203, S. 351, März 1927.

Digitized by Google

knieförmig abgebogener Draht. Zwischen Anode und Kathode wird die sekundäre Wechselspannung von 440 V des Transformators T_1T_2 angelegt. Sendet man durch den Faden einen Heizstrom, so daß Emission stattfindet, so ladet sich das isolierte Gitter allmählich auf. Ist nun die Röhre so konstruiert, daß ungeachtet der Spannung zwischen Gitter und Anode keine Entladung auftreten kann, so wird der Emmissionsstrom durch die Aufladung des Gitters unterbrochen. Hiezu ist nur nötig, daß der Abstand des Gitters von der Anode kleiner ist als die freie Weglänge der Gasionen, weil dann keine Stoßionisation eintreten kann. In der beschriebenen Röhre ist diese Bedingung bis zu einer Anodenspannung von 600 V erfüllt. Erreicht die Spannung nur 440 V, so findet so lange keine Entladung statt, als das Gitter geladen bleibt. Um es zu entladen, kann man es außerhalb der Röhre mit dem zur Erde abgeleiteten Kathodenende verbinden oder man kann bei K einen Widerstand — elektrische Steuerung — oder eine Photozelle — Lichtsteuerung — oder eine Flamme — Steuerung durch Änderung der Leitfähigkeit des Mittels — oder Wasser oder sonst ein zur Steuerung geeignetes Hilfsmittel einschalten. Man kann auf diese Weise sehr merkwürdige Wirkungen erhalten, so zum Beispiel die von L. S. Taylor untersuchte Erscheinung, daß sich die Schwingungen eines Röhrenoszillators bei geeigneter Dimensionierung des Gitterkreises in einzelne, getrennte Schwingungsgruppen konstanter Form und Frequenz auflösen[1]). Der Zweck des Konstrukteurs war die Herstellung eines intermittierenden Oszillators. Der Apparat wirkt als Oszillator, wenn sein Gitter- und Anodenkreis in einstellbarer Weise induktiv gekoppelt wird. Die Pausen zwischen den Schwingungsfolgen werden dadurch erzeugt, daß das Gitter mit einer Schaltung verbunden wird, welche wie ein die Ladungen aufspeichernder Kondensator mit einer dieselbe in den Pausen wieder ableitenden Widerstandsüberbrückung wirkt. Das angewandte Prinzip erinnert an das Audion mit widerstandsüberbrücktem Gitterkondensator (das bekannte „grid leak" der Engländer) nach dem heute schon klassischen Patente von Langmuir. (Die Erscheinung ist wohl nichts anderes, als der altbekannte „Schroteffekt" bei zu hohem Gitterableitungswiderstande. Der Ber.) R. H.

(Le Genie civil, Bd. 91, Nr. 15; 8. Oktober 1927.)

Quarzröhren in der drahtlosen Telegraphie, besonders für Schiffsender, behandeln H. M. Airey, G. Shearing und H. G. Hughes. Quarz hat folgende Vorzüge: 1. Sehr hohen Erweichungspunkt zwischen 1500° und 1700°; 2. geringe Wärmeausdehnung; 3. leichte Herstellung verhältnismäßig verwickelter Formen; 4. leichte Wiederöffnung der Röhren zum Zwecke der Reparatur und des Ersatzes von Bestandteilen; 5. hohe Isolation; 6. hohe Wärmedurchlässigkeit; 7. niedrige dielektrische Verluste in Hochfrequenzfeldern. Die praktischen Vorteile der Eigenschaften unter 3., 4., 5. und 7. für Senderöhren leuchten unmittelbar ein. Die Eigenschaften unter 1. und 2. erleichtern die Herstellung; für kleine verwickeltere Teile empfehlen sich besondere, bei Glas nicht anwendbare Verfahren. An der fertigen Lampe lassen sie lokale Erhitzung oder Abkühlung ohne Gefahr des Springens zu. Der 6. Punkt ermöglicht die Anwendung der Kühlung durch Strahlung, da Quarz besonders für die Strahlung einer rotglühenden Anode sehr durchlässig ist. Solche Röhren mäßiger Leistung bis zu 15 kW eignen sich besonders für Schiffszwecke, da sie nur Kühlventilatoren, aber sonst keine komplizierten Kühleinrichtungen benötigen. Bemerkenswert ist die Konstruktion der Zuleitungen. Diese werden nicht in den Quarz eingeschmolzen, sondern der durch ein Kapillarrohr herausgeführte Draht ragt in eine Erweiterung dieses Rohres, die im Vakuum mit geschmolzenem Blei angefüllt wird, das sich dabei ähnlich wie Quecksilber dauernd vakuumdicht an die Glaswand anlegt. Die äußere Zuleitungslitze kann in den Bleipfropf gleich mit eingeschmolzen werden. Zur Einführung stärkerer Zuleitungen, die insbesondere für kurze Wellen vorteilhaft sind, dienen besondere Konstruktionen, die sich aber ebenfalls des Bleipfropfens bedienen. Abb. 5 stellt eine 15 kW-Senderöhre, Type N. T. 22 A in gewelltem Quarzgehäuse dar. Die Quarzrohre für die Zuleitungen liegen parallel der Achse des Hauptrohres; sie müssen bei der Entgasung des Rohres im elektrischen Ofen aus diesem wegen der Bleipfropfen herausragen und werden überdies durch einen Luftstrom gekühlt. Der Glühfaden besteht aus Wolframdraht in Form einer Schleife, die entweder durch eine Schraubenfeder aus Molybdän oder durch das Gewicht eines zentral geführten Molybdänstabes gespannt gehalten wird. Das Gitter besteht aus einer Molybdänspirale oder einem Molybdännetz auf einem Träger aus demselben Metalle; die Anode besteht ebenfalls aus einem zylindrischen Molybdännetz, das so biegsam ist, daß gefährliche Spannungen in den Quarzstützen infolge der Wärmeausdehnung nicht auftreten können. Die Metallteile werden durch Eintauchen in geschmolzenes Natriumnitrit gereinigt, wobei man darauf achten muß, daß die Temperatur nicht zu hoch steigt, weil sonst das Metall lebhaft verbrennt. Das Nitrit muß wieder sorgfältigst abgewaschen werden. Bei einer etwaigen Reparatur wird eine der Endwölbungen mittels einer Karborundscheibe aufgeschnitten, worauf die daranhängende Inneneinrichtung herausgehoben und repariert werden kann. Der Quarz schmilzt in einer Leuchtgas-Sauerstofflamme. Beim Wiederanschmelzen der abgetrennten Endwölbung soll durch die Röhre zum Schutze der Metallteile gegen Oxydation Stickstoff durchgeleitet werden. Hernach wird die Röhre unter Durchleiten von Wasserstoff noch auf 750° erhitzt, um Oxydspuren zu beseitigen, was eben nur in Quarzgefäßen möglich ist. Weiters wird die Wasserstoffzuleitung abgeschmolzen und die Röhre ausgepumpt; während des Pumpens erhitzt man behufs Entgasung auf 1050°. Schließlich wird die Röhre mittels eines elektrischen Lichtbogens von der Pumpe abgeschmolzen, da bei Verwendung des Gasgebläses Gas durch den erweichten Quarz hindurchdiffundieren könnte. Die Röhren werden in verschiedenen Größen bis zu 15 kW Sendeleistung, und zwar auch ohne Gitter als Gleichrichterröhren, gebaut. Die größten Rohre besitzen einen Glühfaden von 1 mm Durchmesser, der mit 47 A bei 26 V belastet werden kann. Die Abmessungen der Röhren mit Strahlungskühlung sind durch die Herstellungskosten und durch die Festigkeit gegen den äußeren Luftdruck begrenzt. Versuchsweise wurden allerdings auch Röhren von mehr als 20 Zoll Länge und 6 Zoll Durchmesser hergestellt.

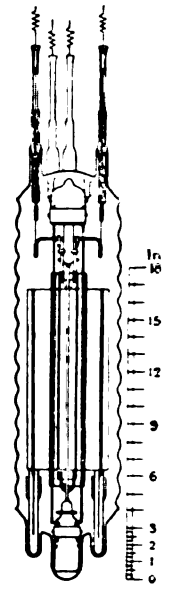


Abb. 5.

Bei den Röhren mit künstlicher Kühlung werden solche mit äußerer und innerer Kühlung unterschieden. Im ersteren Falle wird die Röhre in ein doppelwandiges Metallgefäß versenkt, zwischen dessen Wänden Kühlwasser zirkuliert, oder sie wird in einen Ölbehälter eingetaucht, dessen Inhalt ständig durch einen Kühler gepumpt wird. Bei der Röhre mit innerer Kühlung besteht die Anode aus einer von der Kühlflüssigkeit durchflossenen Rohrschlange. Hiebei können die Abmessungen des Quarzgehäuses wesentlich vermindert werden, so daß für eine 40 kW-Röhre das Gehäuse einer luftgekühlten 4 kW-Röhre ausreicht. Diese Röhrentype ist allerdings noch im Entwicklungsstadium. Bei den kleineren Röhren finden Anodenspannungen von 8000 bis 11 000 V, bei den größeren solche von 12 000 bis 14 000 V Anwendung; ihre Sendeleistung kann auf 50 bis 60 v H der beim Ionenbombardement aufgewendeten Leistung gesteigert werden. Der oszillatorische Wirkungsgrad

[1]) Vgl. das vorhergehende Referat.

Digitized by Google

ist 60 bis 70 vH. Von den im Betriebe auftretenden Schäden beziehen sich 90 vH auf das Durchbrennen des Glühfadens; die übrigen 10 vH sind Fehler, wie sie bei allen Senderöhren vorkommen, mit Ausnahme des Weichwerdens des Gehäuses, das natürlich bei den Quarzgehäusen weit seltener vorkommt. Das Neueinziehen eines Glühfadens kostet 15 bis 20 vH der Anschaffungskosten; die mittleren Reparaturkosten für alle Arten von Schäden betragen 20 bis 25 vH der Anschaffungskosten. Die Röhren werden beim Versand in ihren Hältern befestigt und sorgfältigst verpackt.

R. H.

(Journ. of the I. E. E., Bd. 65, Nr. 368, 1927.)

Ein neuartiges Rundfunk-Besprechungskabel für den Langenbergsender. Von Dr. Boos. Die Bedeutung des Langenbergsenders[1]) machte einen Besprechungsanschluß an die verschiedenen großen Städte notwendig. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit einer sicheren Übertragung kamen gewöhnliche Luftleitungen nicht in Betracht. Es wurden daher so weit als möglich die bestehenden Fernsprechkabelleitungen herangezogen, bei denen es gelang, durch sehr leichte Pupinisierung des unter einem Bleimantel liegenden Kernvierers eine hinreichend störungsfreie Leitung mit einer Grenzfrequenz von etwa $\omega_0 = 60\,000$ und einer spezifischen Dämpfung von $\beta = 0{\cdot}04$ bei $\omega = 5000$ zu bekommen. Die restliche, rund 15 km lange Anschlußstrecke Elberfeld—Langenberg wurde mit Ausnahme der Strecken in den beiden Städten und einer Starkstromkreuzung als Luftkabel ausgeführt, das von Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G., Köln-Mühlheim, geliefert wurde. Die Bedingungen für dieses Kabel waren die folgenden: 1. Die Grenzfrequenz sollte über 70 000 liegen; 2. die spezifische Dämpfung durfte den Wert $\beta = 0{\cdot}0165$ für $\omega = 5000$ nicht überschreiten bei einem Kupferdurchmesser von 1·2 mm; 3. Die Übersprechdämpfung zwischen den drei Sprechkreisen sollte mindestens $b = 11$, möglichst $b = 13$ bis 14 sein. Zur Erfüllung der letzteren Bedingung ist jede der drei Doppelleitungen mit einem metallisiertem Papier umgeben. Die Hüllen sind durch ein mit Metallfäden durchzogenes Nesselband untereinander und mit dem Bleimantel leitend verbunden. Um gegen mechanische Beschädigungen geschützt zu sein, ist eine Bewehrung aus 16 Flachdrähten von 1·4 mm Stärke aufgebracht, um die, zur Verhinderung des Aufdrehens bei den großen Erzeugungslängen, eine lose Drahtspirale in gegenläufiger Wicklung geschlagen ist. Pupinspulen mit 0·033 H und 4·2 Ohm sind in Abständen von 619 m angeordnet. Das Kabel wurde in ½ m Abständen an einem Tragdraht aufgehängt, der seinerseits an gewöhnlichen Holzmasten der Fernsprechleitungen befestigt ist. Die Aufhängevorrichtung besteht aus einer Schelle, die das Kabel fest umschließt. Sie ist mit einer beweglichen Drahtschleife in eine auf dem Tragdraht laufende Tragrolle eingehängt.

V. H.

(Carlswerk-Rundschau, Heft 1, 1927.)

Die Möglichkeiten eines gerichteten drahtlosen Verkehrs erörtert Dr. J. H. Dellinger. Die natürliche Neigung der elektrischen Wellen zur allseitigen Ausbreitung entspricht dem Rundfunkwesen; der gerichtete drahtlose Verkehr verfolgt entgegengesetzte Ziele. Seit Anbeginn schwebte als Ideal die Konzentration des Wellenstrahles nach Art des Scheinwerferstrahles vor. Die Vorteile einer solchen Konzentration sind offenbar; es liegen daher viele auf dieses Ziel gerichtete Versuche vor. Das Ideal wird vermutlich nie erreicht werden. Die erzielten Annäherungen sind aber immerhin sehr wertvoll. Schon Marconi erreichte mit seiner parabolischen Reflektoranordnung eine mehrfache Verstärkung des Achsenstrahles gegenüber dem um 30° gegen die Achse divergierenden[2]). Bei Wellenlängen von 3 bis 10 m macht ein solcher Reflektor keine praktischen Schwierigkeiten und erlaubt Reichweiten von mehreren tausend Meilen. Eine praktische Anwendung zeigt der umlaufende Radiostrahl von Inchkeit in Schottland mit 4 m-Welle. Der Strahl berührt infolge der Drehung des Reflektors jede Richtung der Windrose in genau bestimmten Zeitpunkten und bietet so den Schiffern Gelegenheit zur Bestimmung der Richtung, in welcher sich das Schiff in Bezug auf den Sender befindet.

Das Radiostrahlsystem wurde hauptsächlich von England ausgebaut. Strahlstationen vermitteln den regelmäßigen Verkehr zwischen England und Kanada sowie anderen Teilen des britischen Weltreiches. In diesen Stationen werden Wellenlängen bis zu 100 m verwendet und die Reflekteren bestehen aus sehr langen geraden Antennenreihen, deren Stromphasen so eingestellt sind, daß sie die Strahlung in einer bestimmten Richtung verstärken und in den übrigen Richtungen vermindern. Sie begrenzen den Strahl nicht sehr scharf; ihr Vorteil liegt daher mehr in der Energieersparnis als in der Geheimhaltung der Nachrichten. Die kurzen Wellen zeigen ferner die Eigenschaft, daß sie in mittleren Entfernungen bis zu mehreren hundert Meilen aussetzen und darüber hinaus wieder vollkommen gut aufgenommen werden können. Könnte man sie außerdem in einen begrenzten Strahl zusammenfassen, so wäre das Empfangsgebiet in doppelter Hinsicht begrenzt. Im Idealfalle könnte eine Nachricht nur an einem Flecke der Erde aufgenommen werden. Dieser Idealfall und damit der geheime Einzelverkehr von Personen an zwei beliebigen Punkten der Erde ist jedoch nicht zu verwirklichen. Für die Schiffahrt bieten die Peilvorrichtungen mittels Rahmenantenne besonders bei Nebel hervorragendes Interesse. Die früher üblichen Schall- und Leuchtsignale besitzen im Nebel eine viel zu geringe Reichweite und werden durch die Radiopeilung aufs vorteilhafteste ergänzt. Für die Luftschiffahrt erwiesen sich die erwähnten Peilvorrichtungen nicht ebenso verwendbar wie für die Seeschiffahrt. Glücklicherweise fand sich hier ein anderer, gegenwärtig noch in Entwicklung begriffener Weg der drahtlosen Richtungsbestimmung im Nebel, wobei die Rahmenspule als Sendeantenne dient. Die Sendestation besitzt zwei, unter rechtem Winkel zueinander stehende Rahmenantennen. Jede von beiden sendet Zeichen hauptsächlich in der Richtung ihrer Ebene aus. Ein Flugzeug in der Halbierungslinie des Antennenwinkels empfängt von beiden Antennen gleich starke Zeichen, die jedoch ungleich stark werden, wenn es von dieser Linie abweicht. Dieses System soll als Grundlage des regelmäßigen drahtlosen Richtungsweiserdienstes für den Luftverkehr in den Vereinigten Staaten dienen, der bereits eine Streckenlänge von 8234 Meilen umfaßt. Dagegen besitzt die Idee einer drahtlosen Kraftübertragung keinerlei Aussicht auf Verwirklichung. Nicht die Möglichkeit einer Kraftübertragung an sich, sondern der lächerlich geringe Wirkungsgrad einer solchen Übertragung stehen dabei im Wege. Wenn ferner gefragt wird, ob die drahtlose Bildübermittlung und das Fernsehen durch die gerichteten Wellen gefördert werden könnten, fällt auch hier die Antwort im wesentlichen negativ aus. Beides sind durchaus praktische Möglichkeiten, sind indeß mehr für das Rundfunkwesen als für den drahtlosen Verkehr von Ort zu Ort geeignet. Der Bildverkehr wird auf lange Zeit hinaus besser von den Drahtleitungen als von den elektrischen Wellen Gebrauch machen. Eine andere Anwendung der Wellentelegraphie, nämlich die Fernsteuerung von Maschinen, Schiffen und dgl. würde allerdings durch die gerichtete drahtlose Übermittlung sehr erleichtert. Vor kurzem beklagte H. G. Wells das geringe Vertrauen, das man der Sicherheit der Luftschiffahrt entgegenbringt. Auch in dieser Beziehung dürfte die oben erwähnte Richtungsweisung Wandel schaffen und das Fliegen populärer machen. Auch die Sicherheit der Seeschiffahrt hat durch Drehstrahlsender und Peilvorrichtungen außerordentlich gewonnen.

R. H.

(Journ. of the Franklin Inst. Bd. 204, Nr. 2, Aug. 1927.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 88, 94.

[2]) Vgl. E. u. M. 1924, Die Radiotechnik, S. 314; vgl. a. Meißner, Die Radiotechnik 1926, S. 73 und 1927, S. 97.

Digitized by Google

Empfangsstörungen beim Rundfunk. Über einige interessante Untersuchungen auf diesem Gebiete sei hier zusammenfassend berichtet.

A. Esau und E. Goebeler haben im technisch-wissenschaftlichen Institut der Universität Jena genaue Untersuchungen über die Störungen des Rundfunkempfanges durch Gleichstrommotoren angestellt[1]). Die Gleichstrom-Nebenschlußmaschine wird als eine Art doppelter Lichtbogensender aufgefaßt, wobei der Lichtbogen jeweils durch die am Kollektor schleifenden Bürsten gebildet wird und Anker und Feld starke kapazitive Induktivitäten, die miteinander fest gekoppelt sind, darstellen. Die auftretenden Störschwingungen sind überaus gedämpft und stören über einen sehr weiten Bereich, ohne daß es gelingt, eine bestimmte Störwellenlänge festzulegen. Versuchsanordnungen und Messungen zeigten, daß die bisher gewöhnlich verwendeten Mittel nicht in allen Fällen das Ziel der Störbefreiung erreichen ließen. Als sichere und einfache Lösung ergab sich die Einschaltung von zylindrischen Drosseln in die beiden Zuleitungen zum Anker. Die Drosseln müssen entsprechende Isolation besitzen und ihre Kapazität muß möglichst klein sein. Die Selbstinduktion der Spulen darf nicht unter einen gewissen Wert sinken und beträgt bei den mit Erfolg ausgeführten Messungen zirka 1.10^5 cm. Für die Herstellung solcher störbefreiender Drosseln kommen zylindrische Spulenkörper aus Isoliermaterial, für die Wicklung sogenannter Dynamodraht, doppelt mit Baumwolle umsponnener Kupferdraht, in Frage. Die bei den Messungen jeweils aufgenommenen Photogramme zeigen überall die störbefreiende Wirkung der Drosseln.

Die bei dem Rundfunkempfang oft so unangenehm bemerkten Störungen durch Hochfrequenzheilgeräte veranlaßten das physikalische Institut der Universität in Jena zur Durchführung näherer Versuche, die von E. Goebeler ausgeführt wurden[1]). Der Autor kennzeichnet einen Hochfrequenzheilapparat als stark gedämpften Sender, der das Lichtnetz zur Antenne und den Teslatransformator samt bedienender Person als Gegengewicht hat. Davon ausgehend, daß die Störerscheinungen verschwinden sollen, wenn Antenne und Gegengewicht kurzgeschlossen sind, wird die Induktionsspule mit einem geschlitzten Metallzylinder umgeben, der seinerseits über einen Kondensator vor dem Unterbrecher auf der Netzseite angeschlossen ist. Photographische Aufnahmen zeigen die volle Wirksamkeit der vorgeschlagenen Störbefreiungsmethode. (Bemerkt sei, daß in Wien erstmalige Versuche mit vollem Erfolge im Laboratorium der „Ravag" bzw. vom Elektrotechnischen Verein in Wien ausgeführt wurden[2]). Der Ber.)

A. Clausing und P. Müller beschreiben die vom Zentrallaboratorium der Siemens & Halske ausgeführten Versuche über Rundfunkstörungen durch die Straßenbahnen[3]). Es wurden Schleifstücke aus Kohle, Zink, Lagermetall, Stahl, Bronze, Aluminium ausprobiert und auf ihre Störfähigkeit untersucht. Die hochfrequenten Störschwingungen, die durch Ein- und Abschalten des Stromes am Abnehmer entstanden, wurden mit einer Rahmenantenne empfangen und einer Empfangsapparatur, bestehend aus einer HF-Stufe, einem Audion und zwei Verstärkerstufen, zugeführt. Im Anodenkreis der letzten Verstärkerröhre lag die Oszillographenschleife, wobei der Gleichstrom durch eine Gegenspannung kompensiert wurde, so daß also die Störamplituden unmittelbar gemessen werden konnten. Die Aufnahmen wurden auch bei verschiedenen Strombelastungen durchgeführt; es zeigte sich, daß die Störungen von einer bestimmten Grenzstromstärke in der Reihenfolge, Kohle, Zink, Lagermetall, Aluminium, Stahl, Bronze und Kupfer zunehmen. Unter 0·03 A ist das Verhalten aller Bügelmaterialien gleich. Der Kohlenbügel erweist sich zur Vermeidung der Störung, wie bereits die Praxis selbst gezeigt hat, am günstigsten. Voraussetzung ist für seine Brauchbarkeit eine glatte Oberleitung, die aber selten vorhanden ist und, abgesehen von den hohen Kosten, seine Einführung erschwert[4]). Dr. Schmid.

[1]) Jahrbuch drahtl. T. u. T., Bd. 31, Heft 1, 1928.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 106.
[3]) ETZ, Bd. 49, Heft 5, 1928.

Literaturbericht.

3641 Aide-Mémoire-Formulaire de la T. S. F. Von E. Pacoret. Librairie Scientifique Albert Blanchard. Paris 1926. VIII, 577 Seiten, 253 Abb. Preis: 32 Fr.

Als ersten Abschnitt dieses Taschenbuches der drahtlosen Telegraphie und Telephonie bringt der Verfasser eine Zusammenstellung der allgemeinen physikalischen Einheiten und eine Formelsammlung. Die nächsten neun Abschnitte enthalten brauchbare Formeln und Ableitungen aus allen Gebieten der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, wobei die trotz der knappen Fassung klare und deutliche Sprache angenehm auffällt. Ein besonderes Kapitel ist den verschiedenen Meßmethoden und Untersuchungen gewidmet. Bei der Beschreibung der Sendestationen beschränkt sich der Verfasser lediglich auf einige französische Stationen. In dem Abschnitt über Zeitzeichen und Wettermeldungen findet man auch eine statistische Zusammenstellung aller Sendestationen und ihrer Sendezeiten und dgl. mehr, nach dem Stande 1926. Die Besprechung der Bildübertragung beschränkt sich auf die Systeme von Belin, Freund und der Western Company. Die Liste der wissenschaftlichen Zeitschriften ist sehr mangelhaft, von den angesehensten amerikanischen, deutschen und englischen Zeitschriften fehlt jede Spur. Die gesetzlichen Bestimmungen sind, insoweit sie sich nicht auf Frankreich beziehen, veraltet. Einige nicht ganz klare Definitionen (zum Beispiel aperiodisch, Pliodynatron) wären bei der Neuauflage ebenfalls richtig zu stellen. Im allgemeinen bringt das Buch einen hinreichenden Überblick über das Gebiet der drahtlosen Technik.

Mittelmann.

3017 Vereinfachung und Verbesserung des Radioempfanges (Rundfunkautomatik). Von Erich Schwandt. Bibliothek des Radio-Amateurs, 32. Band. Herausgegeben von Dr. Nesper. 113 Seiten mit 115 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928. Preis Mk. 4·20.

Das Bändchen bringt in den einleitenden Seiten einen kurzen Überblick über den allgemeinen Rundfunkempfang. Es werden kurz die hauptsächlichsten Schattenseiten des sogenannten Durchschnitts-Rundfunkempfanges gekennzeichnet, die nach Ansicht des Verfassers neben einer Reihe anderer Momente in der vielen Teilen einer Anlage zu suchen sind. Je mehr Einzelapparate, desto mehr Fehlerquellen. Gleichwie heute zur vollständigen Automatik im Telephonwesen übergegangen wird, so wird die Entwicklungsstufe einer Rundfunkempfangsanlage ebenfalls in der höchstmöglichen Automatik liegen.

Der Hauptteil des kleinen Werkes wird durch eine knappe übersichtliche Aufzählung alles bisher auf dem Empfangsgebiete Erreichten und dessen richtige Verwendung ausgefüllt, wobei immer das Hauptgewicht auf die Anwendung eines Minimum von Apparaten und auf denkbar größte Einfachheit in der Bedienung, die bei Ortsempfang nur mehr in der Betätigung eines Druckknopfes bestehen kann, gelegt wird. Läßt der Ortsempfang schon von einer Automatik im Empfang sprechen, so liegen auf dem Gebiete des Fernempfanges noch eine Anzahl Schwierigkeiten vor, die näher beleuchtet werden. Am Schlusse werden Beispiele über die Ausführung von zentralen Empfangsanlagen für eine große Anzahl von Einzelanschlüssen (Krankenhaus, Sanatorium) gegeben.

Das Büchlein, das in guter Zusammenstellung die Richtlinien für die weitere Entwicklung der Empfangstechnik im allgemeinen angibt, ist im besonderen zwar auf deutsche Verhältnisse zugeschnitten, da nur deutsche Fabrikate und Einzelteile angeführt werden, wodurch eine gewisse einseitige Einstellung gegeben erscheint. Dem selbstbauenden Amateur wird das Buch gewiß manche Anregung geben. Dr. Schmidt.

[1]) Vgl. a. Die Radiotechnik 1928, S. 17.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftführer Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN“
Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien“ gestatte

Heft 6 **3. Juni 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: Dr. Ing. N. A. Halbertsma: Radio als Elektrizitätsverbraucher. S. 57. — RUNDSCHAU. S. 60. — LITERATURBERICHT. S. 64

Radio als Elektrizitätsverbraucher.

Von Dr. Ing. N. A. **Halbertsma**, Eindhoven (Niederlande).

Senden und Empfangen erfordern elektrische Energie.

Radio, volkstümlicher Name für die drahtlose Verbindung mittels Ätherwellen, beruht hauptsächlich auf der Anwendung elektrischer Schwingungskreise. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Radio ein wichtiger Teil der Elektrotechnik geworden ist und diese Schwingungskreise — für den alten Elektrotechniker noch etwas Ungewohntes — spielen nicht nur beim Radio eine große Rolle, sondern sie beeinflussen in Verbindung mit den Elektronenröhren auch im allgemeinen die Entwicklung der Elektrotechnik. Die Gründung des Instituts für Schwingungsforschung unter Leitung von Prof. K. W. Wagner ist ein Beweis dafür.

Ohne elektrische Energie ist Radio undenkbar. Für das Senden braucht man sogar sehr viel Energie, denn der Nutzeffekt der Übertragung ist außerordentlich gering, so gering wie wir es uns sonst in der Technik nicht gut vorstellen können. Eine normale Antenne auf 100 km Entfernung vom Sender fängt nur 10^{-16} der Energie auf.

Darum ist der Radio-Empfang undenkbar ohne Verstärkung, das heißt ohne die Verwendung von Relais, die auf die ankommenden äußerst schwachen Energiepulse reagieren und die örtliche Energiequelle steuern.

Solche Relais — die Radioröhren — brauchen an sich zwar nicht viel Energie (0·06 bis 0·6 W Glühstromleistung), aber wenn sie in so großer Zahl gebraucht werden wie jetzt beim Rundfunk (man schätzt die Anzahl Radioempfänger auf der Erde auf 16 Mill.), so kommt man doch auf einen nicht unbeträchtlichen Verbrauch.

Es kann also den Elektrizitätswerken auf die Dauer nicht gleichgültig sein, ob und wie sie diese Energie liefern werden.

Darum sei es die Aufgabe dieses Aufsatzes, das Radio als Elektrizitätsverbraucher in seinen verschiedenen Entwicklungsphasen zu beleuchten. Die Empfangsapparate interessieren uns dabei wegen ihrer großen Zahl am meisten, die Sender können wir vorher in einigen Worten besprechen.

Der Stromverbrauch des Senders.

Die ersten Sender für drahtlose Telegraphie wurden vorzugsweise von eigenen Zentralen gespeist. Sie waren an abgelegenen Stellen gebaut, wodurch der Anschluß an ein Netz erschwert wurde, während außerdem der Wunsch, unabhängig von eventuellen Störungen der Elektrizitätsversorgung zu sein, zum Bau eigener Zentralen mit genügender Reserve führte.

Die Elektrizitätswerke sahen überdies die Telegraphiesender mit ihrer stark wechselnden Belastung nicht gerne als Verbraucher. Die Einführung von wassergekühlten Senderöhren großer Leistung (Trioden) und des Kurzwellenverkehrs, wodurch der Verbrauch von 500 bis 1000 kW bis auf 50 bis 100 kW ermäßigt wurde, machte die Sendestationen wieder zu gern gesehenen Stromverbrauchern, besonders weil die wachsende Anzahl Sender und die große Gebrauchsdauer (Rundfunksender) den geringeren Verbrauch pro Anlage ausglich.

Der Empfangsapparat des Amateurs.

Man wird sich erinnern, wie im Anfang der Radio-Empfang, von einigen offiziellen Empfangsstationen abgesehen, in den Händen experimentierender Amateure gehandhabt wurde. Auch bei der Entwicklung des Radiorundfunks blieb dieser Zustand zunächst unverändert. In jener Zeit wurden an die technische Gewandheit des Radioamateurs so hohe Anforderungen gestellt, daß auch die Stromquelle unbedenklich einen experimentellen Charakter haben konnte. Wer früher nicht daran gedacht hätte, einen Akkumulator im Hause zu haben, und wäre es nur aus Angst vor der Schwefelsäure, fürchtete als Radioamateur dieses Risiko nicht mehr. Akkumulatoren verschiedener Größe gehörten vom Anfang an zum Inventar des experimentierenden Radio-Amateurs. Und wie oft mußten diese zu einer Ladestation gebracht werden! Die hellbrennenden Röhren, die damals verwendet wurden, verbrauchten nämlich einige Watt als Glühstrom. Außer Gleichstrom niedriger Spannung für die Glühröhren der Radioröhren braucht man auch Gleichstrom höherer Spannung für den Anodenstrom. Hierfür lötete

Digitized by Google

der Amateur viele Taschenlampenbatterien aneinander. Sie hatten nur sehr wenig Strom zu liefern, bis zu 0·01 A, aber waren doch schon nach einigen Monaten erschöpft.

Die Stromlieferung für den Apparat des Amateurs war also kein einfaches Problem. Die Radio-Amateure, die zu Hause über Gleichstromanschluß verfügten und die somit ihre Akkumulatoren aus dem Netz mit Glühlampen als Vorschaltwiderständen nachladen konnten, fühlten sich sehr bevorzugt.

Das Laden der Akkumulatoren aus dem Wechselstromnetz.

Es ist kein Wunder, daß man bei zunehmendem Umfang des Rundfunk-Empfanges nach einem einfachen Umformer oder Gleichrichter suchte, um die Akkumulatoren aus dem Wechselstromnetz zu laden. Da zeigte es sich erst, wie wenig kleine Akkumulatoren früher gebraucht bzw. zu Hause geladen wurden. Kleine Gleichrichter waren kaum zu bekommen, einige mechanische Gleichrichter (Pendel-Gleichrichter) von zweifelhafter Konstruktion nicht mitgerechnet. Aber diese konnten für den Laiengebrauch ebensowenig befriedigen, wie die nach anderen Systemen gebauten mechanischen und chemischen Gleichrichter.

So war dem elektrotechnischen Konstrukteur unerwartet ein neues Problem vorgelegt, nämlich einen Klein-Gleichrichter zu bauen ohne bewegende Teile, billig, dauerhaft und äußerst einfach in der Behandlung. Nur dann hatte man Aussicht auf Massenumsatz und also auch die Möglichkeit zur Massenproduktion.

Als solcher kam nur ein Elektronenröhrengleichrichter in Betracht und dieser hatte nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn gute Gleichrichterröhren mit Glühkathode geliefert werden konnten. In Amerika erzeugt die General Electric Company den Tungar-Gleichrichter[1]). In Europa eroberte der Philips-Gleichrichter in kurzer Zeit den Markt. Man kann die Anzahl der Gleichrichter, die jetzt in Europa gebraucht werden, auf 200 000 schätzen.

Kennzeichnend für diesen Gleichrichter, der jetzt in verschiedenen Modellen von 6 bis 12 V und von 1·3 bis 6 A angefertigt wird, ist erstens die Verwendung eines Elektronen aussendenden Glühdrahtes niedriger Temperatur (wie er jetzt auch in allen „Miniwatt" Radioröhren gebraucht wird) und zweitens der Gebrauch einer Widerstandslampe, die automatisch die richtige Ladestromstärke einstellt, unabhängig von der Anzahl Zellen, die geladen werden. Selbstverständlich geht durch einen solchen Widerstand ein Teil der Energie verloren, und zwar umso mehr, je kleiner die Zellenzahl ist, aber die Bequemlichkeit, die dem gegenüber steht, und der automatische Schutz gegen Kurzschluß sowie das Wegfallen von Meßinstrumenten, Regulierwiderständen, Maximalschaltern usw. glich den kleineren Nutzeffekt vollkommen aus. Es zeigte sich hierbei erneut, daß man die Bedeutung des Wirkungsgrades nicht überschätzen darf. Wirtschaftlichkeit ist namentlich bei kleineren elektrischen Apparaten nicht immer der Faktor, der den Ausschlag gibt,vor allem, wenn dem andere Vorteile gegenüber stehen.

Der Bezug des Anodenstromes aus dem Netz.

Der Anodenstrom, der ursprünglich durch Trockenbatterien geliefert wurde, war bei einem altmodischen Dreiröhrenapparat mit Kopftelephon noch sehr gering (zirka 6 mA). Nachdem aber der Gebrauch von Lautsprechern zunahm und dazu spezielle Endröhren angefertigt wurden, um einen größeren Lautsprecherstrom ohne Verzerrung zu bekommen, zeigte es sich, daß Trockenbatterien auf die Dauer dieser größeren Beanspruchung nicht gewachsen waren. Und auch bevor diese Batterien erschöpft waren, zeigten sie einen großen Rückgang der Spannung und eine Zunahme des eigenen Widerstandes, die die Reinheit der Wiedergabe beeinträchtigte und zu Rückkopplungserscheinungen führte.

Man hat versucht, diese Nachteile zu vermeiden durch die Verwendung kleiner, in Reihe geschalteter Akkumulatoren (Blöcke von 10 V), aber der hohe Preis dieser Akkumulatoren für die Anodenspannungen, die damals schon bis zu 150 V gingen, die sorgfältige Behandlung, die sie brauchten, besonders beim Laden, haben diese Anodenbatterien bei der Mehrzahl der Radioamateure nie beliebt machen können. Um so mehr, als es sich inzwischen gezeigt hatte, daß der Anodenstrom auch unmittelbar dem Netz entnommen werden konnte, wenn man nur gewisse Vorsichtsmaßnahmen traf. Als Anodenstrom kann man nur einen Gleichstrom ohne die geringste Wechselstromkomponente verwenden. Gleichstrom aus einem von Dynamos gespeisten Netz hat stets eine Welle, die im Lautsprecher Brummen verursacht. In noch höherem Maße ist das der Fall bei dem Strom, der durch Gleichrichtung aus Wechselstrom entsteht. In beiden Fällen braucht man also eine Einrichtung, um die Pulsationen des Gleichstroms „abzuflachen". Man gebraucht dafür eine Kombination von Drosselspulen und Kondensatoren, letztere mit einer ziemlich hohen Kapazität (10 bis 20 μF) und bekommt eine solche Abflachung, daß in einem normalen Radioapparat mit Lautsprecher kein Brummen mehr gehört wird[2]).

Die Kombination einer Gleichrichterröhre für hohe Spannung mit einem solchen Drosselkreis führte zum Bau von Anodenspannungsapparaten (Netzanoden) für Wechselstrom, wobei — infolge der benötigten Gleichspannung bis 150 V — die primäre Wechselspannung manchmal noch durch einen Transformator erhöht werden muß. Übrigens bezweckt der Transformator, auch die Gleichstromseite elektrisch vollkommen

[1]) Vgl. E. u. M. 1919, S. 459.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 44.

Digitized by Google

von der Wechselstromseite zu trennen, was bei den Anodenspannungsapparaten für Gleichstrom nicht der Fall ist und auch niemals sein kann[3]).

Die Furcht vor der Verwendung von Gleichstrom-Netzanoden ist indessen übertrieben, wenn der Spannungsrückgang durch die eingebauten Vorschaltwiderstnäde bei Belastung so stark ist, daß niemals eine gefährliche Stromstärke erreicht werden kann. Eine Anodenakkumulatorbatterie von 150 V z. B. ist gerade wegen des geringen inneren Widerstandes in dieser Hinsicht viel gefährlicher.

Die geringe Anzahl der Gleichstromnetze veranlaßte jedoch die Radiohörer und die Fabrikanten, sich speziell für Wechselstromanodenspannungsapparate zu interessieren. Im Anfang hat man versucht, diese Apparate mit Bestandteilen von geringer Qualität auszuführen, aber bald hat man bemerkt, daß hier dieselben Anforderungen gestellt werden müssen, wie bei allen für den Netzanschluß bestimmten Apparaten überhaupt. Es wird nicht lange mehr dauern, bis bei den Radioanlagen der Anodenspannungsapparat Regel und die Batterie Ausnahme geworden ist.

Anschluß des ganzen Radioapparates an das Netz.

Die Entwicklung der verschiedenen Gleichrichter für den Heizstrom und für den Anodenstrom ist zu erklären durch die verschiedenen, allerdings nur wenige Jahre auseinanderliegenden Zeitpunkte, in denen sich das Bedürfnis nach solchen Apparaten herausstellte.

Das Radio hat sich so stürmisch entwickelt, wie man es bis jetzt in der Technik selten mitgemacht hat, und dadurch ist die systematische Entwicklung der Stromversorgung ins Gedränge geraten. Man brauchte dringend Gleichrichter, als die hellbrennenden Radioröhren viel Strom den Akkumulatoren entnahmen; hätte die Radiotechnik sogleich mit Röhren, deren Heizstrom nur 0·06 bis 0·15 A beträgt, angefangen, so würde die Entwicklung sich wahrscheinlich in einer anderen Richtung vollzogen haben.

Nicht die Lautstärke, sondern der Wunsch nach besserer Qualität war Ursache, daß die Endröhren mit größerer Anodenstromstärke entstanden, wodurch die Anodenspannungsapparate bei den Radioanlagen unentbehrlich wurden. Dies macht es auch verständlich, weshalb die Stromlieferung eines Radioapparates aus verschiedenen Apparaten, mit allen dazu gehörenden Verbindungen, noch keineswegs als Ideal zu betrachten ist.

Besonders der Umweg vom Netz bis zum Radioapparat über Gleichrichter und Akkumulator, der jetzt schon durch die sogenannten Kleinlader vereinfacht ist, wird auf die Dauer durch die direkte Speisung des Glühdrahtes ersetzt werden, entweder mit gleichgerichtetem und danach abgeflachtem Strom, oder mit einem auf niedrige Spannung transformierten Wechselstrom. Die Tatsache, daß die Verstärkerröhren weniger empfindlich für kleine Schwankungen im Anodenstrom sind, macht, daß wir für die nächste Zukunft wohl eine gute Lösung dieses Problems erwarten dürfen.

Auf der Radioausstellung, die im Herbst vorigen Jahres in Amsterdam gehalten wurde, war der direkte Anschluß an das Wechselstromnetz bei vielen Apparaten schon vorhanden, dies war die einzige wirkliche Neuerung. Auf der letzten Radioausstellung in New-York waren schon 28 v. H. der Apparate für Anschluß an ein Wechselstromnetz bestimmt[4]).

Die Zukunft des Radioapparates.

Wenn Apparate für Wechselstrom vorläufig noch eingerichtet sind für eine getrennte Anodenstromversorgung durch einen Anodenspannungsapparat, so ist dieses nur als ein Zugeständnis zu betrachten, das den vielen Radioamateuren gemacht wird, die schon einen Anodenspannungsapparat besitzen.

Auf die Dauer werden wohl die Apparate, die so eingerichtet sind, daß sie alle für die Umformung des Netzstromes benötigten Teile besitzen, das Übergewicht gewinnen, da sie die große Bequemlichkeit haben werden, daß man sie nur mit einer einzigen Schnur an den Steckkontakt anzuschließen braucht. Gewiß wird diese Entwicklung mehr Zukunft haben als die, die man jetzt in England bemerkt. Man hat dort nämlich wenig Interesse für den Apparat mit direktem Netzanschluß, aber wohl für vollständig unabhängige Apparate für Rahmenempfang, die Lautsprecher, Heizstrombatterie und Anodenbatterie in sich vereinigen, sodaß sie, ungeachtet eines ziemlich hohen Gewichts, bei Auto-, Ruder- und Segelfahrten mitgenommen werden können. Aber diesen Vorteilen, die man nur verhältnismäßig selten genießen kann, stehen sehr viele Nachteile gegenüber: hohe Betriebskosten, geringe Empfindlichkeit und mangelhafte Wiedergabe.

Die Elektrizitätswerke werden den Radioapparat für direkten Anschluß mit anderen Augen betrachten als den Radioapparat, der nicht mit dem Netz in Kontakt kommt. Jedoch die Entwicklung des modernen Radioapparates vollzieht sich in einer Richtung, die alle Bedenken der Elektrizitätswerke beseitigen wird. Man hat jetzt eingesehen, daß beim Bau der Rundfunkempfänger alle unter Spannung stehenden Teile gut gesichert und alle Verbindungen sehr solide sein sollen und daß auch an die Kontaktstellen der Schalter und Steckerstifte, sowie an die Isolation an und für sich und an ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit die höchsten Anforderungen gestellt werden müssen. Nur dann kann man viele Fehler, die bis jetzt oft vorkommen, vermeiden.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, Heft 4, S. 44 und E. u. M. 1927, S. 878.

[4]) Vgl. a. d. Netzanschlußgeräte a. d. Wiener Herbstmesse, 1927, „Die Radiotechnik" 1927, S. 119 und auf der Berliner Funkausstellung, „Die Radiotechnik", 1927, S. 118.

Digitized by Google

Da die Anforderungen beim Radio mindestens ebenso streng sein müssen wie bei einer Starkstrominstallation, wird der Weg zum Gebrauch in Verbindung mit dem Starkstromnetz gebahnt werden.

Der Stromverbrauch.

Da es bei den Radioapparaten noch immer eine große Verschiedenheit gibt, ist es natürlich sehr schwer, den Stromverbrauch genau anzugeben, während außerdem die Gebrauchsdauer sehr verschieden ist. Aber doch sind schon einige Zahlen bekannt geworden, die uns einen Eindruck geben können von der Bedeutung dieses Stromverbrauchs für die Elektrizitätswerke.

Vor einigen Jahren schätzte ein amerikanisches Elektrizitätswerk die Zunahme des Stromverbrauchs für jeden Verbraucher mit Radioapparat auf 4 vH, davon 1·6 vH für den Apparat und 2·4 vH für den größeren Lichtstromverbrauch, da die Radiohörer weniger ausgingen.

Für den Jahresverbrauch der Akkumulatoren, der über den Gleichrichter läuft, darf man 12 bis 20 kWh pro Verbraucher annehmen. Ein Anodenspannungsapparat verbraucht zirka 12 W, die Gebrauchsdauer variiert zwischen 500 und 2000 Stunden, sodaß man mit 6 bis 24 kWh pro Jahr rechnen muß, Augenblicklich darf man also schon auf 15 bis 40 kWh pro Radiohörer rechnen, während der Lichtverbrauch in diesen Familien auch zunehmen wird. Damit nimmt der Radioempfangsapparat unter den stromverbrauchenden Apparaten eine sehr wichtige Stelle ein.

Bügeleisen und Heizapparate überflügeln ihn, aber man kann ihn mit dem Staubsauger (20 kWh pro Jahr) vergleichen, während andere Apparate (Milchkocher, Föhn, Bettwärmer, Brotröster usw.) weit darunter bleiben.

Aktive Radiopropaganda der Elektrizitätswerke?

Die Bedeutung des Radioempfanges für die Stromlieferung der Elektrizitätswerke geht aus vorstehenden Ausführungen zur Genüge hervor. Jeder Stromverkäufer wird einsehen, daß sich mit dem Radiogebiet allmählich und kaum bemerkt ein sehr wichtiger Konsument entwickelt hat. Die nächste Stufe wird die sein, daß man sich überlegen wird, ob die Elektrizitätswerke diese Anwendung der Elektrizität so fördern sollen, wie sie es schon bei vielen anderen Anwendungen getan haben.

Wie soll man sich eine solche aktive Radiopropaganda der Elektrizitätswerke vorstellen? Zunächst vermeide man es, unnötige scharfe Vorschriften für Anschluß von Radioapparaten an das Netz zu machen, während man für die Anlage von Antenne und Erdleitung möglichst viele Erleichterungen gewähren sollte, wenn diese mit der Sicherheit des Betriebes zu vereinbaren sind. Zweitens — und dieses gilt speziell für das Land — versuche man den Radiohörern behilflich zu sein bei Störungen, beim Suchen von Fehlern in Antenne und Erdleitung usw. Man vergesse nicht, daß gerade für den Landbewohner das Radio eine viel größere Bedeutung hat als für den Großstädter, daß aber Sachverständige auf dem Lande viel seltener sind als in den Städten.

In vielen Dörfern ist der Monteur des Elektrizitätswerkes der einzige, der sich auf die Behandlung von elektrischen Apparaten versteht. Die Ausbildung solcher Personen zu Radiomonteuren würde sich dem neuzeitlichen Gedanken des „service" anpassen, den moderne Elektrizitätswerke ihren Abnehmern zu geben versuchen. Diese Monteure sollten dazu einem kurzen Kursus folgen, aber es ist ebenso wichtig, daß sie selbst regelmäßig den Radioapparat gebrauchen.

Sobald es möglich ist, sich bei jeder Störung an den örtlichen Vertreter des Elektrizitätswerkes zu wenden, werden sehr viele, die vorher davor zurückschreckten, sich einen Radioapparat anzuschaffen, jetzt gerne sich dazu entschließen. So kann man den Radioempfang fördern, indem man alle hemmenden Einflüsse beseitigt; ferner würde auch folgende Aufgabe den Elektrizitätswerken zufallen: Die Qualität des Radioempfanges kann, wie wir alle wissen, ungünstig beeinflußt werden durch Nebengeräusche. Gegen atmosphärische Einflüsse (Luftstörungen) können wir nicht ankämpfen, aber wohl gegen die Störungen, die durch Schalter mit schlechtem Kontakt, durch lose eingeschraubte Sicherungen und Lampen, durch schlecht unterhaltene Motoren, durch lose Schrauben im Steckkontakt verursacht werden. Wenn die Elektrizitätswerke auch auf diese kleinen Defekte, die für die Elektrizitätslieferung noch nicht schädlich sind (aber es wohl werden können), achten würden, dann würden sie damit nicht nur eine Bedrohung der Sicherheit des eigenen Betriebes beseitigen, sondern auch alle Radiohörer sich sehr verpflichten. Eine solche Untersuchung ist nicht schwer auszuführen, wenn sie systematisch geschieht.

Rundschau.

Vielfachrundfunk in der Tschechoslowakei. Von E. K. Sandemann. Für den Vielfachrundfunk, das heißt für die gleichzeitige Aussendung eines Programmes von mehreren Sendestationen, werden in der Tschechoslowakei zur Verbindung der einzelnen Sendestationen Drahtleitungen verwendet. Zwischen den drei bis jetzt vorhandenen Sendern, Prag[1]) mit 5 kW unmodulierter Trägerenergie, Brünn[2]) mit 2·4 kW und Bratislava mit 0·5 kW sind direkte Verbindungsleitungen Prag—Brünn und Prag—Bratislava vorhanden. Eine unmittelbare Verbindung Brünn—Bratislava besteht zurzeit noch nicht. Die zwischen Prag und Brünn vorhandene Doppelleitung ist 236·15 km lang. Hiervon sind 7·7 km Krarupkabel mit 2 mm Adern und der übrige Teil 3 mm starke Frei-

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 92.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 84.

Digitized by Google

leitung. Der gemessene Dämpfungswert bei 800 Hertz beträgt 9·8 TU[1]) (etwa $\beta l = 1{\cdot}1$). Die Ausgleichung aller Linien in dem Frequenzbereich von 30 bis 5000 Hertz erfolgt durch den „Western Electric 1—A Ausgleicher", wodurch bei den verschiedenen Frequenzen eine maximale Dämpfungsabweichung von ± 1 TU erzielt wird. Auch die innerhalb der Stadt Prag zum Beispiel vom Nationaltheater oder vom Konzertsaal der Philharmonie zur Sendestation Prag, resp. zum Verteilungsschrank für die übrigen Sendestationen vorhandenen Leitungen sind in obigem Frequenzbereich in bezug auf Dämpfung ausgeglichen, so daß also in den Zuführungsleitungen fast gar keine Verzerrung vorhanden ist. Die verwendete Ausgleichertype besteht aus einer Nebenschlußimpedanz, die aus einem veränderlichen dreistufigen Kurbelwiderstand und einem in Reihe geschalteten Resonanz-Sperrkreis zusammengesetzt ist. Der Sperrkreis hat zwei alternative Resonanzen, und zwar zur Ausgleichung bei 3000 und bei 5000 Hertz, wobei aber nur der bei 5000 Hertz gebraucht wird. Um Verstärker zu sparen, sind die tschechoslowakischen Leitungen nur bis 5000 Hertz ausgeglichen, was dadurch gerechtfertigt wird, daß in den vorhandenen Empfangsapparaten die höheren Frequenzen nicht wiedergegeben werden. Die Ausgleicher sind in dem Kontrollraum der Anlage in Prag untergebracht und können je nach Bedarf in die Stadtleitungen oder in die Fernleitungen eingeschaltet werden; sie müssen natürlich jedesmal auf die Charakteristik derjenigen Leitung, mit welcher sie verbunden sind, eingestellt werden. Die notwendigen Werte, auf die die Ausgleicher bei den verschiedenen Leitungen einzustellen sind, werden einmal durch Messung bestimmt und können dann jedesmal durch ungeschulte Beamte mechanisch auf die der Leitung entsprechenden Werte eingestellt werden. Während der Übertragung wird in jedem Falle die Lautstärke am Eingang einer Fernleitung auf ein Energieniveau, daß ungefähr 2 TU höher als das Nullniveau ist, eingestellt, wobei das letztgenannte mit 5·9 mW angenommen wird. Das Energieniveau wird durch „Standard Lautstärke Anzeiger" gemessen.

K e l c h.

(Electrical Communication, Bd. 6, H. 3, 1928.)

Der Rundfunksender von Lahtis in Finnland. Von V. Y l ö s t a l o. In dem dünnbesiedelten, weit ausgedehnten Finnland bietet die Aufstellung eines mit Detektor hörbaren Senders Schwierigkeiten, weshalb man sich entschloß, einen Sender vorerst in dem dichter besiedelten Süden zu errichten und vielleicht später kleinere Sender über das Land zu verteilen. Die Wahl fiel auf die Stadt Lathis. Die Sendeenergie beträgt vorläufig 20 kW und kann auf 40 kW erhöht werden. Die Wellenlänge ist 1550 m. Es erwies sich eine Höhe von 150 m als die günstigste für die beiden Antennenmaste, die als freistehende, eiserne Gittermaste mit 1200 t Gewicht ausgeführt wurden. Die wirksame Länge der T-Antenne beträgt 240 m. Der für die allgemeine Stromversorgung mit 6000 V gelieferte Strom wird in einem 400 kVA Transformator auf 380 V herab- und in der Gleichrichteranlage mittels eines Sechsphasentransformators auf 10 000 V hinauftransformiert, und schließlich durch sechs wassergekühlte Ventilröhren mit 20 kW Leistung gleichgerichtet. Der eigentliche Sender besteht aus drei Stufen. Der Steuersender, dem die Erzeugung einer möglichst gleichbleibenden Periodenzahl obliegt, erhält zwei Röhren von 1 kW-Leistung mit 10 000 V Anodenspannung. Im Modulationskreis werden zwei wassergekühlte 10 kW Rohre verwendet. Die dritte, die Verstärkungsstufe, besteht aus sechs wassergekühlten Röhren von insgesamt 20 kW Leistung, welche Energie später verdoppelt werden kann. Der Hauptvorführungsraum, mit dem der Sender durch zwei Doppelleitungen verbunden ist, befindet sich in Helsingfors. Ein kleinerer Versuchsvorführungsraum ist in der Sendestation selbst untergebracht. Die Einrichtung des Senders wurde von Telefunken geliefert. V. H.

(Kraft och Ljus, Bd. 1, Heft 1, 1928.)

[1]) TU = Transmission Unit. Vgl. E. u. M. 1926, S. 482; 1927, S. 338.

Zur Theorie der Endverstärkung. Manfred von A r d e n n e untersucht das Endverstärkerproblem unter der Voraussetzung, daß die zur vollen Aussteuerung der Röhre notwendigen Gitterwechselspannungen vorhanden sind. Es werden die Daten des Anodenwiderstandes und der Endröhre mit Sättigung als gegeben betrachtet und die B e t r i e b s s p a n n u n g e n g e s u c h t bei denen die R ö h r e an den L a u t s p r e c h e r eine m a x i m a l e W e c h s e l s t r o m l e i s t u n g v e r z e r r u n g s f r e i a b g i b t. Die Gleichungen für diese Betriebsspannungen werden mit Hilfe der als ideelle Arbeitskennlinie aufzufassenden Diagonalen jenes Rechtecks abgeleitet, welches die bei induktiven oder kapazitiven Lautsprechern vorhandene elliptische Arbeitskurve umschließt. Der gewonnene Ausdruck für die zur vollen, verzerrungsfreien Ausnutzung einer Endröhre erforderliche Anodenspannung besagt, daß die Spannung der Anodenstromquelle wenigstens so groß zu wählen ist, daß durch sie neben der Korrekturspannung K, (die von der Röhrentype abhängt und eingeführt ist, um eine lineare Beziehung für den Anodenstrom ansetzen zu können) der Gleichstrom-Spannungsabfall am Ohmschen inneren Röhrenwiderstand (R_i) und Ohmschen Bestandteil (R_a) des äußeren Widerstandes und weiterhin der Wechselstrom-Spannungsabfall an dem sich aus R_i und R_a zusammensetzenden Wechselstromwiderstand $|\Re|$ aufgebracht und gedeckt werden. Zur Bestimmung von $|\Re|$ ist hierbei die Frequenz einzusetzen, bei der der Arbeitspunkt am leichtesten in das Gebiet positiver Gitterspannungen hineinpendelt. Bei induktiven Lautsprechern kann als in dieser Hinsicht kritische Frequenz die Frequenz 800 angegeben werden. Bei der Untersuchung der Abhängigkeit des Stromes und der Nutzleistung im Anodenkreis vom inneren Widerstand der Röhre und von der Frequenz ergibt sich als allgemeiner Grundsatz, daß der innere Widerstand der Endröhre um so kleiner sein muß, je kleiner die Anodenspannung ist, mit der man auskommen, und je größer die Leistung ist, die man umsetzen will. Schm.

(Zeitschrift f. Hochfrequenztechn., Bd. 30, H. 4, 1927.)

Röhrenverzerrungen bei Verstärkern. M. v. A r d e n n e sucht aus dem Gleichrichtereffekt Rückschlüsse auf die Größe der Verzerrung im unteren Teil der Charakteristik einer Elektronenröhre zu ziehen und definiert einen V e r z e r r u n g s g r a d $K_v = \delta E_g : \mathfrak{E}_g$ als Verhältnis der dem Gleichrichtereffekt δI_a entsprechenden Gitterspannungsschwankung δE_g zur Gitterspannung $\mathfrak{E}_g$. Zur Wiedergabe von Orchestermusik ist, wie Versuche ergaben, in der letzten Stufe eines Rundfunkverstärkers ein Verzerrungsgrad von 4 bis 6 vH, in der vorletzten von etwa 4 vH noch zulässig.

Man kann den Verzerrungsgrad in unmittelbare Beziehung zur dynamischen Charakteristik bringen. Bezeichnet man mit $\mathfrak{S}_r$, S_r und S die Steilheit der scheinbaren, der statischen und der dynamischen Charakteristik im Arbeitspunkt der Röhre, mit R_i deren inneren Widerstand und mit $\Re_a$ den äußeren Widerstand des Anodenkreises, dann gelten die Beziehungen:

$$\delta E_g = \frac{\delta I_a}{S_r}; \quad \frac{\partial |\mathfrak{S}_r|}{\partial E_g} = \frac{\partial S}{\partial E_g} \cdot \frac{R_i^2}{|\Re_a + R_i|^2};$$

$$S_r = S \frac{R_i}{R_a + R_i}$$

und, wie der Autor in einer früheren Arbeit abgeleitet hat[1]),

$$\delta I_a = \frac{\partial |\mathfrak{S}_r|}{\delta E_g} \cdot \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4} \cdot \frac{R_i}{R_a + R_i}.$$

Führt man diese Beziehungen in die Definitionsgleichung des Verzerrungsgrades ein, so erhält man schließlich die Formel

$$K_v = \frac{\partial S}{\partial E_g} \cdot \frac{\mathfrak{E}_g}{4 S} \cdot \frac{R_i^2}{|\Re_a + R_i|^2} \quad \ldots (3),$$

[1]) M. v. A r d e n n e, Über Anodengleichrichtung, Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Bd. 29, H. 3; vgl. a. Die Radiotechnik 1927, S. 99.

Digitized by Google

welche das Verhalten der Röhre für einen bestimmten Verzerrungsgrad festlegt. Insbesondere läßt sich ein kritischer Betrag des Anodenwiderstandes angeben, der überschritten werden muß, um eine bestimmte Spannung mit dem noch zulässigen Verzerrungsgrad zu verstärken. Dieser kritische Wert wird für die vorletzte Stufe eines Verstärkers auch zahlenmäßig eingeschätzt, und zwar $Ra \gtrless Ri : 0{\cdot}75$ bei rein Ohmschen, $|\mathfrak{R}a| \gtrless Ri : 0{\cdot}6$ für induktiven Anodenwiderstand. Auch eine Faustregel für die untere Grenze des Aussteuerbereiches der vorletzten Verstärkerstufe wird aus Gl. (3) abgeleitet; es gilt für diese Grenze $Ri = Ra$ bei Ohmschem und $Ri = 0{\cdot}8\,|\mathfrak{R}a|$ bei induktivem Anodenwiderstand. Frd.

(Zeitschr. f. techn. Physik, 8. Jg., Nr. 6, 1927.)

Die technische Herstellung von Oxydkathoden beschreibt W. Statz, Berlin. Die Oxydkathoden[1]) mußten wegen der Herstellungsschwierigkeiten lange Zeit vor der jüngeren Thoriumkathode zurückstehen. Heute ist man der Schwierigkeiten auf verschiedenem Wege Herr geworden. Von den verwendeten Erdalkalioxyden hat Ba O die stärkste Emission, ist aber gegen die Feuchtigkeit und den Kohlendioxydgehalt der Luft sehr empfindlich. Man mischt es daher mit Ca O und Sr O, oder verzichtet auf die stärkere Emission und verwendet die letzteren beiden allein. Dem Lufteinfluß wird auch durch Einbetten in Kollodium, Cellonlack und dgl. oder durch Überzüge aus Harz oder Paraffin begegnet. Nach einer altbekannten Methode werden die feingepulverten Oxyde in Paraffin verteilt und der glühende Kathodendraht mit der festen Paraffinmischung bestrichen. Auch Aufschwemmen in Paraffinöl und Aufspritzen mit einer Spritzpistole ist üblich. In Amerika wird der für die Kathode bestimmte Draht, mit einem Gewicht gespannt, in ein Gefäß gehängt, das wiederholt vorübergehend mit Erdalkalinitrat gefüllt wird; dazwischen wird der Draht zum Abtreiben der Salpetersäure geglüht. Nach dem Glühen wird jedesmal Kohlensäure eingeleitet, um die entstandenen Oxyde in unlösliche Karbonate zu verwandeln. Dies wird 60 bis 100 mal wiederholt.

Für die Massenfabrikation eignet sich besser das Schmelzverfahren der Osram-Gesellschaft. Der Draht spult sich von einer Rolle ab, durchläuft eine Reihe von Präpariergefäßen mit anschließenden Glühöfen und spult sich, nachdem er noch einen feinen Paraffinüberzug erhalten hat, wieder auf. Der Überzug ist so biegsam, daß er durch das Aufspulen nicht beschädigt wird. Die Präpariergefäße enthalten Hydroxydmischungen; die übrigen Einrichtungen, durch die erst die Gleichmäßigkeit der Präparation erreicht wird, sind Fabriksgeheimnis. Unter dem Mikroskop zeigt die Schicht lauter kleine Kristallhäufchen, zwischen denen der Kerndraht metallisch durchschaut. (Die nach dem Sinterverfahren hergestellten Oxyddrähte sind dagegen nicht biegsam; ihre Schicht bekommt beim Biegen feine Sprünge, die allerdings die Lebensdauer meist nicht wesentlich beeinträchtigen.) Mit dieser Vorrichtung können stündlich 80 bis 100 m Draht mit einer Schicht von 0·008 bis 0·04 Dicke versehen werden. Die geringe Dicke erleichtert die Entgasung; der feste Zusammenhang läßt die Anwendung des Magnesiums zur Restentgasung zu, so daß hiefür das der Schicht gefährliche Bombardieren mit Elektronen entfällt. Diese Oxydkathoden besitzen auch eine hohe Emission; es liefern bei einer Beanspruchung, die einer Lebensdauer von 1000 Stunden entspricht, Wolframkathoden 2 bis 4 mA/W, Thoriumkathoden 30 bis 40 mA/W, Oxydkathoden (früher) 40 bis 50 mA/W, Oxydkathoden (später) 80 bis 100 mA/W, Oxydkathoden (jetzt) 140 bis 160 mA/W.

Während bisher als Kerndraht nur Platin mit Iridiumzusatz verwendet werden konnte, gestattet das bei Philips, Eindhoven entwickelte Dampfverfahren als Kernmaterial Wolfram zu verwenden und den Auftrag der Oxydschicht in die fertig evakuierten Röhren zu verlegen. Auf der Innenseite der Anode wird eine beim Glühen Bariumdampf entwickelnde Substanz aufgetragen. Der so erzeugte Bariumdampf schlägt sich dann auf der Kathode nieder und wird durch den vorher oberflächlich oxydierten Wolframdraht in Oxyd verwandelt. Das Verfahren wird auch von der Osram-Gesellschaft ausgeübt. Man erreicht eine bisher ungeahnte Gleichmäßigkeit der Schicht und kann Kathoden mit 20 mA Heizstrom herstellen. Der Ersatz eines dicken Fadens durch mehrere dünne erhöht aber die Steilheit. Bisher betrug die Steilheit bei Wolframkathoden 0·1, Thoriumkathoden 2·0, Oxydkathoden (60 mA-Faden) 5·0, Oxydkathoden (40 mA-Faden) 7·0 mA/W. Auch bei diesem Verfahren entfällt das Elektronenbombardement beim Evakuieren, da das Ba noch stärker als das Mg entgast. Diese Kathoden sind gegen Überheizung weniger empfindlich, sie können überdies, wie Thoriumkathoden, wieder regeneriert werden.

Auch unmittelbarer Oxydzusatz zum Drahtmaterial ist versucht worden, allerdings nur mit geringem Erfolge. So werden Molybdändrähte mit Ca O-Zusatz verwendet, die etwa den Thoriumkathoden gleichkommen. Diese letzteren sind auch Oxydkathoden, da im Wolframmetall Thoroxyd eingebettet ist[1]). Auch bei den Oxydkathoden schreibt man die Wirkung einem durch Reduktion entstandenen Metallfilm zu. Platindrähte mit Ba O-Gehalt zeigten sich noch unzuverlässig. Versuche mit Cäsium erreichten ebenfalls nicht die Emission moderner Ba O-Kathoden; es wurde eine Emission von 0·3 A je cm² Oberfläche gegen 0·6 bis 1·0 A cm² bei Ba O erreicht. R. H.

(Z. f. Technische Physik, Jg. 8, Nr. 11, 1927.)

Über die nichtlineare Verzerrung von Lautsprechern und Fernhörern. Von Erwin Meyer. Bei der bisherigen Prüfung von Lautsprechern und Telephonen hat man sich auf die Untersuchung der Abhängigkeit der ausgestrahlten Schallenergie von der erregenden Stromstärke bei verschiedenen Frequenzen begnügt[2]). Hierbei ist vorausgesetzt worden, daß ein rein sinusförmiger Erregerstrom auch einen reinen Ton erzeugt. Dies trifft nun in der Praxis nicht zu, denn die meisten vorhandenen Typen von Lautsprechern und Telephonen besitzen eine nichtlineare Verzerrung, das heißt die ausgestrahlte Schallenergie besitzt bei rein sinusförmigem Erregerstrom nicht nur dessen Frequenz, sondern auch noch Obertöne in mehr oder minder großer Anzahl und Stärke. Der Autor beschreibt eine Meßmethode, mit der es möglich ist, die Obertöne vom Grundton zu trennen. Diese Trennung geschieht etwa folgendermaßen. Der Schall des zu prüfenden Telephons oder Lautsprechers trifft auf die Membran eines Kondensatormikrophones. Die auf die Membran einwirkende Druckamplitude des Grundtones dieses Schalles wird durch eine gleichgroße, entgegengesetzt gerichtete elektrostatische Kraft der gleichen Frequenz kompensiert, so daß die Membranschwingung nur noch die Obertöne des zu messenden Schalles enthält. Das Kondensatormikrophon, welches nach der von Wente angegebenen Type mit einer 0·04 mm starken Membran aus Duraluminium mit einem Durchmesser von 25 mm gebaut ist, ist in einen Rieggerschen Hochfrequenzkreis mit nachfolgendem Gleichrichterrohr und vierstufigem Verstärker angeordnet[3]). Der Verstärker erhält zugleich das aus Widerstand und Selbstinduktion bestehende Ausgleichsglied zur Herstellung der geradlinigen Frequenzkurve. Durch diese Anordnung werden die Schwingungen der Membran in entsprechende Wechselströme umgeformt, die sich dann mit Thermoelement und Galvanometer messen lassen. Die Anordnung ist derart empfindlich, daß sich noch Druckamplituden von 0·05 Bar (Dyn/cm²) einwandfrei feststellen lassen. Die Kompensationsspannung besteht aus einer Gleichspannung von etwa 200 V und einer Wechselspannung bis zu 1 V. Die Phase und Amplitude dieser Wechselspannung kann durch einen Larsen-

[1]) Vgl. a. Die Radiotechnik 1924, S. 137; 1927, S. 79.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 16.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, S. 7, 60.

[3]) Vgl. Die Radiotechnik, 1927, S. 129.

Digitized by Google

schen Kompensator, bestehend aus einem Schiebewiderstand und einem Variometer verändert werden. Die Messung geschieht in der Weise, daß das zu prüfende Telephon oder der zu prüfende Lautsprecher mit der gewünschten Frequenz und Stromstärke erregt wird. Das Thermoelement und Galvanometer hinter dem Verstärker wird zunächst durch ein Abhörtelephon (am besten ein elektrostatischer Fernhörer nach E. Reiß) ersetzt und jetzt die Kompensationsspannung so einreguliert, daß die Grundfrequenz aus dem Schall verschwindet und nur noch die Obertöne hörbar sind. Dann wird an Stelle des Telephons das Thermoelement mit Galvanometer angeschlossen und der Reihe nach die effektive Druckamplitude des Schalles, des Grundtones und der Obertöne gemessen, indem man auf das Kondensatormikrophon entweder Schall allein oder die Kompensationsspannung allein oder beides zusammen einwirken läßt.

Als Maß für die nichtlineare Verzerrung eines Telephons oder Lautsprechers wird das Verhältnis der effektiven Druckamplitude der Obertöne zu der effektiven Druckamplitude des Grundtones definiert und nach Küpfmüller als „Klirrfaktor" bezeichnet. Als Ursachen einer nicht linearen Verzerrung bei einem elektromagnetischen Lautsprecher werden in der Hauptsache nachfolgende drei Punkte angegeben. 1. Die Membran; 2. Der Wechselmagnetfluß in Membran und Eisenkern ist nicht klein gegenüber dem permanenten Magnetfluß; 3. Die Magnetisierungskurve ist in dem benutzten Arbeitsbereich nicht geradlinig. — Beim elektrostatischen Lautsprecher ergibt sich ein großer Klirrfaktor, wenn die angelegte Gleichspannung nicht groß genug gegenüber der erregenden Wechselspannung ist. Da bei allen elektromagnetischen Telephonen der Klirrfaktor mit der erregenden Wechselstromstärke zunimmt, so besitzen Kopfhörer im allgemeinen einen kleineren Klirrfaktor als Lautsprecher, von denen die elektrodynamische Type bei Verwendung eines genügend homogenen Magnetfeldes den kleinsten Klirrfaktor ergibt. Dieser bleibt bei diesen Typen selbst für die tiefen Frequenzen meist unterhalb 0·01. Kelch.

(Elektrische Nachrichtentechnik, Band 4, Heft 12, 1927.)

Über Verstärkung in der Bildtelegraphie gibt O. Schriever eine Darstelung, in welcher er die Anordnungen zur Verstärkung der bildtelegraphischen Zeichen in dem System Karolus-Telefunken[1]) beschreibt. Die bei diesem System aus der Bildabtastung sich ergebenden Stromschwankungen können ein Frequenzband bis zu mehr als zehn Oktaven umfaßen, dessen gleichmäßige Verstärkung und Weiterleitung besondere Vorkehrungen erfordert. Diese bestehen bei dem genannten System in der Einführung einer Hilfsfrequenz, die durch die Bildfrequenzen moduliert und erst nach dieser Modulierung zum Verstärker geleitet wird. Das Verhältnis dieser Hilfsträgerfrequenz zu der zu übertragenden Höchstfrequenz der Bildabtastung wählt man so tief als möglich. Während man beim Fernsprechen mit Trägerwellen diesem Verhältnis mindestens den Wert zehn geben muß, kann man bei der Bildübertragung bis auf zwei hinunter gehen. Moduliert man eine Trägerfrequenz $2n$ mit der Höchstfrequenz n der Bildübertragung, so ergibt sich ein Frequenzband von $2n - n$ bis $2n + n$, also einer Breite von nicht einmal zwei Oktaven, dessen Verstärkung und Übertragung keine besonderen Schwierigkeiten mehr bietet. Für diese Zwischenmodulierung verwendet nun Telefunken ein mechanisch-optisches Verfahren, indem zwischen Lichtquelle und Photozelle eine umlaufende Lochscheibe gebracht wird, welche bei etwa 3000 bis 4000 Umdrehungen in der Minute einen Wechsel zwischen Licht und Dunkel von der gewünschten Frequenz erzeugt. Diese optische Trägerwelle fällt auf das zu übertragende Bildelement und mischt sich dort mit der Helligkeit des Bildelementes, so daß die Modulation gleich am Bildelement selbst stattfindet. Das optische Ergebnis dieser Mischung wird nun gleich von der an der Bildtrommel anliegenden Photozelle gewissermaßen ins Elektrische übertragen, indem die Schwankungen des in der Photozelle entstehenden elektrischen Stromes den modulierten Lichtschwankungen entsprechen. Die Frequenz des als Träger dienenden Lichtstromes kann durch Regelung des die Lochscheibe antreibenden Motors, durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses zwischen Motor und Lochscheibe, endlich auch durch Wahl von Scheiben mit verschiedener Lochzahl, etwa zwischen den Grenzen von 500 bis zu 15 000 Hertz, geändert werden. Der von der Photozelle ausgehende vormodulierte Strom gelangt nunmehr zu einem Verstärker mit fünf Stufen. Die erste und zweite Stufe sind durch Widerstandskoppelung, die zweite und dritte, sowie die vierte und fünfte Stufe durch Drosselkoppelung, endlich die dritte und vierte durch Transformatorenkoppelung miteinander verbunden. Die vierte Stufe besteht aus einem Ausgangs- und einem Eingangstransformator mit dazwischen liegendem veränderlichen Dämpfungsglied, das eine verzerrungsfreie Lautstärkenregelung ermöglicht. Das Endrohr wird durch einen Ausgangstransformator an das anschließende Verbindungskabel angepaßt. Dieser Verstärker liefert bei einer mehrhundertmillionenfachen Verstärkung eine Endleistung von rund 1·5 W, ohne dabei merkliche Störgeräusche zu erzeugen. Durch das erwähnte Verbindungskabel gelangt der verstärkte Strom nunmehr zu einem Modulationsrohr, welches die Modulation des durch ein fremdgesteuertes Senderohr erzeugten eigentlichen hochfrequenten Trägerstromes nach der Gittergleichstrommethode bewirkt, worauf die Ausstrahlung durch die Antenne folgt. Der beschriebene Verstärker eignet sich auch auf der Empfängerseite zur Verstärkung der Niederfrequenz, wobei dann an Stelle der Photozelle das Gleichrichterrohr des Empfängers zu treten hat. Dr. Ste.

(Telefunken-Zeitung Nr. 47 ,Oktober 1927.)

Über die Ausbreitung der Kurzwellen bringt E. Quäck eine weitere Mitteilung. In einer früheren Arbeit[1]) wurde aus Beobachtungen über die Zeitdifferenz zwischen den direkten Zeichen und solchen, die außerdem einmal um die Erde gegangen waren, die Höhe der Heavisideschicht unter der Annahme normaler Lichtgeschwindigkeit berechnet; da die Ausbreitungsgeschwindigkeit aber wahrscheinlich geringer ist, dürfte auch die Höhe der Heavisideschicht geringer sein, als in der früheren Arbeit angegeben wurde. (Es ist kaum anzunehmen, daß die Wellen längs der Heavisideschicht im Kreise herumlaufen, da sie in diesem Falle nicht mehr zur Empfangsstation an der Erdoberfläche gelangen würden; eher dürften mehrfache Reflexionen zwischen der Erdoberfläche und der Heavisideschicht auftreten, die ähnlich verlaufen, wie die wiederholte Lichtreflexion im Glasstabe gewisser Mikroskopierlampen. Die dabei eintretende Wegverlängerung würde ebenfalls eine scheinbare Verringerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit bewirken. D. Ber.)

Die von den Kurzwellensendern in Nauen abgegebenen und in Geltow aufgenommenen Zeichen brauchten zum Laufe um die Erde sowohl bei 18·22 als auch bei 14·9 m Wellenlänge 0·137 bis 0·139 sek. Auch bei Nachtzeit konnten Doppelzeichen beobachtet werden. Ferner lieferte der Anfang Mai 1927 in Rio de Janeiro in Betrieb genommene Sender SPU, Welle 15·66 m mit Strahlwerfer[2]) zu gewissen Tageszeiten Doppelzeichen, deren Zeitdifferenz von 0·137 sek einer Erdumkreisung entspricht. Es wurden auch Zeichenwiederholungen beobachtet, deren Zeitdifferenz einer zweimaligen Erdumkreisung entsprach. Ungeachtet der Strahlwerfereinrichtung trafen auch schwache Zeichen auf dem direkten Wege in der entgegengesetzten Fortpflanzungsrichtung ein. Die Zeit für eine Erdumkreisung betrug stets 0·1375 sek. Der nordamerikanische Kurzwellensender WIK, Welle 21·45 m ohne Strahlwerfer, wies ebenfalls

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, Heft 7, S. 61.

[1]) E. N. T. Ed. 4, S. 74; vgl. auch „Die Radiotechnik" 1927, S. 34.

[2]) Über Strahlwerfer vgl. „Die Radiotechnik" 1927, S. 97.

Digitized by Google

dreifache Zeichen auf, und zwar das direkte Zeichen in beiden Richtungen sowie das Zeichen über die kürzere Strecke mehr Erdumkreisung; letzteres war stärker als das direkte Zeichen über die längere Strecke. Die Zeit für eine Erdumkreisung betrug 0·137 bis 0·138 sek. Die Mehrfachumkreisung der Erde scheint besonders dann aufzutreten, wenn der größte Kreis zwischen Sender und Empfänger im wesentlichen in der Dämmerungszone liegt. Im Sommer treten die Doppelzeichen um zwei bis drei Stunden später, gegen Abend, auf. Sie wurden bisher bei Wellenlängen zwischen 14 und 34 m beobachtet.

R. H.

(Elektr. Nachrichtentechnik, Bd. 4, H. 7, 1927.)

Über atmosphärische Störungen beim Rundfunk hat A. G. Lee dem Fachausschuß für drahtlose Telegraphie und Telephonie der Instit. Electrical Eng., London, berichtet. Man hat bei atmosphärischen Störungen Spannungsscheitelwerte von 0·1 V/m und eine Periodendauer bis zu 0·003 sec gemessen; diese Werte unterliegen natürlich beträchtlichen Schwankungen. Die Untersuchungen haben weiter ergeben, daß man sich die atmosphärischen Störungen am besten durch aperiodische oder quasiperiodische Spannungsschwankungen vorstellen kann, deren Größe sehr beträchtlich höher ist als die normal gebräuchliche Lautstärke bei kommerziellem drahtlosen Verkehr. Bei Versuchen, die anläßlich des transozeanischen Sprechverkehrs (England-Nordamerika) angestellt wurden[1]), ergab sich, daß die Hauptgebiete, aus denen die atmosphärischen Störungen kommen, Deutschland und Rußland sind. Natürlicherweise ist die Heftigkeit der Störungen auch abhängig vom Empfangsorte. Da für den transozeanischen Telephonieverkehr mit Empfangsintensitäten von einigen (0·5) Mikrovolts pro m gerechnet werden muß, ist eine bedeutende Verstärkung der ankommenden Zeichen am Empfangsorte geboten. Es genügen dann oft starke Regenschauer, die eine ziemliche elektrische Aufladung mit sich führen, um den Sprechverkehr unmöglich zu machen. Ein Schwingungskreis, der zum Empfang der drahtlosen Zeichen bestimmt ist, wird durch die sinoidalen Komponenten der atmosphärischen Pulsationen, welche innerhalb der Resonanzkurve des Empfängers liegen, ebenfalls beeinflußt und es ist daher unmöglich, dieselben durch Mittel wegzubringen, die sich auf die Selektivität des Apparates stützen. Es zeigt sich weiter, daß die Veränderung des Spektrums der atmosphärischen Störungen mit der Frequenz gleichförmig ist und besonders gekennzeichnete Beeinflussungen bei bestimmten Frequenzen nicht festgestellt werden können. Der Autor stellt ausdrücklich fest, daß lange bevor mit der transozeanischen drahtlosen Telephonie begonnen wurde, viele Versuche bezüglich der günstigsten Wellenlänge und der möglichsten Störbefreiung angestellt wurden. Dabei kam man auf ein λ optimal zwischen 5000 bis 6000 m und weiter dazu, zur Verständigung nur mit einem Seitenband zu arbeiten. Für die Sprache wird nur ein Frequenzbereich von 400 bis 2800 Hertz zugelassen. Maßgebend hiefür war, daß für die Übertragung von Frequenzen unter 400 Hertz zu starke Senderleistungen nötig gewesen wären und andererseits die obere Grenze 2800 Hertz für die Verständlichkeit der Sprache vollständig ausreicht. Bevor das Gespräch auf den Sender kommt, passiert es neben den zur Verstärkung nötigen Apparaten eine Reihe von besonders angeordneten Filtern.

Nachdem man senderseitig so die besten Vorkehrungen für die Übertragung geschaffen hatte, ging man dazu über, die geeigneten Maßnahmen auf der Empfängerseite zu treffen. Das naheliegendste war der Richtempfang, der auch verwirklicht wurde. Zu diesem Zwecke werden Doppeldrahthorizontalantennen auf gewöhnliche Telegraphenmaste gespannt, deren Länge der Wellenlänge entspricht. Die Beeinflussung dieser Richtantennen geschieht durch die horizontale Komponente des elektrischen Feldes. Die Wirksamkeit solcher Antennen hing selbstverständlich zu einem beträchtlichen Teile vom Neigungswinkel des elektrischen Feldvektors und damit von der horizontalen Feldkomponente ab. An drei verschiedenen Orten konnten drei verschiedene Neigungswinkel des Feldvektors festgestellt werden. Es ist auch interessant festzuhalten, daß der Neigungswinkel an den Empfangsstellen in Nordamerika größer ist als in England. Die verschiedenen Neigungen des Feldvektors erklärt man sich zur Hauptsache aus der geologischen Verschiedenheit des Bodens an den betreffenden Empfangsstellen.

Für den störungsfreien Richtempfang haben sich als äußerst günstig verschiedene Antennenkombinationen erwiesen. Zum Beispiel zwei vertikale Antennen, die in der Richtung der Sendestation um $^1/_4$ Wellenlänge verschoben sind, oder zwei vertikale Antennen, senkrecht auf die Richtung des ankommenden Signals und um $0{\cdot}6\,\lambda$ voneinander entfernt und andere mehr. Die vorgenannten Empfangsanordnungen und andere sind das Produkt einer langen Reihe von Versuchen, deren Zweck es war, die Gebestation unbedingt und sicher und möglichst ungestört zu empfangen. Alle die gerichteten Empfangsanlagen haben den einen Nachteil, daß sie, da sie ja in mehrfacher Anzahl ausgeführt werden und in verschiedenen Kombinationen zusammenarbeiten müssen, großen Platzbedarf beanspruchen. Aber auch da ist man schon einen Schritt weiter gegangen. Unter Umständen arbeitet man dann mit der zweiten Harmonischen der Grundwelle und man kann unter gleichbleibend gerichteten Empfangsverhältnissen auf die Hälfte der ursprünglichen Distanzen zusammenrücken. Die einzelnen Abstände sind, wie bereits früher angegeben, in einem bestimmten Zusammenhang mit der Größe der Wellenlänge. Falls man in dieser Richtung, das heißt in der Benützung von höheren Harmonischen weiter Fortschritte erzielte, könnten dann die Verhältnisse im störungsfreien und sicheren Empfang noch weiter verbessert werden. Mit den Sende- und Empfangs-Apparaten ist man heute schon im Hinblick auf die atmosphärischen Störungen an die oberste Grenze dessen gegangen, was möglich ist. Der gerichtete Empfang ist für die Gegenwart wohl das einzige Mittel, um den atmosphärischen Störungen nach Möglichkeit zu begegnen.

Schm.

(The Electrical Review, Bd. 101, Nr. 2609, Nov. 1927.)

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 6; 1928, S. 9.

Literaturbericht.

3406 Radio für den Selbstbauer. (Zwölf erprobte und bewährte Schaltungen von 1 bis 5 Röhren mit genauen Bau- und Bedienungsvorschriften) von Fr. Willy Frerk, 4. Auflage, Verlag Guido Hackebeil A. G., Berlin, 1928.

Die dritte Auflage dieses Heftes wurde in der „Radiotechnik" 1927, H. 13 besprochen. Schon damals fiel dem Referenten die Bevorzugung der hierzulande wenig bekannten „Saba"-Fabrikate auf. Die Firmenbezeichnung „Saba" kommt fast auf jeder Seite mehrmals vor. Auch von den beiden neu hinzugekommenen Schaltungen ist die eine der „Saba-Allwellen-Vierer", die zweite allerdings der „Elstree-Solodyne", aber zum Teile auch mit Saba-Fabrikaten zusammengestellt. Im Übrigen gilt das über die dritte Auflage Gesagte auch für die vierte.

R. H.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"
Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet

Heft 7 **8. Juli 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: A. van Sluiters: Die Philips „Miniwatt" Röhre B 443, die neue Endröhre. S. 65. — Dr. R. Hiecke: Bildübertragung und Fernsehen. S. 67. — RUNDSCHAU. S. 70. — PATENTBERICHT. S. 72. — LITERATURBERICHT. S. 72.

Die Philips „Miniwatt" Röhre B 443, die neue Endröhre.

Von A. van **Sluiters**, Eindhoven (Niederlande).

Es ist ziemlich leicht, die Maximalenergie zu bestimmen, die eine normale Endröhre unverzerrt abgeben kann. Diese Energie ist nämlich gleich

$$W_{max} = \frac{v_B^2}{16\,R_i} \quad \ldots\ldots (1),$$

worin v_B die Anodenspannung und R_i der innere Widerstand der Röhre ist. Voraussetzung hierbei ist, daß die Kennlinien dieser Röhre, insofern sie im Gebiete der negativen Gitterspannung liegen, gerade Linien sind[1]).

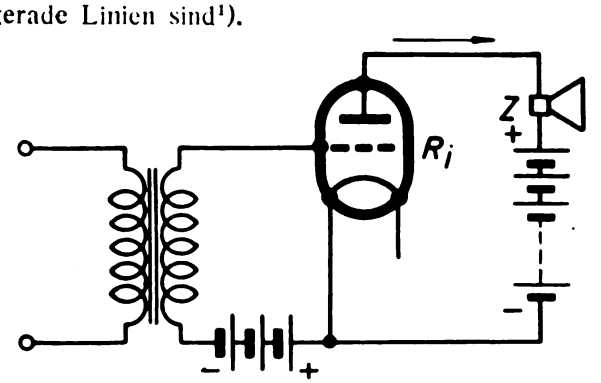


Abb. 1.

Es geht hieraus hervor, daß je kleiner der innere Widerstand der Röhre wird, die Energie, welche die Röhre abgeben kann, desto größer ist. Ein kleiner innerer Widerstand hat aber die folgenden Nachteile:

Wie auch aus Abb. 1 ersichtlich, liegt in Reihe mit dem Röhrenwiderstand die Impedanz des Lautsprechers und ist bei einem geringen Röhrenwiderstand R_i von derselben Größenordnung wie R_l. Die EMK, die im Anodenkreis wirksam ist, ist gleich $g \cdot v_g$, worin v_g die Gitterwechselspannung und g der Verstärkungsfaktor ist. Der durch den Lautsprecher fließende Wechselstrom ist demnach

$$i_a = \frac{g\,v_g}{R_i + Z} \quad \ldots\ldots (2),$$

wenn Z die Lautsprecherimpedanz ist. Letztere ist durchaus nicht die gleiche bei verschiedenen Frequenzen und der Nenner $(R_i + Z)$ ist somit auch stark abhängig von der Frequenz. Dies bedeutet, daß die Stromstärke durch den Lautsprecher bei gleichen Gitterwechselspannungen je nach der Frequenz sehr verschieden ist. Nun ist die Stromstärke maßgebend für die Lautstärke, und da Z bei hohen Frequenzen am größten und somit i_a für diese Frequenzen am kleinsten ist, werden die hohen Töne im Verhältnis zu schwach wiedergegeben werden.

Das einzige Mittel hiergegen ist R_i so groß zu machen, daß man Z demgegenüber stets vernachlässigen kann. Der Wechselstrom durch den Lautsprecher wird dann

$$i_a = \frac{g\,v_g}{R_i} = S\,v_g \quad \ldots\ldots (3),$$

worin S die Steilheit ist.

i_a ist somit unabhängig von der Frequenz. Ein solcher hoher Röhrenwiderstand kann bei der normalen Eingitterkonstruktion nicht mit einer genügenden Energieabgabe zusammengehen.

Ein zweiter Nachteil der normalen Endröhrenkonstruktion ist der, daß die maximale unverzerrte Energie, die die Röhre abgeben kann, beeinträchtigt wird durch den Einfluß der Anode auf den Elektronenstrom. Infolgedessen sind die von den Gitterwechselspannungen erregten Stromschwankungen geringer als im Falle, daß die Anodenspannungen keinen Einfluß auf den Anodenstrom

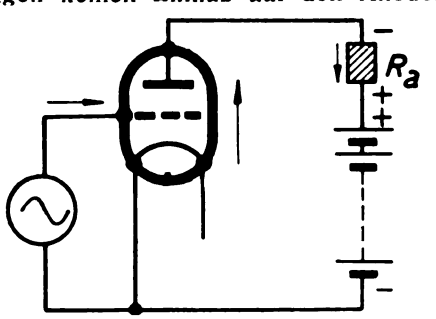


Abb. 2.

haben. Zur Vereinfachung nehmen wir wieder an, daß sich im Anodenkreis ein Ohmscher Widerstand R_a (Abb. 2) für Wechselströme befindet, der aber kein Widerstand für Gleichstrom ist (ein abgestimmter Schwingungskreis ist ein Beispiel hierfür). Wenn keine Gitterwechselspannung vorhanden ist, ist die Spannung zwischen Glühdraht

[1]) Vgl. a. „Die Radiotechnik" 1927, S. 8.

Digitized by Google

und Anode, die Anodenspannung v_A, gleich der Batteriespannung v_B. Wird nun eine Gitterwechselspannung angelegt und betrachten wir zum Beispiel die positive Halbwelle, so sehen wir, daß der Anodenstrom zunimmt und an den Klemmen von R_a eine Spannung entsteht, und zwar in der Weise, daß das der Anode zugekehrte Ende von R_a dem anderen Ende gegenüber negativ ist. Man berücksichtige hierbei, daß der Elektronenstrom negativ ist. Bei wachsendem Elektronenstrom arbeitet also die Halbwelle der Anodenwechselspannung der Batteriespannung entgegen, und die Anodenspannung wird demnach geringer sein als die Batteriespannung. Hierdurch ist die Zunahme des Elektronenstromes auch weniger groß, als wenn die Anodenspannung der Batteriespannung gleichgeblieben wäre. Ähnliches gilt für die Halbwelle, in der der Anodenstrom abnimmt.

Es zeigt sich also, daß infolge der Rückwirkung der Anode auf den Anodenstrom die Anodenstromschwankungen kleiner werden und hiermit auch die Verstärkung. Die Kennlinien geben dies dadurch an, daß die dynamische Kennlinie eine geringere Steilheit hat als die statische. Die Verstärkung und auch die Energieabgabe könnte somit

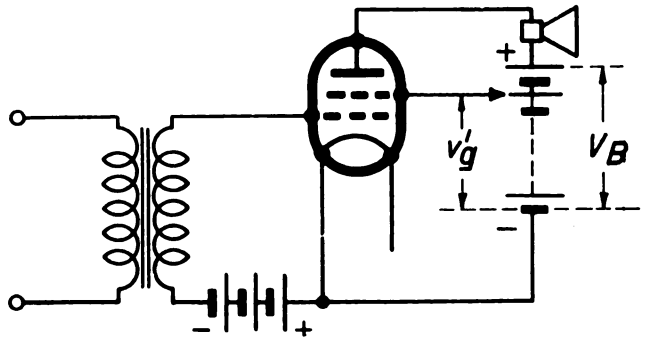


Abb. 3.

bei den gleichen Gitterwechselspannungen und Anodenspannungen vergrößert werden, wenn es möglich wäre, den Einfluß der Anodenwechselspannungen auf den Anodenstromverlauf zu beseitigen.

Diese Nachteile haben zu der Konstruktion der neuen Philips Endröhre B 443 geführt.

Diese Röhre hat zwei Gitter, das Innengitter, woran die Wechselspannungen gelegt werden, und das Außengitter, das eine konstante positive Spannung erhält (Abb. 3). Letztere ist am besten gleich der Batteriespannung v_B. Eine solche Doppelgitterröhre hat zwei Verstärkungsfaktoren, nämlich den des Innengitters gegen das Außengitter, den wir g nennen, und den des Außengitters gegen die Anode, den wir mit g' bezeichnen werden. Wenn nun g' groß gewählt wird, so kann der Einfluß der Anode auf den Elektronenstromverlauf praktisch vernachlässigt werden. Dieser wird dann ja g'-mal verkleinert, und wenn g' groß ist, ist der Einfluß der Anode aufgehoben.

Wir werden jetzt untersuchen, welchen Einfluß dies auf die Energieabgabe hat. Da die Arbeitssteilheit der Steilheit der statischen Kennlinien gleich ist, werden die Anodenstromschwankungen ein Maximum, wenn der Arbeitspunkt in der Mitte der Kennlinien liegt. Die Gitterspannung muß demnach so eingestellt werden, daß der Punkt C in Abb. 4 mitten zwischen D und B liegt. Nennen wir nun die Hilfsgitterspannung v_g', so ist der Abstand $\overline{BD}$ gleich $\frac{v_g'}{g}$. Bei der maximalen Gitterspannungsamplitude $\overline{CD}$ wird die Anodenamplitude $i_a = \frac{\overline{ED}}{2}$. Nun ist

$$\overline{ED} = S \times \overline{BD} = \frac{S}{g} \cdot v_g' = \frac{v_g'}{R_i},$$

wenn R_i der innere Widerstand der Röhre ist. der von dem Innengitter gegen das Außengitter

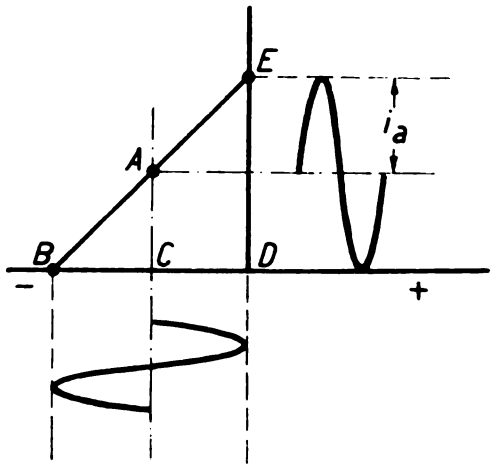


Abb. 4.

bestimmt wird. Demnach ist

$$i_a = \frac{v_g'}{2R_i} \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Die abgegebene Energie wird von der Größe des äußeren Widerstandes R_a bestimmt. An den

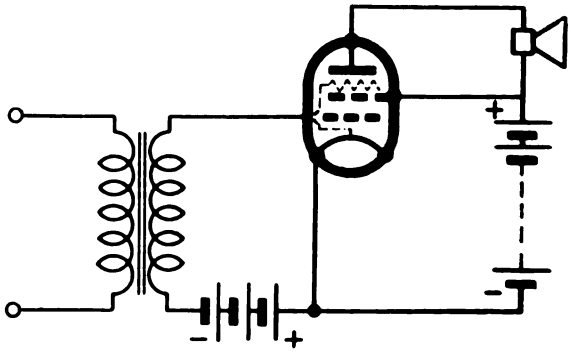


Abb. 5.

Klemmen dieses Widerstandes entstehen Spannungsschwankungen, deren Amplitude höchstens dem Wert der Anodenspannung v_B gleich sein darf, da sonst die Anode negativ werden würde. Bei normalen Eingitterröhren kann dies praktisch nicht vorkommen, wenn die Gitterspannungsschwankungen den negativen Teil nicht überschreiten. Bei einer Doppelgitterröhre jedoch können solche Anodenspannungsschwankungen auch bereits in dem Falle auftreten, wo der Anodenwiderstand einen bestimmten Wert überschreitet.

Digitized by Google

Ist der äußere Widerstand R_a, so ist die Spannungsamplitude an den Klemmen dieses Widerstandes

$$i_a R_a = v_g' \frac{R_a}{2 R_i}$$

und dieser Wert darf höchstens gleich v_B sein.

$$v_g' \frac{R_a}{2 R_i} = v_B,$$

also

$$R_a = 2 R_i \frac{v_B}{v_g'} \quad \ldots\ldots (5).$$

Demzufolge wird der Wert des äußeren Widerstandes R_a durch (5) bestimmt. Die abgegebene maximale Energie beträgt somit

$$W_{max} = \frac{1}{2} \frac{v_g'^2}{4 R_i^2} \cdot \frac{2 R_i v_B}{v_g'} = \frac{v_B v_g'}{4 R_i} \quad \ldots (6).$$

Aus (6) geht hervor, daß diese Energie mit v_B und v_g' zunimmt; diese Spannungen werden also am besten den gleichen Wert haben. In diesem Falle ist:

$$W_{max} = \frac{v_B^2}{4 R_i} \quad \ldots\ldots (7).$$

Wenn man (7) mit (1) vergleicht, so zeigt es sich, daß eine solche Röhre das Vierfache an Energie einer Eingitterrröhre unter übrigens gleichen Verhältnissen abgeben kann. Außerdem ist dies der Fall bei einer geringeren negativen Gitterspannung. Dies ist also ein sehr wesentlicher Vorteil.

Ein zweiter Vorteil ist, wie bereits auseinandergesetzt, der hohe Wert des inneren Widerstandes. Dieser ist nicht zu verwechseln mit R_i in (7), da der Verstärkungsfaktor des Außengitters auf den Widerstand, sowie dieser sich im Anodenkreis bemerkbar macht, auch Einfluß ausübt.

Die Schaltung dieser Röhre ist aus Abb. 5 ersichtlich. Die Ansicht, daß man bei einer B 443 das Außengitter und die Anode ebensogut unmittelbar miteinander verbinden könnte, und nicht, wie in Abb. 5 angegeben, trifft nicht zu. In dieser Weise würde die Röhre eine einfache Eingitterröhre sein, deren Anode in der Fläche des Außengitters liegt. Der Verstärkungsfaktor ist dann ungefähr 5, so daß die Röhre arbeiten würde wie eine gewöhnliche Eingitterröhre mit einem Verstärkungsfaktor 5; die maximale, unverzerrte Energieabgabe wird ungefähr viermal kleiner, während infolge des geringen inneren Widerstandes in diesem Falle die hohen Töne schwächer klingen.

Zwischen Anode und Schutzgitter ist, wie Abb. 5 zeigt, ein drittes Gitter angebracht; der Zweck desselben ist folgender:

Die Anodenspannung ist nicht konstant, da die Wechselspannungen am äußeren Widerstand R_a (zum Beispiel Lautsprecher) abwechselnd die Batteriespannung verstärken und ihr entgegenarbeiten. Bei einer Batteriespannung von zum Beispiel 150 V und Wechselspannungen an den Klemmen des Lautsprechers mit einer Amplitude von 100 V wird die Anodenspannung auf 50 V sinken, und dann also bedeutend niedriger sein als die konstante Spannung am Schutzgitter. Nun werden von der Anode, wenn diese von Elektronen bombardiert wird, auch Elektronen ausgesandt, die sogenannten „sekundären" Elektronen. Bei einer normalen Röhre fallen dieselben gleich wieder auf die Anode zurück, da die auf sie wirkende Kraft fortwährend vom Glühdraht zur Anode gerichtet ist. Bei der B 443 jedoch kann, wie bereits erklärt, diese treibende Kraft zwischen Anode und Schutzgitter eine entgegengesetzte Richtung haben und die sekundären Elektronen würden sich demnach in der Richtung des Glühdrahtes bewegen und die Röhre in ihrer Wirkung stören. Um dies zu vermeiden, ist zwischen Anode und Hilfsgitter ein Gitter angebracht, das mit der Mitte des Glühdrahtes verbunden ist, wodurch das elektrische Feld stets eine solche Richtung behält, daß die sekundären Elektronen gleich nach ihrer Emission wieder auf die Anode zurückfallen.

Bildübertragung und Fernsehen.

Von Dr. R. **Hiecke**, Wien.

Im Vordergrunde des Interesses der Technik, insbesondere der Radiotechnik, steht heute das Problem der elektrischen Bildübertragung und des elektrischen Fernsehens. Den Forschungen der Physiker und den angestrengten Arbeiten der Elektrotechniker und Radiotechniker ist es gelungen, gerade in den letzten Jahren auf diesem Gebiete ungeheure Fortschritte zu erzielen und dieses Problem zu einer gewissen vorläufigen und außerordentlich zukunftsreichen Lösung zu bringen. Es mag daher von Interesse sein, rückblickend die Entwicklung des Gedankens der Bildübertragung und des Fernsehens bis zu ihren ersten Anfängen zu verfolgen und im Anschluß daran die heute bereits in die Praxis übergegangenen Lösungen des Problemes darzustellen. Hiezu gibt eine kürzlich erschienene umfangreiche Arbeit von A. Dauvillier die erforderlichen Unterlagen[1]).

Man kann die bisher vorgeschlagenen und zum großen Teil auch ins Versuchsstadium übergegangenen Verfahren in folgende Gruppen einteilen:

A) in solche mit gleichzeitiger Übertragung aller Bildelemente und

B) in solche, welche — auf die Dauer des Lichteindruckes im Auge rechnend — die Bildelemente nacheinander übertragen, wobei wieder

a) rein mechanische,

b) im Sender mechanische und im Empfänger statische und

c) rein statische Verfahren unterschieden werden.

Bei den Verfahren *B, a* sind die mechanischen Mittel zur Bildzerlegung im Sender und zur Bildzusammensetzung im Empfänger stets dieselben; bei den Verfahren *B, b* wird das Bild im Empfänger durch einen bewegten Kathodenstrahl erzeugt; bei den Verfahren *B, c* auch im Sender durch einen solchen Strahl abgetastet. Vor der Erfindung der Röhrenverstärker waren freilich alle angeführten Verfahren zur Erfolglosigkeit verurteilt.

Verfahren A.

1. G. R. Carey (Design and Work, 26. Juni 1880). Das Bild sollte auf ein Tableau mit einer Unzahl Selenzellen projiziert werden, von denen jede durch eine besondere Leitung mit einem Relais im Empfänger verbunden war; durch die Relais wurden Lampen, die ebenfalls zu einem Tableau vereinigt waren, eingeschal-

[1]) Revue gén. de l'Electr., Bd. 23, Nr. 1, 2, 3, Jänner 1928.

Digitized by Google

tet. Demonstrationsapparate mit verhältnismäßig wenigen Elementen wurden von Ayrton und Perry, sowie von E. Ruhmer und Fournier gebaut.

2. Lux teilte 1906 jedem Bildelement von Carey eine besondere Frequenz zu, um die vielen Verbindungsleitungen in eine einzige zu vereinigen. Der Empfangsschirm bestand aus kleinen Lämpchen, die durch schwingende Schirmchen entsprechend ihrer Schwingungsweite freigegeben wurden.

3. Fournier d'Albe (Engl. Pat. 233476 und 247629; 15. Jänner 1924). In seinem „Optophon"[2]) wurde das Bild auf einen Schirm aus schmalen, mit verschiedenen Drehzahlen rotierenden parallelen Hohlzylindern projiziert, deren Wand parallel zur Achse geschlitzt war; jeder Zylinder war seiner Länge nach in eine Reihe von Abschnitten mit verschiedenen, von einem Ende, zum anderen ansteigenden Schlitzzahlen geteilt. Die Lichtimpulse verschiedener Frequenz wurden auf einer einzigen Selenzelle gesammelt. Im Empfänger wurde durch die Stromstöße der Selenzelle ein Lautsprecher betätigt und die Frequenzen durch ebensoviele in Reihen angeordnete Schallresonatoren wieder ausgesiebt. Die Resonatoren trugen schwingende Spiegelchen, die durch Linsen von geradlinigen Lichtquellen erleuchtet wurden. Jedes Bildelement auf dem Empfangsschirm wurde durch das zugehörige Spiegelchen nach Maßgabe seiner Schwingungsweite erhellt. Der Erfinder führte einen Apparat mit 30 Bildelementen aus.

4. Sardina (Franz. Pat. 582288; 28. Mai 1924) ersetzt die vielen Verbindungsleitungen Careys durch ebensoviele modulierte Hertzsche Wellen, die im Empfänger durch abgestimmte Schwingungskreise getrennt aufgenommen werden sollten.

Verfahren B.

Bei diesen Verfahren sind zwei Frequenzen zu unterscheiden; die eine entspricht der Anzahl der Bildwiederholungen in der Sekunde, die andere etwa hundertmal so hohe folgt aus der Anzahl der Elementarbewegungen der Bildzerlegung. Die Frequenz oder Modulierung des Bildstromes ist gleich dem Produkte der ersten mit dem Quadrat der zweiten.

Gruppe a).

1. Sawyer (Scientific American 1877). Die geometrische Achse einer kleinen Röhre in der Wand einer Dunkelkammer beschreibt Spiralkegel und trifft dabei einerseits alle Punkte des zu übertragenden Bildes, andererseits die Fläche einer in der Dunkelkammer befindlichen Selenzelle mit spiralig angeordneten Elektroden. Im Empfänger wandert ein Lichtfleck, der von einem ähnlich und synchron bewegten und vom Bildstrom gespeisten winzigen Scheinwerfer erzeugt wird, über den Aufnahmsschirm.

2. A. de Paiva (Instituto d'Oporto, 20. Februar 1878). Das Ende eines Kontaktarmes wandert über einen Schirm von Selenzellen, auf den das Bild des Gegenstandes projiziert wird. Empfänger wie bei Sawyer.

3. Senlecq (Les Mondes, 16. Jänner 1879; Nature, 28. Jänner 1879) kombiniert die Systeme von Carey und Paiva, indem er die beiden vielzelligen Schirme des ersteren durch die synchronen Kontaktarme des letzteren über eine einzige Leitung verbindet.

4. Maurice Leblanc (La Lumière électrique, 1. Dezember 1880) benützt zur Bildzerlegung und -zusammensetzung die harmonischen Schwingungen eines Spiegels um zwei zueinander senkrechte Achsen; der Ausgangs- oder Endpunkt des Lichtstrahles beschreibt auf dem Schirme eine Lissajousche Schwingungsfigur. Als lichtempfindliche Elemente schlägt er neben der Selenzelle auch das lichtempfindliche galvanische Element von Becquerel, verschiedene Anordnungen zur Ausnützung des Strahlungsdruckes, das Kapillarelektrometer und dgl. vor. Die Lichtmodulation im Empfänger sollte durch einen elektromechanischen Verschluß analog dem Photophon von Bell bewirkt werden. Farbige Bildwiedergabe sollte durch drei Sender und Empfänger, mit einem Farbenzerlegungsprisma im Sender und einem ebensolchen Prisma zur Wiedervereinigung der Farben im Empfänger erzielt werden.

[2]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 469; 1920, S. 497.

5. Nipkow (D. R. P. 30105; 6. Jänner 1884). In seinem „elektrischen Fernrohr" sind auf einer rotierenden Scheibe, auf die das Bild des Gegenstandes entworfen wird gleichabständige Löcher angebracht, die auf einem Spiralenumgange liegen. Das durch diese Löcher hindurchtretende Licht der berührten Bildpunkte wird durch eine Sammellinse auf eine Selenzelle konzentriert. Eine gleiche synchron laufende Lochscheibe im Empfänger läßt das Licht aller Stellen einer gleichmäßig beleuchteten Fläche nacheinander ins Auge fallen. Das von einer beliebigen Lichtquelle ausgehende Licht, welches diese Fläche trifft, geht durch zwei gekreuzte Nikols und einen zwischen ihnen liegenden Flintglaskörper, der sich im magnetischen Felde einer vom Bildstrom durchflossenen Spule befindet. Je stärker der Bildstrom, desto stärker leuchtet das Gesichtsfeld durch die magnetische Drehung der Polarisationsebene auf. Zur Synchronisierung der Lochscheiben werden phonische Räder nach La Cour vorgeschlagen, die durch Stimmgabeln gesteuert werden. In den kurzen Pausen zwischen den Bildwiederholungen werden auf der Bildstromleitung Synchronisierungsströme gesendet. Eine ähnliche Einrichtung wurde später auch von Mihaly, Jenkins, Karolus und Baird verwendet und verbessert. Nipkow wollte auch stereoskopische Wirkungen mit zwei Apparaten erzielen.

6. Lazare Weiller (Génie civil, 12. Oktober 1889; La Lumière électrique, 16. November 1889) verwendete in seinem „Photoskop" statt der Lochscheiben Spiegeltrommeln, die am Umfange 300 kleine, zum Umfang tangentiale, gegen die Achse jedoch verschieden geneigte Spiegel trugen. Der optische Nutzeffekt war geringer als bei Nipkow. Als veränderliche Lichtquelle im Empfänger diente die Flamme einer Gaskapsel, deren Membran zugleich die eines Telephons war.

7. Marcel Brillouin (Revue générale des Sciences, 30. Jänner 1891) hielt das Fernsehen für unmöglich und wollte nur die entfernten Gegenstände mit 1 min Expositionszeit elektrisch photographieren. Zur Bildzerlegung verwendete er zwei gleichsinnig rotierende Scheiben mit je zehn am Umfange verteilten Linsen. Die Scheibenebenen liegen senkrecht zur Normalen in der Bildmitte, die die eine Scheibe in einem senkrechten, die andere in einem wagrechten Halbmesser trifft. Die eine Scheibe dreht sich hundertmal schneller als die andere. Die Linsen konzentrieren das Licht eines wandernden Bildpunktes auf die Selenzelle. Der optische Nutzeffekt erscheint günstig. Als Empfänger wirkt eine Art Oszillograph, dessen Ablenkung der Stromstärke folgt. Die Lichtstärke wird dadurch verändert, daß mit wachsender Ablenkung Licht von immer breiteren Stellen eines Winkelspaltes gegen die Linsenscheiben reflektiert wird.

8. J. Szczepanik (Engl. Pat. 5031, 24. Februar 1897) ersetzt den Spiegel Leblancs (*B, a* 4) durch zwei Spiegel, deren Schwingungsachsen aufeinander senkrecht stehen und deren Synchronismus durch unterbrochene Ströme aufrecht erhalten wird. Gegen die Ermüdung der Selenzelle wird diese in einer umlaufenden ringförmigen Form angewendet.

9. J. H. Coblyn (Compt. rend., 27. Oktober 1902, Bd. 135; L'Eclairage électrique, 27. Dezember 1902, Bd. 33) verwendet zur Bildzerlegung einen rotierenden undurchsichtigen Zylinder, der längs seines Umfanges in drei Sektoren geteilt ist; einer dieser Sektoren enthält einen einzelnen Spalt, ein zweiter 30 schraubenförmige Spalte von geringer Steigung. Die Streifen, in die das Bild zerlegt wird (es scheinen hier notwendige Angaben zu fehlen. Der Ber.), werden noch durch einen an einer Stimmgabel befestigten Spiegel in eine enge Sinuslinie unterteilt. Regelmäßig wiederholte Stromstöße bewirken periodische Gleichlaufeinstellung beider Zylinder. Eine kleine Röhre an einer Oszillographenschleife moduliert den hindurchtretenden Lichtstrahl durch stärkere oder schwächere Ablenkung.

10. E. und M. Belin (Franz. Pat. 339212, 8. Dezember 1903 und Zusätze 4248, 4044 und 4403) schlug eine Nachbildung des „Telectroskop" von Senlecq (*B, a*, 3) mit der Abänderung vor, daß im Empfänger ein Papierband vor einer konstanten Lichtquelle elektro-

Digitized by Google

magnetisch oder durch elektrische Funken durchlöchert wird[4]).

11. W. v. Jaworsky und A. Frankenstein (D. R. P. 172376, 20. August 1904) verwenden eine Trommel mit drei Spiegelreihen für einwelliges Licht in den drei Grundfarben. Die Selenzelle befindet sich in dem einen Brennpunkte einer ellipsoidischen Lochkamera, das Loch im zweiten, vor letzterem ist eine rotierende Scheibe mit Farbensektoren angeordnet. Ein fester oder beweglicher Rost unterbricht das Lichtbündel mit einer hohen Frequenz. Die Empfängeranordnung ist ähnlich, nur erscheint die Selenzelle durch eine seitens einer Telephonmembran gesteuerte Funkenstrecke ersetzt. Die Lichtausnützung erscheint sehr mittelmäßig.

12. Rignoux (Franz. Pat. 382535, 1. Dezember 1906) ändert das Verfahren von Szczepanik ab, indem er die beiden Spiegel von den Zinken zweier Stimmgabeln tragen läßt, die durch Reihenschaltung ihrer Elektromagnete in Resonanz gehalten werden. Die Lichtmodulation im Empfänger bewirkt ein singender Lichtbogen.

13. A. Ekström (Schwed. Pat. 32220, 24. Jänner 1910) zerlegt das Bild nach einer Spirale durch einen mit 100 U/min rotierenden Spiegel, dessen Ebene auf der Drehachse anfänglich senkrecht steht und durch einen Lenker mit der Frequenz von 5 Per/s aus dieser Lage heraus und wieder in dieselbe zurückgedreht wird. Die hohe Umdrehungszahl dürfte Schwierigkeiten bereiten. Der Spiegel wirft einen von einer Projektionslampe erzeugten Lichtfleck auf das durchsichtige, als Gegenstand dienende Bild, hinter dem die ebenso große Selenzelle liegt. Die punktweise Beleuchtung läßt die 1000-fache Lichtstärke zu, was bei der Wiedergabe des menschlichen Gesichtes von Wichtigkeit ist. Bei solchen undurchsichtigen Gegenständen wird das zerstreute Licht mittels sehr großer lichtempfindlicher Zellen aufgefangen oder mit einem großen photographischen Objektiv oder einem Hohlspiegel großer Öffnung auf eine kleine Zelle konzentriert. Das Licht wird nach dem System Brillouin (*B*, *a*, 7) moduliert.

14. Schmierer (D. R. P. 229916, 234853, 234601, 1910) verwendet anfänglich den Kollektor von Senlecq, dann die Spiegeltrommel von Weiller. Als trägheitslose Lichtquelle dient im Empfänger eine Braunsche Röhre mit einem festen, oder wegen der Ermüdung umlaufenden Fluoreszenzschirme; der Kathodenstrahl wird durch den Bildstrom mehr oder weniger abgelenkt und mit Hilfe einer Blende moduliert. Der Lichtfleck auf dem Schirme wird durch das umlaufende optische Empfangssystem abgebildet.

15. A. Sinding-Larsen und J. H. L'Abée Lund (Engl. Pat. 14503, 20. Juni 1910; Franz. Pat. 434378, 14. Juni 1911 und D. R. P. 260901, 14. Juni 1911) wiederholt das System der Bildzerlegung von Rignoux (*B*, *a*, 12). Statt der Stimmgabeln werden auch in Reihenschaltung erregte Saiten, statt zweier Spiegel auch ein einziger in Kardanlagerung verwendet. Als Empfängerlichtquelle dient eine durch Hochfrequenz erregte Neonlampe oder Quecksilberdampflampe in einem Resonanzkreise. Ihre Lichtstärke ändert sich mit der Wellenlänge der drahtlos vom Sender übertragenen Hochfrequenz, die durch die Kapazitätsänderung der lichtempfindlichen Zelle gesteuert wird.

16. S. Lavington-Hart (Engl. Pat. 15270, 25. Juni 1914) zerlegt das Bild nach parallelen, gleichförmig durchlaufenen Geraden mittels eines umlaufenden und schwingenden Linsensystems, oder nach konzentrischen Kreisen durch zwei umlaufende Linsenscheiben, oder durch ein um zwei auf einander senkrechte Achsen harmonische Schwingungen ausführendes Objektiv. Die Synchronisation wird durch periodische Stromstöße in den Pausen zwischen zwei Bildwiederholungen bewirkt.

17. Voulgre (Franz. Pat. 478361, 16. September 1915) verwendet zur Bildzerlegung zwei rotierende Scheiben oder endlose Bänder verschiedener Geschwindigkeit mit geradlinigen, senkrecht zu einander liegenden Schlitzen. Durch ein der langsameren Schlitzreihe entgegenbewegtes feingeteiltes Doppelgitter wird in der lichtempfindlichen Zelle ein transformierbarer Wechselstrom von höherer Frequenz erzeugt. Als Empfänger-Lichtquelle dient eine mit diesem Strom über einen Transformator gespeiste Quecksilberdampflampe.

18. Denes v. Mihaly (Franz. Pat. 546714, 25. Jänner 1922; ferner „Das elektrische Fernsehen und das Telehor" Verlag Krayn, Berlin[4])) zerlegt das Bild in seinem „Telehor" durch doppelt harmonische Schwingungen eines Spiegels; die langsame Schwingung wird durch ein stimmgabelgesteuertes phonisches Rad, die rasche durch Anbringung des Spiegels an einer Oszillographenschleife, die von einem durch das erwähnte Rad unterbrochenen Strome durchflossen wird, bewirkt. Im Empfänger ist das phonische Rad durch eine Wechselstrommaschine von 500 Per/s ersetzt. In Empfänger wird das Licht nach Brillouin (*B*, *a*, 7) mit einem bis zu 50000 Per/s anwendbaren Oszillographen moduliert. Im Jahre 1921 gelang es, mit dieser Einrichtung einfache Bilder und mit 26 Streifen, also ziemlich grob, auch das mit Magnesiumlicht beleuchtete menschliche Gesicht zu übertragen.

19. Edouard Belin (Franz. Pat. 571785, 27. Dezember 1922) verwendet im Sender und Empfänger je ein Paar Oszillographen, die nach Szczepanik (*B*, *a*, 8) gesteuert werden. Im Empfänger wird das Licht durch ein Oszillographensystem mit Keilspalt oder ein über einen Keilspalt streichendes Kathodenstrahlbündel moduliert.

20. W. S. Stephenson und G. W. Walton (Franz. Pat. 580719, 15. April 1924; ein Jahr früher in England patentiert) zerlegt das Bild mit den umlaufenden Spiegeln von Rosing (*B*, *b*, 2) oder den Scheiben von Valensi (*B*, *b*, 4). Die Lichtmodulation im Empfänger wird durch ein Saitengalvanometer nach Einthoven bewirkt. Bezüglich der farbigen Wiedergabe wird die Idee von Leblanc (*B*, *a*, 4) wiederholt.

21. Nisco (Ital. Pat. 4. Dezember 1923; Franz. Pat. 589425) ersetzt die Nipkowsche Lochscheibe durch einen Zylinder mit einer schraubenförmig angeordneten Lochreihe; der Gegenstand wird mit ultraviolettem Licht bestrahlt.

22. J. L. Baird (Engl. Pat. 220604, 1922 u. a. m.)[5]) verwendet in seinem „Televisor" Nipkowsche Scheiben, in denen die Löcher durch große Sammellinsen ersetzt sind, um den räumlichen Winkel der Strahlung zu vergrößern. Die Synchronisierung erfolgt durch einen Synchrongenerator und -Motor. Auch eine rasch umlaufende Scheibe mit radialem, um die Bildbreite von einander abstehenden Schlitzen und eine langsamere mit nahe bei einander stehenden Löchern in einer Spirale oder mit einem einzigen spiralförmigen Schlitz an Stelle der Löcher werden verwendet. Die Trägheit des Selens wird durch eine hohe, mittels eines festen und eines beweglichen Gitters erzeugte Lichtfrequenz bekämpft. Im Empfänger wird das Licht einer Neonlampe durch den Bildstrom moduliert. Im Jahre 1923 stellte Baird Versuche an, bei denen das Bild in acht Bänder zu je 50 Elementen zerlegt wurde. Der Gegenstand wurde mit einer Lampe von 2000 Kerzen beleuchtet. Der Bildstrom wurde in einem vierstufigen Verstärker auf 15 mA verstärkt. Es gelang, auch bewegliche Schatten wiederzugeben. Im Jahre 1926 wurde dann auch das menschliche Gesicht bei Beleuchtung mit infrarotem Licht mit einer hiefür besonders empfindlichen Selenzelle in 28 Streifen und insgesamt 1000 Elementen wiedergegeben.

23. Jenkins (The Wireless World, 5. Mai 1926) zerlegt das Bild mittels zweier an der Peripherie prismatisch geschliffener Spiegelglasscheiben in Verbindung mit einem rotierenden Lichtunterbrecher. Später schlägt er eine einzige Scheibe mit kreisförmig angeordneten Linsen vor, die mit Prismen von verschiedenem brechenden Winkel belegt sind. Synchronisiert wird mit Hilfe starker Stimmgabeln; das Licht auf der Empfangsseite wird durch das Kerrsche Phänomen oder durch

[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 53

[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 24.

[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 604.

Digitized by Google

eine Neonlampe moduliert. Es gelang Jenkins 1923 bewegliche Schatten wiederzugeben.

24. Karolus (Telefunken A. G.)[6]) bewirkt die drahtlose Übertragung von Bildern in 20 Sekunden auf Trägerwellen von 850 m. Die Bildfläche von 10 × 10 cm wird in 250 000 Elemente zerlegt. Das Original wird auf einen rotierenden Zylinder aufgespannt und mit einem Lichtfleck von $^1/_{25}$ mm² beleuchtet. Die Synchronisation wird mit Hilfe äußerst konstanter Röhrenoszillatoren und phonischer Räder auf 1/100 000 genau erhalten. Das vom Original zurückgestrahlte Licht fällt auf eine ringförmige Photozelle nach Elster und Geitel (1905); zur Lichtmodulation dient das Kerrsche Phänomen.

25. D'Allouard-Carny (Franz. Pat. 579254, 26. März 1924) unterteilt das Bild durch doppelte Reflexion eines Lichtstrahls an zwei parallelen Spiegeln, die auf den Zinken ein und derselben Stimmgabel sitzen, in Verbindung mit einer Lochscheibe.

26. Die British Thomson Houston Co. (Engl. Pat. 240463, 23. September 1924) benützt die Nipkowscheibe, oder ein daraus abgeleitetes endloses Lochband in Verbindung mit einer umlaufenden Trommel, die mit Längsschlitzen versehen ist. Diese Organe werden im Sender und Empfänger durch Synchronmaschinen angetrieben. Die Lochspirale kann mehrere Umläufe umfassen. Ein umlaufender Lichtunterbrecher ermöglicht die Verwendung von Wechselstromverstärkern; die Lichtmodulation besorgt eine Entladungslampe.

27. W. Alexanderson (General Electric Review, Februar 1927) zerlegt gleichzeitig mehrere Bildabschnitte nach der Idee von G. Valensi und M. Latour (Engl. Pat. 267513, 9. März 1926) mit der umlaufenden Spiegeltrommel von Weiller (*B, a,* 6) m: 24 Spiegeln. Im Empfänger werden sieben sternförmig angeordnete Lichtquellen verwendet, so daß das Bild aus 24 × 7 = 168 Bändern aufgebaut wird. Die Modulationsfrequenz würde hiemit auf 43 000 Per/s beschränkt und die sieben Trägerwellen müßten über einen Bereich von 700 Kilozykeln verteilt werden.

28. Bell Telephone Co. (Bell Laboratories Record Mai 1927). Das Verfahren benützt den Vorschlag von Baird (*B, a,* 22). Darüber wird zum Schlusse eingehender berichtet.

(Fortsetzung folgt.)

[6]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 61.

Rundschau.

Gitterstrom-Modulation. E. Peterson und C. E. Keith. Der Ausdruck „Gitterstrommodulator" ist hier für solche Röhrenstromkreise benutzt worden, bei denen die Modulation im Gitterstromkreise einer Dreielektrodenröhre wirksam ist, und wobei das nichtlineare Verhältnis des Gitterstromes zur Gitterspannung benutzt wird. Die Wirksamkeit dieser Gittermodulation ist von der Größe der äußeren Widerstände im Gitterstromkreis abhängig. An Hand von Versuchen und mathematischen Entwicklungen wird gezeigt daß die besten Ergebnisse dann erzielt werden, wenn die äußere Gitterimpedanz zur Frequenz der Seitenbänder so hoch als möglich gewählt wird, und wenn die Impedanz an die Grundwelle angepaßt ist. Für die Anodenimpedanz sind die Verhältnisse gerade umgekehrt als wie im Gitterkreis, denn es muß die Impedanz für die Modulationsfrequenzen so hoch als möglich sein und die Röhrenimpedanz muß an die Frequenz der Seitenbänder angepaßt sein, wenn man in dem Belastungswiderstande das Maximum der Seitenbandenergie hervorrufen will. Es werden zwei Arten von Gittermodulatoren unterschieden, und zwar der „konjugierte Gittermodulator", und der „gewöhnliche Gittermodulator". Bei beiden Schaltungen wird, wie heute in der Trägerstromtelephonie allgemein üblich, der Trägerstrom selbst und ein Seitenband unterdrückt. Beide Modulatorschaltungen verwenden zwei Röhren in Gegentaktschaltung[1]) und sind dadurch voneinander unterschieden, daß bei dem ersten Modulator die Signalenergie mittels Transformators in den Serienarm des Gitterkreises und der Trägerstrom in den Nebenschlußarm geleitet werden. Die Entnahme des Seitenbandes erfolgt auf der Anodenseite aus dem Serienarm. Beim „gewöhnlichen Gittermodulator" wird sowohl die Signal- als auch die Trägerenergie in den Serienarm des Gitterkreises geleitet und das Seitenband aus dem Nebenschlußarm des Anodenkreises entnommen. Kelch.
(The Bell System Technical Journal, Band 7, Heft 1, 1928.)

Die „Orion" - Präzisions-Einstellvorrichtung für Radio-Empfangsapparate, Abb. 1 und 2, besteht aus einer kegelstutzförmigen polierten Bakelitscheibe *a* von 95 mm äußerem Durchmesser, auf deren halber Oberfläche eine Skala von 0 bis 100 eingraviert ist. Die Skalenscheibe ist nach innen zu als abgestufter Flachring geformt, auf den der Einstellmechanismus eingeklemmt ist. Der Mechanismus besteht aus einem Flachring aus vernickeltem Messing *b*, dessen äußerer Rand zu drei federnden Ansätzen *c* ausgebildet ist, mittels welchen er in den abgestuften Flachring der Bakelit-Skalenscheibe eingeklemmt wird. Der andere Teil des Mechanismus besteht aus einer hohlen Messinghülse *d*, deren unterer Rand die Form eines Scheibchens *e* erhält; diese Hülse sitzt nun lose auf einer anderen Messinghülse *f*, deren unterer Teil zu einer Nabe *g* ausgebildet ist und zwei Steckschräubchen *h* aufnehmen kann. An die untere Hülse, bzw. an deren Nabe, ist ein Sterndreieck *i* befestigt, das mit einem anderen Sterndreieck, welches lose auf deren oberer Hülse *k*, in einem bestimmten Abstand vom unteren, aufgesetzt und durch drei Achsen *l* an den Enden zu einem starren System verbunden ist, zusammenwirkt. Auf diesen drei Verbindungsachsen sind zunächst je zwei aneinander gepreßte Stahlscheiben *m* lose aufgesetzt, die wie Rillenscheiben in das Scheibchen der oberen Hülse *e* im Übersetzungsverhältnis 1 : 2 eingreifen. Auf denselben Verbindungsachsen, unterhalb der Stahlscheibchen, ist je ein Rillenscheibchen *n* aus Messing vorgesehen, das sich bei der Drehung des Sterndreiecksystems auf der inneren kreisförmigen Peripherie des Messingflaschenringes *b* im Übersetzungsverhältnis 1 : 7·5 abwälzt. Die beiden Hülsen des Mechanismus werden nun auf die Spindel *o* des Kondensators *p* aufgeschoben, welche durch zwei seitliche Steckschräubchen *h* in der Nabe der unteren Hülse mit dieser festgeklemmt wird. Auf die Skalenscheibe *a*, den ganzen Mechanismus verdeckend, wird eine flache Bakelitdrehscheibe *q* derart aufgesetzt, daß der Ausschnitt an der unteren Fläche derselben über dem Zeiger zu liegen kommt. Und nun wird über diese Scheibe auf die Hülse noch der Bakelitknopf *s* aufgesetzt, und dessen seitlich angebrachte Steckschräubchen *t* angezogen, wodurch der Knopf an die obere Hülse festgeklemmt wird. Dreht man jetzt den Knopf, also auch die Kondensatorspindel, so entspricht, infolge des Gesamtübersetzungsverhältnisses 1 : 15, einer Drehung des Knopfes ein fünfzehntel Drehung der Kondensatorspindel *o*, bzw. des über der Skala gleitenden Zeigers *r*.

Eine wertvolle Ergänzung zur Einstellvorrichtung ist der Sucherhalbkreis *u* aus vernickeltem Messing, welcher zwischen der unteren Skalenscheibe und der Paneelplatte des Radio-Empfangsapparates eingeschoben und durch Federdruck und einen Vorsprung an der unteren Fläche der Einstellvorrichtung festgehalten wird. Auf dem Sucherhalbkreis, der von Hand aus eingesetzt und entfernt werden kann, wird ein Papierstreifen *v* in entsprechender Form eingelegt und der Zeiger der Skala bewegt sich dann auch über diesem Papierstreifen. Hat man irgend einen gesuchten Ort mit Hilfe der Einstellvorrichtung abgestimmt, so bezeichnet man ihn auf dem Papierstreifen, wodurch für die Zukunft die Abstimmung wesentlich erleichtert wird, da man dann ganz genau weiß, welcher Zahl auf der Skala dieser

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik 1927, S. 47.

Digitized by Google

Ort entspricht. Die Papierstreifen können selbstverständlich nach Belieben erneuert werden.

Zu Apparaten mit Kippern, für Kurz- und Langwellenempfang wird eine Feineinstellvorrichtung mit

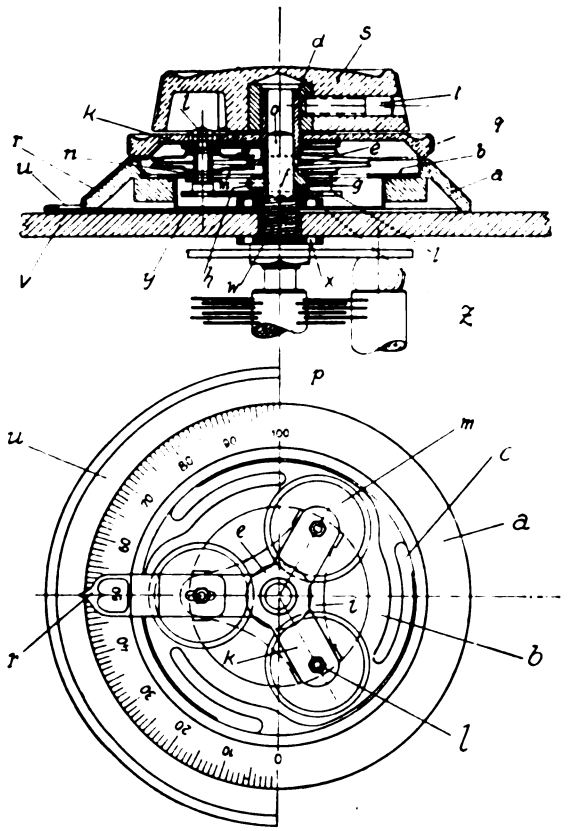


Abb. 1.

zwei Sucherhalbkreisen hergestellt. Diese besitzt einen doppelarmigen Zeiger, von dem je ein Ende den Sucherhalbkreis des Lang-, bzw. Kurzwellenbereiches überstreicht. Der Vorteil dieser Ausführung liegt in der Möglichkeit, die Stationen beider Bereiche getrennt zu markieren.

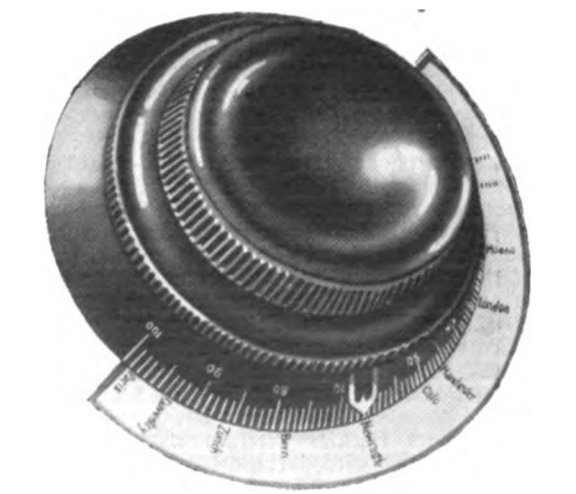


Abb. 2.

Bei Montierungen der Einstellvorrichtung muß darauf geachtet werden, daß über die Paneelplatte des Empfangsapparates keinerlei Schrauben oder sonstige Teile hinausragen. Die Kondensatorspindel soll das Standardmaß von 6 mm im Durchmesser nicht überschreiten, nicht weniger als 10 mm und nicht mehr als 24 mm von der Oberfläche der Paneelplatte abstehen. Auf die Kondensatorspindel *o* ist eine Gewindehülse *w* fix aufgezogen. Die Spindel wird durch die Öffnung in der Paneelplatte durchgesteckt und durch die untere Scheibenmutter *x* fixiert. Nunmehr wird in die konische Skalenscheibe *a* der Aluminiumbecher *y* eingesetzt und mittels der Schraubenmutter *z* fest an die Paneelplatte angepreßt oder durch zwei Schräubchen an diese befestigt. Dann wird der Mechanismus auf dem abgestuften Flachring der Skalenscheibe eingesetzt, die Bakelitscheibe *q* darüber gelegt und der Knopf *s* auf die Hülse aufgesetzt und befestigt. Zuletzt schiebt man noch den Sucherhalbkreis *u* mit eingelegtem Papierstreifen *v* zwischen die Skalenscheibe und die Paneelplatte ein.

Als besondere Vorteile der Vorrichtung (von der Fabrik Joh. Kremenezky, Wien ausgeführt), sei hervorgehoben, daß sie für Zentralbefestigung sämtlicher Drehkondensatorensysteme geeignet erscheint, daß das günstige Übersetzungsverhältnis die feinste Einstellung ermöglicht, und daß jede holprige Zahnradübersetzung und toter Gang vermieden sind. Ing. A. B.

Frequenzänderungen durch Abschirmungen. H. A. Zahl beschäftigt sich mit der Tatsache, daß abgestimmte Hochfrequenz-Transformatoren durch geerdete Schirmplatten in ihrer Arbeitsweise stark beeinträchtigt werden können. Untersuchungen ergaben, daß die Resonanzfrequenz eines abgestimmten Transformators ansteigt, wenn ein geerdeter Metallschirm (zum Beispiel Schirmwand im Apparat) entsprechend genähert wird. Die Versuche wurden so durchgeführt, daß ein Oszillator mit einem Frequenzbereich von 500 000 bis 1 500 000 bzw. 35 000 bis 90 000 Hertz auf einen abgestimmten Transformator, dessen zugehöriger Drehkondensator geeicht war, arbeitete. Mit diesem Schwingungskreis war sekundärseitig ein Röhrenvoltmeter gekoppelt. Geerdete Metallschirme wurden von beiden Seiten langsam genähert. Das Röhrenvoltmeter diente nur zur Feststellung der Resonanzfrequenz, was am maximalen Ausschlag des Galvanometers jeweils bemerkt werden konnte. Die Messungen ergaben bei einer Näherung der Metallschirme von zirka 7·5 cm bis zum Berühren mit dem Transformator eine Reihe neuer Resonanzfrequenzen, die in einem besonderen Falle sich von 500 000 bis 820 000 Hertz und bei einem abgestimmten Zwischenfrequenztransformator sich von 45 000 bis 54 000 Hertz bewegten. Die Zunahme der Resonanzfrequenz hing auch von der betreffenden Transformatortype ab. Praktisch wirkt sich die Veränderung der bestimmten Resonanzfrequenzlage insbesondere bei Superheterodyne-Apparaten aus. Bei Zwischenfrequenz-Transformatoren, die alle auf eine bestimmte Resonanzfrequenz abgestimmt sind, kann eine Erhöhung der Resonanzlage des Transformators die Verstärkung beeinträchtigen und auch die Selektivität des Empfanges leidet darunter. Die Verstärkungskurve ergäbe in einem solchen Falle eine zweite Resonanzspitze bei einer höheren Frequenz. Die Ursache des Ansteigens der Resonanzfrequenz liegt in der Veränderung der Induktivität des Transformators. Die Größe der Induktivität einer Spule hängt bekanntlich vom Magnetfeld ab, von dem sie umgeben wird. Durch das Einbringen von einer Abschirmung in das Feld des Transformators, wird dessen Induktivität vermindert. Daraus folgt, daß die Frequenz ansteigt. Um die alte Resonanzfrequenz wieder herzustellen, müßte die Kapazität erhöht werden, damit die Verminderung der Induktivität wieder wettgemacht wird. Es wird noch bemerkt, daß durch geschirmte Erdplatten auch eine Verringerung des Stromes im Arbeitskreis eintritt, was ja auch zu verstehen ist, da sich im Schirm Wirbelströme ausbilden. Der Einfluß von Schirmplatten im Apparat ist also besonders bei Verwendung von abgestimmten Transformatoreinheiten zu berücksichtigen. Dr. Schmid.

(Radio News, Bd. 9, Nr. 6, Dez. 1927.)

Digitized by Google

Patentbericht.

Elektronenröhren-Schaltungen.

Empfängerschaltungen.

(Fortsetzung aus Heft 4, Seite 44.)

Eine Erfindung der Telefunkengesellschaft in Berlin gibt eine Methode an, um Störungen durch Schwingungserzeugung der Empfänger zu verhindern, gleichzeitig aber eine Rückkopplung zu verwenden, die so stark ist, daß die Dämpfungsreduktion ausreicht, um eine optimale Empfangslautstärke zu erzielen. Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, durch Verwendung von besonderen Schwingungskreisen zu erreichen, daß bei bestimmter Rückkopplung die Elektronenröhre in einer Welle zu schwingen anfängt, die von der Empfangswelle wesentlich abweicht. In der Abb. 6 ist zum Beispiel ein Audionempfänger dargestellt, bei dem die von der Antenne ankommenden Schwingungen dem auf die Empfangsfrequenz abgestimmten Schwingungskreis 1 zugeführt werden und über den Gitterkondensator 3 der Röhre aufgedrückt werden. In der Gitterleitung liegt ein zweiter Schwingungskreis 5, der auf eine von der Empfangsschwingung

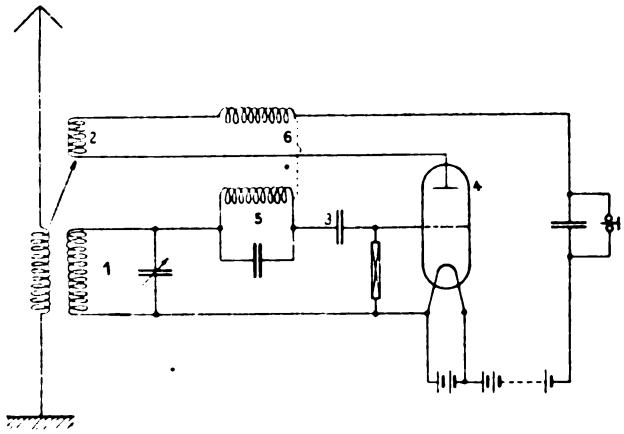


Abb. 6.

abweichende Frequenz, zum Beispiel auf eine kürzere Welle abgestimmt ist. Durch eine konstante Rückkopplung mittels der Spule 6, die im Anodenkreis der Elektronenröhre 4 liegt, wird dieser Kreis entdämpft. Durch die Spule 2 ist der Empfangsschwingungskreis rückgekoppelt. Die Einstellung wird so getroffen, daß zuerst die kurze Welle angeregt wird.

(Ö. P. Nr. 103419)

Eine Erfindung der N. V. Philips Gloeilampenfabrieken in Eindhoven bezweckt, eine Schaltung mit negativer Widerstandscharakteristik und mit Gleichrichtung derart zusammenzusetzen, daß, wenn auf diese Schaltung eine von dem eintreffenden Signal induzierte E. M. K. wirkt, sowohl die sehr hochfrequenten, wie die sehr niederfrequenten Schwingungen verstärkt werden, und zwar in größerem Maße, als dies bei den bisher üblichen Schaltungen der Fall ist. Der Erfindung gemäß wird in Reihe mit dem den negativen Widerstand enthaltenden Teil eines Stromkreises ein diesen Stromkreis schließender einzelner Stromkreis angeordnet, welcher eine Impedanz aufweist, die im allgemeinen eine Funktion der Frequenz ist; dieser Kreis ist so eingerichtet, daß für eine bestimmte Frequenz der Gesamtwiderstand im Stromkreis mit negativem Widerstand auf 0 oder auf nahezu 0 eingestellt werden kann. (Ö. P. Nr. 106159)

Ein von H. J. J. M. de Regnauld de Belleseize in Neuilly (Frankreich) angegebenes Verfahren, um aus Empfangsanlagen für Nachrichtenübermittlung Störungen großer Amplitude auszuscheiden, verwendet zwei differentiell geschaltete Stromkreise, von denen der eine so ausgebildet wird, daß er die Gesamtschwingung praktisch verzerrungsfrei aufnimmt, wogegen dem andern Stromkreise ein Schwellenwert für seine Erregung gegeben wird, der durch den Absolutwert der Amplitude der Signalschwingung bestimmt ist. (D. R. P. Nr. 456898)

Den Gegenstand einer Erfindung der Telefunkengesellschaft bildet ein Verfahren zur Ausscheidung von Störungen beim Empfang in der drahtlosen Telegraphie, welches darin besteht, daß durch ein Modulationsverfahren, bei welchem die ankommende Hochfrequenz unterdrückt wird, eine Frequenzverschiebung im Empfangsapparat vorgenommen wird, durch die eine der verschobenen Frequenzen in einem abgestimmten Kreis ausgesondert und erst dann dem Indikator (Telephon oder dgl.) zugeführt wird.

(D. R. P. Nr. 457154)

(Schluß folgt.)

Literaturbericht.

3711 **Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rundfunkempfanges.** Herausgegeben von Prof. Dr. Ing. e. h. K. W. Wagner. 418 Seiten mit 253 Textabb., Berlin, Verlag Julius Springer, 1927. Preis M. 25·—.

Das Buch ist eine Sammlung von Vorträgen hervorragender, aus dem laufenden Schrifttum bekannter Fachleute Deutschlands und Österreichs, die durch das Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin, den Elektrotechnischen Verein und die Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens veranstaltet wurde.

Es war eine sehr glückliche Idee des Herausgebers, zum Zwecke der Zusammenfassung der verschiedenen Zweige der Radiotechnik, die infolge der raschen Entwicklung in der letzten Zeit allzusehr auseinanderstreben, eine Vortragsreihe zu veranstalten, und es ist ihm gelungen, diesen Gedanken in der erfolgreichsten Weise durchzuführen. So ist ein Werk entstanden, das Tiefe mit Anschaulichkeit verbindet, ohne dabei die individuelle Färbung der einzelnen Abschnitte zu verlieren. Aus der Fülle von hervorragenden Arbeiten seien hier der Vortrag von F. Aigner, „Über die Schwingungen der Sprache und der Musikinstrumente" hervorgehoben, der insbesonders das wichtige, von dem reinen Elektriker zu wenig beachtete Gebiet der Kombinationsschwingungen aufklärt[1]); ferner der Aufsatz von W. Schottky, „Elektroakustik", worin das allgemeine Problem der Umwandlung mechanischer Schwingungen in elektrische und das reziproke besprochen wird. Von fundamentaler Bedeutung ist das „Tiefenempfangsgesetz", ein Gesetz, das von Schottky gefunden worden ist und zum erstenmal die merkwürdige Tatsache klärt, daß für Schallwiedergabsapparate (Lautsprecher) zur verzerrungsfreien Beherrschung eines großen Frequenzintervalles eigene Koppelungsvorrichtungen (Großmembranen, Trichter) erforderlich sind, während dies bei den Schallaufnahmeapparaten (Mikrophonen) nicht der Fall ist. Ausgezeichnet sind ferner die Abschnitte IX, „Das Schwingaudion" von Prof. Hans Georg Möller, sowie X, „Allgemeine Verstärkertheorie" von Prof. Heinrich Barkhausen.

Jeder Radiofachmann, der über das bloß empirische Probieren hinaus sich mit den wissenschaftlichen Fundamenten seines Berufes vertraut machen will, sollte das Buch lesen. Er wird durch die ruhige Lektüre mehr Vorteil daraus ziehen können als aus dem direkten Anhören der Vorträge. Ettenreich.

[1]) Der Aufsatz ist im Wesentlichen in der „Radiotechnik" 1927, S. 13 ff. erschienen.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet

Heft 8 **12. August 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: B. Kleebinder: 25 Jahre Telefunken 1903 bis 1928. S. 73 — A. Esau: Ultrakurze elektrische Wellen. S. 78 — RUNDSCHAU. S. 80 — PATENTBERICHT. S. 80.

25 Jahre Telefunken 1903 bis 1928.

Von Ing. B. **Kleebinder**, Wien.

Das Jubiläum, welches „Telefunken", Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., Berlin, am 27. Mai d. J. gefeiert hat, ist nicht nur ein Fest des 25jährigen Bestehens der Firma gewesen, sondern es war ein Jubiläum der Radiotechnik im allgemeinen, deren Aufschwung innig mit dem Aufstieg der Firma verbunden ist. Im Jahre 1903, dem Gründungsjahre Telefunkens, war „Radio" ein primitives, betriebsunsicheres Nachrichtenmittel mit beschränkter Hörweite und spärlicher Verbindungsmöglichkeit, für ganz bestimmte, eingeschränkte Zwecke, wie Militär und Marine, verwendbar. Heute dagegen ist bereits das gesamte Wirtschaftsleben der Welt mit ständig von der Forschung neu erschlossenen Anwendungsgebieten des „Radio" durchdrungen. Welchen hervorragenden Anteil die jubilierende Firma an diesem Aufstieg der Radiotechnik genommen hat, soll im Nachfolgenden in einigen grundlegenden Zügen aufgewiesen werden[1]).

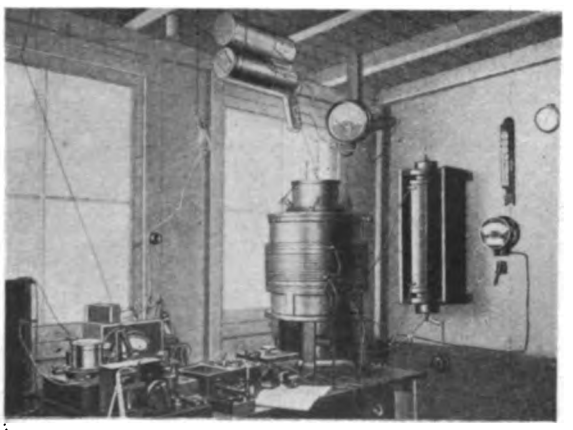


Abb. 1. Schiffsstation System Slaby-Arco (1900).

Bald nachdem Marconi (10. Mai 1897) der britischen Telegraphenverwaltung durch seine Versuche zwischen der Insel Flatholm und den Klippen von Lavernock-Point am Bristolkanal (5 km Entfernung) den Beweis erbracht hatte, daß Nachrichten ohne verbindende Drahtleitungen mittels Hertzscher Wellen übermittelt werden können, setzten auch in Deutschland bereits die Forschungsarbeiten auf diesem neuen Gebiete der Fernmeldetechnik ein. Insbesonders waren es die Arbeiten von Prof. Adolf Slaby, Charlottenburg, Prof. Ferdinand Braun, Straßburg und Georg Graf v. Arco, der Pioniere der deutschen Radiotechnik, die bald das Interesse der ganzen Welt neben denen Marconis erweckten.

Slaby stellte bereits Ende Juni 1897 die erste funkentelegraphische Verbindung zwischen der Technischen Hochschule in Charlottenburg und der Chemischen Fabrik von Behringer am Salzufer über 0·5 km her. Er setzte seine, zunächst noch unbefriedigenden Versuche im Sommer und Herbst fort und schon im Oktober des gleichen Jahres gelang es ihm, eine Reichweite von 21 km zwischen Rangsdorf und Schöneberg mit Ballonen der Luftschifferabteilung zu erzielen. Den genannten Versuchen wohnte Graf v. Arco als sein Assistent bei. So entstand im Jahre 1900 das System Slaby-Arco der drahtlosen Telegraphie, das von der AEG propagiert wurde. Schon im gleichen Jahre erfolgte bereits die Errichtung der ersten deutschen Funkstelle für den öffentlichen Verkehr auf Borkum nach dem besagten System. Abb. 1 zeigt eine nach dem

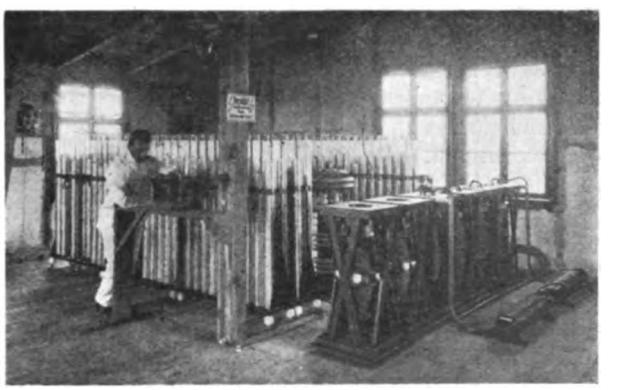


Abb. 2. Station Nauen, Sender v. J. 1906.

[1]) Anläßlich des Jubiläums hat die Firma eine Festschrift „25 Jahre Telefunken, 1903—1928" herausgegeben, welche in außerordentlich prächtiger Ausstattung, mit zahlreichen Porträts und sonstigen Abbildungen geschmückt, Einzelheiten der Entwicklung auf ihrem Arbeitsgebiete vorführt.

Digitized by Google

Slaby-Arco-System errichtete Schiffsfunkstation. Außer einer Menge kompendiöser und unübersichtlicher Empfangs- und Meßeinrichtungen, läßt dieses Bild rechts den Senderschwingungskreis mit veränderlicher Kopplung und oben, außer dem Antennenamperemeter, auch die zur Verkürzung der Antenne benutzten Leydenerflaschen deutlich erkennen.

Seit dem Jahre 1889 hatte auch Prof. Braun in Straßburg auf demselben Gebiete erfolgreiche Versuche angestellt und ein anderes Verfahren entwickelt. Es kam dann zur Gründung der Ge-

Abb. 3. Station Nauen, Maschinensender v. J. 1922.

sellschaft Prof. Brauns Telegraphie G. m. b. H. und Braun meldete das wichtige Patent auf den geschlossenen Senderschwingungskreis an. Zur selben Zeit nahmen Slaby und Arco ihr Patent auf Schleifenantennen und beide Erfindungen waren von ausschlaggebender Bedeutung und führten zu wesentlichen Reichweitenvergrößerungen. Braun schloß sich dann bald der Firma Siemens & Halske an (System Braun-Siemens) und aus diesen Vorläufern entstand nun vor 25 Jahren das von der „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., System Telefunken" entwickelte System, daß die Vorzüge der beiden Verfahren Slaby-Arco und Braun-Siemens vereinigte und aus ihnen ein neues System schuf, welches seine Lebenskraft sehr bald beweisen konnte. Ein halbes Jahr nach der Gründung der neuen Firma waren bereits 163 drahtlose Telegraphiestationen in Deutschland und im Ausland in Betrieb. Im russisch-japanischen Krieg und im Hereroaufstand in Deutsch-Südwest-Afrika im Jahre 1904 wurden Feldstationen in Dienst gestellt, die bereits Reichweiten bis zu 200 km erzielten. Dann folgte die Ausbildung von Küstenstationen und von Großstationen bis zu 1500 km Reichweite.

Einen Markstein in der Geschichte der drahtlosen Nachrichtentechnik bildet aber der im Jahre 1906 begonnene Bau der Funkstation in Nauen. Die Station arbeitete mit Knallfunkenstrecke; als Kraftanlage diente damals ein 35 PS-Lokomobil, welches einen Wechselstromgenerator von 50 kW-Leistung bei 5000 V und 75 Per/s mittels Riemen antrieb. Der vom Generator erzeugte Wechselstrom wurde im Senderraum durch einige Drosselspulen und 6 offene Hochspannungstransformatoren, Induktoren genannt, geleitet und dadurch auf zirka 150 000 V transformiert. Mit diesem hochgespannten Strom wurde ein Kondensator von rund 400 000 cm Kapazität, der aus 360 großen Leydenerflaschen in entsprechender Schaltung bestand, geladen. Diese Flaschenbatterie entlud sich dann über eine große Zinkfunkenstrecke mit ohrenbetäubendem Geknatter. Zur Abstimmung im Primärkreis und zur galvanischen Kopplung mit der Antenne diente eine große Selbstinduktionsspule aus versilbertem Rohr. Abb. 2 gibt ein anschauliches Bild des damaligen Senderraumes; es sind dort die Hochspannungstransformatoren, die Flaschenbatterie, sowie die Selbstinduktionsspule und der Abstimmdrehkondensator ersichtlich. Heute enthält Nauen in seiner modernen Sendeanlage rotierende Hochfrequenzmaschinen für lange Wellen. Abb. 3 gibt einen Blick in den Maschinensaal der Großstation Nauen nach ihrem gegenwärtigen Ausbau. Man erkennt im Vordergrund die 4 Hochfrequenzgeneratoren, im Hintergrund die Frequenzwandlerkreise, den Riegger schen Drehzahl-Indikator, die Überwachungsstelle und ganz rückwärts die große Antennenverlängerungsspule. Einer der Hochfrequenzgeneratoren liefert zum Beispiel 400 kW in die Antenne und gibt bei 1500 U/min und 240 Zähnen eine Grundfrequenz von 6000 Hertz. Letztere wird dann durch Frequenzwandler nach Arco entsprechend vervielfacht[2]). Nauen enthält heute noch einen kristallgesteuerten Röhrensender für kurze Wellen, welcher in Abb. 4 gezeigt wird. Derselbe arbeitet mit 3 Steuer- und 3 Verstärker-

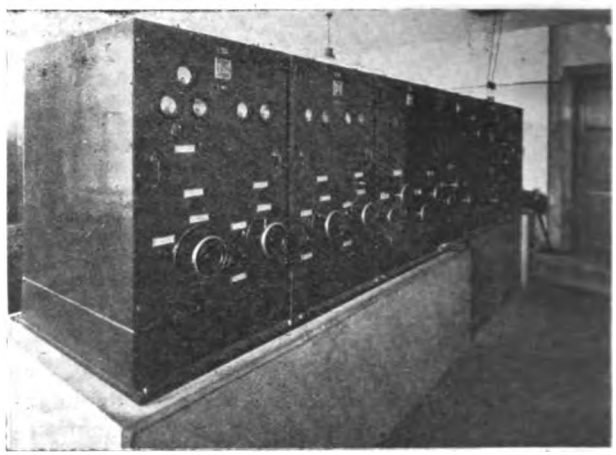


Abb. 4. Station Nauen, Kurzwellensender v. J. 1928.

stufen und erzeugt bei einer Hochfrequenzleistung von 20 kW durch zweimalige Verdopplung der Steuerfrequenz Wellen von 15 bis 60 m. Letztere ermöglichen eine Telegraphiergeschwindigkeit bis zu 300 Worten in der Minute, wodurch alle Leistungen der Unterseekabel weit überflügelt werden. Binnen kurzer Zeit wird dieser Kurzwellentelegraphiesender für den regelmäßigen transozeani-

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 44; 1926, S. 2.

Digitized by Google

schen Sprech- und Bildübertragungsverkehr dienstbar gemacht sein. Seit 1925 wird auf kurzen Wellen für den Südamerika-Verkehr nach dem gerichteten Sendesystem mittels sogenannter Strahlenwerfer[3]) gearbeitet. Das hiezu dienende Antennensystem in Nauen besteht aus 2×16 vertikalen Drähten und Reflektordrähten, zwischen drei Masten von je 60 m Höhe ausgespannt; dadurch wird eine konzentrierte Richtwirkung der ausgesendeten Kurzwellen erzielt und nicht nur die Reichweite erfährt eine ganz beträchtliche Steigerung, sondern es wird damit erst eine Telegraphie mit extrem hoher Wortgeschwindigkeit über beliebige Entfernungen, sowie eine transozeanische Telephonie und eine wirtschaftliche Bildübertragung ermöglicht. So ist Nauen seit 1906 gewissermaßen ein Symbol geworden,

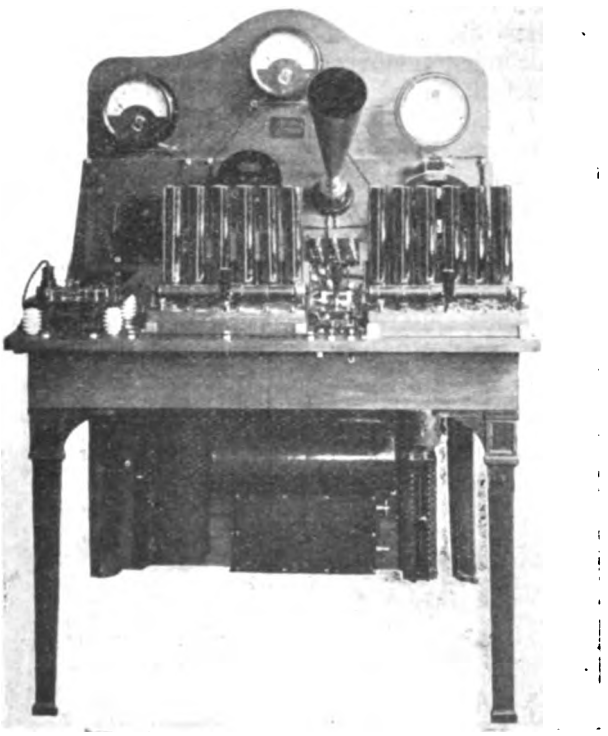


Abb. 5. Telefunken Telephoniesender v. J. 1906.

für den Aufstieg und die Ausbreitung der deutschen Radiotechnik und mit ihr der Firma Telefunken.

Der drahtlosen Telephonie wurde von Anfang an volle Aufmerksamkeit gewidmet. Sobald die Experimente des Dänen W. Poulsen mit der Bogenlampe in Duddell-Schaltung als Sender für ungedämpfte Schwingungen bekannt wurden (1906), fanden auch bei Telefunken dauernd erfolgreiche Erprobungen mit diesem System statt. Es wurden bald die großen Vorteile der ungedämpften Wellen erkannt, gleichzeitig aber auch die Schwierigkeiten, die entstehen, wenn ihre Frequenz nicht konstant bleibt. Es gelang Dr. Karl Schapira eine Serienbogenlampe mit Verdunstungskühlung zu konstruieren, mit welcher sofort ein Telephonieverkehr möglich wurde. Der erste sichtbare Erfolg war die Sprachübertragung auf 40 km Entfernung zwischen dem Firmenlaboratorium in Berlin und der Ortschaft Nauen, wobei als Sender der neue Schwingungsgenerator mit Serienlichtbogen und Wasserkühlung diente. Den Aufbau eines der ersten Telephoniesender zeigt Abb. 5. Bei diesem Generator wurde die zur Erzeugung von ungedämpften Schwingungen notwendige Kapazität im Erregerkreis durch die erwähnte Serienlichtbogenanordnung etwa auf das 100fache gesteigert, wodurch ein Stoßsystem von starker Dämpfung entstand, das ein Luftleitergebilde mit Löscherregung zu einwelligem Schwingen brachte. Wenn man zum Vergleich dem Sender der Abb. 5 den größten und modernsten Rundfunkröhrensender der Welt, den neuen 35 kW-(Antennentelephonieleistung) Deutschlandsender in Zeesen bei Königswusterhausen[4]) (vgl. Abb. 6), mit seinen sechs wassergekühlten 20 kW-Schwingungsröhren gegenüberstellt, so erkennt man klar die ungeheure Entwicklung, die die Radiotechnik in diesen zwei Dezenien genommen hat. Man beachte dabei die freistehenden, im Hochfrequenzraum montierten Senderteile, sowie die

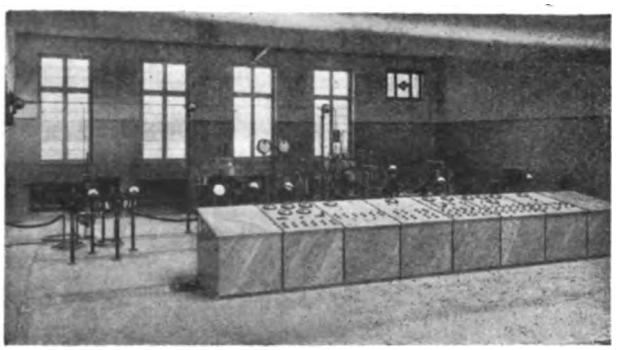


Abb. 6. Deutschlandsender in Zeesen, Telephoniesender von Telefunken v. J. 1928.

vorne am Bedienungspult untergebrachte automatische Druckknopfsteuerung.

Schon im April des Jahres 1907 gelang es bei einem Vortrag im Elektrotechnischen Institut zu Dresden befriedigenden Telephonieverkehr mit Nauen, also auf etwa 200 km Entfernung, zu erhalten. Diese Leistungen sind deshalb besonders beachtenswert, weil beim Empfang nur der Kristalldetektor ohne jede, damals noch unbekannte, Verstärkung, zur Anwendung kam.

Die Einführung der „Tönenden Löschfunken" nach Max Wien im Jahre 1908 und deren hohe Unabhängigkeit von der Wetterlage und vom Klima führten zur Erfüllung des längst erstrebten Zieles, der telegraphischen Überbrückung des Ozeans. Mit eigenen Mitteln schuf das Unternehmen außer der bereits vorhandenen deutschen Station Nauen, wo nunmehr der Lösch-

[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 73; 1927, S. 97.

[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 91; 1928, Heft 1, S. 4.

Digitized by Google

funke den Knallfunken verdrängte, als Gegenstation in Amerika die Station Sayville bei New York, so daß ein drahtloser Verkehr auf 6400 km durchgeführt werden konnte. Im Weltkrieg gingen bekanntlich die deutschen Kolonien, welche dem Mutterlande durch drahtlose Verbindungen (ein seit dem Jahre 1911 systematisch ausgebautes Kolonialnetz: Samoa, Yap, Nauru, Rabaul, ferner

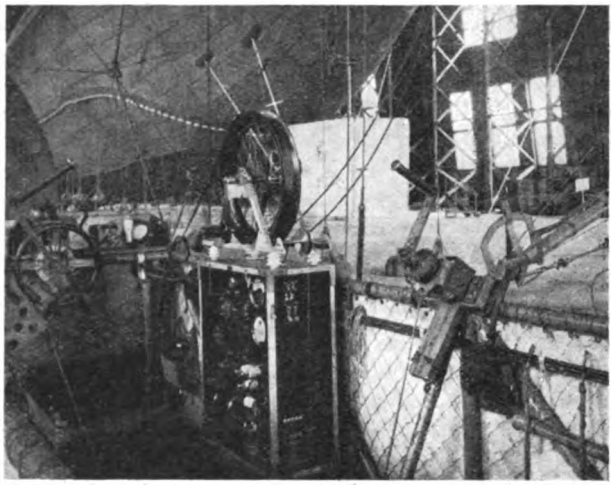


Abb. 7. Luftschiff-Station von Telefunken im Parseval-Ballon v. J. 1910.

Togo und Südwestafrika) nahegebracht worden waren, verloren und mit ihnen das gesamte Kolonialnetz.

Es galt schon lange vor dem Kriege, den neuen Funknachrichtendienst dem deutschen Handel sowie dem Wasser- und Luftverkehr dienstbar zu machen. Die Gesellschaft hat daher sehr zeitlich den Bau von Schiffsstationen, zunächst für Kriegsschiffe betrieben, später auch für Handelsschiffe. Um die Einführung der drahtlosen Telegraphie in die Schiffahrt hat sich der damalige Direktor der Telefunken-Ges. Dr. Bredow, heute Rundfunkkommissär des deutschen Reichspostministeriums, besonders verdient gemacht; nicht zum geringsten durch die Errichtung besonderer Lehrgänge zur Ausbildung von Schiffsoffizieren und Funkbeamten in der drahtlosen Telegraphie in Hamburg (1910). Im Jahre 1911 kam es dann zur Gründung der Tochtergesellschaft „Debeg" (deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.) mit dem Zweck, die deutsche Handelsschiffahrt mit Funkeinrichtungen auszurüsten. Die „Debeg" hat sich, trotz schwerer Verluste an Personal und Geräten während des Krieges und vor allem unmittelbar nach dem Kriege, immer weiter ausgedehnt und verwaltete 1926/27 bereits 687 Funkstellen. Die technische Entwicklung dieser Schiffahrtsanlagen führte vom Knallfunken- zum Löschfunkensender, dann zum modulierten Röhrensender, der heute viele tausende von Seemeilen überbrückt und in neuester Zeit für manche Zwecke auch noch durch Kurzwellen-Bordsender ergänzt wird. In den letzten Jahren ist zur Schiffsausrüstung noch der drahtlose Richtungsfinder (Bordpeiler) hinzugekommen, der den Fahrzeugen bei der Navigation die vorzüglichsten Dienste leistet. In diesem Belange waren die Einrichtungen von Telefunken bahnbrechend.

In ähnlicher Weise wie die drahtlosen Schiffsstationen entwickelten sich auch die Flugzeugstationen vom verhältnismäßig primitiven Gerät zur modernen Bordstation mit Peilgerät und Goniometer, wie sie zum Beispiel auf dem noch allen in Erinnerung stehenden Zeppelinflug des Dr. Eckener im „ZR III" von Friedrichshafen nach New York im Jahre 1924 in Verwendung stand. Abb. 7 zeigt die erste Luftschiffsende- und Empfangsanlage nach dem Löschfunkensystem in ihrem Einbau in die Gondel eines unstarren Lenkballons (Parseval) und im Vergleich hiezu gibt Abb. 8 die komplette Einrichtung einer modernen Funkkabine auf dem Zeppelinluftschiff „LZ 126" aus dem Jahre 1926.

Hand in Hand mit dem Fortschritt im Bau und Betrieb der erwähnten ortsveränderlichen Anlagen ging selbstverständlich die Entwicklung der Landstationen vor sich, von der kleinsten Küsten- bis zur Großstation für transozeanischen Schnelltelegraphieverkehr. Typisch für diesen Fortschritt ist die Entwicklung der schon erwähnten Station Nauen. Von 1906 bis 1909 wird — wie bereits erwähnt — der Betrieb noch mit Leydenerflaschen und Knallfunken mit 10 kW Antennenleistung durchgeführt, dann bis 1916 mit Löschfunken (max. 80 kW), der ab 1911 wieder zum Teil durch den Maschinensender verdrängt wird mit einer Leistung bis 400 kW. Dazu kommen schließlich seit 1925 auch noch Kurzwellenröhrensender mit Strahlwerfern von 20 kW-Leistung. Die in Nauen gesammelten Erfahrungen versetzten Telefunken in die Lage, Aufträge auf Großstatio-

Abb. 8. Luftschiff-Station von Telefunken im Zeppelin LZ 126 v. J. 1926.

nen in Holland, Java, Italien und Südamerika auszuführen und die großen Maschinensenderstationen in Madrid, Buenos-Aires und in Japan zu bauen. Der von Nauen durchgeführte deutsch-überseeische Nachrichtendienst wurde 1918 in die Hände einer neuen Tochtergesellschaft, der „Transradio-A. G. für drahtlosen Übersee-Verkehr, Berlin" gelegt. Diese Gesellschaft hat unter ständiger Ausdehnung ihres Liniennetzes in den zehn Jahren ihres Bestehens die Zahl der übertragenen

Digitized by Google

Worte von 6·3 Mill. im Jahre 1922 auf 12·9 Mill. im Jahre 1927 erhöht. Nauen umspannt heute den Erdball und überbrückt Entfernungen über 18 000 km (zum Beispiel Nauen—Neu-Seeland).

Die Kurzwellensendungen auf 15 m Welle und darunter ergeben in neuester Zeit, selbst auf weiteste Entfernungen, 20- bis 24-stündige Verbindungsmöglichkeit, sie gestatten ferner

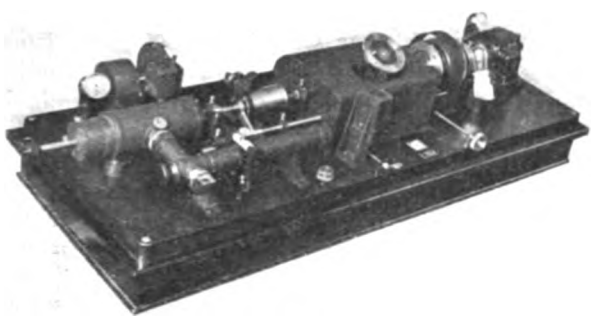


Abb. 9. Bildtelegraphie-Apparatur von Karolus-Telefunken-Siemens v. J. 1928.

aber die Faksimile-Übertragungen, die für den Wirtschaftsverkehr von außerordentlichem Nutzen sein werden, da man durch sie Briefe, Schecks, Zeichnungen usw. telegraphisch übertragen kann[5]). Schon im Jahre 1926 wurden erfolgreiche Bildübertragungsversuche, nach dem System Karolus-Telefunken, von Berlin nach Wien[6]), Rom und Rio de Janeiro gemacht, bei welchen die Geschwindigkeit der Übertragung für eine Fläche von 10 × 10 cm nur 30 sec betrug. Abb. 9 zeigt das Bildübertragungsgerät, System Karolus-Telefunken-Siemens, neuester Type, mit kombinierter Sende- und Empfangsapparatur für Duplex-Betrieb. Telefunken hat aber auch für die Entwicklung und Betriebssicherheit der Kurzwellenstationen im allgemeinen ganz besonders wertvolle Beiträge geleistet. Auf dem Gebiete der Transozean-Telephonie haben längere Versuche im vergangenen Jahre mit Buenos-Aires gute Resultate ergeben.

Die Weltbeziehungen, welche durch die internationalen Funkverbindungen zwischen der deutschen und den fremden Betriebsgesellschaften entstanden sind, führten 1921 zu einem Übereinkommen zwischen den vier führenden Funkgesellschaften der Welt (Radio Corporation of Amerika in New-York, Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd. in London, Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil in Paris und der Telefunken-Gesellschaft) mit dem Zweck gleichberechtigten, gemeinschaftlichen Vorgehens bei der funktelegraphischen Erschließung Südamerikas. Die ersten Gemeinschaftsstationen waren die großen Sendeanlagen Buenos-Aires und Rio de Janeiro (1928), deren Betrieb unter Beteiligung von nationalem Kapital in die Hände von besonderen argentinischen und brasilianischen Tochtergesellschaften gelegt wurde.

[5]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 10.
[6]) Vgl. Die Radiotechnik 1926, S. 61.

Aus der überaus großen Zahl der gegenwärtigen Verwendungsgebiete der Radiotechnik, die alle von der jubilierenden Firma gepflegt und befruchtet wurden, sei noch kurz auf einige hingewiesen. Da wäre vorerst die Mehrfachtelephonie mittels Hochfrequenz auf Drahtleitungen zu erwähnen, ferner die besonders zum telephonischen Verkehr der Elektrizitätswerke mit ihren Unterstationen längs Hochspannungsleitungen dienende Hochfrequenztelephonie, die drahtlose Telephonie für den Eisenbahnrangierdienst, die drahtlosen Lokomotiv-Warnsignaleinrichtungen und das große Gebiet der Hochfrequenzmeß- und Prüfinstrumente. Im Jahre 1927 hat die Firma zum Beispiel 6770 km Postleitungen mit Hochfrequenz-Mehrfachtelephonie in Rußland, Lettland und Japan ausgerüstet und bis jetzt auf zirka 13 500 km Hochspannungsleitungen in Deutschland und im Auslande die Hochfrequenztelephonie längs Leitungen eingerichtet.

Allgemein bekannt sind die Leistungen der Gesellschaft auf dem Gebiete des Rundfunks. Hier hat die erste Pionierarbeit Graf von Arco bereits in den Jahren 1912 und 1913 geleistet, in welchen die ersten Telephonieversuche mittels Hochfrequenzmaschinen einsetzten. Die erste öffentliche Vorführung solcher rotierender Maschinen mit Frequenzvervielfachung fand Mitte 1912 durch Arco vor der dritten internationalen Funkkonferenz in London statt. Doch weder diese Erzeugung ungedämpfter Schwingungen, noch der

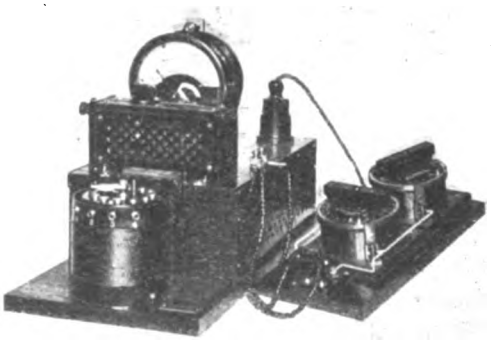


Abb. 10. Telephonie-Empfänger mit Liebenverstärkerröhre v. J. 1913.

Poulsensche Lichtbogengenerator gelangten zur Einführung. Die Umwälzung trat erst ein, als Telefunken die bereits 1906 bis 1911 von dem Österreicher von Lieben erfundene (Hauptpatent vom 4. März 1906)[7]) und entwickelte Elektronenverstärkerröhre zur Durchbildung für die Praxis übernahm und als Prof. Dr. Alexander Meißner den Röhrensender schuf. Bereits während des Jahres 1914 wurde bei Telefunken mit Röhrensendern unter Verwendung von Liebenröhren telephoniert und nachdem man noch im

[7]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 57.

Digitized by Google

gleichen Jahre zur Hochvakuumröhre, zunächst für Überlagerung und Verstärkung beim Empfang, übergegangen war, wurde diese seit 1915 auch für den Sender nutzbar gemacht. Ab April 1917 machte Bredow, gemeinsam mit Dr. Meißner und R. von Leppel, erfolgreiche Versuche mit Röhrensendern an der Westfront, wobei sowohl telegraphiert als auch telephoniert wurde. Die Einführung der Röhrensender in Deutschland durch Telefunken fällt in die Zeit von 1915 bis 1918, doch bereits 1917 war es möglich, mit 20 kW-Antennenleistung eine einwandfreie Verbindung zwischen Deutschland und der Türkei herzustellen.

Ganz Hervorragendes wurde in den Laboratorien und Forschungsabteilungen der Gesellschaft auf dem Gebiete der Entwicklung der Elektronenröhre geleistet. Wenn von der technischen und fabrikatorischen Durchbildung, sowie wissenschaftlichen Klärung der damals noch völlig im Dunkeln liegenden Vorgänge in den Elektronen-Hochvakuumröhren gesprochen wird, so ist mit den erfolgreichen Arbeiten der Name Dr. Hans Rukop, seit Frühjahr 1927 Universitätsprofessor und Leiter des Institutes für Technische Physik in Köln, verbunden. Anfangs arbeiteten Maschinen- und Röhrensender friedlich nebeneinander, bis nach kurzer Zeit die Röhre das Feld allein beherrschte. Erst in den letzten Jahren ist in vereinzelten Fällen die Hochfrequenzmaschine in einer besonderen Form für kürzere Wellen wieder aufgetaucht. Viele Erfindungen, wie zum Beispiel die des Röhrensenders, der Rückkopplung (Patent von Dr. Meißner vom 10. April 1913) und des Hochfrequenzverstärkers (Bronk, Patent vom 3. September 1911) haben ihren Siegeslauf über die ganze Erde angetreten und sind gewissermaßen Allgemeingut geworden. Für die drahtlose Telegraphie und damit für den allgemeinen Unterhaltungsrundfunk, wie er in Deutschland mit Ende 1923 einsetzte, ist also eigentlich erst durch die erwähnten bahnbrechenden Arbeiten, von Telefunken ausgehend, die technische Grundlage geschaffen worden. Seit 1913 hat Telefunken nahezu 5000 Röhrensender für das In- und Ausland, von der kleinsten Type zu etwa 0·4 kW bis zu den größten, derzeit gebauten Leistungen geliefert. Bekanntlich ist auch der neue Wiener Großsender auf dem Rosenhügel von Telefunken geliefert worden.

Es würde hier zu weit führen, über die Einzelheiten der Ausbildung solcher Großsenderanlagen zu berichten. Erwähnt sei nur die von Telefunken stammende Entwicklung der Fremdsteuerschaltung zur Erzeugung konstanter Wellenlängen, der Gittergleichstrom-Modulation nach Schäffer, der Wasserkühl-Hochleistungsröhren, der weitgehendsten Automatisierung der Senderbedienung usw.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse auf dem Gebiete des Empfängerbaues für Rundfunk. Abb. 10 zum Beispiel zeigt den ersten Telefunken-Überlagerer mit alter Liebenröhre aus dem Jahre 1913, welcher mit 220 V Anodenspannung betrieben wurde und als Schwingungserzeuger nach Meißner den ersten Röhrenversuchssender darstellt. Welche Fortschritte hier zu verzeichnen sind, wird klar, wenn man Abb. 10 mit einem modernen Vielröhrengerät für Fernempfang oder gar mit einem Röhrengroßsender, wie sie heute jedermann bekannt und geläufig sind, vergleicht.

Mit Stolz kann die Firma auf ihre Leistungen in den 25 Jahren des Bestehens zurückblicken und darin den Anreiz finden zu neuem, fruchtbringendem Schaffen!

Ultrakurze elektrische Wellen.

Von Professor Dr. A. **Esau**, Jena[1]).

Wenn es sich darum handelt, ultrakurze elektrische Wellen von größerer Energie herzustellen, so muß man abgehen von den bei längeren Wellen angewandten klassischen Senderschaltungen (Rückkopplungsschaltungen), da es bei ihnen nicht möglich ist, die Größe der Selbstinduktion genügend klein zu machen[2]). Man muß aber auch die Röhrenkapazitäten, soweit wie nur irgend möglich, verkleinern, was zur Konstruktion von besonderen Kurzwellenröhren geführt hat[3]). Auch wenn man zu speziellen Schaltungen des Senders übergeht, bei denen die Kapazität zwischen Gitter und Anode und die Selbstinduktion ihrer Verbindungsleitung die Wellenlänge bestimmt, kommt man bei dem Versuch einer immer steigenden Wellenverkleinerung sehr bald an eine schwer zu überschreitende Grenze, die etwa bei 80 cm liegen dürfte. Darüber hinaus sind zwar schon seit einer Reihe von Jahren Erzeugungsmethoden von den verschiedensten Seiten angegeben worden, die bis in die Gegend von 20 cm geführt haben. Die erzielbare Leistung ist aber so klein, daß nennenswerte Reichweiten nicht erzielt worden sind und auch nicht erwartet werden können.

Von den längeren Wellen haben die um 3 m herum liegenden den großen Vorteil der Konzentrierungsmöglichkeit mit gutem Wirkungsgrad durch parabolische Spiegelanordnungen[4]), mit richtig gewähltem Abstand des Senders vom Parabelscheitelpunkt im Verhältnis zur Betriebswellenlänge (f/λ nicht wie bisher angenommen 0·25, sondern 0·28). Die für die Überbrückung einer gewissen Entfernung notwendige Senderleistung sinkt dabei etwa auf $^1/_{12}$ gegenüber der einer normalen Antenne ohne Spiegel. Das gleiche Mittel, auch beim Empfänger angewendet, reduziert diese

[1]) Auszug aus einem Vortag, gehalten in der Funktechnischen Gesellschaft in Wien am 17. Juni 1928.
[2]) A. Esau, ETZ 1925, S. 1869.
[3]) Vgl. A. Esau, Die Radiotechnik 1927, S. 126.
[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1924, S. 314; 1926, S. 76; 1927, S. 97.

Digitized by Google

Leistung noch einmal um den gleichen Betrag, das heißt insgesamt auf zirka $^1/_{150}$.

Anfänglich vorhandene Schwierigkeiten bei der Herstellung einwandfrei arbeitender Telephoniesender sind überwunden worden. Die Güte der Modulation steht der bei Rundfunkwellensendern erreichten nicht nach.

Schwieriger als die Lösung des Senderproblems erwies sich die Herstellung eines empfindlichen und dabei sicher arbeitenden Empfängers. Verschiedene Ausführungen, beginnend einfach mit in die Empfangsantenne geschaltetem Kristalldetektor, mußten wieder verworfen werden, da ihre Empfindlichkeit zu gering oder aber ihre Bedienung oft so schwierig war, daß an eine Verwendung im praktischen Betrieb nicht gedacht werden konnte. Die definitive Lösung brachte eine Audionrückkopplungsschaltung unter gleichzeitiger Hinzunahme einer unhörbaren Hilfsfrequenz (zirka 20 000 Schwingungen pro Sekunde). Nicht nur wurde dadurch die gleiche Empfindlichkeit erreicht wie bei den längeren Wellen, sondern es ergab sich auch ein sehr leichter Einsatz der Schwingungen und damit ein leichtes Einregulieren auf den Punkt maximaler Empfindlichkeit, was bei den vorhin erwähnten Zwischenformen des Empfängers nicht möglich war.

Der Empfänger in seiner jetzigen Gestalt besitzt 4 Röhren, von denen die eine als Audion, die beiden folgenden als Niederfrequenzverstärker arbeiten. Die vierte dient zur Erzeugung der Hilfs- oder Regenerationsfrequenz von zirka 20 000 Hertz.

Besondere Sorgfalt ist auf die Auswahl der Audionröhren zu legen, für die von den bestehenden Röhrentypen sich am besten die Type V. 107 Tekade und Ultraröhren eignen.

Mit diesem Sender und Empfänger sind im Laufe der letzten Monate die ersten größeren Reichweitenversuche vorgenommen worden, deren Ergebnisse in verschiedener Beziehung überrascht haben. Zunächst zeigte es sich, daß atmosphärische Störungen, die selbst bei Wellen von etwa 15 m gelegentlich noch recht kräftig auftreten können, bei einer Wellenlänge von 3 m auch bei dem neuen, viel empfindlicheren Empfänger zur gleichen Zeit nicht bemerkt werden konnten, was praktisch von großer Bedeutung ist, insbesondere für die Zwecke der Bildübertragung. Ein Einfluß der atmosphärischen Verhältnisse bei allen diesen Versuchen, die über mehrere Wochen ausgedehnt worden sind, ist in keinem Falle beobachtet worden. So wurde bei Nebel, Regen und Schneetreiben stets die gleiche Empfangsintensität gemessen wie bei Sonnenschein. Auch der Übergang von Helligkeit zu Dunkelheit zeigte keine Veränderung der Lautstärke am Empfänger. Die Versuche wurden ausgeführt über die verschiedensten Entfernungen und mit stark geänderten Senderleistungen. Für den telephonischen Gegensprechverkehr mit Lautsprecher über eine Entfernung von 20 km genügte eine Senderleistung von etwa $^1/_5$ W, die bei Anwendung einer Spiegeleinrichtung am Sender auf $^1/_{60}$ W ohne Lautstärkenabnahme reduziert werden konnte.

90 km wurden ohne Spiegel mit 2 bis 5 W überbrückt, 130 km mit etwa 10 W. Die größte bisher erzielte Reichweite betrug bei etwa 50 W aufgewendeter Leistung etwas mehr als 200 km, eine Entfernung, die bisher auch nicht annähernd erreicht worden ist. Die im Gange befindlichen Versuche lassen noch eine Vergrößerung der Reichweite erhoffen.

Die Messung der Senderwellenlänge wurde bisher mit Hilfe des Lecher-Drahtsystems in bekannter Weise ausgeführt, ein Verfahren, das zwar sehr genau arbeitet und deshalb für Eichzwecke auch in Zukunft für die Wellen dieses Bereiches unentbehrlich bleiben wird, das aber wegen seines Raumbedarfes die Aufstellung der eigentlichen Meßapparatur praktisch sehr unbequem macht. Eine Transportabilität kommt daher nicht in Frage.

Nach längeren Versuchen ist es jetzt aber gelungen, einen Wellenmesser zu bauen, der aus einer einzigen Drahtwindung und einem Plattenkondensator besteht, dessen eine Belegung mit dem einen Ende des Kreises fest verbunden ist, während die mit dem anderen Kreisende verbundene durch eine Mikrometerschraube bewegt werden kann. Die Eichung dieses Wellenmessers erfolgt entweder durch Berechnung der Wellenlänge aus Selbstinduktion und Kapazität oder aber durch Vergleich mit dem vom Lechersystem angezeigten Längen. Der Durchmesser des Drahtkreises für einen Wellenbereich von 1·50 m bis zu 3 m beträgt etwa 8 cm. Nach Überwindung einiger Schwierigkeiten gelang es auch, mit dieser Apparatur Dämpfungsmessungen einwandfrei auszuführen, worüber gelegentlich ausführlich berichtet werden wird.

Außer für Nachrichtenzwecke haben die ultrakurzen Wellen inzwischen Anwendung auf medizinischem Gebiete gefunden, worüber auf dem diesjährigen Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden von Schliephake, Jena, berichtet worden ist. Es handelt sich, so weit bisher ersichtlich, um zwei verschiedene Wirkungen, von denen die eine einen Temperaturanstieg vor allen Dingen im Innern der Gewebe verursacht, während die andere in einer Reizung des Nervensystems besteht. Im Gegensatz zu den bei der Diathermie bisher angewandten Verfahren werden hier allein die Wirkungen der Verschiebungsströme ausgenutzt, deren Intensität mit der Frequenz zunimmt, und deshalb erscheinen hier diese ultrakurzen Wellen besonders geeignet. Die Versuche werden in Jena erfolgreich fortgesetzt.

Als weiteres Anwendungsgebiet dieser Wellen dürfte die Meßtechnik in Frage kommen, wo ihre Einführung in vielen Fällen eine Steigerung der Empfindlichkeit der Meßmethoden zur Folge haben wird, die von großer praktischer Bedeutung sein dürfte.

Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß vielleicht schon in nicht allzu ferner Zukunft noch weitere Anwendungsgebiete für diese Wellen erschlossen werden und daß dort neue Wirkungen auftreten und ausgenutzt werden, die uns bisher noch unbekannt sind.

Digitized by Google

Rundschau.

Kurzwellentelephonie mit unterdrückter Trägerwelle. E. H. Robinson. Die Vorteile und die Schwierigkeiten, die die Aussendung der beiden Seitenbänder ohne Trägerwelle bieten, sind bekannt. Besonders bei kurzen Wellen haftet diesen Methoden der Nachteil an, daß das Gleichgewicht in der Brücke leicht gestört wird und die Trägerwelle wieder zum Vorschein kommt. Die vom Autor entworfene Modulationsmethode vermeidet diese Schwierigkeiten und arbeitet, wie es die Versuche zeigten, vollkommen stabil. Die beiden Modulationsröhren V_2 und V_3 (Abb. 1) sind mit ihren Heizfäden und Gittern parallel geschaltet, letztere werden durch einen kristallgesteuerten Steuersender fremd erregt. Die Anoden arbeiten über die Sperrkondensatoren C_8 und C_7 auf einen H. F.-Kreis in der Dreipunktschaltung. Die Speisung der Anoden erfolgt über zwei Drosselspulen L_7 und L_8 durch die mittelangezapfte Sekundärwindung eines N. F.-Transformators T_2, der primär an den Sprachverstärker angeschlossen ist. Aus der Schaltung ist es klar, daß jedes Mal, wenn die Spannung des Transformators T_2 über den Nullpunkt geht, die beiden Röhren V_2 und V_3 abwechselnd stromführend werden und somit die Phase der H. F.-Amplituden im Kreise $L_3 C_3$ um 180° umgekehrt wird. Es werden nur die beiden Seitenbänder aus-

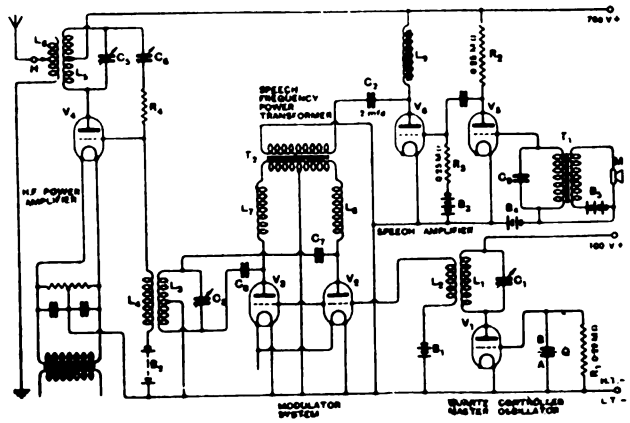


Abb. 1.

gestrahlt, die Trägerwelle wird ausgelöscht. Der Ausgangskreis $L_3 C_3$ arbeitet auf einen neutralisierten Kraftverstärker V_4. Der restliche Teil der Schaltung ist ohne weitere Erklärung verständlich. Die drei Kreise $L_1 C_1$—$L_3 C_3$—$L_5 C_5$ sind auf die Trägerwelle ($\lambda = 194$ m) abgestimmt. Da trotz der Neutralisierung des Kraftverstärkers ziemlich kräftige Schwingungen von zirka $\lambda = 5$ m auftreten, ist noch ein Widerstand $R_4 = 1000\,\Omega$ vorgesehen, der die Störschwingungen restlos unterdrückt. Um einen Beweis der Leistungsfähigkeit der Schaltung zu erhalten, wurde die Kraftstufe in ihrer Eigenschwingung erregt und nach der Methode der Anoden-Drosselsteuerung besprochen. Die Sendeleistung betrug etwa 30 W, die reine H. F.-Leistung bei unmodulierter Trägerwelle etwa 50 W. Die Sendeleistung konnte bei Unterdrückung der Trägerwelle und Ausstrahlung bloß beider Seitenbänder, infolge der Ausnützung des ganzen geradlinigen Bereiches der Röhrencharakteristik auf zirka 120 W erhöht werden. Einige Schwierigkeiten bereitete die richtige Einstellung und Stabilisierung des Empfängers der außer einer neutralisierten H. F.-Stufe noch eine auf die Trägerwelle abgestimmte Oszillatorröhre enthält. Die in London N. W. durchgeführten Versuche ergaben eine überaus gute Tonreinheit und Lautstärke der Übertragung. E. M.

(Exp. Wireless, Bd. 4, Nr. 51, 1927.)

Patentbericht.

Elektronenröhren-Schaltungen.

Empfängerschaltungen.

(Schluß aus Heft 7, Seite 72.)

Die Aufgabe, ein störungsfrei arbeitendes Netzanschlußgerät zu schaffen, wird besonders dadurch erschwert, daß größtenteils nur Wechselstrom zur Verfügung steht, dessen niedrige Wechselzahl einer ausreichenden Nivellierung des gleichgerichteten Wechselstromes hindernd im Wege steht. Diese Schwierigkeit wird gemäß einer Erfindung der Botophon Radio G. m. b. H. in Berlin dadurch vermieden, daß der Wechselstrom, bevor er gleichgerichtet wird, eine Vervielfachung der Frequenz durch magnetische Frequenzwandler erfährt, bei denen mit Hilfe von Resonanzkreisen höhere Harmonische der Grundfrequenz herausgesiebt werden. (D. R. P. Nr. 457614)

Eine neue Methode von Lucien Levy in Paris zur Beseitigung störender Schwingungen elektrischer Kreise besteht darin, eine Verschiedenheit zu schaffen zwischen den freien, von einer störenden Ursache — atmosphärischen Störungen beispielsweise — bestimmten Schwingungen einerseits und den durch die Arbeit des Senders erzwungenen Schwingungen andererseits. Die Verwirklichung der Verschiedenheit besteht darin, die Eigenfrequenz f' des Empfangkreises periodisch mit bekannten Mitteln zu variieren. Auf diese Weise erhalten die Eigenschwingungen, die zum Beispiel durch atmosphärische Störungen hervorgerufen sind, eine periodisch wechselnde Frequenz f'; andererseits haben die durch den Sender erzwungenen Schwingungen eine konstante Frequenz f; die Schwankungen der Eigenfrequenz des Kreises rufen bezüglich der Empfangsfrequenz nur eine periodische Verstimmung hervor, die allein zur Wirkung hat, daß die Amplitude der erzwungenen Schwingung in schwachem Maße vermindert wird, und es ist jetzt leicht, die Trennung der beiden Wellen vorzunehmen. (Ö. P. Nr. 109325)

Nach einer Erfindung der Radio Corporation of America in New York, soll der Fadingeffekt dadurch beseitigt werden, daß die Strahlungsrichtung des Senders fortwährend geändert wird. Dies kann etwa dadurch erreicht werden, daß mit der Antenne reflektierende Drähte verbunden sind, die abwechselnd (durch Einstellung auf Resonanz) in Aktion treten. (D. R. P. Nr. 455240)

Durch eine Erfindung der Telefunken Gesellschaft soll die Zeit wesentlich verkürzt werden, in der der Empfänger durch Störungen beeinflußt werden kann, dadurch, daß die Apparatur nur so lange empfangsfähig ist, als wirksame Energie vom Sender ausgestrahlt wird. Zu diesem Zwecke werden die ankommenden Schwingungen zwei Röhrenanordnungen zugeführt, wobei die eine Röhrenanordnung als Generator wirkt und durch die ankommenden Schwingungen konphas mit dem fernen Sender gesteuert wird, und die dadurch erzeugte hochfrequente Spannung wird der zweiten, als Empfänger wirkenden Anordnung als Anodenspannung zugeführt. (D. R. P. Nr. 447482)

Von Cesar Parollini in Le Vesinet wurde ein Verfahren zur Herstellung der leitenden Verbindungen auf Radioschaltplatten aus Hartgummi oder dgl. erfunden, nach dem auf der Platte die Montageschablone mit Hilfe eines Druckstempels derart aufgedruckt wird, daß an den Schnittstellen zweier Leiter einer eine Unterbrechung aufweist; dann wird die Platte mit pulverförmigem Kupfer bestreut, der Überschuß an Pulver entfernt, so daß es nur an den bedruckten Stellen zurückgehalten wird. Ferner werden Überbrückungen an den Leitungskreuzungen durch in die Isoliermasse warm eingesetzte U-förmige Metallreiter hergestellt, und die derart vorbereitete Platte in einem galvanoplastischen Bad behandelt. (D. R. P. Nr. 448210)

Berichtigung.

Über Verstärkung in der Bildtelegraphie. Die Radiotechnik 1928, Heft 6, S. 63, rechte Spalte, Zeile 18 von oben. Statt „Die vierte Stufe" heißt es an dieser Stelle richtig „Die Transformatorenkopplung". D. S.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien. VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 9R.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet.

Heft 9 | **16. September 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: A. Meissner und H. Rothe: Über die Bestimmung des günstigsten Ausstrahlwinkels bei horizontalen Antennen. S. 81. — Dr. Ing. Georg Tenzer: Oszillographische Untersuchungen an Gleichrichtern. S. 84. — Dr. R. Hiecke: Bildübertragung und Fernsehen. (Fortsetzung.) S. 86. — RUNDSCHAU. S. 87. — CHRONIK. S. 88. — LITERATURBERICHT. S. 88.

Über die Bestimmung des günstigsten Ausstrahlwinkels bei horizontalen Antennen.

Von A. **Meissner** und H. **Rothe**, Berlin.

(Mitteilungen aus dem Telefunken-Laboratorium.)

Um die Wirkung von horizontalen Antennen technisch günstig ausnützen zu können, zeigte es sich bei unseren ersten Versuchen mit horizontalen Antennen im August und September 1925[1]) als notwendig, die Strahlung der Antennen in den für die Ausstrahlung günstigsten Winkel zu konzentrieren.

Man versuchte zunächst, dieses Ziel durch die Kombination mehrerer horizontaler Antennen in einer horizontalen Ebene (die Antennen lagen in $\lambda/2$ Abstand nebeneinander) mit der entsprechenden Fläche von Reflektoren in $\lambda/4$ Abstand darunter zu erreichen. Zur Einstellung eines bestimmten Ausstrahlwinkels mußten die einzelnen Antennen in bestimmter Phasenverschiebung gegeneinander erregt werden. Die Einstellung der entsprechenden Phasen zwischen den Antennen machte keine Schwierigkeit, aber es fehlte der Phasen-Indikator, der angab, welche Phase nun tatsächlich in jeder Antenne vorhanden war.

Man war daher gezwungen, zum einfachen horizontalen Antennensystem zurückzukehren und die Strahlung an ihm durch einen parabolischen Reflektor zu konzentrieren. Der erste Parabel-Reflektor wurde aus Kupferblech gebaut für eine Welle von 11 m. Für diese Welle wurde beim Drehen des Reflektors ein günstigster Ausstrahlwinkel von 38°, ein zweiter etwas ungünstigerer Winkel bei 80° gefunden. Der Reflektor konnte nur bis zum Winkel etwa 35° gegen die Horizontale gesenkt werden. Es wurde daher ein feststehendes Reflektorsystem, das leicht auf 0°, 10°, 20°, 30° Ausstrahlung umgebaut werden konnte, zum Vergleich neben dem Drehreflektor aufgestellt. Der Vergleichs-Reflektor war ein Draht-Reflektor. (Versuche hatten inzwischen ergeben, daß das Blech durch Drähte ersetzt werden konnte, ja der Draht-Reflektor war dem Blech-Reflektor eher etwas überlegen.) Der feste Reflektor zeigte bei den Ausstrahlwinkeln 0°, 10°, 20° und der damaligen Versuchswelle von 11 m keine eindeutig feststellbaren Unterschiede gegenüber dem Metall-Reflektor bei 38°.

In weiteren Versuchen sollte nun der günstigste Ausstrahlwinkel auch bei den Betriebswellen, den Wellen über 15 m, bestimmt werden.

Versuche bei $\lambda = 20$ m.

Der bestehende Reflektor wurde für die längeren Wellen vergrößert. Zu den vorhandenen drei die Reflektorflächen tragenden parabolischen Holzbogen wurde auf jeder Seite in 5 m Abstand je ein weiterer Bogen zugefügt, sodaß in den Reflektor eine zwei Halbwellen lange gleichphasig schwingende Antenne für $\lambda = 20$ m eingebaut werden konnte. Die Antenne hing wieder in der Brennlinie des Reflektors (5 m vom Scheitel der Parabel entfernt — Öffnungsweite der Parabel 20 m). Die Parabelfläche wurde durch 9 Reflektordrähte (9·6 m lang) gebildet. In Vorversuchen war die günstigste Länge der Reflektordrähte, sowie die mit dem verwendeten Reflektorsystem erreichbare Konzentration der Strahlung bestimmt worden, und zwar mit einem dem horizontal liegenden drehbaren Reflektor entsprechenden senkrecht stehenden Parabel-Reflektorsystem, dessen Öffnungsweite 15 m bei einer Brennweite von ca. 3·75 m betrug. Die Versuche wurden mit einer Wellenlänge $\lambda = 15$ m ausgeführt. Die Sendeantenne war ein $\lambda/2$ langer, mit dem Mittelpunkt $\lambda/2$ über der Erde hängender vertikaler Dipol, erregt im unteren Spannungsbauch durch ein $\lambda/4$ langes Doppelleitungssystem (Abstand der Drähte 15 cm). Der eine Draht der Energiedoppelleitung endete in $\lambda/4$ über dem Boden, an den anderen Draht der Energieleitung war direkt die $\lambda/2$ lange Antenne angeschlossen. Bei der Untersuchung des Einflusses der Zahl und Abstimmung der Reflektordrähte zeigte es sich, daß fünf Reflektordrähte bei einer Parabel mit einer Öffnungsweite $= \lambda$ ausreichen und eine Erhöhung der Drahtzahl keine Verbesserung der Konzentration mit sich bringt. Bei Veränderung der Länge der Reflektordrähte erhielt man ein flachverlaufendes Maxi-

[1]) Siehe A. Meissner: Über Raumstrahlung, Jahrb. f. drahtl. Telegr. Bd. 30, S. 77; Telefunken-Zeitung, Oktober 1927. Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, S. 73; 1927, S. 97.

Digitized by Google

mum der Feldstärke vor dem Reflektor. Das Optimum liegt bei einer Eigenwelle der Reflektordrähte, angenähert 5 vH länger als die halbe Betriebswellenlänge. Abb. 1 zeigt das Strahlungs-Diagramm bei der günstigsten Abstimmung des Reflektors. Es ist in einer Entfernung von ca. 10

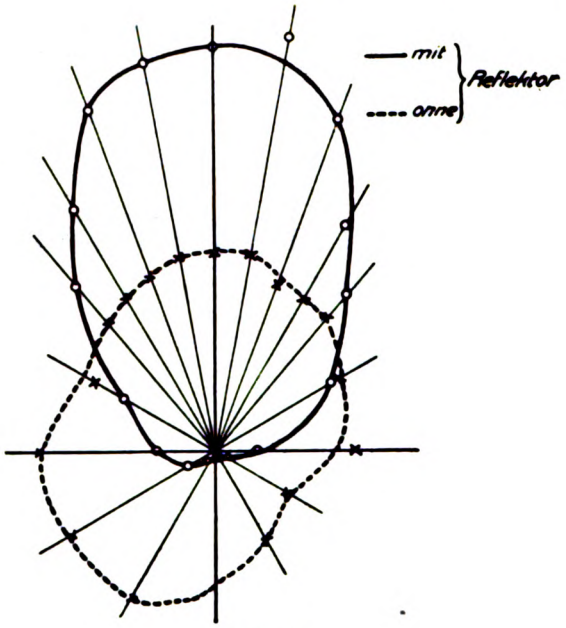


Abb. 1.

Wellenlängen mit Hilfe eines abgestimmten Audionempfängers aufgenommen. Die Werte in der Abbildung sind der Feldstärke proportional. Man erkennt, daß die Konzentration verhältnismäßig unscharf ist. Die Feldstärke ist vor dem Reflektor innerhalb eines Winkels von ungefähr 40° fast konstant. Im Maximum ist sie ungefähr doppelt so groß als die Feldstärke des vertikalen Dipols allein, die durch die gestrichelt eingetragene Kurve wiedergegeben ist. Die Unsymmetrie dieser Kurve dürfte durch in der Nähe stehende Antennensysteme verursacht sein.

tale in der Richtung Buenos-Aires über 90° bis 40° gegen die Horizontale in der anderen, nach der vom Empfänger abgewendeten Richtung gedreht werden. Der Bau und die Konstruktion des Systems lag wieder in den Händen des Herrn Joh. Pohl. Der Sender war ein selbsterregter, mit Wechselspannung (500 Per/s) gespeister Gegentaktröhrensender. Der Antenne wurde die Energie durch eine 30 m lange Doppelleitung (Drahtabstand 12 cm) zugeführt. Durch entsprechende Ankopplung der Energieleitung an die Antenne waren stehende Wellen auf der Energieleitung vermieden. Die Antennenleistung betrug ca. 2 kW. Empfangen wurde in Buenos-Aires von Herrn A. Ellerbrock. Gemessen wurde nach der Parallel-Ohm-Methode. Die Winkelversuche wurden an zwei Tagen (31. X. und 1. XI. 1927) zwischen 11 und 12 Uhr und 18 bis 21 Uhr durch kontinuierliches Drehen des Reflektors zwischen den genannten Winkeln innerhalb 6 Minuten ausgeführt. Insgesamt ergaben sich 38 Beobachtungswerte. Einige von diesen sind freilich durch Fadingschwankungen ziemlich gestört. Die Mittelwerte der Empfangsresultate entsprechen angenähert der Abb. 4. Die ausgezogene Kurve gilt für die Versuche am ersten Versuchstag, die strichlierte Kurve für den zweiten Versuchstag. Die Empfangsresultate an beiden Tagen zeigen, daß die günstigste Ausstrahlung des Drehreflektors bei seinem kleinsten Winkel, 40 bis 50°, liegt.

Um nun zu untersuchen, ob evtl. Ausstrahlwinkel kleiner als 40° noch günstiger waren, wurde wieder neben den Drehreflektor ein feststehendes Reflektorsystem aufgestellt, genau so gebaut wie das Drehsystem; es konnte leicht innerhalb einer Stunde auf jeden beliebigen Winkel zwischen 0 und 40° eingestellt werden. Der feste Reflektor wurde jeweils mit der günstigsten Stellung des Drehreflektors (40°) verglichen. Es zeigte sich zunächst, daß der feste Reflektor bei gleichem Ausstrahlwinkel dem beweglichen immer etwas überlegen war, etwa im Verhältnis 1·3 : 1.

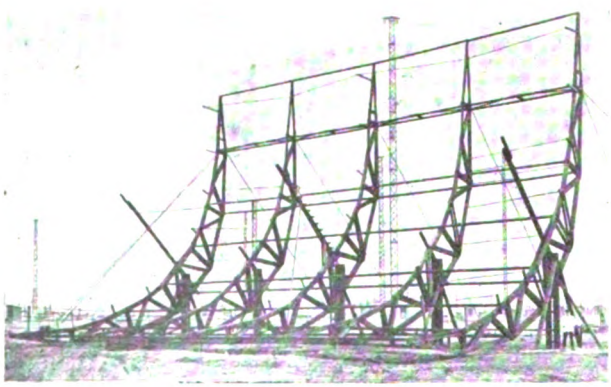


Abb. 2.

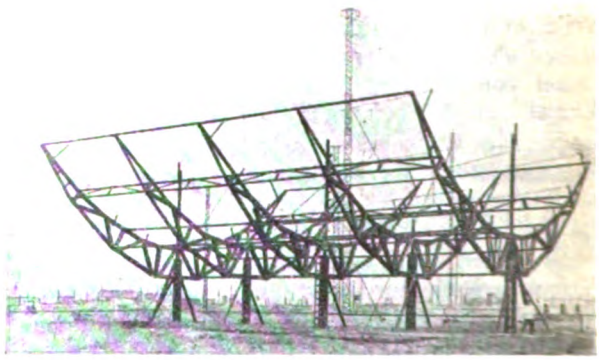


Abb. 3.

Abb. 2 zeigt den Drehreflektor in der Stellung: Ausstrahlwinkel = 40°, Abb. 3 in der Stellung: Ausstrahlwinkel = 90°. Der Reflektor konnte innerhalb von 6 Minuten von 40° gegen die Horizon-

Vielleicht lag es daran, daß beim Drehreflektor Verluste in den Holzteilen vorhanden waren, zum Teil lag es wohl daran, daß die Antenne des festen Reflektorsystems etwas höher (h = 11 m) lag als

Digitized by Google

die Antenne des Drehreflektors ($h = 8$ m). Die Tabelle zeigt die Vergleichswerte zwischen Drehreflektor und festem Reflektor bei verschiedener Winkeleinstellung des festen Reflektors:

Dreh-Reflektor	40°	1
Fester Reflektor	40°	1·3
	30°	1·5
	20°	2
	10°	2·5
	0°	5

Hiernach sind eindeutig die Ausstrahlwinkel zwi-

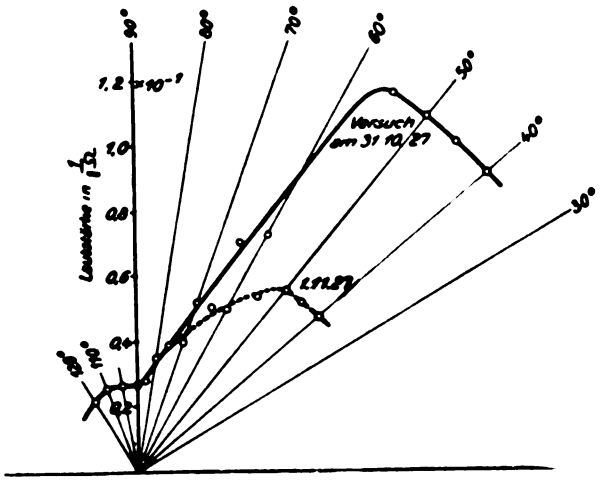


Abb. 4.

schen 0° und 20° dem Ausstrahlwinkel zwischen 40° und 50° des Drehreflektors überlegen. Daß der Winkel 0° gerade hier als so besonders günstig hervortritt, liegt vielleicht auch daran, daß durch den reflektierenden Einfluß der Erde die an sich sehr gestreute Strahlung des Reflektors (s. Abb. 1) stärker konzentriert wird, wie überhaupt beim Aussenden horizontal polarisierter Strahlung der Einfluß der Erde auf die Abbeugung des Strahles nach oben von sehr großer Bedeutung sein dürfte[2]).

Versuche bei $\lambda = 15$ m.

Die Empfangsresultate bei $\lambda = 15$ m mit Drehreflektor führten zu den gleichen Ergebnissen wie bei der Welle 20 m. Die Drehversuche wurden durchgeführt am 16. und 17. XII. 1927 in der Zeit zwischen 12 und 15 Uhr MEZ. Der Verlauf der Empfangswerte beim Drehen des Reflektors war ganz ähnlich denjenigen bei der Welle 20 m (Abb. 4). Das Empfangsmaximum lag bei 40°. Auch hier wurde wieder der Drehreflektor mit dem feststehenden Reflektor in den Stellungen 0°, 10° und 20° verglichen. Die Empfangswerte bei diesem Vergleich waren nicht so eindeutig wie bei der Welle 20 m, da an der Empfangsstelle die Methode der Lautstärkenmessung geändert und unzuverlässig geworden war. Aber so viel konnte man aus den Meßwerten ersehen, daß der Empfang bei horizontaler Ausstrahlung mindestens doppelt so gut war wie derjenige bei einem Ausstrahlwinkel von 40°. Bestätigt wurden diese Ergebnisse durch Versuche mit dem Betriebssender aga. $\lambda = 15$ m, wo durch die Veränderung des Ausstrahlwinkels von 40° auf 0° die Lautstärke auf das drei- bis vierfache zunahm. Ebenso sind diese Ergebnisse bestätigt worden durch Versuche bei dem Bau der neuen Telefunken-Antennen.

Die hier gewonnene Erkenntnis, daß die günstigste Ausstrahlung der horizontalen Antennen bei einer Strahlung angenähert parallel der Erdoberfläche die zweckmäßigste ist, zeigte, daß man auf den konstruktiven, immerhin nicht angenehmen Parabol-Reflektor verzichten konnte, da sich eine horizontale Strahlung leichter mit ebenen Antennen und Reflektoren erzielen läßt. Versuche mit derartigen Antennen wurden parallel zu den hier geschilderten vorgenommen. Hierüber wird an anderer Stelle berichtet werden.

Mit dem obigen, in Abb. 2 und 3 abgebildeten Drehreflektor in Kombination mit dem danebenstehenden, für horizontale Strahlung gebauten feststehenden Reflektorsystem wurde versucht, den günstigsten Einstrahlungswinkel zu bestimmen. An die Energieleitung der in der Parabel hängenden Antennen wurde ein moderner Kurzwellenempfänger (zweifach - Hochfrequenzverstärkung, zweifach - Niederfrequenzverstärkung, getrennter Überlagerer) gelegt. Der Versuch wurde von Herrn A. Gothe durchgeführt. Während des Empfanges wurde der Reflektor von 40° bis 120° gedreht. Es zeigte sich beim Drehen, daß der Empfang im Bereich von 40° bis zirka 60° konstant blieb. Von 60 bis 90° und 120° nahm die Lautstärke kontinuierlich ab. Der Empfang mit dem auf 0° eingestellten festen Reflektor war gerade feststellbarer etwas besser als der Reflektor bei 40°. (Die Antenne des festen Reflektors hing 11 m hoch, die Antenne des Drehreflektors 8 m.) Die Lautstärke für die Einstrahlwinkel 0 bis 40° zu der bei dem Winkel 90° verhält sich ungefähr so, wie 1 : 4. Hiernach ist anzunehmen, daß auch die ankommende horizontale Strahlung unter einem flachen Winkel auf das Antennensystem zur Wirkung kommt, das heißt man kann auch für den Empfang der horizontalen Komponente der Einstrahlung dieselben Antennenanordnungen verwenden, die für den Sender als zweckmäßigst gefunden wurden. Freilich hatte obiger Empfangsversuch nur bedingten Wert, da die Versuche nur an einigen Vormittagsstunden während einer Betriebspause der großen Sender in Nauen ausgeführt werden konnten (der Drehreflektor steht auf dem Gelände der Großstation Nauen).

[2]) Auf Grund von Versuchen mit in verschiedener Höhe hängenden einfachen vertikalen Dipolen hatte schon im Jahre 1926 T. L. Eckersley angenommen, daß für die vertikalen Antennen die horizontale Ausstrahlung am Sender die günstigste wäre. (S. a. Journal of Inst. El. Eng. 1927, Vol. 65, S. 601.)

Digitized by Google

Oszillographische Untersuchungen an Gleichrichtern.

Von Dr. Ing. Georg **Tenzer**, Budapest.

Übersicht: Im nachfolgenden wird an Hand von Oszillogrammen die Brauchbarkeit der Glühkathodenröhre als Gleichrichter zur Ladung von Akkumulatoren und für Netzanschlußgeräte gezeigt. Die Untersuchung erstreckte sich auch auf andere am dem Markt erschienene Gleichrichtersysteme. Die Oszillogramme zeigen deutlich die Brauchbarkeit der einzelnen Systeme, so daß sich theoretische Erörterungen erübrigten.

Hinsichtlich der Stromquellen stellte die Radiobewegung viele Probleme an die Industrie. Zuerst waren es die Trockenelemente, welche fast ausschließlich verwendet wurden, doch sah man bald ein, daß diese nur für kleinere Apparate brauchbar sind und selbst dort nicht befriedigten. Es kamen dann die Akkumulatoren, welche als

Abb. 1. Spannungskurve eines Pendelgleichrichters, Spannung am Akkumulator.

Heizbatterie gute Dienste leisten; als Anodenbatterie jedoch, wenn sie auch im Anfang als die einzig mögliche Lösung der Hochspannungsgleichstromquelle angesehen wurden, gehen sie in ein bis zwei Jahren zugrunde, weil ihnen bei den Amateuren nicht die Wartung zuteil wird, die eben diese kleinsten Batterien in erhöhtem Maße erfordern. Die Heizakkumulatoren sind dagegen schon viel dauerhafter, da diese für eine größere Kapazität gebaut werden, doch tritt hier das Problem der Ladung in den Vordergrund.

Das Laden außer Hause bringt mannigfache Unannehmlichkeiten mit sich, daher trachtet jeder die Akkumulatoren zu Hause zu laden, für welchen Zweck man, Wechselstromanschluß vorausgesetzt, Gleichrichter benötigt.

Die Industrie brachte eine Anzahl Gleichrichter auf den Markt, von welchen ich einige, die mir zur Verfügung standen, untersuchte und die Versuchsergebnisse dieser Apparate hier bekanntgebe.

Mechanische Gleichrichter.

In diese Kategorie gehören die Pendelgleichrichter, kleine Motordynamos und die Gleichrichter mit synchron rotierendem Stromwender.

Die Pendelgleichrichter[1]) waren im Anfang sehr verbreitet, manche Firmen empfehlen sie auch jetzt noch, obwohl sie viele Mängel aufweisen, wie: Entladen (eventuell Kurzschluß) der Batterie beim Ausbleiben der Netzspannung — das Geräusch ist auch nicht unbedeutend — und ein weiterer Nachteil, daß der Empfang in der Nähe eines arbeitenden Pendelgleichrichters fast unmöglich ist, ferner das Anbrennen der Kontakte. Abb. 1 und 1a zeigen die Strom- und Spannungskurve eines Pendelgleichrichters bei Akkumulatorenladung. Man sieht, daß von der Wechselstromwelle nur ein Bruchteil ausgenutzt wird, die Folge davon ist, daß für eine größere Stromentnahme die Montanwerte hoch ansteigen müssen um den gewünschten Mittelwert zu erreichen, was ein Feuern der Kontakte zur Folge hat.

Motordynamos sind nicht viel verläßlicher als die Pendelgleichrichter. Bei Ausbleiben der Netzspannung entladen sie die Batterie, da es sich nicht lohnt, für diese kleinsten Typen Selbstausschalter zu verwenden, auch verlieren

Abb. 1 *a*. Stromkurve eines Pendelgleichrichters während der Ladung eines Akkumulators.

sie leicht die Erregung, was denselben Nachteil hat, und schließlich ist der Wirkungsgrad ein minimaler.

Gleichrichter mit synchron rotierendem Stromwender[2]) zeigen dieselben Nachteile wie die Motordynamos, mit dem weiteren Mangel des kleinen Synchronmotors, bei Spannungsschwankungen leicht außer Tritt zu fallen. Abb. 2 zeigt die Spannungskurve eines solchen Gleichrichters, Permutator genannt. I ist die Wechselspannung, II die gleichgerichtete Spannung.

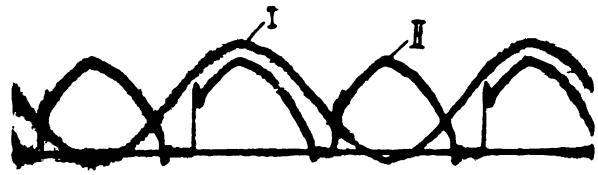


Abb. 2. Spannungskurve des „Permutators". I Netzspannung. II Gleichgerichtete Spannung.

Ruhende Gleichrichter.

Dieses Gebiet umfaßt die elektrolytischen, Glimmlicht-, Glühkathoden- und Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Über elektrolytische Gleichrichter[3]) ist wenig zu bemerken, ihre Nachteile sind wohlbekannt. Man kann die Abneigung denselben gegenüber leicht verstehen, wenn man bedenkt, daß man mit Flüssigkeit gefüllte Gleichrichter

[1]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 523; 1927, S. 678, 934.

[2]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 523; 1927, S. 934.

[3]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 918, 928.

Digitized by Google

an Stelle der mit Flüssigkeit gefüllten Batterien verwenden will. In den Aluminiumzellen lagert sich Schlamm ab, der Elektrolyt erwärmt sich und die Ventilwirkung hört dann auf. Die neuerdings auf den Markt gebrachten Tantalgleichrichter sollen von diesen Mängeln befreit sein.

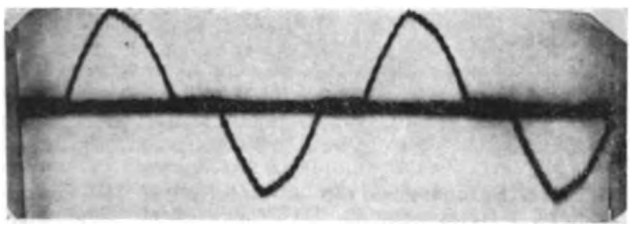


Abb. 3. Stromkurve einer normalen Neonlampe.

Bei den Glimmlichtgleichrichtern[4]) muß auf einen auch in der Literatur häufig vorkommenden Irrtum hingewiesen werden: Nicht jede Glimmröhre ist als Gleichrichter zu verwenden. Abb. 3 zeigt die Stromkurve einer normalen Glimmlampe mit glockenförmigen Elektroden. Planimetriert man die zwei Halbwellen ober und unter der Nullinie, so findet man, daß diese nur äußerst wenig verschieden sind, daher kann von einer Gleichrichtung kaum gesprochen werden.

Abb. 4. Stromkurve eines Glimmlichtgleichrichters.

Auch bei andern Glimmlichtgleichrichtern ist, wenn auch die Stromwelle unter der Nullinie wesentlich kleiner ist als oberhalb derselben (Abb. 4), die Gleichrichtung keinesfalls eine vollkommene. Der Wirkungsgrad erreicht wegen des hohen Kathodenfalles kaum 50 vH, und wegen der unvollkommenen Gleichrichtung gehen weitere 50 vH des Stromes bei Ladung von Akkumulatoren verloren, so daß der Gesamtwirkungsgrad 20 bis 25 vH beträgt. Man kann folglich sagen, daß diese Gleichrichterart für Anodenspannungsapparate nicht empfehlenswert ist.

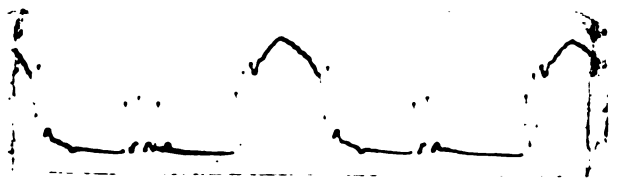


Abb. 5. Stromkurve des 366 Philips 6 A-Gleichrichters beim Arbeiten mit einer Anode.

Von den Glühkathodengleichrichtern[5]) wurden solche mit Oxydfaden und Gasfüllung und solche mit Hochvakuum untersucht. Diese Gleichrichter werden sowohl für hohe als auch für niedrige Spannungen gebaut, sie sind zur Zeit die vollkommensten Gleichrichter. Der Kathodenfall beträgt 10 bis 50 V je nach Bauart, die Gleichrichtung ist vollkommen.

Der 366 Philips 6 A-Gleichrichter arbeitet mit einer Vollweggleichrichterröhre und ist mit einem Umschalter versehen, welcher wahlweise

Abb. 6. Strom- und Spannungskurve des 366 Philips 6 A-Gleichrichters bei Vollweggleichrichtung. I Netzspannung, II Spannung am Akkumulator, III Ladestrom des Akkumulators.

gestattet, mit einer oder mit beiden Anoden zu arbeiten. Es heißt in der Beschreibung, daß der Gleichrichter, wenn er mit nur einer Anode arbeitet, die angeschaltete Batterie mit 3 A aufladet. Beim Arbeiten mit einer Anode ist der Mittelwert wohl die Hälfte jenes bei Vollweggleichrichtung, doch ist für die Batterieladung nicht der Mittelwert, sondern der Maximalwert maßgebend. Es ist also unrichtig zu sagen, daß der Gleichrichter mit einer Anode weniger Strom abgebe als mit zweien. Abb. 5 zeigt die Stromkurve beim Arbeiten mit einer Anode. Abb. 6 zeigt die Spannungen bei Akkumulatorenladung: I ist die Netzspannung, II ist die Spannung an der Batterie, III der Ladestrom. Ein zweiter Gleichrichter der Philipswerke, Nr. 1009, ist zur Ladung der Heiz- und Anodenbatterie bestimmt. Abb. 7 zeigt Spannung und

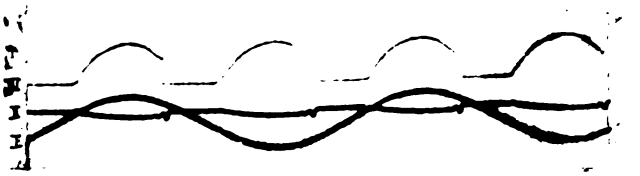


Abb. 7. Strom- und Spannungskurven des Philips-Gleichrichters 1009.

Abb. 8. Stromkurve bei Ladung einer Hochspannungsbatterie.

Strom bei der Ladung eines 4 V-Akkumulators; dieser Gleichrichter wäre in Verbindung mit einer Batterie auch als Netzheizgerät zu verwenden, da die Batteriespannung nicht viel von einer Geraden abweicht. Abb. 8 zeigt die Stromkurve bei Ladung einer Hochspannungsbatterie.

Die vorstehenden Ausführungen bezogen sich auf Ladeapparate. Es sollen nun die Verhältnisse

[4]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 815; 1927, S. 927.
[5]) Vgl. E. u. M. 1925, S. 524; Die Radiotechnik 1926, S. 111.

Digitized by Google

in einem Anodenspannungsapparat geklärt werden. Zur Untersuchung gelangte ein Apparat mit der in

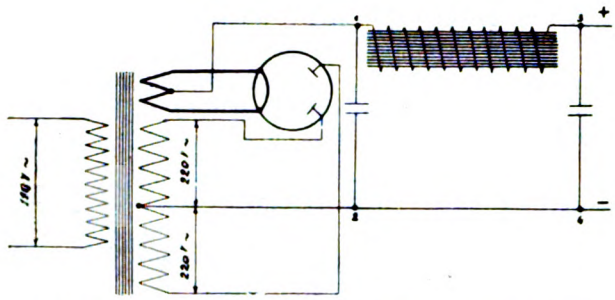


Abb. 9. Schaltung des Anodenspannungsappartes.

Abb. 9 angegebenen Schaltung. Abb. 10 zeigt die Spannungen an den Punkten 1—2, 1—3 bei Verwendung einer Philips Gleichrichterröhre Nr. 506 (Hochvakuum), die Nullinie fiel dabei außerhalb des Oszillogramms. Man sieht ganz deutlich die ausgleichende Wirkung der Kondensatoren, die Spannung wird selbst in dem Bereich, wo die Lampe bereits erlischt, nicht Null. Die

Abb. 10. In der Schaltung der Abb. 9 aufgenommene Spannungskurven. I Spannung 1—2. II Spannung 1—3.

Spannung an der Drossel ist noch viel flacher, und an den Punkten 3 bis 4 war überhaupt kein Fluktuieren mehr zu bemerken. Es soll hier bemerkt werden, daß der Oszillograph bereits eine gerade Linie zeigt, wenn im Empfangsapparat noch ein starkes Brummen zu hören ist. Diese Erscheinung ist leicht zu erklären: 2 bis 3 vH Wechselstrom verursacht schon ein starkes Geräusch, dagegen sind 2 vH in dem Ausschlag der Oszillographenschleife 0·3 bis 0·5 mm, daher äußerst klein. Abb. 11 zeigt die gleichgerichtete Spannung einer Rectron R 250 Gleichrichterröhre; in Abb. 12

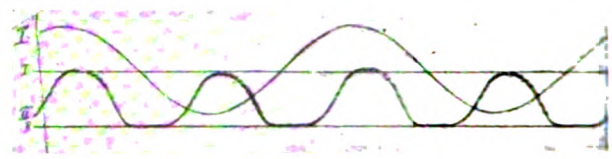


Abb. 11. Spannungskurven des Rectron R 250 Gleichrichters. I Netzspannung. II Gleichgerichtete Spannung.

ist wieder die ausgleichende Wirkung der Kondensatoren und der Drossel zu erkennen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß zur Akkumulatorenladung jeder Glühkathodengleichrichter zu verwenden ist, für Anodenspannungsapparate wären die Gleichrichter-

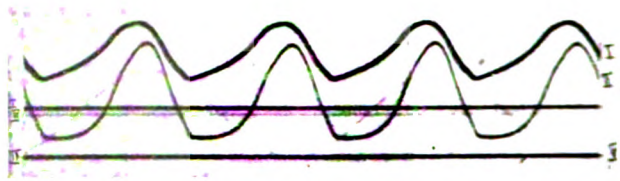


Abb. 12. Spannungskurven des Rectron R 250 Gleichrichters. I Spannung 1—3. II Spannung 1—2. III Spannung im Netz.

röhren mit Hochvakuum mehr geeignet als solche mit Gasfüllung, jedoch liefern erstere einen verhältnismäßig geringen Strom, so daß man für größere Empfangsapparate und Sender genötigt ist, gasgefüllte Gleichrichter zu verwenden.

Bildübertragung und Fernsehen.

Von Dr. R. **Hiecke**, Wien.

(Fortsetzung aus Heft 7, Seite 67.)

Gruppe b)

1. Dieckmann und Glage (D. R. P. 190102, 12. September 1916) steuern durch die bildzerlegende Bewegung, zum Beispiel des Kontaktarmes von Paiva oder Senlecq in zwei aufeinander senkrechten Koordinatenrichtungen zwei Spannungsgeneratoren, zum Beispiel zwei Potentiometerkontakte so, daß die davon abgenommenen Spannungen der x- bzw. y-Koordinate des augenblicklich überstrichenen Bildelementes proportional sind. Mit diesen Spannungen werden im Empfänger die beiden Ablenkungsspulen einer Braunschen Röhre gespeist, so daß deren Kathodenstrahl auf dem Fluoreszenzschirm eine der Bahn des Kontaktarmes im Sender ähnliche Bahn beschreibt. Synchronisationsmittel sind überflüssig; die Lichtmodulation könnte durch Modulation des Kathodenstrahles in der Braunschen Röhre erzielt werden.

2. B. Rosing (Engl. Pat. 27570, 13. Dezember 1907 u. a. m.) ersetzt den Kontaktarm unter *B, b,* 1 durch zwei umlaufende oder schwingende optische Systeme, die den beiden Koordinaten entsprechen und mechanisch mit passenden Synchronisationsgeneratoren verbunden sind, die am Empfangsorte die Ablenkung des Kathodenstrahles bewirken. Der Erfinder beschreibt ein System mit zwei Spiegeltrommeln, deren Achsen auf einander senkrecht stehen und die mit sehr verschiedener Geschwindigkeit umlaufen. An Stelle der Selenzelle wird eine Photozelle verwendet. Das Licht wird durch ein „elektrostatisches Diaphragma" in der Braunschen Röhre moduliert, das ist ein Paar Kondensatorplatten zu beiden Seiten des Kathodenstrahls, das zwischen zwei festen Blenden liegt. P. Villard (Les rayons cathodiques", Gauthier-Villars, Paris 1908) hat an Stelle dieser kaum wirksamen Anordnung ein Gitter im Crookes'schen Dunkelraum vor der Kathode vorgeschlagen.

3. Nicolson (Amerik. Pat. 1470696, 7. Dezember 1917 u. a. m.) unterteilt das Gesichtsfeld durch einen Spiegel mit zwei harmonischen Bewegungen, die senkrecht zu einander mit dem Phasenunterschied $\pi/2$ und linear veränderlicher Amplitude erfolgen. Der an zwei zu einander senkrechten Drähten befestigte Spiegel wird hiezu magnetisch abgelenkt; die ablenkenden Ströme werden durch zwei Röhrengeneratoren erzeugt. Durch die Bewegungsvorrichtung des Spiegels wird ein entsprechend mitbewegter Lichtstrahl konstanter Stärke in eine Photozelle mit zwei Anoden, einer scheibenförmigen Kaliumkathode und einer weiteren, in

Digitized by Google

der Mitte der Kathode angeordneten, jedoch von ihr isolierten und gegen sie negativ geladenen Elektrode geworfen, der in den beiden Anodenkreisen die zur Steuerung der Braunschen Röhre im Empfänger erforderlichen Ströme erzeugt. Diese sowohl, als auch der Bildstrom werden mittels Trägerwellen nach vorhergehender Verstärkung drahtlos übertragen und am Empfangsorte nochmals verstärkt. Die Lichtmodulation erfolgt nach Villard (siehe *B, b, 2*).

4. Valensi (Franz. Pat. 577762, 29. Dezember 1922 und 572716, 3. Januar 1923) verwendet nach dem ersten Patent die Beleuchtung mit beweglichem Lichtfleck nach Ekström (*B, a,* 13) und die Gittermodulation der Braunschen Röhre nach Nicolson (*B, b,* 3). Das Lichtbündel wird von zwei senkrecht zueinander beweglichen Oszillographenspiegeln, die von zwei Stromerzeugern mit geradliniger Stromkurve bewegt werden, nach dem System von Szczepanik (*B, a,* 8) und Belin (*B, a,* 10) gesteuert, wodurch die Beziehung zwischen Strom- und Bewegungsphase nicht ganz gesichert erscheint. Im zweiten Patent ist die Ekström-Beleuchtung aufgegeben. Das reelle Bild des Gegenstandes wird auf zwei mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander rotierende Scheiben geworfen, wovon die eine am Rande einen zusammenhängenden Zickzackspalt, die andere einen etwas exzentrischen Kreisspalt trägt. Die Kreuzungspunkte beider Spalte beschreiben mit gleichförmiger Geschwindigkeit Zickzacklinien. Die zwei Stromgeneratoren, welche Ströme von zickzackförmiger Wellenform erzeugen, sind mit dem Antriebsmotor der Scheiben gekuppelt. Außer dem Bildstrom ist also nur ein einziger Synchronisierungsstrom vorhanden, der vom Antriebsmotor erzeugt wird, und diesen bei einer Anordnung zur Bildübertragung nach beiden Richtungen mit dem entsprechenden Antriebsmotor in der zweiten Station synchronisiert. Die beiden mit dem Motor gekuppelten Generatoren steuern den Kathodenstrahl der Empfangseinrichtung an der eigenen Station. Allerdings verzichtet Valensi neuerdings auf die Braunschen Röhren und steuert den Bildstrahl des Empfängers auch durch die beiden Senderscheiben, nachdem er ihn in einer Kerrzelle moduliert hat.

5. A. Dauvillier (Franz. Pat. 592162, 29. November 1923 u. a. m.) bildet in seinem „Telephote" das System von Rosing (*B, b, 2*) aus. Darüber wird später eingehender berichtet werden.

6. E. Belin (Zusatzpat. 29259, 5. Jänner 1924, zum Franz. Pat. 571785) verwendet abgesehen von der Modulation des Kathodenstrahles die unter *B, b,* 5 beschriebene Einrichtung; die Modulation soll durch die Bewegung eines Schirmes mit abgestufter Durchlässigkeit für Kathodenstrahlen erfolgen.

7. R. S. Clay (Engl. Pat. 271131 und 273227, 9. Februar 1926) zerlegt mittels Lochscheiben nach Majorana oder Nipkow (*B, a,* 5). Die Ablenkung des Kathodenstrahles wird durch eigene Stromerzeuger bewirkt, die in den Ruhepausen durch Stromstöße auf der Bildstromleitung synchronisiert werden. Die Modulation des Kathodenstrahles geschieht durch doppelte Ablenkung im entgegengesetzten Sinne zu beiden Seiten einer Blende.

8. Dieckmann (P. Lertes „Fernbildtechnik und elektrisches Fernsehen", Bechhold, Frankfurt a. M., 1926) zerlegt mit doppelt harmonisch bewegten Spiegeln in der Anordnung nach Denes v. Mihaly (*B, a,* 18). Die Stromerzeuger für niedere und hohe Frequenz werden von einem gemeinsamen Motor angetrieben und speisen zugleich die Ablenkungsspulen der Braunschen Röhre im Empfänger. Moduliert wird nach Rosing (*B, b, 2*).

9. Belin und Holweck (Bull. Soc. franc. de Physique, 4. März 1927) beleuchtet nach Ekström (*B, a,* 13) und zerlegt mit zwei schwingenden Spiegeln mit Motorantrieb durch Kurbel und Pleuelstange. Derselbe Motor treibt zwei Sinusstromerzeuger an. Die Photozelle befindet sich im Brennpunkte eines Spiegels von 45 cm Öffnung. Die mechanische Bewegung der Zerlegungsspiegel hat den Vorteil einer leichten Phaseneinstellung, dürfte aber bei der hohen Frequenz Schwierigkeiten bieten. Der Kathodenstrahl wird durch den Strom der vorerwähnten Generatoren abgelenkt.

(Fortsetzung folgt.)

Rundschau.

Ein empfindliches Röhrenvoltmeter für Hochfrequenz. Manfred von Ardenne. Für die Durchführung von Hochfrequenzmessungen sind Instrumente notwendig, deren Kapazität 10 cm nicht wesentlich übersteigt und die gleichzeitig geeignet sind, Scheitelspannungen von etwa 0·05 bis 1 V hinreichend genau zu messen. Die Instrumente sollen hierbei soweit frequenzunabhängig sein, daß sie mit Niederfrequenz geeicht und mit dieser Eichung für Hochfrequenz verwendet werden können. M. v. Ardenne beschreibt ein Röhrenvoltmeter, das ohne eine Anodenstrom-Kompensation arbeiten kann und trotzdem die angedeuteten Forderungen, insbesondere hinsichtlich Empfindlichkeit, vorzüglich erfüllt. Die Schaltung des Röhrenvoltmeters zeigt Abb. 1. Die Gleichrichtung geschieht hier durch eine Stufe, wo im Anodenkreis einer Röhre mit kleinem Durchgriff (3 vH) ein Widerstand von einigen Millionen Ohm liegt, der durch einen Kondensator für die Frequenz des zu messenden Wechselstromes überbrückt ist. Diese Gleichrichterart, die vom Verfasser schon früher auch für den Bau von Röhrenvoltmetern vorgeschlagen wurde[1]), besitzt eine besonders große Empfindlichkeit[2]). Wie die Abb. 1 erkennen läßt, wird der Gleichrichtereffekt in dieser Stufe nicht unmittelbar gemessen, sondern die durch den Gleichrichtereffekt bewirkte Änderung der Anodengleichspannung wird dem Gitter einer zweiten Röhre zugeführt und hier erst durch einen im Anodenkreis liegenden Strommesser beobachtet. Die Empfindlichkeit des Röhrenvoltmeters ist durch die galvanisch angekoppelte zweite Röhre, besonders wenn diese Röhre eine große Steilheit besitzt, der Empfindlichkeit des aus einer Röhre bestehenden Voltmeters weit überlegen. Für Messungen von Wechselspannungen, die einer Gleichspannung überlagert sind, ist, wie auch aus Abb. 1 hervorgeht, in den Gitterkreis ein Kondensator gelegt. Die Gittergleichspannung, die zur Einstellung des gewünschten Arbeitspunktes notwendig ist, wird der ersten Röhre durch einen Widerstand von 5×10^6 Ohm erteilt, der bei den meisten Hochfrequenzmessungen und auch bei vielen Niederfrequenzmessungen keine wesentliche Belastung darstellt. Die Abmessungen von Kondensator

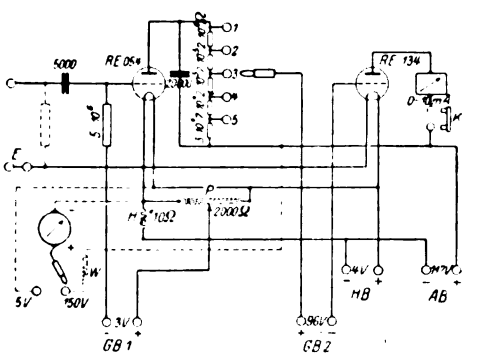


Abb. 1. Schaltung eines besonders empfindlichen Röhrenvoltmeters

[1]) M. v. Ardenne, Über Anodengleichrichtung, Jahrb. Drahtl. Telegr. Bd. 29, S. 87; vgl. „Die Radiotechnik" 1927, S. 99.

[2]) Vgl. M. v. Ardenne, Über Anodengleichrichtung II, Jahrb. Drahtl. Telegr. Bd. 31, S. 51.

Digitized by Google

und Widerstand im Gitterkreis und auch die Abmessungen des Überbrückungskondensators im Anodenkreis sind in Abb. 1 so angegeben, daß alle Wechselspannungen mit Frequenzen über 100 Hertz gemessen werden können, ohne daß die Eichung, die am besten mit einer Frequenz des mittleren Hörbereiches erfolgt, ungültig wird. Damit durch die galvanisch angekoppelte zweite Röhre nicht die Gleichstromverhältnisse der ersten Röhre geändert werden, muß ihr Gitter gegenüber ihrem Heizwiderstand immer eine negative Vorspannung aufweisen. Zu diesem Zwecke ist in den Gitterkreis der zweiten Röhre eine Batterie gelegt, deren Spannung gerade etwas größer ist als die im Arbeitspunkt an der ersten Röhre herrschende Anodenspannung.

Um die Kapazität des Röhrenvoltmeters möglichst niedrig zu halten, wurde bei dem verwendeten Ausführungsmodell die Gitterleitung in möglichst großer Entfernung von den anderen Leitungen verlegt. Vor dem Einbau in das Röhrenvoltmeter wurde die Kapazität des Gitters gegen Anode und Heizfaden bei der zur Gleichrichtung benutzten Röhre RE 054 zu 4·2 cm

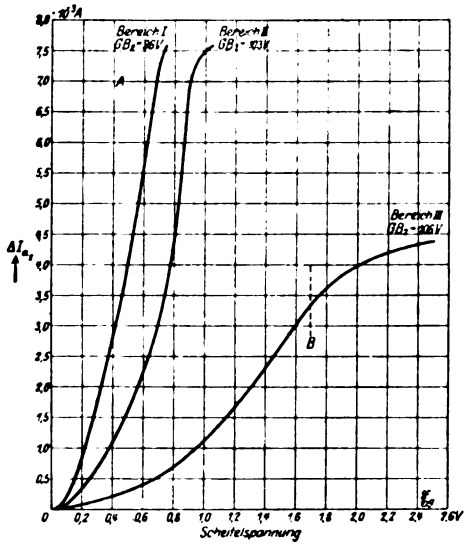


Abb. 2. Eichkurven des Röhrenvoltmeters.
(Heizspannung 3·5 V; Anodenspannung 3 V; Anodenstrom 10.10⁻³ A; Gittergleichspannung 3 V; Kapazität Gitter gegen Anode und Heizfaden 7·4 cm.)

gemessen. Durch die Gitterleitung und die Anschlußleitung des Gitterableitewiderstandes stieg die Kapazität auf 7·4 cm, das heißt auf einen Wert, der für die meisten Hochfrequenzmessungen schon ausreichend klein ist. Durch das Potentiometer *P* wird der Arbeitspunkt auf der Charakteristik der ersten Röhre so eingestellt, daß das im Anodenkreis der zweiten Röhre liegende Instrument, dessen Meßbereich 10 mA betrug, gerade seinen größten Ausschlag zeigte. Sobald das Röhrenvoltmeter an eine Wechselspannung gelegt wurde, stellte sich je nach der Größe der Wechselspannung ein mehr oder weniger kleinerer Stromwert im Anodenkreis der Röhre ein.

Die genauen Eichkurven des Röhrenvoltmeters sind aus Abb. 2 zu erkennen. Da in dem eingebauten Instrument noch Stromänderungen von 1/50 mA abgelesen werden konnten, war es möglich, mit dem beschriebenen Röhrenvoltmeter Wechselspannungen mit dem Scheitelwert 0·03 V zu messen. Hierbei zeigte sich, daß bei Verwendung der üblichen Anodentrockenbatterien eine vollkommen ausreichende Konstanz der Spannungen und Ströme vorhanden war. Eine große Annehmlichkeit bei dem Arbeiten mit diesem Instrument ist, daß bei zu großen Wechselspannungen der Ausschlag des Meßinstrumentes nur auf Null zurückgeht und daher eine Überlastung kaum möglich ist.

Durch Anwendung einer Kompensation des Anodenstromes der zweiten Röhre (bei *K* in Abb. 1) ist es möglich, noch Hochfrequenzwechselspannungen mit dem Scheitelwert 0·003 V und weniger zu messen. Allerdings setzt dann die zur Kompensation notwendige Konstanz der Ströme konstantere Stromquellen als Anodentrockenbatterien voraus.

(ETZ, Bd. 49, H. 15, 1928.)

Chronik.

Versuchsanstalt für Radiotechnik am Technologischen Gewerbe-Museum in Wien. Das Unterrichtsprogramm der Radiotechnischen Versuchsanstalt für 1928/29 umfaßt folgende Abendkurse:

1. Einführung in die Radiotechnik. Dieser Spezialkurs vermittelt die wichtigsten Kenntnisse über die Radiotechnik. Radiotechnische Vorkenntnisse der Kursteilnehmer sind nicht nötig. Der Kurs ist in das normale Programm der Speziallehrkurse des Technologischen Gewerbemuseums eingereiht. Die Vorträge beginnen am 3. Oktober und dauern bis 31 März. Sie finden jeden Mittwoch von 6 bis 8 Uhr abens statt. Das Unterrichtshonorar beträgt für die ganze Kursdauer S 17·50. Jedem Teilnehmer des Kurses, sofern er ein Zeugnis über das von ihm besuchte Unterrichtsfach zu erhalten wünscht, steht es frei, sich am Schlusse der Vorträge einer Prüfung zu unterziehen.

2. Radiotechnik für Sendeamateure. Grundbegriffe der Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik. Erzeugung der elektrischen Energie. Meßinstrumente. Die Elektronenröhre. Erzeugung elektrischer Schwingungen. Senderleistung der Röhren. Arbeitspunkt. Zieherscheinungen. Tastung. Modulation. Fremdsteuerung und Kristallsteuerung. Berechnung eines Senders. Kurzwellentechnik. Antennenformen. Besichtigung eines Senders. Diverse Fragen. — Vorkenntnisse der grundlegenden Begriffe der Elektrotechnik und Radiotechnik sind notwendig. Es ist daher der vorangegangene Besuch des I. Kurses „Einführung in die Radiotechnik" erwünscht. Kurszeit, Kursdauer und Unterrichtshonorar ist dem unter I erwähnten Kurse gleich. Er umfaßt ebenfalls eine Doppelstunde und findet, mit dem 1. Oktober beginnend, jeden Montag in der Zeit von 6 bis 8 Uhr abends statt.

3. Morsekurs. Dieser im Herbst abzuhaltende Kurs soll die Erlernung der für den drahtlosen Wechselverkehr nötigen Fertigkeiten erleichtern. Die Teilnehmer erhalten Anleitung zum richtigen Tasten und Gehörlesen, werden mit den üblichen Verkehrszeichen bekanntgemacht und haben Gelegenheit, das Erlernte praktisch zu üben. Von den Besuchern des Kurses sind nur die Kopfhörer für die Übungen beizustellen. Der Kurs dauert vom 1. Oktober bis 31. März und findet nur statt, wenn sich wenigstens 20 Hörer gemeldet haben. Das Unterrichtshonorar beträgt S 12·—.

4. Radiotechnik für Händler. Dieser Kurs soll in Kürze die wichtigsten, praktischen Grundbegriffe der Radiotechnik vermitteln und setzt keinerlei Vorkenntnisse voraus. Er umfaßt insgesamt 8 Doppelstunden, beginnt am 1. November und wird nur bei einer Mindestteilnehmerzahl von 15 Hörern abgehalten. Die Teilnehmergebühr beträgt S 10·—.

Literaturbericht.

3726 **Des Funkbastlers Ratgeber.** 65 bewährte Schaltungen für den Empfängerbau. 4. verbesserte und erweiterte Auflage. Klein VIII, 90 Seiten mit 65 Abbildungen. Verlag Lipsius & Fischer, Kiel 1928. Preis: M. 1·20.

Die kleine, von der Fa. Neufeld & Kuhnke in Kiel herausgegebene Schrift, bringt in knapper Form die Schaltskizzen von 65 verschiedenen Schaltungen. Die Schaltbilder sind mit kurzen stichwortartigen Erläuterungen und mit Angaben der einzelnen elektrischen Größen versehen, die im allgemeinen den besten Mittelwerten entsprechen. Die in der Schutzschaltung für Lautsprecher (Schaltbild 48) angegebenen Werte der Eisendrossel *D* und des Blockkondensators *C*, sind zu klein. Bei den Superheterodyn-Empfängern vermißt man die allgemein verbreitete Eingangsschaltung mit einer Doppelgitterröhre als Mischrohr. Im letzten Abschnitt werden auch die Netzanschlußgeräte berücksichtigt. Mittelmann.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet.

Heft 10 **14. Oktober 1928** **5. Jahrgang**

INHALT: A. van Sluiters und C. J. van Loon: Die neue Philips-Hochfrequenzröhre A 442 mit Schirmgitter. S. 89. — Dr. R. Hiecke: Bildübertragung und Fernsehen. (Fortsetzung.) S. 92. — RUNDSCHAU. S. 95.

Die neue Philips-Hochfrequenzröhre A 442 mit Schirmgitter.

Von A. van **Sluiters** und C. J. van **Loon**, Eindhoven (Niederlande).

Bei normalen Eingitterröhren variiert der Wert der Anoden-Gitterkapazität von 2 bis 6 cm. Für hohe Frequenzen, wie sie in der drahtlosen Telegraphie und Telephonie gebräuchlich sind, ist dieser Wert groß genug, um genügend Energie aus dem Anodenkreis in den Gitterkreis zurückfließen zu lassen und Schwingen zu verursachen. Es ist somit immer eine bestimmte Rückwirkung vorhanden, und zwar wird diese umso größer sein, je größer die Frequenz, der Verstärkungsfaktor, die Anoden-Gitterkapazität und der Scheinwiderstand des Gitter- und Anodenkreises sind.

Um eine solche Rückwirkung zu vermeiden, kann man zwischen Anode und Gitter einer Hochfrequenzröhre ein sogenanntes Schirmgitter anbringen. Dieses Gitter reduziert unter der Annahme, daß es keine Öffnungen hat und an konstantem Potential liegt, die Kapazität zwischen normalem Schutzgitter und Anode auf Null.

Wenn dieses Schirmgitter das Gitter und den Glühdraht umgibt, so hat überdies die Anode keinen Einfluß auf den Elektronenstrom. Wenn die Anode noch nicht angeschlossen ist und man das Schirmgitter an eine positive Spannung legt, so wird es denselben Einfluß auf den Elektronenstrom haben wie die Anode in einer normalen Eingitterröhre. Das Kennlinienbündel Schirmgitterstrom $i_g' = f(r_g)$, bei verschiedenen konstanten Schirmgitterspannungen r_g', wird also denselben Verlauf haben können wie das einer normalen Eingitterröhre, also wie $i_a = f(r_g)$ bei verschiedenen konstanten Anodenspannungen r_a. (i_a = Anodenstrom; r_g = Gitterspannung).

Legt man in der Hochfrequenz-Doppelgitterröhre die Anode an eine positive Spannung, so wird dies also keinen Einfluß haben auf den Elektronenstrom, der zwischen Glühdraht und Schirmgitter verläuft. Es ist daher $\frac{\partial i_a}{\partial r_a} = 0$ und die Röhre hat einen unendlich hohen inneren Widerstand.

Damit der Elektronenstrom vom Glühdraht zur Anode verläuft, ist es notwendig, Öffnungen im Schirmgitter anzubringen. Dadurch werden von der Anode ausgehende elektrostatische Kraftlinien doch das Gitter erreichen können, das heißt, die Anoden-Gitterkapazität ist nicht mehr Null. Man kann jedoch eine genügende Anzahl Öffnungen im Schirm anbringen, während doch die Kapazität zwischen Anode und Gitter praktisch Null bleibt.

Aus Abb. 1 und 2 ersieht man die Konstruktion der Philips-Hochfrequenz-Doppelgitterröhre A 442. Abb. 1 zeigt die Einzelteile. *C* ist der Glühdraht, den das normale Gitter *D* umgibt. *B* ist das Schirmgitter und *A* die Anode. In Abb. 2 ist die Aufstellung der Einzelteile zu sehen. Das Schirmgitter umhüllt gänzlich das Gitter und den Glühdraht, es besteht aus einer Art Boden, auf dem 4 Stützen angebracht sind. Um diese Stützen ist Draht gewickelt und dieser bildet den eigentlichen Schirm. Dank der besonderen (patentierten) Konstruktion und Aufstellung des Schirmgitters ist die Anoden-Gitterkapazität nur 0·01 cm. Unter anderem ist dies dadurch erreicht, daß der Spiegel des Glaskolbens mit dem Schirmgitter verbunden ist.

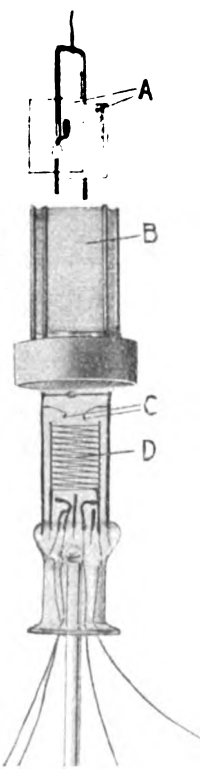


Abb. 1.

Wenn man bei dieser Röhre die Anode an eine höhere Spannung legt als das Schirmgitter, so werden die Elektronen durch das Schirmgitter gehen und der Elektronenstrom verläuft hauptsächlich zwischen Glühdraht und Anode. Das Schirmgitter wird einen kleinen Teil dieses Stromes führen. Abb. 3 zeigt den Anodenstromverlauf als Funktion der Gitterspannung bei verschiedenen Schirmgitterspanungen. In all diesen Fällen war die Anodenspannung konstant (150 V). Abb. 4 zeigt den dabei auftretenden Schirmgitterstrom i_g'. Hieraus geht hervor, daß der Schirmgitterstrom bei richtiger Wahl der Anodenspannung und Schirmgitterspannung klein ist in bezug

Digitized by Google

auf den Anodenstrom; der Elektronenstrom verläuft dann hauptsächlich zwischen Glühdraht und Anode. Aus Abb. 4 ist weiter ersichtlich, daß bei Schirmgitterspannungen von derselben Größenordnung wie die Anodenspannung der Schirmgitterstrom einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Elektronenstromes bildet. Dieses erklärt demnach, daß in Abb. 3 die Kurve für eine Schirmgitterspannung von 150 V eine kleinere Steilheit hat als für 120 V und die beiden Kurven sich kreuzen können. In Abb. 5 ist der Verlauf der Steilheit S angegeben als Funktion der Schirmgitterspan-

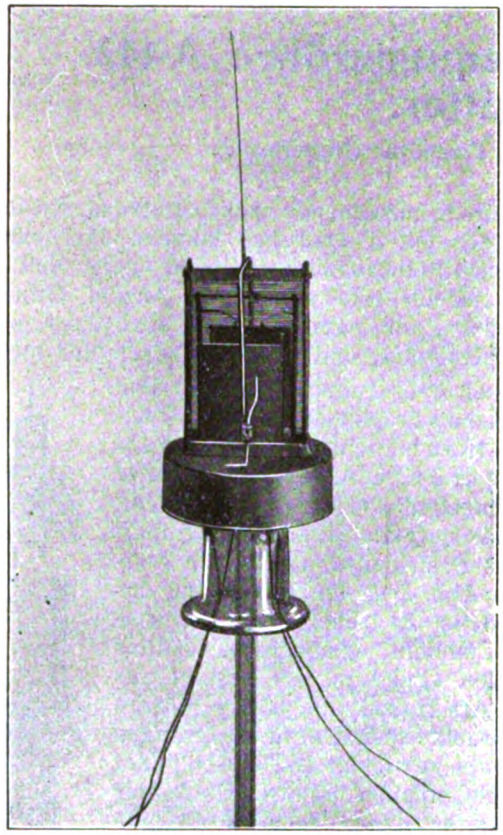


Abb. 2.

nung v_g' bei einer konstanten Anodenspannung $v_a = 150$ V.

Da sich im Schirmgitter Öffnungen befinden, ist der Einfluß der Anode auf den Anodenstrom nicht mehr null. Dieser Einfluß ist aber sehr gering, $\frac{\partial i_a}{\partial v_a}$ ist sehr klein, das heißt, der innere Widerstand der Röhre ist noch sehr hoch, und da der Verstärkungsfaktor $g = R_i \cdot S$, wo R_i der innere Widerstand, S die Steilheit der Röhre ist, so folgt hieraus, daß man einen sehr hohen Verstärkungsfaktor erreichen kann. In Abb. 6 ist derselbe aufgetragen als Funktion der Schirmgitterspannung v_g' bei einer konstanten Anodenspannung $v_a = 150$ V. Es zeigt sich hier, daß der Verstärkungsfaktor sehr groß ist bei kleinen Schirmgitterspannungen. Aus Abb. 5 folgt aber, daß eben bei diesen niedrigen Spannungen die Steilheit bedeutend kleiner wird, wodurch der innere Röhrenwiderstand sehr stark zunimmt. Da die Verstärkung

$$V = -\frac{g}{1+\frac{R_i}{R}},$$

so geht hervor, daß bei einem bestimmten Wellenwiderstand R des Abstimmungskreises die Verstärkung trotz des größeren Verstärkungsfaktors doch kleiner werden kann. Man muß also, was die Schirmgitterspannung betrifft, ein Kom-

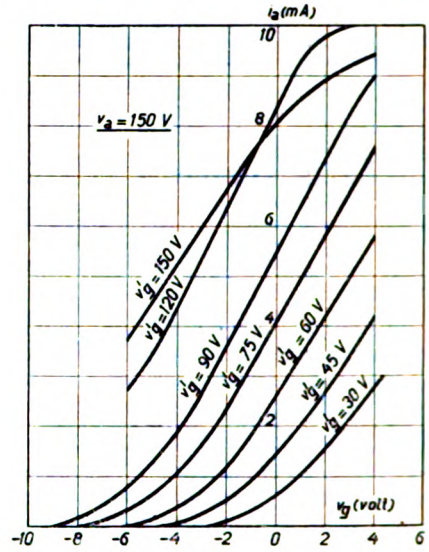


Abb. 3.

promiß schließen zwischen dieser und der Anodenspannung.

Wird bei einer Anodenspannung von 150 V die Schirmgitterspannung auf 70 V gebracht, welcher Wert, wie noch näher gezeigt wird, eine maximale Verstärkung ergibt, so folgt aus Abb. 6, daß der Verstärkungsfaktor 210 beträgt, während aus Abb. 3 hervorgeht, daß der Gitterspannungsbereich dabei ungefähr 8 V beträgt. Will man je-

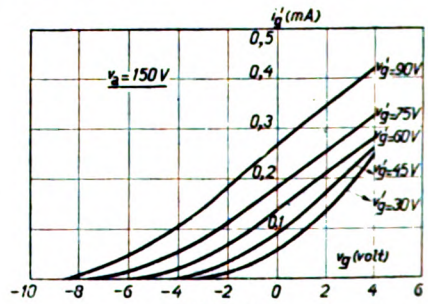


Abb. 4.

doch bei einer Eingitterröhre einen Verstärkungsfaktor von 210 erhalten und dabei den Gitterspannungsbereich auf 8 V bestimmen, so wäre dazu eine Anodenspannung von 1680 V nötig.

Die Philips-Hochfrequenzröhre A 442 mit Schirmgitter ist hauptsächlich für Hochfrequenzverstärkung mit abgestimmtem Anodenkreis konstruiert und unter Bezug auf diese Verwendung wurde die erreichbare Verstärkung an Hand von Kennlinien und Messungen bestimmt.

Für den abgestimmten Anodenkreis wurden Honigwabenspulen und ein Drehkondensator ge-

Digitized by Google

braucht. Der Drehkondensator hat einen Maximalwert von 550 $\mu\mu$F. Dieser gibt mit einer Honigwabenspule von 50 Windungen einen Wellenbereich von zirka 200 bis 600 m und mit einer Honigwabenspule von 200 Windungen, einen Wellenbereich von zirka 1000 bis 2000 m. Auf Grund der gemachten Messungen soll die Verstärkung für verschiedene Schirmgitterspannungen bei einer konstanten Anodenspannung von 150 V berechnet

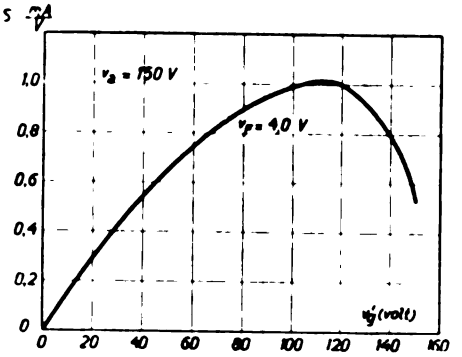


Abb. 5.

werden, und zwar für eine Wellenlänge von 400 m und von 1500 m.

Bei einer Wellenlänge von 400 m zeigte sich durch Messung, daß der Hochfrequenzwiderstand r der Honigwabenspule von 50 Windungen 17·5 Ohm betrug; die Selbstinduktion L dieser Spule $0{\cdot}204.10^{-3}$ H. Die Abstimmung dieser Spule auf 400 m geschah mit einer Kapazität C von 220 $\mu\mu$F.

Für die Honigwabenspule von 200 Windungen wurde bei einer Wellenlänge von 1500 m ein Hochfrequenzwiderstand von 30·7 Ohm gefunden,

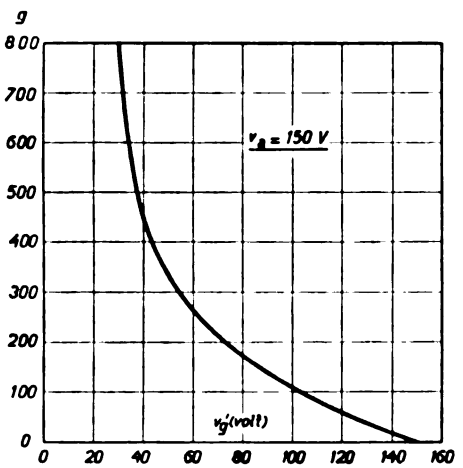


Abb. 6.

während die Selbstinduktion $2{\cdot}03 . 10^{-3}$ H betrug. Die Abstimmung geschah für eine Wellenlänge von 1500 m mit einer Kapazität von 311 $\mu\mu$F.

Der scheinbare Widerstand eines Abstimmkreises beträgt in abgestimmtem Zustand $R = \frac{L}{rC}$. Setzt man in diese Gleichung die oben angegebenen Werte ein, so erhält man für die Spule von 50 Windungen $R = 53250$ Ohm und für die Spule von 200 Windungen $R = 213000$ Ohm. Die erreichte Verstärkung ist:

$$V = \frac{g}{1 + \frac{R_i}{R}}.$$

Der innere Röhrenwiderstand R_i wurde aus $R_i = \frac{g}{S} . 10^3$ Ohm berechnet. S wurde aus Abb. 5 und g aus Abb. 6 bestimmt. Das Ergebnis der Rechnungen und Messungen ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

v_g'	S	g	R_i	λ = 400 m		λ = 1500 m	
				R	V	R	V
30	0·42	800	1 900 000	53 250	21·8	213 000	80·8
45	0·59	385	653 000	53 250	29·0	213 000	94·6
60	0·74	260	352 000	53 250	34·2	213 000	98·0
75	0·87	190	219 000	53 250	37·2	213 000	93·6
90	0·95	135	142 000	53 250	36·8	213 000	81·0
105	1·0	93	93 000	53 250	33·8	213 000	64·8
120	1·0	57	57 000	53 250	26·3	213 000	45·0

In Abb. 7 ist der Wert der Verstärkung V als Funktion der Schirmgitterspannung v_g' aufgetragen, und zwar für die beiden Wellen und bei einer konstanten Anodenspannung $v_a = 150$ V.

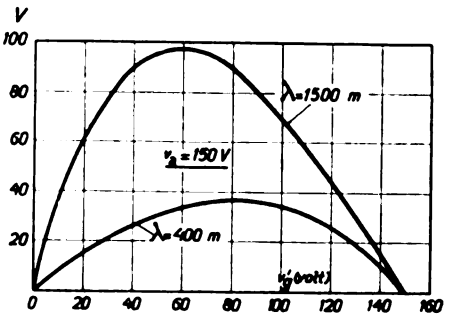


Abb. 7.

Es zeigt sich aus der Abbildung, daß das Maximum der Verstärkung nicht so genau eingehalten werden muß. Für die langen Wellen liegt es bei $v_g' \cong 60$ V und für die kurze Welle bei $v_g' \cong 80$ V. Bei einer Schirmgiterspannung von zirka 70 V kann man für beide Wellenbereiche eine gute Verstärkung erzielen, für die lange Welle bekommt man dann eine zirka hundertfache Verstärkung und für die kurze Welle eine zirka vierzigfache. Durch Anwendung von Dämpfungsreduktion können beide Werte bedeutend erhöht werden.

Der hohe innere Röhrenwiderstand übt einen sehr günstigen Einfluß auf die Selektivität aus. Wird dem Gitter eine Wechselspannung e_g zugeführt und ist z_p die Impedanz des abgestimmten Kreises und Z die Impedanz der in Serie geschalteten z_p und $\mathfrak{R}_i$, also $\mathfrak{Z} = \mathfrak{z}_p + \mathfrak{R}_i$, so ist die Spannung im Anodenkreis

$$e_a = e_g . g . \frac{z_p}{\mathfrak{Z}}.$$

Die Verstärkung beträgt also

$$V = \frac{e_a}{e_g} = g . \frac{z_p}{\mathfrak{Z}}.$$

Digitized by Google

Bei Resonanz ist $V_0 = g \frac{R}{R_i + R}$. Wird e_g konstant gehalten, aber die Frequenz von e_g mit der Abstimmung des Anodenkreises geändert, so wird das Verhältnis $k = \frac{V}{V_0}$ als Funktion der Wellenlänge ein Maßstab zur Beurteilung der Selektivität sein. In Abb. 8 ist k als Funktion der Wellenlänge aufgetragen, und zwar für die Schirmgitterröhre mit $v_g' = 70$ V ($R_i = 253000$ Ohm) nach Abb. 5 und 6 und für eine Eingitterhochfrequenzröhre mit einem inneren Widerstand $R_i = 20000$ Ohm.

Auch hinsichtlich der Selektivität ist also die Doppelgitterröhre in Schirmgitterschaltung ein bedeutender Fortschritt gegenüber der normalen Eingitterröhre für Hochfrequenzverstärkung, wie auch praktische Versuche beweisen. Durch die Verringerung des Heizstromes kann die Selektivität noch verbessert werden. Wenn zum Beispiel die Glühdrahttemperatur so weit verringert wird, daß die Steilheit $S = 0{\cdot}2$ mA/V beträgt, so wird doch der Verstärkungsfaktor sich nur wenig geändert haben; dann ist

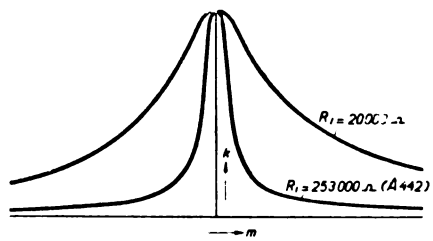


Abb. 8.

$$R_i = \frac{g}{S} \cdot 10^3 = \frac{210}{0{\cdot}2} \cdot 10^3 = \text{zirka } 10^6 \text{ Ohm.}$$

Der innere Widerstand hat also zugenommen und dadurch ist die Selektivität besser geworden. Die Verstärkung wird hiedurch zwar verringert, sie kann jedoch durch Anwendung von Dämpfungsreduktion wieder erhöht werden; so kann in sehr einfacher Weise sowohl die Verstärkung als die Selektivität reguliert werden.

Die Abschirmung im Apparat spielt beim praktischen Gebrauch der hier beschriebenen Röhre eine große Rolle. Der Vorteil einer sehr kleinen Anoden-Gitterkapazität und folglich einer stabilen Hochfrequenzverstärkung wird durch eine unsachgemäße Montage zunichte gemacht, was wieder Selbstschwingen zur Folge haben kann. Das Abschirmen der Anoden- und Gitterkreise gegeneinander kann bei einer Stufe Hochfrequenzverstärkung durch zweckmäßige Montage wohl vermieden werden, es wird aber notwendig bei mehrfacher Hochfrequenzverstärkung. Die gleiche Aufmerksamkeit muß den Verbindungen mit dem Schirmgitter gewidmet werden. Sind diese zu lang oder hat die Batterie, welche die Schirmgitterspannung liefert, einen zu großen inneren Widerstand, so wird die Schirmgitterspannung nicht konstant sein, was zur Folge hat, daß dadurch die Anoden-Gitterkapazität vergrößert wird. Es empfiehlt sich daher, zwischen Schirmgitter und Glühdraht eventuell einen Kondensator anzubringen, mit möglichst kurzen Verbindungen. Bei guter Montage, das heißt, wenn die Anoden- und die Gitterkreise elektrostatisch und elektromagnetisch gänzlich geschieden sind, wird das Schwingen beim Gebrauch dieser Röhre für die Umgebung durchaus nicht hinderlich sein und kann man eine äußerst stabile Hochfrequenzverstärkung erhalten.

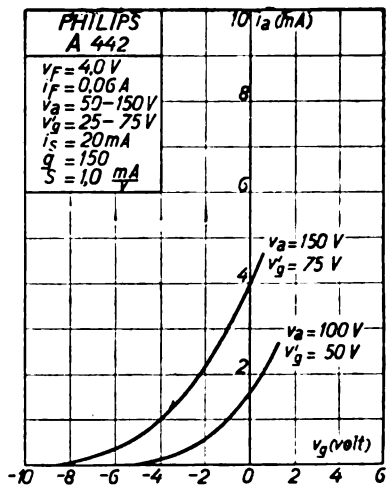


Abb. 9.

In Abb. 9 sind die Kennlinien der Philips-Schirmgitterröhre A 442 angegeben.

Eine große Verstärkung, eine Selektivitätserhöhung und Stabilität sind also die kennzeichnenden Eigenschaften der neuen Hochfrequenzröhre mit Schirmgitter.

Bildübertragung und Fernsehen.

Von Dr. R. **Hiecke**, Wien.

(Fortsetzung aus Heft 9, Seite 86.)

Gruppe c)

1. Campbell-Swinton (Nature vom 18. Juni 1908) benützt sowohl im Sender als auch im Empfänger doppelt harmonisch abgelenkte Kathodenstrahlbündel, wobei die Ablenkung durch die Ströme eines einzigen Paares von Generatoren verschiedener Frequenz erfolgt. Es handelt sich im Grunde um die Methode von Piltsa (*B, a, 2*), wobei die Kontaktarme durch Kathodenstrahlen ersetzt wurden. An der Sendestelle wird das Bild auf einen Schirm aus isolierenden Bienenwaben mit Kaliumfüllung im Vakuum geworfen. Im Ruhezustande würden sich diese Mikrophotozellen durch die Elektronenemission gegen ein vorgelagertes Gitter positiv aufladen; sobald jedoch der Kathodenstrahl eine solche Zelle träfe, würde sie durch die aufgenommene negative Ladung Kathode und ein der Belichtung proportionaler Photostrom träte auf. Eine andere Idee des Erfinders, die Photozellen durch einen kontinuierlichen Selenschirm zu ersetzen, auf den das Bild projiziert wird, während er auf derselben Seite vom Kathodenstrahl bestrichen wird, scheint sich mit unseren heutigen Verstärkern eher zu verwirklichen.

Digitized by Google

doch dürfte die Widerstandsänderung des belichteten Selens gegenüber dem hohen Widerstande des Kathodenstrahles kaum wirksam sein. Die Rosing (*B, b, 2*) nachgeahmte Modulation des Kathodenstrahles im Empfänger leidet an dem dort gerügten Mangel. Die angeführten Vorschläge wurden noch nicht realisiert.

2. E. G. Schoultz (Franz. Pat. 539613, 23. August 1921) projiziert das Bild auf einen lichtempfindlichen Schirm im Vakuum, der aus Kalium oder Selen besteht und vor dem ein spiraliges Gitter angebracht ist; die Elektroden sind nach Art des Dynatrons verbunden, um allein die durch die Lichtwirkung verstärkte sekundäre Elektronenemission auszunützen. Der abtastende Kathodenfleck bewegt sich infolge seiner Ablenkung durch ein veränderliches Drehfeld in einer Spirale. Das magnetische Drehfeld entsteht durch die Interferenz zweier Drehfelder von etwas verschiedener Frequenz und zeigt infolge der entstehenden Schwebungen Zunahme und Abnahme.

3. Westinghouse Electric und Manufacturing Co. (Engl. Pat. 225553, 28. November 1923) verwendet zur Übertragung von Photographien ein Verfahren, das jenem von Swinton (*B, b, 1*) entspricht, doch soll der auf einem fluoreszierenden Schirme hinter der zur Übertragung bestimmten Filmphotographie durch den Kathodenstrahl erzeugte Lichtfleck zugleich als punktförmige Lichtquelle nach Ekström (*B, a, 13*) dienen.

4. Zworykin (Engl. Pat. 225057, 13. Juli 1925) hat für dieselbe Gesellschaft eine Anordnung nach Swinton (*B, c, 1*) zum farbigen Fernsehen mit dreifarbigen Mosaikfiltern vor den wirksamen Schirmen im

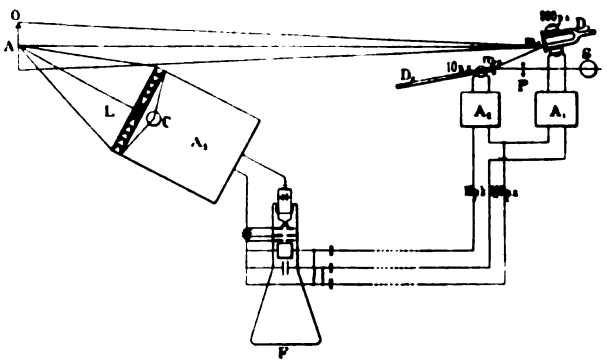


Abb. 1.

Sender und Empfänger angegeben. Der Fluoreszenzschirm im Empfänger ist für weißes Fluoreszenzlicht eingerichtet.

5. Blake, Spooner und Brüder Séguin (Franz. Pat. 577530, 8. Februar 1924 und Engl. Pat. 234882, 28. Februar 1924) wenden dasselbe System mit Kalium- oder Selenschirm an.

Sehr bemerkenswert sind die eigenen Arbeiten von A. Dauvillier über das Fernsehen. Seine Versuche, denen er praktische Bedeutung nicht nur als Ergänzung des Telephongespräches, sondern auch zur Erforschung der Meerestiefen oder zur Entscheidung metapsychischer Fragen (mittels infraroter oder ultravioletter Strahlen) zuschreibt, reichen auf das Jahr 1908 zurück; er bediente sich damals der Nipkowschen Scheiben mit je zehn Löchern (100 Elemente) und der Becquerelzelle mit Silbersubchlorid. Diese erwies sich aber als zu unempfindlich und träge, um den als Empfangslichtquelle dienenden singenden Lichtbogen zu beeinflussen. Erst im Jahre 1923 wurde er durch die Versuche von Campbell-Swinton zur Konstruktion des „Telephot" angeregt. Die zahlreichen praktischen Schwierigkeiten der anfänglich einfach erscheinenden Lösung konnten allerdings nur nach und nach überwunden werden. Abb. 1 stellt den Apparat dar. Die Bildzerlegung findet nach dem System Rignoux[7]) durch die beiden auf den Stimmgabeln D_1 mit 800 Per/s und D_2 mit 10 Per/s befestigten, in zueinander senkrechten Richtungen schwingenden Spiegel m_1 und m_2 statt; die Lichtquelle befindet sich in *S* und wird mit Hilfe einer Projektionslinse in *P* nach der Methode von Ekström[8]) als kleiner wandernder Lichtfleck auf das Objekt *AO* abgebildet. Das vom Objekt zerstreute Licht wird von einem großen Stufenkondensator *L* aufgenommen und auf die Photozelle *C* konzentriert. Diese steht mit einem Verstärker A_3 in Verbindung und moduliert den Elektronenstrahl des als Empfänger dienenden Kathodenoszillographen *F*. Die Steuerung des Elektronenstrahles in zwei aufeinander senkrechten Richtungen erfolgt durch Sinusspannungen von 800 bzw. 10 Per/s, die von den Röhrenverstärkern A_1 und A_2, welche zugleich dem kontaktlosen elektrischen Antrieb der Stimmgabeln dienen, auf die beiden Ablenkungskondensatoren des Kathodenoszillographen übertragen werden.

Bei der Aufnahme von Freilichtszenen größerer Ausdehnung wird die Methode von Ekström verlassen; man hat sich dann in *P* eine enge Lochblende; in *S* die Photozelle mit ihrem Verstärker und an Stelle des bisherigen Gegenstandes in *A* ein großes photographisches Fliegerobjektiv von 12 cm Öffnung und 120 cm Brennweite zu denken.

Die Stimmgabel für 800 Per/s von der Cambridge Instrument Co. erreichte leicht Amplituden bis zu 1 mm, jene für 10 Per/s von Lepaute solche bis zu 10 mm. Die beiden von Jobin gelieferten Bronzespiegel m_1 und m_2 hatten je 3 cm Durchmesser; ihr Reflexionsvermögen für Licht von 4600 Å. dem Optimum der Photozelle, betrug 60 vH. Sie waren am Ende der Zinken senkrecht zu deren Achse befestigt; die Zinken ohne Spiegel wurden durch Gegengewichte ausbalanziert. Der Antrieb der Stimmgabeln erfolgte nach dem System W. H. Eccles[9]) oder H. Abraham und E. Bloch[10]) durch Elektronenröhren. Der Antriebselektromagnet lag im Anodenkreise einer Elektronenröhre und die ihm gegenüber angeordnete Induktionsspule im Gitterkreise derselben Röhre; beide Spulen waren mit Eisenkernen versehen, von der letzteren wurden auch die Sinusspannungen zur Steuerung des Kathodenstrahls im Empfänger geliefert. Die in ihr induzierte Spannung war von der Größenordnung 10 V, ihre Phase wurde durch eine parallel geschaltete Kapazität eingestellt. Für die Stimmgabel mit 800 Per/s genügte eine einzige Röhre R 41 der Société de Radiotechnique mit $R_i = 10000\,\Omega$ zum freiwilligen Entstehen von Schwingungen passender Amplitude.

Bei der zehnperiodigen Stimmgabel war ein fünfstufiger Widerstandsverstärker erforderlich; im Gitterkreise der ersten Röhre lag die Induktionsspule mit einer Parallelkapazität von $6 \cdot 10^{-3}\,\mu$F; der Strom für die Antriebsspule wurde dem Anodenkreis der dritten köhre entnommen. Die Eisenkerne dieser Spulen besaßen zur Erzielung der günstigsten Ausgangsmagnetisierung eine von der Anodenbatterie gespeiste Gleichstromwicklung. Im Anodenkreise der vierten Röhre lag zur Ausscheidung aller unerwünschten Frequenzen statt des Widerstandes ein auf 10 Per/s abgestimmter Sperrkreis und vom Anodenwiderstande der fünften Röhre wurde die Steuerspannung für den Kathodenstrahl des Empfängers abgenommen. Der Sperrkreis bestand aus einer Spule von 15000 Windungen auf einem geschlossenen unterteilten Eisenkern und einem Kondensator von etwa 40 μF.

Für die Photozelle hätte sich das Selen wegen seiner hohen Lichtempfindlichkeit (0·001 Mikrolumen) am besten geeignet, wenn nicht die Herstellung guter Zellen für die praktische Anwendung zu unsicher wäre. Es wurde daher die in Abb. 2 dargestellte Kaliumhydrürzelle mit Argonfüllung gewählt. Eine Zelle mit Cäsium im Hochvakuum hätte zwar wegen des spek-

[7]) Franz. Pat. 382535 vom 1. Dezember 1902, vgl. auch S. 92 d. H. *B a*, 12.

[8]) Schwed. Pat. 32220 vom 24. Jänner 1910; vgl. auch oben *B a*, 13.

[9]) Electrician, 83, S. 299 (1919), vgl. Rev. gén. d'Electr. 7, 24 (1920).

[10]) C. R. 168, S. 1197 (1919), vgl. Rev. gén. d'Electr. 6, S. 46 (1919).

Digitized by Google

tralen Optimums im Grün (5400 Å) Vorteile gegenüber dem Optimum der Kaliumzelle im Blau (4600 Å) geboten; letztere wurde aber wegen der 30-mal größeren Empfindlichkeit von 10^{-6} A/Lux vorgezogen. Das Hydrür ist drei- bis viermal so empfindlich wie das reine Metall und die Argonfüllung erhöht die Empfindlichkeit weiter auf das 10- bis 15-fache. Die Zelle ist als schwarzer Körper ausgebildet, das heißt bis auf ein kleines kreisrundes Fenster ganz mit Kaliumhydrür ausgekleidet. Das Einführungsrohr des Anodendrahtes ist durch einen beiderseits eingeschmolzenen Platinschutzring unterbrochen. Die Außenwand der Zelle ist bis auf das Fenster mattiert und nach dem Schoop-

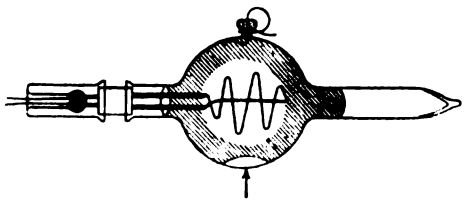


Abb. 2.

schen Verfahren mit einem Metallbelag versehen, der auch mit dem Schutzring in Verbindung steht. Der Anodendraht bildet eine Schleife, deren beide Enden herausgeführt sind, um die Entgasung durch elektrisches Erhitzen zu ermöglichen. Der durch die Belichtung der Photozelle entstehende Strom i ist von der Größenordnung 10^{-12} bis 10^{-9} A, muß also beträchtlich verstärkt werden. Seine Modulationsfrequenz ist 30 000 Per/s. Damit die Gitterspannung der ersten Röhre beim Ableitungswiderstande r

$$e = i.r(1 - \varepsilon^{-t/Cr})$$

genügend rasch den Stromänderungen folgt, muß wenigstens $t/Cr = 1$, also bei einer Gitterkapazität $C = 10\,\text{cm} = 10^{-11}\,\text{F}$ und unter der Annahme $t = 10^{-5}\,\text{s}$ höchstens $r = 10^{6}\,\Omega$ sein. Durch diesen niedrigen Ableitungswiderstand wird die Spannung am ersten Gitter und hiedurch auch die weitere Verstärkung stark beeinträchtigt. Der Wert der wirksamen Gitterkapazität ist für gewöhnliche Röhren zu niedrig angenommen. Er trifft nur für Röhren zu, bei denen jede Kapazitätswirkung zwischen Anode und Gitter durch ein zwischen beiden liegendes, durch eine besondere Batterie auf einem ganz konstanten Potential (zum Beispiel 60 V bei 90 V Anodenspannung) erhaltenes Schutz-

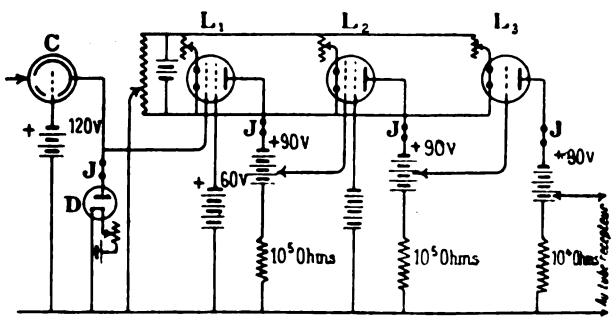


Abb. 3.

gitter verhindert wird. Solche Röhren wurden von der Société de Radiotechnique eigens angefertigt. Sie wurden außen mattiert und nach Schoop metallisiert. Mit solchen Röhren ließ sich eine 35-mal höhere Verstärkung als mit gewöhnlichen Röhren erreichen. Als Ableitungswiderstand wurde eine Röhre R 24 in Gleichrichterschaltung, das heißt mit leitender Verbindung von Anode und Gitter verwendet. Wegen der konstanten Grundbeleuchtung des Bildes mußte ein Gleichstromverstärker nach Abb. 3 mit drei Stufen verwendet werden. Die ersten beiden Röhren waren solche mit Schutzgitter, die letzte eine R 56 mit geringem inneren Widerstande. Der Verstärker besitzt ungeachtet der Verwendung von Edison-Akkumulatoren für die Batterien leider nicht die für die praktische Anwendung erforderliche Konstanz. Der Verfasser schlägt daher intermittierende, einen Wechselstromverstärker zulassende Beleuchtung des Gegenstandes vor, ohne hierüber Versuche gemacht zu haben.

Im Kathodenoszillographen des Empfängers (Abb. 4) sind Modulations- und Beschleunigungsfeld voneinander getrennt und außerdem das Beschleunigungsfeld in zwei Stufen von einigen Zehnern und einigen Hunderten von Volt zerlegt. Die Zahlen der Abbildung bedeuten: 1 äußeres Gefäß aus starkem Pyrexglas; 2 eben geschliffenen mit Pizein gedichteten Rand; 3 auf der Innenseite feinmattierte Spiegelplatte aus Pyrexglas; 4 zarte fluoreszierende Willemitschicht, hergestellt durch einfaches Eintrocknen einer wässerigen Aufschlämmung; 5 mit Pizein gedichteter Schliff; 6 Lampenfuß mit sieben Zuleitungen für den Glühfaden 7 aus verkupfertem und oxydiertem Nickel-Eisendraht mit einer dünnen Schichte Erdalkalioxyd nach dem Franz. Pat. von Philips (Nr. 583860 vom 19. Juli 1924) durch Glühen der aus ihrer Lösung aufgetrockneten Stickstoffmetalle gebildet; ferner die Blenden 8, 9 und 10 und schließlich die Ablenkungsplatten 11 und 12. Der Glühfaden 7 wird auf dunkler Rotglut erhalten; die Blenden 8 und 9 und die eigentliche Anode 10 haben zentrale Öffnungen von abnehmendem Durchmesser; die Öffnung von 10 ist ein enges Röhrchen, die „Elektronenkanone". 8 liefert das Modulationsfeld, 9 und 10 die beiden Beschleunigungsfelder. 13 ist der Träger der Glühfadenzuleitungen. Die Teile 8 bis 12 sitzen auf einem besonderen Rohre 15, das mittels des ungedichteten Schliffes 14 auf das Ende des Lampenfußes aufgesetzt und durch die Sicherungsfedern 16 gehalten wird. 17 ist ein Ansatz des Pyrexgefäßes, der Kalzium enthält, das — erhitzt — alle Gase außer den Edelgasen absorbiert. Die Röhre wird nach dem Auspumpen mit einer Spur Xenon unter weniger als einer Barye gefüllt und durch das Kalzium von allen anderen Gasen befreit. Die Kontraktion des Lichtfleckes auf die Minimalgröße von 1 mm² erfolgt durch das elektrische Feld des ionisierten Xenons. Es scheint sich jedoch eine Verbindung dieser Methode mit der magnetischen Kontraktion zu empfehlen. Letztere für sich allein angewendet ist mit einer gewissen Bildverzerrung wegen der Ungleichmäßigkeit des Feldes und mit einer Verringerung der Ablenkung verbunden, erstere dagegen mit einer Verbreiterung des Lichtfleckes durch die Modulation; beiderlei Fehler könnten bei einer gemischten Methode in engeren Grenzen gehalten werden. Das Bild auf dem Willemitschirme kann sowohl in der Draufsicht als auch in der Durchsicht beobachtet werden.

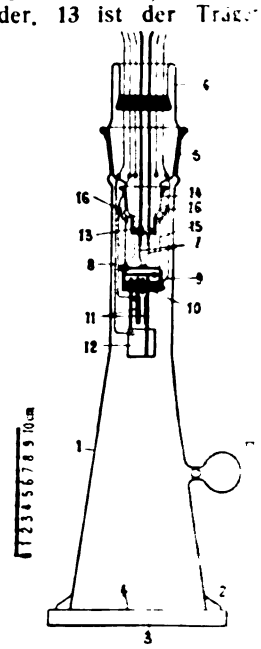


Abb. 4.

Die Anordnung der Apparate mit dem Fliegerobjektiv lieferte im Jahre 1925 das Bild eines mit einer Flächenhelle von etwa 100 Kerzen/cm² leuchtenden Lichtpunktes, das ist einer kleinen Glühlampe; im nächsten Jahre das Bild einer Quecksilberdampflampe; es war aber noch nicht möglich Gegenstände von der Flächenhelle 1 Kerze/cm² abzubilden. Die Apparatanordnung nach Abb. 1 mit dem wandernden Lichtfleck nach Ekström lieferte, nachdem das Problem der photoelektrischen Empfindlichkeit gelöst war, die scharfe und helle Abbildung des menschlichen Gesichtes. Leider erwies sich der Gasdruck in der Empfängerröhre als noch zu wenig stabil für die praktische Anwendung, so daß sich die Herstellung verschmolzener, nicht zerlegbarer Röhren empfehlen dürfte.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Rundschau.

Der Fernsprechkreis New-York — London[1]) gibt S. B. Wright und H. C. Silent Gelegenheit zu einer Darstellung der Vorkehrungen für einen möglichst gleichmäßigen und störungsfreien Fernsprechverkehr über die genannte Strecke, der in beiden Richtungen auf Wellen gleicher Länge abgewickelt wird. Die Übertragungszeit von einem Ende des Stromkreises zu dem anderen beträgt ungefähr $^1/_{15}$ sec, wovon aber nur etwa ein Viertel auf den Weg durch den Raum kommt, obwohl dessen Länge ungefähr 85 vH der gesamten zu überbrückenden Entfernung beträgt. Da je nach der Lautstärke, mit welcher die verschiedenen Fernsprechteilnehmer in ihre Apparate sprechen und je nach den Stromverlusten auf den Verbindungsleitungen zur Funkstelle die Stärke der dort einlangenden Sprechströme wechselt, unter Umständen in Verhältnissen bis zu 1 : 1000, müssen die Verstärker auf den für die Übertragung durch den Raum günstigsten Grad der Verstärkung eingestellt werden. Ebenso müssen die durch den Raum einlangenden Sprechwellen durch die vorhandenen Verstärker den günstigsten Verhältnissen für den Empfang durch den Teilnehmer angepaßt werden. Hiebei kann die gesamte Energieverstärkung in einer der beiden Richtungen auf etwa das 10^{40} fache geschätzt werden.

Die hauptsächlich zu überwindenden Schwierigkeiten können auf folgende Ursachen zurückgeführt werden: 1. Auf die im Raum auftretenden, sowohl nach der Zeit als nach der Stärke ganz unregelmäßig schwankenden Energieverluste; 2. auf die bei der Übertragung durch den Raum in die Sprechwellen von außen hineingetragenen, gleichfalls nach Zeit und Stärke verschiedenen Störwellen; 3. auf die in Erscheinung tretenden Echowirkungen, die teilweise auf die Verwendung der gleichen Wellenlänge in beiden Richtungen, teilweise auf die in Gebrauch stehenden Schaltungen zurückzuführen sind. Diesen Schwierigkeiten wird in folgender Weise begegnet: 1. Durch die genaue Beobachtung der Empfangseinrichtungen und zeitweise Neueinstellung der für den Empfang vorgesehenen Verstärker; 2. durch die größte nach den vorhandenen Einrichtungen noch mögliche Verstärkung der in den Raum zu übertragenden Energien, unabhängig von der Lautstärke der in das Mikrophon gesprochenen Worte und den auf dem Drahtwege bis zum Sender auftretenden Verlusten; 3. durch Unterdrückung der Echowirkungen mit Hilfe von Echosperren[2]), im Wesentlichen Relais besonderer Ausführung. Um diesen Relais die für ihre Wirksamkeit nötige Zeit zu geben, sind sowohl im Stromkreis zum Sender, als auch in jenem zum Empfänger Einrichtungen vorgesehen, welche die auf die Relais auftreffenden Wellenzüge verzögern. Dies geschieht dadurch, daß der auf das Relais wirkende Stromanteil über eine künstliche Linie mit Selbstinduktion und Kapazität geleitet wird und an deren Ende eine Zurückwerfung erfährt; erst die zurückgeworfene Stromwelle gelangt mit einem Teilbetrag, durch die künstliche Linie verzögert, in das Relais, welches somit auch mit einer entsprechenden Verzögerung in Tätigkeit tritt. Dank dieser technischen Vorkehrungen kann beispielsweise ein Teilnehmer von Chicago aus in London ebenso laut gehört werden wie irgend ein Teilnehmer in New-York. Dr. Ste.

(The Bell System Technical Journal, Bd. 6, H. 4, 1927.)

Die Antennenträger und ihr Einfluß auf die Feldstärke. R. L. Smith-Rose. Theoretische Untersuchungen haben schon lange vorher die Tatsache der Verringerung der effektiven Antennenhöhe und der Energieverminderung durch Wirbelströme in eisernen Masten festgestellt. Selbst wenn man lange Zeit nur dem Eisen die Verwendbarkeit zum Bau von Türmen über 200 m Höhe zuschrieb, so zeigten doch die Maste von San Paolo bei Rom, daß auch hölzerne Antennenträger von mehr als 200 m errichtet werden können. Auch eine Kombination beider Materiale ist möglich, insoferne als man den unteren Teil des Mastes aus Eisen, den oberen aus Holz ausbildet und beide Teile von einander isoliert. Die hohen eisernen Maste der transozeanischen Telephoniestation Rugby[1]), rund 260 m hoch, sind isoliert aufgestellt. Versuche, die mit geerdeten bzw. isolierten Masten angestellt wurden, ergaben, daß beim Arbeiten mit letzteren die Feldstärke um 22 vH größer war. Man fand, daß man bei geerdeten Masten mit einer 20 vH höheren Sendeenergie arbeiten müßte als bei isolierten, um dieselbe Strahlung zu erreichen. Es gibt auch da eine Grenze für den ökonomischen Betrieb einer großen Sendestation, bis zu welcher es vorteilhaft ist, entweder mit isolierten Masten und geringerer Energie (dafür die hohen einmaligen Kosten der Isolation) oder mit geerdeten Masten und größerer Energie (dauernde Mehrkosten) zu arbeiten. Versuche über die Beeinträchtigung der Strahlung durch geerdete Maste, über das Auftreten von Schattenwirkungen wurden bei der Station 2 LO, London, 5 GB Daventry[2]) und anderen gemacht. Die abschirmende Wirkung von eisernen Masten beruht bekanntlich darauf, daß diese nichts anderes als vertikale, unabgestimmte Antennen darstellen, in denen durch das äußere Feld der Sendeantenne Ströme hervorgerufen werden, die nahe dem Erdungspunkte der Maste vertikale und entgegengesetzt gerichtete Felder erzeugen und damit eine Reduktion des primären Feldes hervorrufen. Die Verminderung und Schwächung des Feldes in einer Höhe von mehr als der Hälfte des Mastes ist gering, da die Phasenlage der beiden Felder nicht mehr entgegengesetzt ist. Es wurden Versuche an Empfangsantennen angestellt und dabei gefunden, daß bei zwei 15 m hohen Luftleitern, von denen einer geerdet und unabgestimmt war, ein gegenseitiger Abstand von 30 cm bereits deutlich die Wirkung der Abschirmung und der damit verbundenen Schwächung des Empfanges merken ließ. Die abschirmende Wirkung stieg bei gleichbleibender Distanz noch weiter an, wenn der geerdete und unabgestimmte Leiter in seiner Höhe vergrößert wurde. — Versuche anderer Art hatten den experimentellen Nachweis zu erbringen, daß, wenn die Antenne von einem parallelen, geerdeten Drahtnetz, umgeben ist, die abschirmende Wirkung am stärksten ist, je größer der Käfig in seiner Länge zur Antenne und je näher letztere dem geerdeten Teil ist und je dichter die Abschirmdrähte liegen. In der letzten Zeit sind auch quantitative Messungen von S. Klinke in Dresden ausgeführt worden, der zum Beispiel nachweisen konnte, daß das elektrische Feld des Ortssenders in einer Entfernung von 60 bis 90 cm von einem 8 m hohen Lampenast um 10 vH von seinem Normalwert geschwächt war. Schm.

(Wireless World, Bd. 22, Nr. 453 und 454, 1928.)

Radioelektrische Musikinstrumente. Von Ing. M. Adam.

1. Das „Aetherophon" von Ing. Leo Theremin (Leningrad) beruht auf der Erzeugung von musikalischen Schwebungen zwischen zwei Hochfrequenzen, einem in der Radiotechnik lange bekannten Prinzip. Schon Ing. A. Givelet, der 1917 im Laboratorium des Eiffelturmes arbeitete, merkte an der Skala des Drehkondensators zur Einstellung des Schwebungstones die Noten dieser Töne an, und war so imstande, durch rasche Einstellungen einfache Melodien zu spielen. Damals waren aber teils die akustischen Anwendungen der Radiotechnik noch zu wenig bekannt, teils wurde ihre Bedeutung unterschätzt, man betrachtete auch die Entwicklung eines neuen Musikinstrumentes als überflüssig. Theremin geht von einer Wellenlänge von 1000 m (300 kHtz) aus, die er durch einen schwachen Röhrensender mit 160 V Anodenspannung erzeugt. Sein Apparat hat die Besonderheit, daß er von der Ausstrahlung der Wellen Gebrauch gemacht, so daß Frequenz und Tonstärke durch bloßes Annähern der Hände geändert werden. Es sind zwei Antennen, eine vertikale Stange und eine horizontale Schleife aus Kupferdraht, vorhanden. Kapazität und Selbstinduktion der

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 6, 65; 1928, H. 1, S. 9.

[2]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 279.

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 68.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1925, S. 133.

Digitized by Google

Schwingungskreise werden durch die Annäherung der rechten Hand an die Stange und der linken an die Schleife geändert. Im ersteren Falle wird die Tonhöhe, im letzteren die Tonstärke geändert. Theremin benützt auch die Schwebungen zwischen den Oberschwingungen der Grundfrequenzen, um mit geringen Kapazitätsänderungen einen großen Tonbereich zu beherrschen. Sind f_1 und f_2 die beiden Grundfrequenzen und a die Schwebungsfrequenz, so ist die Schwebung der Grundfrequenzen $f_1 - f_2 = a$, die der Oktaven $2f_1 - 2f_2 = 2a$, die der 2. Oktaven $3f_1 - 3f_2 = 3a$ usw. Auch Schwebungen zwischen Harmonischen verschiedener Ordnung werden verwendet, zum Beispiel $3f_1 - 2f_2$ oder $2f_1 - 3f_2$ usw.

Abb. 1 stellt die Schaltung der beiden interferierenden Röhrensender dar: *T* ist die Stabantenne und *S* die Schleifenantenne, erstere besitzt die veränderliche Frequenz f_2, letztere die feste Frequenz f_1. Bei der Stabantenne wird gewissermaßen die Kapazität Antenne-Hand zur Kapazität des Gitterschwingungskreises parallel geschaltet. Die Schleifenantenne wirkt durch die steile Resonanzkurve des zugehörigen Senders, infolge deren eine ganz geringe Verstimmung durch Kapazitäts- oder Selbstinduktionsänderung genügt, um eine beträchtliche Amplitudenänderung herbeizuführen, ohne daß sich die durch einen Quarzresonator kontrollierte

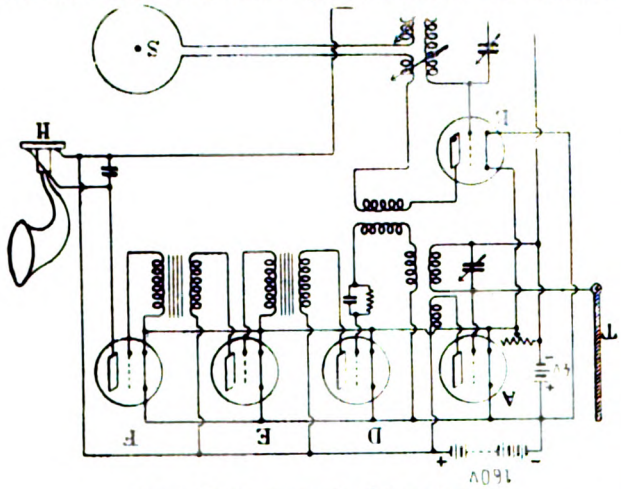


Abb. 1. Schaltschema des Ätherophons.
***A* Heterodyne veränderlicher Frequenz; *B* Heterodyne konstanter Frequenz; *D* Gleichrichter; *E*, *F* Niederfrequenzverstärker; *H* Lautsprecher; *S* Schleifenantenne; *T* Stabantenne.**

Frequenz merklich ändert. (Die Schaltung des Quarzresonators wird in der Abb. 1 nicht ersichtlich gemacht. Der Ber.) Die Intensität der Schwebung ist natürlich der Intensität der schwächeren von beiden interferierenden Hochfrequenzen proportional.

Während nun die Bewegung der rechten Hand allein nur einen unharmonischen schleifenden Übergang von einem Ton zum anderen zuließe, gestattet die gleichzeitige Bewegung der linken Hand, die den schleifenden Übergang durch Schwächung unterdrückt, ohne weiteres die Nachahmung eines Anschlaginstrumentes, wie des Klaviers oder eines gezupften Saiteninstrumentes. Ein dritter Kunstgriff gestaltet ferner die Nachahmung einer Trompete, einer Geige, Flöte oder Orgel. Er besteht darin, daß man zum Schwebungston passende Obertöne hinzufügt, indem man die Emission einer an Harmonischen reichen Welle entweder durch eine Anordnung, die dem Multivibrator nach Abraham und Bloch ähnlich ist[1]), oder einfacher durch Arbeiten außerhalb des geradlinigen Teiles der Röhrencharakteristik bewirkt und vor dem Lautsprecher ein passendes Filter in Form eines Stöpselkondensators von 0·001 bis 0·01 μF anbringt.

Wenn nun auch das Aetherophon an die künstlerische Fähigkeit der spielenden Person dieselben Anforderungen stellt, wie jedes andere Musikinstrument, so besitzt es doch nach Ansicht des Verfassers durch seine Einfachheit, Genauigkeit, Anpassungsfähigkeit und Bequemlichkeit gewisse Vorzüge gegenüber den bisherigen Musikinstrumenten; andererseits scheint jedoch derzeit die Ausstrahlung von Wellen mit vielen Harmonischen, die mit anderen Radiowellen interferieren können, recht bedenklich. (Da die beiden Antennen nicht im Anoden- sondern im Gitterkreise liegen, dürfte die Ausstrahlung nicht sehr in Betracht kommen. Der Ber.)

2. Auf einem einfacheren Prinzip beruht das „radioelektrische Klavier" von A. Givelet; sein Aufbau ist jedoch verwickelter, da jeder Ton einen eigenen, dessen Frequenz unmittelbar erzeugenden Röhrensender benötigt. Die Resonanzkreise bestehen aus Kondensatoren passender Kapazität und aus Induktionsspulen mit beweglichen Eisenkernen. Nach der Erfindung des Amerikaners H. Gernsback kann die Tonstärke durch Induktionsspulen mit beweglichen Eisenkernen in Zwischenkreisen beeinflußt werden. Die automatische Übertragung eines Musikstückes in eine andere Tonart, die zum Beispiel beim Harmonium manchmal durch eine verschiebbare Klaviatur ermöglicht wird, kann hier durch eine gleichzeitige Änderung der Kapazität oder der Selbstinduktion in den verschiedenen Stromkreisen bewirkt werden. Ein wegen seiner vielen Vorzeichen schwierig zu spielendes Stück könnte in einer einfacheren Tonart geschrieben und automatisch in die richtige übertragen werden. Obwohl das radioelektrische Klavier nur zwei Oktaven umfaßt, kann es durch passende Auswahl der Harmonischen die Tonfülle eines sechsoktavigen Instrumentes erreichen. Obwohl es ferner den akustischen Eindruck eines Konzertflügels oder einer großen Orgel erweckt, ist es ein wenig umfangreicher, tragbarer Apparat, der leicht überall Platz findet. Spieler und Zuhörer brauchen nicht am gleichen Orte zu sein; es kann auch zur Modulation eines Rundfunksenders verwendet oder mit dem an einem beliebigen Orte aufgestellten Lautsprecher durch eine Drahtleitung verbunden werden. Die Verwendung verschiedener Lautsprecher, zum Beispiel in einer Kirche, erlaubt eine besondere Anpassung an die akustischen Eigenschaften des Raumes.

3. Eine radioelektrische Orgel mit Zifferblatt von Bertrand beruht auf dem Schwebungsprinzip. Der Apparat besitzt einen Doppelgitteroszillator, drei einfache Elektronenröhren und einen Lautsprecher. Die Tonhöhe wird durch die nach einer Tonskala von drei Oktaven gewählte Einstellung des Drehkondensators, die Tonstärke durch veränderliche Widerstände von mehreren Megohm im Gitterkreise bestimmt. Ein Unterbrecher am Handgriff des Drehkondensators erlaubt die beliebige Unterbrechung des Tones.

R. H.

(Revue gén. de l'Électr., Bd. 23, Nr. 1, 1928.)

Im Anschluß daran, sei das Ätherwellen-Instrument „Sphärophon" von Prof. Martenot erwähnt, das kürzlich in Wien im Studio der Ravag und bei einer musikalischen Aufführung im Konzerthaussaal demonstriert wurde. Nach den von Prof. Dr. Richtera im Rundfunk gegebenen Erklärungen ist das Instrument Martenots dem eingangs beschriebenen Ätherophon von Theremin verwandt. Martenot verwendet aber keine Antenne, daher wird die Tonhöhe, Tonstärke und Klangfarbe auf andere Weise verändert. Die Erzeugung hörbarer Schwingungen aus hochfrequenten erfolgt auch bei Martenot nach dem Schwebungsprinzip und unter Vermittlung eines Lautsprechers, doch wird die Tonhöhe unmittelbar durch mechanische Veränderung der Kapazität des aus einer feststehenden Platte und einem dieser gegenüber verstellbaren Draht bestehenden Kondensators eines Schwingungskreises eingestellt. Der Metalldraht läuft über Rollen und durch Bewegung eines isolierten Handgriffes wird seine der Platte anliegende Länge und damit die Kapazität verändert; eine Feineinstellung an diesem Griff, dessen jeweilige Lage vom Auge kontrolliert werden kann, ermöglicht sogar die Erzeugung von Trillern. Die Tonstärke wird bei diesem Apparat durch einen mit Handhebeln betätigten Regulierwiderstand, der den Lautsprecherstrom regelt, verändert. Die Klangfarbe wird durch Verschieben des Arbeitsbereichs der Röhrencharakteristiken geregelt, und zwar durch Regulieren der Gittervorspannung beeinflußt. Das Instrument Martenots zeichnet sich durch den großen Umfang von 7 bis 8 Oktaven aus, seine Beherrschung soll keine Schwierigkeiten bereiten.

[1]) Die Radiotechnik 1927, S. 46.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet.

Heft 11 | **25. November 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: Dr.-Ing. R. Linsmayer: Die neue Flughafensenderanlage in Aspern. S. 96. — Ing. Karl Fuchs: Zur Eröffnung des Fernsprechverkehres Wien—Amerika. S. 101. — J. Boehmer: Die fünfte Deutsche Funkausstellung S. 102. — RUNDSCHAU. S. 103. — Literaturberichte S 104

Die neue Flughafensenderanlage in Aspern.

Von Dr.-Ing. **R. Linsmayer**, Wien.

Übersicht. Mit der großen Steigerung des Österr. Luftverkehrs in den letzten Jahren hat sich die Notwendigkeit ergeben, den Zentral-Flughafen in Aspern bei Wien mit einer allen modernen Ansprüchen genügenden Senderanlage auszurüsten.

Das Bundesministerium für Handel und Verkehr hat daher in der zweiten Hälfte des vorigen Jahres bei der Siemens & Halske Aktiengesellschaft als Vertretung der Telefunken G. m. b. H. Berlin eine komplette Senderanlage neuester Konstruktion bestellt, die im nachfolgenden beschrieben werden soll.

Der gesamte drahtlose Flugsicherungs- und Wetterdienst wurde bisher durch eine in unmittelbarer Nähe des Flugfeldes untergebrachte Röhrensenderanlage der Firma Telefunken bewerkstelligt. Es war dies ein eigenerregter Zwischenkreissender von 500 W Antennenleistung mit einer provisorischen Hochantenne, die zwischen zwei Holzmasten von 16 m Höhe ausgespannt war, als Erde diente ein in zirka 1 m über dem Boden gespanntes Erdnetz. Die Energielieferung an den Sender erfolgte durch Wechselstrommaschinen für 500 Per/s, die über Spezialstromwandler die Heizung der Senderöhre und der Gleichrichterröhren besorgte, andererseits die Anodenspannung für die zwei letztgenannten Röhren lieferte. Der Gleichrichterteil erzeugte die Anodenspannung von 3000 V für den Sender.

Da die unmittelbare Nähe des Flugfeldes die Aufstellung hoher Maste aus Sicherheitsgründen für die Flugzeuge nicht gestattet, wurde als Aufstellungsort für die neue Anlage ein Grundstück etwa $2^1/_2$ km südwestlich vom Flugfeld gewählt und ein 10-aderiges Verbindungskabel zwischen Sender und Flugfeld verlegt. Für das Tasten und Besprechen des Senders wird ein Adernpaar dieses Kabels benötigt, so daß die übrigen 4 Paare für Telephon- und Signalzwecke bzw. für weitere Sender verwendet werden können.

Die Senderanlage ist in einem ebenerdigen Gebäude untergebracht, das außer den für den Sender und seine Maschinen nötigen Räumen noch eine Wohnung für das Betriebspersonal sowie eine kleine Werkstätte enthält.

Die Senderanlage besteht aus folgenden Haupteinheiten:

1. Antennen- und Erdanlage, 2. Umformeranlage, 3. Sender.

Antennen- und Erdanlage: Das für die Station zur Verfügung stehende Gelände ist ein Viereck von 190 × 72 m. In der Längsmittellinie stehen in einem Abstand von 160 m die beiden Antennenträger, 85 m hohe, freitragende Gittermaste; gegen Erde durch Porzellanisolatoren hoch isoliert, können sie bei Gewitter im Bedarfsfalle durch Erdschalter an Erde gelegt werden. Der maximale Spitzenzug, der durch die gespannte Antenne an der Mastspitze auftritt, beträgt etwa 1000 kg. Das Eigengewicht eines Mastes ist 50 t. Die vier Fundamente jedes Mastes stehen in einem Qudrat von 14 m Seitenlänge. Die Abb. 1 zeigt einen Mastfuß, man erkennt auch den Rillenisolator des Erdschalters.

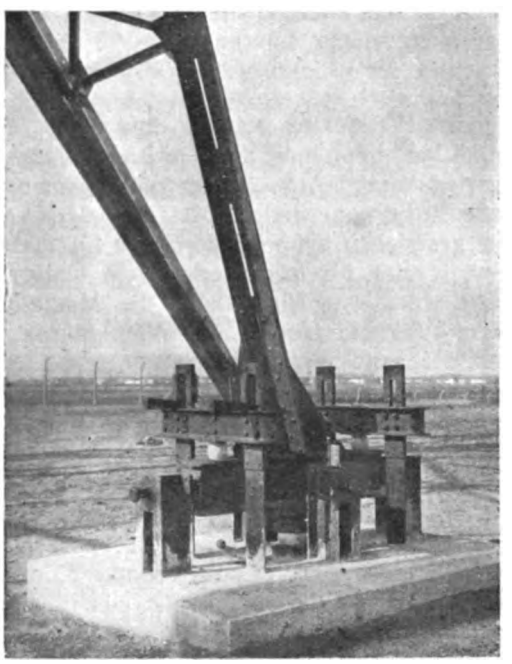


Abb. 1. Mastfuß.

Die Antenne ist eine vierdrähtige T-Antenne von 100 m Länge. Zwei Endraaen und eine Mittelraae von je 6 m Länge tragen die vier Antennendrähte, in 2 m Abstand voneinander. Als Drahtmaterial findet hochwertige Spezialbronzelitze (49 Drähte von 0·55 mm Durchmesser) Verwendung. Als vertikaler Antennenteil fungiert eine vier-

Digitized by Google

drähtige Reuse von 25 cm Durchm., gegen den Erdboden durch ein kleines Fundament abgefangen und zu einem Durchführungsisolator im Senderaum geführt ist, der den weiteren Anschluß der Antenne vermittelt. Als Sendeerde dient ein 35 cm tief im Erdboden verlegtes Netz, 70 × 180 m, von blanken, 3 mm starken Kupferdrähten. In der Längsrichtung liegen die Drähte in einem Abstand von 11 m, in der Querrichtung von 4 m. Die Kreuzungsstellen sind unter Vermeidung von Lötung durch Spezialklemmen miteinander verbunden. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Stromverteilung sind noch 8 strahlenförmig verlaufende Speiseleitungen gelegt, die bis zum äußersten

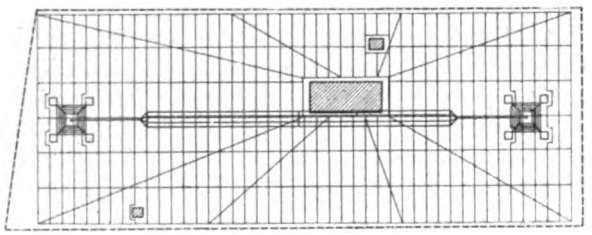


Abb. 2. Antennenanlage.

Umfang des Erdnetzes reichen und ihren Ausgangspunkt in dem um das Gebäude liegenden Leitungsring haben (Abb. 2). Zur Sichtbarmachung auf große Entfernung sind die Maste in den Farben rot-weiß gestrichen, wobei jede Farbe fünfmal auftritt. Sobald der Nachtflugverkehr in Österreich eingeführt werden wird, werden die Maste (von der Firma Waagner Biro A. G., Wien) durch entsprechende Beleuchtung kenntlich gemacht werden.

Umformeranlage: Drehstrom 5000 V, vom städtischen Netz, wird auf 220 V umgeformt und auf die einzelnen Verbraucher der Anlage verteilt.

Die eigene Maschinenanlage des Senders umfaßt einen Doppelstromumformer, einen Hochspannungsgenerator und eine Lademaschine. Der Doppelstromumformer besteht aus einem Drehstrommotor von 3·5 kW, direkt gekuppelt mit einem Spezialgenerator; dieser besitzt im Anker zwei getrennte Gleichstromwicklungen, eine für 24 V, 60 A und eine zweite für 220 V, 2 A. An der letztgenannten Wicklung sind noch zwei Schleifringe angeschlossen, die einen einphasigen Wechselstrom von 150 V, 50 Per/s liefern. Gleichstrom von 24 V dient zur Heizung der Senderöhren, sowie eines kleinen Hilfsgleichrichters, dessen Zweck weiter unten besprochen wird. 220 V Gleichstrom zur Erregung des Hochspannungsgenerators, ferner als Anodenspannung des Telephonieverstärkers sowie zur Tastung des Senders. 150 V Einphasenstrom wird nach Transformierung auf 15 V zur Heizung der Modulationsröhren benutzt. Die Hochspannungsmaschine besteht aus einem Antriebsmotor 6·3 kW, direkt gekuppelt mit einem Hochspannungsgenerator mit zwei in Serie geschalteten Kollektoren von je 2000 V, die Leistung beträgt 5 kW. Mit einer Ankerhälfte wird die Anode des Steuersenderohres beaufschlagt, während für die zwei parallel geschalteten Hauptröhren 4000 V nötig sind. Die Antriebsmotoren sind durch Minimal- und Überstrom-Automaten geschützt und werden durch selbsttätige Anlaßschütze mittels Druckknöpfen ein- und ausgeschaltet. Die gesamten Schalt- und Regelvorrichtungen mit Ausnahme der Anlasser sind im Senderaum an der Wand neben dem Sender montiert. Der Regler des Doppelstromumformers

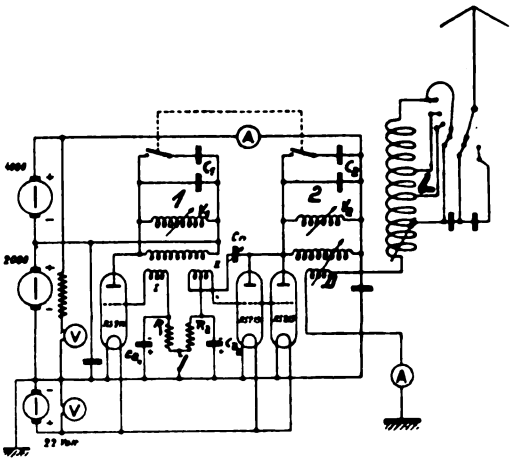


Abb. 3. Schaltung des Senders.

gestattet ein langsames Einschalten der Heizung der Senderohre. Mit der Erregung auf die volle Heizspannung (22 V) sind auch die 220 V der zweiten Wicklung und mit ihr die 150 V Wechselspannung voll erregt. Die Spannungen des Doppelstromumformers werden über Sicherungen, die Hochspannung über Trennschalter dem Sender zugeführt. Der Ladeumformer ermöglicht die Ladung einer Heizbatterie für den Telephonieverstärker (6 V, 30 Ah) und der Tastbatterie (24 V, 2 Ah). Eine kleine Schalttafel für die eben genannten Zwecke ist im Maschinenraum über dem Ladeaggregat montiert.

Sender. Der Sender ist ein fremdgesteuerter Zwischenkreis-Röhrensender mit einer Antennenleistung von 3 kW bei Telegraphiestrich. Es ist sowohl für ungedämpftes Telegraphieren, tönend Senden, als auch für Telephonie verwendbar. Im Prinzip ist diese Schaltung auch beim Flugzeugsender verwendet[1]). Ein einfacher Umschalter ermöglicht die Einstellung der gewünschten Betriebsart, der Wellenbereich ist 600 bis 3600 m. Innerhalb dieses Bereiches kann jede beliebige Welle durch wenige Handgriffe am Sender in kürzester Zeit eingestellt werden. Seinem elektrischen Aufbau nach besteht der Sender aus dem Steuersender, dem Hauptsender, dem Antennenabstimmgerät und der Modulationseinrichtung. Abb. 3 zeigt die Schaltung.

Der Steuersender ist mit einer Schwingröhre RS 214 ausgerüstet, die bei einer Anodenspannung

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1928, S. 24.

Digitized by Google

von 2000 V und einer Heizung von 22 V, 12 A eine Leistung von 440 W hergibt. Diese Röhre arbeitet auf einem Schwingungskreis 1, der aus einem Variometer V_1, einem Stufenkondensator C_1 und einem Gitterkopplungstransformator besteht. Der Kopplungstransformator enthält sekundärseitig die Gitterrückkopplungsspule I des

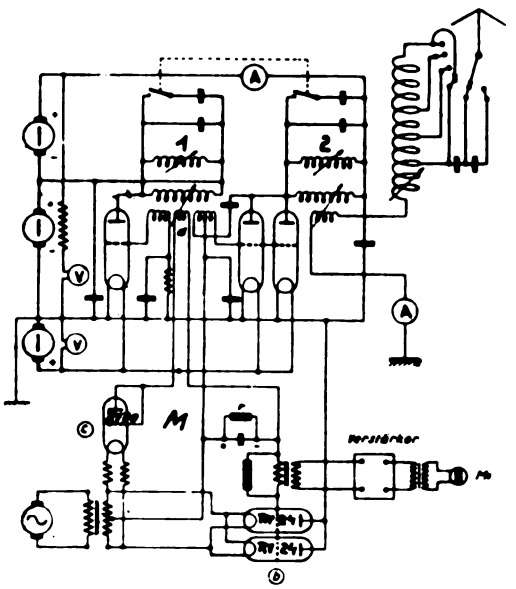


Abb. 4.

Steuersenders, und die Kopplungsspule für den Gitterkreis des Hauptsenders II.

Der Hauptsender enthält zwei parallel geschaltete Schwingrohre der Type RS 215, die bei 4000 V Anodenspannung und einem Heizbedarf von je 22 A bei 22 V $2 \times 1{\cdot}5$ kW $= 3$ kW Hochfrequenzenergie an die Antenne abzugeben in der Lage sind. Der Schwingungskreis 2 für den Hauptsender gleicht in seinem Aufbau ganz dem des Steuersenders. Er besteht wieder aus einem Variometer V_2, parallel zu diesem liegt ein Kopplungstransformator D und ein Stufenkondensator C_2. Der letztgenannte gleicht dem des Steuersenders und ist mit ihm mechanisch gekuppelt, so daß die Grobeinstellung der Wellenlänge gemeinsam erfolgt, und die Feinabstimmung durch die beiden Variometer vorgenommen wird. Der Transformator des Hauptsenders besitzt eine Drehspule, durch welche die Ankopplung der Antenne erfolgt. Für das Verständnis der elektrischen Wirkungsweise des Hauptsenders ist es zweckmäßig, diesen nicht als Verstärker, sondern als gesteuertes Ventil zu betrachten. Die Energielieferung erfolgt jeweils im Takte der hochfrequenten Gitterspannung, die vom Steuersender durch die Kopplungsspule seines Gittertransformators geliefert wird. Die Frequenz soll nur durch die Schwingkreisdaten des Steuersenders bestimmt sein. Es ist daher notwendig, jede Beeinflussung der Welle des Steuersenders durch Rückwirkung des Hauptsenders infolge der Röhrenkapazität seiner Röhren aufzuheben. Bei den fremdgesteuerten Sendern ist deshalb außer einer sorgfältig durchgebildeten metallischen Abschirmung eine Neutralisationsschaltung nötig, welche ganz ähnlich den Schaltungen der Neutrodynempfänger wirkt.

Das Antennenabstimmgerät enthält eine große Antennenverlängerungsspule L mit Abzweigen, ein Variometer und die Antennen-Verkürzungskapazitäten. Ein Grobstufenschalter schaltet bei den verschiedenen Wellenlängen in richtiger Reihenfolge die Spule und die Kapazitäten.

Im Modulationsgerät M (Abb. 4) sind alle Teile vereinigt, die bei den drei Betriebszuständen „tonlos", „tönend" und „Telephonie" nötig sind. An Röhren enthält es zwei RV 24 (parallel geschaltet) als Modulationsröhre und zwei kleine Gleichrichterröhren der Type RV 70. Weiters enthält es einen Heiztransformator 150/15 V zur Heizung der RV 24, und des einen kleinen Gleichrichters, einige Widerstände, sowie den in einem geschlossenen Metallkästchen untergebrachten Tonsenderschwingkreis, den Besprechungstransformator und den Gleichrichtertransformator. Die Abb. 5 zeigt den Sender und die Schalt- und Regelapparate. Man erkennt in der Mitte des Bildes die beiden Hauptrohre, links davon das Steuerrohr und im unteren Teil die Modulationsrohre. Links und rechts von diesen stehen die beiden

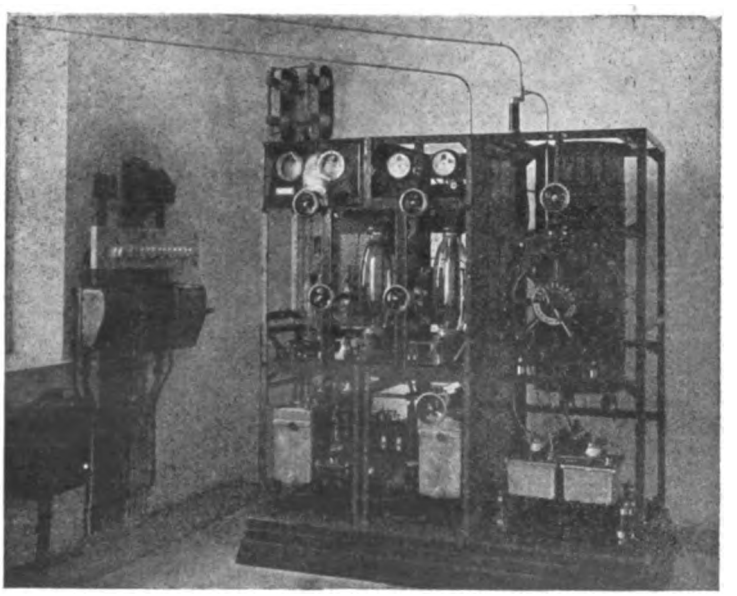


Abb. 5. Ansicht des Senders.

Stufenkondensatoren. Unter der großen Antennenverlängerungsspule sieht man den Verkürzungskondensator, vor der Spule ist der Grobstufenschalter angeordnet.

Bei Telegraphie tonlos und gedrückter Taste T (Abb. 6) kann der Gittergleichstrom über die Widerstände R_1 und R_2 zur Kathode ab-

Digitized by Google

fließen. Sowohl der Steuer- wie auch der Hauptsender schwingen mit großen Amplituden. Bei offener Taste wird der Gittergleichstrom gesperrt, die Gitterblockkondensatoren C_1 und C_2 laden sich auf und Steuer- und Hauptsender setzen in ihren Schwingungen vollständig aus. Um dieses Aussetzen mit größter Sicherheit zu erreichen, ist noch eine besondere Vorsichtsmaßnahme angewendet. Infolge der unvermeidlichen Isolationsfehler sinkt in den Tastpausen die Aufladung der Gitterblockkondensatoren und damit die negative Vorspannung der Gitter langsam ab. Es tritt dann ein kurzzeitiges Anschwingen des Senders ein, was naturgemäß unzulässig ist. Diesen Vorgang nennt man das „Ticken" des Senders. Um es zu vermeiden, wird in den Tastpausen künstlich eine große negative Vorspannung an die Gitter gebracht. Dies geschieht mit Hilfe eines kleinen Gleichrichters *a*, dem durch einen Transformator 150 V Anodenwechselspannung zugeführt werden. Der Gleichrichter richtet diese Spannung gleich und der Gleichstrom ladet den Kondensator *C* auf etwa 200 V auf. Diese Spannung wird durch den Gleichrichter immer aufrecht erhalten und gelangt während der Tastpausen an die Gitter der Senderöhren, so daß ein Ticken unmöglich wird.

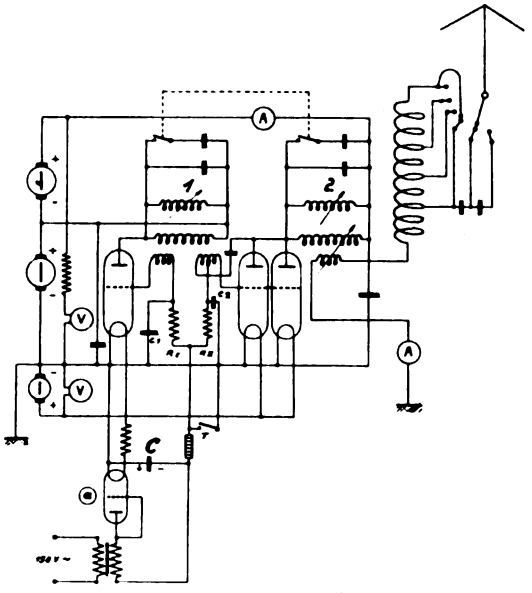


Abb. 6.

Beim Tönensenden (Abb. 7) liegen an Stelle des Widerstandes R_2 der Abb. 6 im Hauptsender die Modulationsrohre *b*. Je nach der Spannung, die an das Gitter dieser Röhren gelangt, ändert sich der Widerstand derselben. Man hat somit ein Mittel, den Gitterableitwiderstand und damit die negative Vorspannung der Hauptröhren und die Amplituden des Hauptsenders in jedem beliebigen Rhythmus zu variieren. Im Falle des Tönensenden geschieht dies in der Weise, daß die Modulationsrohre als kleiner eigenerregter Sender mit Tonfrequenz schwingen. Durch Zuschalten von Kapazitäten können vier verschiedene Frequenzen eingestellt werden. Man erhält also bei gedrückter Taste *T* eine modulierte Schwingung. Auch beim gedämpften Senden arbeitet der kleine Gleichrichter *a*.

Bei Telephonie (Abb. 4) ist die Modulationsanordnung *M* genau so geschaltet wie beim Tönensenden, nur gelangt auf das Gitter der Modulationsröhre RV 24 die niederfrequente Sprachschwingung, die vom Mikrophon *Mi* über einen

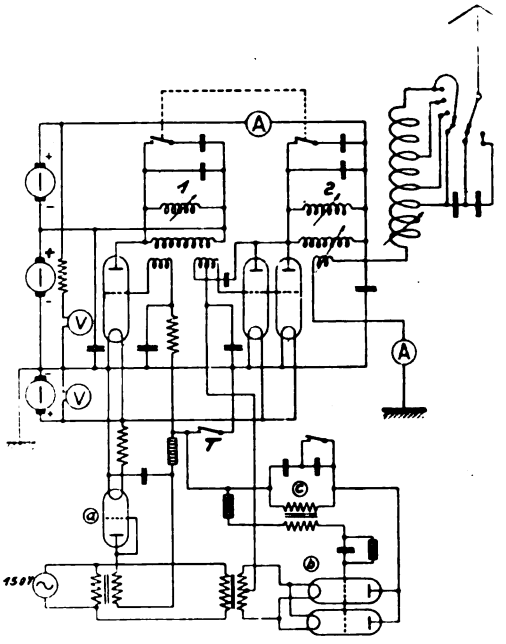


Abb. 7.

Übertrager und Verstärker geleitet wird. Nimmt man den Zusammenhang zwischen der Gitterspannung des Modulationsrohres und dem Antennenstrom experimentell auf, so erhält man eine Kurve nach Abb. 8. Solange die Gitterspannung der Modulationsröhre im geradlinigen Teil hin- und herschwankt, sind die Antennenstromschwankungen proportional. Man stellt daher den Arbeitspunkt auf die Mitte der Kurve ein. Dazu ist eine gewisse konstante Gittervorspannung notwendig. Diese Spannung wird im Sender selbst durch Gleichrichten von Hochfrequenz erzeugt. Eine kleine Drehspule *d* im Gitterkopplungstransformator des Steuersenders entnimmt eine geringe Hochfrequenzspannung, die über eine kleine Gleichrichterröhre gleichgerichtet wird. Der Gleichstrom fließt über Kathode, den Widerstand *r* und die Drehspule zur Anode ab. Am Widerstand entsteht daher ein Spannungsabfall und damit am Gitter der Modulationsröhren eine negative Vorspan-

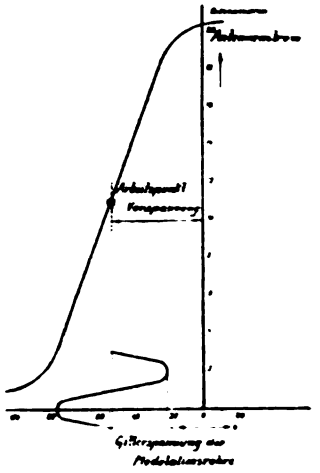


Abb. 8.

Digitized by Google

nung. Durch entsprechende Einstellung der Drehspule mittels Handrades kann die Gittervorspannung beliebig geregelt werden.

Das Mikrophongerät enthält ein normales Mikrophon, das aus zwei Beutelelementen gespeist wird. Ein kleiner Umschalter gestattet das Umschalten auf Fernbesprechung.

Der Verstärker arbeitet mit einem Doppelgitterrohr der Type OR. Die Anodenspannung liefert der Doppelstromumformer, vor dem Verstärker ist eine Geräuschdämpferkette, aus Drosseln und Kondensatoren bestehend, geschaltet. Durch ein Potentiometer wird die für das Raumladegitter erforderliche Spannung von etwa 80 V abgegriffen. Die Heizung erfolgt aus einer 6-V-Nickel-Stahlbatterie.

Die Tastung wird wohl im Falle der Ortsals auch bei Ferntastung über ein Vor- und ein Hauptrelais vorgenommen. Als Taststrom wird im ersten Falle der 220-V-Gleichstrom des Doppelstromumformers benutzt, der durch ein Potentiometer auf etwa 24 V herabgesetzt wird. Im zweiten Falle wird eine 24-V-Nickel-Stahlbatterie verwendet. Zwei zweipolige Umschalter ermöglichen die Tastung bzw. Besprechung vom Sendeort oder vom Flugfeld aus. Normal wird der Sender naturgemäß vom Flugfeld her getastet und besprochen, wobei zur Kontrolle ein Galvanometer bzw. ein Kontrollempfänger aufgestellt ist.

Bei den Telephonieversuchen, welche auf den Wellen 900 bzw. 1400 m vorgenommen wurden, wurde außer Sprache auch Grammophonmusik gesendet. Die Übertragung erfolgte mittels Siemens-Schalldose direkt auf den Eingangstransformator des Vorverstärkers.

Zur Eröffnung des Fernsprechverkehres Wien—Amerika.

Mit der am 4. September l. J. erfolgten Inbetriebnahme der direkten Kabelverbindung Wien—London waren die betriebsmäßigen Schwierigkeiten beseitigt, die bis dahin dem Fernsprechverkehr Österreich—Amerika im Wege standen.

Ein Vorversuch am 12. Oktober, bei dem das Fernamt Wien ohne jede Vorbereitung vom Amte London gerufen und zu einem Sprechversuch eingeladen wurde, konnte zwar noch kein befriedigendes Resultat ergeben, zeigte aber, daß sich die vorhandenen Mängel leicht beheben lassen. Die betriebsmäßigen Verkehrsversuche wurden sodann am 23. Oktober aufgenommen und ergaben sogleich derart günstigen Erfolg, daß es schon am 31. desselben Monates möglich war, die allgemeine Eröffnung des Fernsprechverkehres Wien—New-York für den 3. November festzusetzen.

Wenn auch der transatlantische Sprechverkehr in Österreich vorläufig noch auf Wien beschränkt ist, während in Amerika alle Orte der Vereinigten Staaten und der Insel Kuba sowie eine große Zahl der Städte Kanadas und neun Städte Mexikos am Verkehr teilnehmen können, so stellen sich auch hier der Zulassung aller größeren Städte, namentlich jener, die mit Wien durch ein Kabel in Verbindung stehen, keine Schwierigkeiten entgegen, soferne ein Verkehrsbedarf gegeben sein wird.

Die Übertragung der Sprache erfolgt nach London auf dem dafür im Fernkabel vorgesehenen Fernsprechweg und von dort zur transatlantischen Sendestelle Rugby. Von ihr werden die Lautimpulse drahtlos ausgestrahlt, jenseits des Ozeans von der Empfangsstation Houlton (Maine) aufgefangen und auf Drahtleitungen nach New-York weitergegeben. In der Gegenrichtung steht New-York über ein Kabel mit der drahtlosen Sendestelle Rocky Point (Long Island) in Verbindung, die die Sprache zur europäischen Empfangsstation Cupar (Schottland) überträgt. Von letzterer führt wieder ein Kabel nach London[1]).

Diese sind die gewöhnlichen Wege für die transatlantische Übertragung, die mit langen Wellen erfolgt. Zur Sicherung des Verkehres zu Zeiten arger Störungen im Langwellen-Betrieb dienen in England ein Kurzwellen-Sender in Rugby, in Amerika ein solcher in Deal Beach, N. J., bzw. die Empfangsstationen in New Southgate (London) und Chiffwood, N. J. Feldstärke-Messungen in London und Amerika haben nämlich ergeben, daß die Empfangsstärke namentlich bei starker Sonnenstrahlung für lange Wellen oft so wesentlich schwankt, daß der Verkehr in Frage gestellt wäre, wenn man sich nicht über diese Zeiten mit kurzen Wellen behelfen könnte, die die willkommene Eigenschaft zeigen, oft gerade dann günstig zu wirken, wenn die Langwelle versagt.

Die Leitung Wien—London setzt sich aus einem Vierdrahtstromkreis des Fernkabels[2]) über Linz, Passau, Frankfurt a. M., Brüssel, La Panne, mit 0·9 mm Drähten und 17 Verstärkern, dem Zweidrahtstromkreis La Panne-Canterbury mit 2·1 mm Drähten im Seekabel und dem Vierdrahtstromkreis Canterbury—London mit 1·27 mm Drähten und zwei Verstärkern zusammen. Von London führt der abgehende Stromkreis über einen Unterwegsverstärker nach Rugby, der ankommende trifft über acht Unterwegsverstärker aus Cupar ein. Der von Wien in Rugby mit etwa halber Anfangsenergie ankommende Sprechstrom wird dort auf einen Übertragungspegel von rund zehn Neper, also fast auf die 1 000 000 000-fache Ursprungsenergie verstärkt. Auf dem Weg über den Ozean sinkt die Energie im Mittel auf 0·000 001 und muß in Houlton neuerlich auf den Pegelstand 0·5 gehoben werden, um nach etwa zehnmaliger Verstärkung längs des Drahtweges mit einer Dämpfung von nicht mehr als 1·0 in New-York empfangen zu werden. Zur Übertragung auf den Freileitungen nach San Francisco sind abermals etwa 15 Verstärker erforderlich. Der angedeutete Aufwand läßt die verhältnismäßig hohen Sprechgebühren begreiflich erscheinen.

Eine Schwierigkeit im Europa—Amerika-Verkehr darf nicht übersehen werden, nämlich der Unterschied in der Tageszeit dies- und jenseits des Ozeans. Wenn hier die Geschäfte um 8 Uhr morgens beginnen, ist es in New-York gerade 2 Uhr nachts. Der Fernsprechverkehr nimmt mithin erst um ½1 Uhr mittags mitteleuropäischer Zeit seinen Anfang und kann dann allerdings bis 4 Uhr früh (10 Uhr abends Eastern Time, New-York) ausgedehnt werden. Der Fernsprechverkehr schließt aber in Wien im allgemeinen um etwa ½7 Uhr abends, es erübrigen also vorzüglich nur sechs Tagesstunden für den Transozeandienst, denn im Verkehr Wien—San Francisco würde die geschäftsmäßige Verkehrszeit wegen der weiteren Tageszeitverschiebung (Pacific Time) sogar auf kaum drei Stunden zusammenschrumpfen.

Durchschnittlich werden davon im gesamten Europa — Amerika-Verkehr 90 Gesprächsminuten ausgenützt und es ist daher noch eine reichliche Belebung dieses Verkehres möglich. Derzeit nehmen am Überseeverkehr außer Großbritannien die Staaten Belgien, Niederlande, Deutschland, Schweden, Frankreich, Dänemark, Norwegen, Schweiz, Spanien und Österreich teil, denen in Kürze Ungarn und die Tschechoslowakei folgen sollen.

Ing. Karl Fuchs.

[1]) Über die Anfang 1926 dem Verkehr übergebene drahtlose Fernsprecheinrichtung London—New-York vgl. E. Wollner, Transatlantische drahtlose Telephonie, Die Radiotechnik, 1927, Seite 65.

[2]) Vgl. Heider, Die österr. Fernkabelanlagen, E. u. M. 1927, S. 269.

Digitized by Google

Die fünfte Deutsche Funkausstellung.

Die diesjährige deutsche Funkausstellung war eine Jubiläumsausstellung in mehrfacher Beziehung. Einmal, weil die deutsche Funkausstellung ihren fünften Geburtstag beging; ferner weil die von 350 Ausstellern auf einer Fläche von mehr als 10 000 m² geschaffenen Stände alle früheren Ausstellungen innerhalb und außerhalb Deutschlands überboten, und schließlich, weil die ausgestellten Gegenstände an Qualität und Preiswürdigkeit alles bisher Gebotene übertrafen. Man hat in vergangenen Jahren so oft mitleidig von der deutschen Funkschau gesprochen, wenn man an England oder gar Nordamerika den Maßstab legte. Diesmal hat sich das Bild geändert; die deutsche Rundfunkindustrie hat den Vorsprung des Auslandes eingeholt[1]).

Charakteristisch für die letzte Funkausstellung sind die batterielosen Geräte und die dadurch bedingte hochwertige Ausführung der Apparate. Ferner unterscheiden sich die modernen Empfänger von ihren Vorgängern durch die Einfachheit der Bedienung. Es ist noch nicht lange her, da galt der Empfänger als der begehrteste, der möglichst viele Bedienungsgriffe erforderte. Heute dominiert der Einknopfempfänger, der von allen bedeutenderen Firmen gezeigt wurde. Besonders interessant war ein Gerät von Kramolin, daß die Einknopfbedienung für 20 Sender „dezentralisiert" hatte. Die Heranholung von 20 Sendern erfolgte durch wahlweise Betätigung von 20 Druckknöpfen, wobei das Superhetprinzip zur Anwendung kam. Von anderen Großgeräten verdienen u. a. das „Tefaphon" der Tefag und das „Oszillofar" von Hans Vogt, dem bekannten Miterfinder des Triergon-Films, der Erwähnung. Ersteres ist ein Qualitätsempfänger für alle Wellen mit Netzanschluß und eingebautem Lautsprecher; ebenso ist ein Schallplattengerät mit eingebaut. Unter Benutzung eines besonderen Sperrkreises gelingt die Ausschaltung der stärksten Ortssender. Als Verstärker (für Rundfunk oder Grammophon) dienen zwei Stufen, die letzte davon besteht aus vier Parallelröhren. Im Gegensatz hierzu enthält der Vogtsche-Apparat einen Neutrodynempfänger in zwei Hochfrequenzstufen nebst Gleichrichterstufe und Verstärker (Widerstand); außerdem einen neuartigen elektrostatischen Lautsprecher von hervorragender Tonfülle. In dieser Reihe wären auch die neuen Lautsprecher von Eloden und den Deutschen Telephon-Werken zu nennen, die auch in kombinierten Großgeräten Platz gefunden haben. Allerdings sind diese als Möbel ausgestatteten Empfänger recht kostspielig (1000 bis 2000 Mk.). Daher werden die Großempfänger in erster Linie ein Ausfuhrartikel sein.

Selbstverständlich fehlte es aber auch an billigen Geräten nicht; im Gegenteil, ihre Zahl überwog. Von Mk. 2·50 an wurden Empfänger angeboten. Wie groß die Vorliebe für einfache, leistungsfähige Apparate ist, beweist der starke Absatz des Loewe-Empfängers mit Dreifachröhre[2]) und der Arcolette von Telefunken[3]). Die meisten anderen Firmen sind jetzt diesem Beispiel gefolgt und haben preiswerte Zwei- bis Drei-Röhrengeräte von hervorragender Qualität auf den Markt gebracht. Man kann unter ihnen zwei Kategorien unterscheiden: die einen für Batteriebetrieb, die anderen für Netzanschluß. Am billigsten sind die kastenförmigen Empfänger mit aufgesteckten Röhren und Batterieanschluß (Preis 25 bis 60 Mk.). Teuerer sind die geschlossenen Empfänger, die in elektrischer Beziehung sehr gut arbeiten. Während es bei allen diesen Geräten leicht möglich ist, an Stelle der Anodenbatterie ein Netzanschlußgerät zu setzen, läßt sich der Akkumulator nicht durch das Lichtnetz ersetzen. Dafür sind besondere Typen, Zwei- bis Drei-Röhrenempfänger, ausgebildet worden, die der diesjährigen Ausstellung ihr besonderes Gepräge gaben. Netzanschlußempfänger in der Preislage zwischen 100 und 200 Mk. bildeten den Schlager der Funkschau. Der Fortfall sämtlicher Leitungsschnure und der Sorge um die Erneuerung von Anoden- und Heizbatterien sichern diesen Typen unbedingt die Zukunft. Viele Jahre werden nicht mehr vergehen, bis der Batterieempfänger zu den Seltenheiten gehört und nur beim Fehlen eines Lichtanschlusses Verwendung findet. Vorläufig ist allerdings unter den Netzanschlußgeräten noch keine vollkommene Einheit zustande gekommen, weil es noch immer Gleich- und Wechselstrom gibt.

Der Wechselstrom ist in vielen Fällen bevorzugte Stromart, weil es heute möglich ist, Röhren ohne Verwendung eines Gleichrichters unmittelbar mit Wechselstrom zu beheizen. Hier wird die Glühkathode nicht vom Strom durchflossen, sondern durch Strahlung von der Seite her erwärmt. Demzufolge dauert es auch stets einige Sekunden, ehe eine Wechselstrom-Röhre anspricht[4]). Nicht alle Hersteller verwenden diese Röhren in ihren Netzgeräten, einige bauen auch Gleichrichterröhren ein, weil sie sich von dieser Art der Heizung größere elektrische Vorteile versprechen. Die Weiterentwicklung der wechselstromgeheizten Röhren wird jedoch auch hier noch Wandel schaffen. Für Spezialzwecke und für den Bastler sind neue Dreigitterröhren mit ganz kleinem Durchgriff und Schirmgitterröhren (Doppelgitter in Schutznetzschaltung) noch von Interesse.

Die Lautsprecher sind auch in gänzlich neuer Form gezeigt worden. Dabei verdient hervorgehoben zu werden, daß schon Lautsprecher (elektromagnetisch) für 12 bis 20 Mk. zu haben waren, die auch dem anspruchsvollen Ohre genügten. Elektrodynamische und elektrostatische Lautsprecher stellten die Verfeinerung der einfachen Typen dar. Trichterlos ist noch immer die Mode, aber auch der Trichterlautsprecher fand nach wie vor viele Anhänger. Die Kosten stiegen je nach der Ausstattung auf 150 Mk. und mehr.

Eine besondere Note erhielt diese Ausstellung schließlich durch die Vorführung von Bildfunkgeräten und sogar von einem Fernseher nach Karolus-Telefunken[5]). Zum ersten Male konnte man hier bewegte Bilder auf einem Schirm sehen. Praktisch ist es schon heute möglich, in den Aufnahmebereich der Sendeeinrichtungen gebrachte Gegenstände und Diapositive auf einer Mattscheibe des Empfängers wahrzunehmen. Ein eigentliches Fernsehen wird sich zurzeit noch nicht einführen lassen, weil die letzten technischen Vorbedingungen dazu noch nicht erfüllt sind. Ein anderes sehr beachtetes Gerät war das Gleichlaufkino von Telefunken. Es arbeitet folgendermaßen: In einer Zentralstelle läuft ein von Vortrag begleiteter Film. Die Worte werden von einem Mikrophon aufgenommen und in elektrische Wellen umgeformt, einem Sender zugeleitet. An beliebig vielen Orten läßt man dann denselben Film abrollen und bringt gleichzeitig das Wort durch Lautsprecher zu Gehör. Es ist natürlich dafür Vorsorge getroffen, daß Film und Wort genau übereinstimmen.

Neben diesen vielen Apparaten und Geräten gab es auch interessante historische und statistische Darstellungen der Reichspost und der Sendegesellschaften zu sehen. Sie waren der beste Beweis für den schnellen Fortschritt der deutschen Funkindustrie und bildeten für das diesmal Gebotene einen vortrefflichen Hintergrund.

J. Boehmer, Berlin.

[1]) Vgl. E. u. M. 1927, Die Radiotechnik, S. 116.
[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 31, 100.
[3]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 76, 119.
[4]) Vgl. Die Radiotechnik 1927, S. 32, 116.
[5]) Vgl. die Radiotechnik 1926, S. 61.

Digitized by Google

Rundschau.

Die Entwicklung des Rundfunks in Österreich in der Zeit vom 1. Juni 1927 bis zum 15. Juni 1928, ist dem III. Jahresbericht der Österr. Radioverkehrs A.-G. zu entnehmen, der wie die früheren Berichte[1]) auch eine Übersicht über den Stand des Rundfunkwesens in Europa enthält.

Der durch die Union Internationale de Radiophonie ausgearbeitete Wellenplan hat sich vollkommen eingebürgert. Eine gewisse Schwierigkeit besteht in der überaus großen Zahl der neu errichteten Sendestationen, für welche die im Plan noch vorgesehenen Wellenlängen nicht ausreichten. Diese Schwierigkeit wurde durch die Herabsetzung des Rundspruchbereiches von 600 auf 545 m in der Washingtoner Konferenz[2]) und die dort vorgenommene Regelung im Wellenbereich über 1000 m, wonach in diesem Bereiche keine neue Zuweisungen für Rundspruchstationen mehr geschehen, noch vergrößert. Die Zuweisung von Kurzwellenbändern brachte aber keine Erleichterung, da nach dem derzeitigen Stande der Technik das Kurzwellensystem nicht ohne weiteres für den Rundspruch verwendbar ist. Die Folge dieser Einengung des Rundspruchbereiches war ein ganz beträchtliches Ansteigen der Leistungen der einzelnen Stationen. Erhöhte Bedeutung hat dabei auch das System des Gleichwellenrundspruches gewonnen, das sich aber noch im Versuchsstadium befindet und vorläufig nur bei geringen Sendeleistungen anwendbar ist.

Der Rundfunk steht vor einer ganzen Reihe neuer Aufgaben: Bildrundfunk und Fernsehen, internationaler Programmaustausch im größten Umfang, Gleichwellentelephonie, Kurzwellensendung. Für Europa ist der durch den Ausbau des europäischen Kabelnetzes bereits zur Tatsache gewordene mitteleuropäische Programmaustausch zwischen Deutschland, der Tschechoslowakei, Polen und Österreich kennzeichnend.

Die Union Internationale de Radiophonie in Genf war vor die Aufgabe gestellt, den europäischen Wellenverteilungsplan mit den Beschlüssen der Washingtoner Konferenz in Einklang zu bringen. Zu diesem Zwecke berief die Union eine europäische Konferenz der Rundfunkingenieure ein. Von dem Ergebnis ihrer Beratungen werden alle weiteren Maßnahmen abhängen. Mittlerweile wurden die Arbeiten der technischen Kommission zur Überprüfung der Wellenlängen fortgesetzt. Es wurden Wellenmesser von besonderer Genauigkeit hergestellt. Ferner wurde eine möglichst strenge Übereinstimmung zwischen den Messungsarten und den Lichtmassen der Rundfunklaboratorien in Brüssel und Berlin veranlaßt. Die nunmehr in Brüssel, Kesten und Berlin bestehenden Mittelpunkte, denen die Überwachung der Einhaltung der Wellen durch die Sendestationen und der Stabilität derselben obliegt, arbeiten technisch und vom Standpunkte der Arbeitsteilung sowie der gegenseitigen Unterstützung miteinander an der Ausforschung jener Stationen, die durch Abweichungen von denen ihnen zugewiesenen Wellenlängen Störungen im Betriebe anderer Stationen hervorrufen. Besondere Vorkehrungen wurden hinsichtlich der in der Linie nächst einer Landesgrenze gelegenen Stationen getroffen, die durch ihren Betrieb den Empfang in den Nachbarländern stören. Zu den technischen Arbeiten der Union gehört auch die Ausgestaltung der Relais, die in einer im Herbst v. J. in Warschau abgehaltenen Konferenz zunächst zu einer versuchsweisen Organisierung der Relais zwischen Leipzig, Wien, Warschau und Prag geführt hat. Seither ist noch die Übertragung an jugoslavische und schweizerische Sendestationen hinzugekommen. Die juridische Kommission der Union beendigte Vorarbeiten für die in Rom im Mai d. J. stattgehabte Konferenz zur Überprüfung des Übereinkommens zum Schutze des literarischen und künstlerischen Eigentumes und zeitigte wertvolle Studien zum Schutze der Sendungen gegen die eigenmächtige kaufmännische Verwertung durch Dritte. Auch hierin kann nur durch eine gesetzliche Regelung, vor allem aber durch internationale Vereinbarungen Wandel geschaffen werden. Wie sich denn überhaupt immer mehr die Überzeugung Bahn bricht, daß die ganz besonderen und völlig neuartigen, durch den Rundfunk geschaffenen Verhältnisse dringend einer zwischenstaatlichen Regelung bedürfen.

Beim österreichischen Rundspruch erhöhte sich im verflossenen Geschäftsjahr die Teilnehmerzahl auf 293 408. Ferner brachte das Geschäftsjahr 1927/28 eine bedeutende Steigerung der Leistungsfähigkeit des österreichischen Sendenetzes. Die Gesamtleistung der Sender stieg infolge der Verstärkung des Rosenhügelsenders und der Fertigstellung des Linzer Zwischensenders von 9 kW Antennenleistung auf 19 kW, also auf mehr als das Doppelte. Der Umbau der alten Anlage auf dem Rosenhügel begann im Sommer 1927 und wurde programmgemäß am 8. Mai 1928 beendet. Die hiedurch im Wiener Stadtgebiet erzielte Feldstärke ermöglichte die Außerdienststellung des Stubenringsenders, der in Zukunft nur als Reserve in Bereitschaft gehalten wird. Aus allen Stadtteilen von Wien und aus Niederösterreich wurde übereinstimmend eine ganz beträchtliche Zunahme an Lautstärke gemeldet.

Der Zwischensender Linz wurde Anfang Juni l. J. von der Marconi-Gesellschaft an die „Ravag" übergeben. Der Sender, der nur auf einer Nebenwelle arbeiten kann, besitzt 0·5 kW Antennenleistung. Um die Betriebswelle zu einer beständigen Arbeitsleistung anhalten zu können, ist er mit Kristallsteuerung ausgerüstet. Er wird von Wien aus, vorläufig auf einer von der Generalpostdirektion zur Verfügung gestellten Freileitung Wien — Linz, später auf einer Fernkabelleitung besprochen. Die T-Antenne wird von zwei 45 m hohen abgespannten Gittermasten getragen. Um die durch den Rundspruch zu erfassende Bevölkerungszahl noch weiter zu vergrößern, wird beabsichtigt, im kommenden Geschäftsjahr die auf dem Rosenhügel in Wien frei gewordene 7-kW-Station — nach entsprechender Modernisierung — in St. Peter bei Graz zur Aufstellung zu bringen.

Mit der Fertigstellung des Fernkabels Wien—Linz—Innsbruck konnte der umständliche, teils nieder-, teils hochfrequente Fernsteuerungsbetrieb des Senders Innsbruck wesentlich vereinfacht werden. Der erstrebenswerte Idealzustand wird aber ebenso wie für Linz erst mit der Inbetriebnahme der Kernvierer des Fernkabels erreicht werden. Da die hochfrequenten Übertragungen nach Klagenfurt infolge der Leitungslänge und einiger Amtsüberbrückungen zeitweise unter einer zu geringen Empfangsenergie in Klagenfurt zu leiden hatten, wurde im Post- und Telegraphenamt Bruck a. d. Mur eine in den Werkstätten der Ravag hergestellte Hochfrequenzverstärkeranlage eingebaut.

Die Verstärkeranlage in der Johannesgasse in Wien wurde gelegentlich der Probesendungen des neuen Rosenhügelsenders vollständig durchgemessen und die Breite der übertragenen Frequenzbänder gegen die hohen und die tiefen Töne hin wesentlich erweitert. Der Musikvereinssaal wurde mit einer ganz neuen Verstärkeranlage ausgerüstet. Die Anlagen im Konzerthaus und in der Staatsoper wurden modernisiert. Die Simultanübertragungen, deren ausgedehnteste außer allen österreichischen auch die deutschen Sender München, Stuttgart, Nürnberg und Frankfurt, ferner sämtliche tschechoslowakischen und die Sender in Warschau, Zagreb und Zürich mit einbezog, machten den Bau einer entsprechenden Anzahl von Ausgangsverstärkern notwendig. Sie werden angesichts des ständig steigenden Erfordernisses noch weiter zu vermehren sein. Im Berichtsjahr machten die Übertragungen aktueller Ereignisse und die Einführung des mitteleuropäischen Programmaustausches eine große Reihe von Versuchen und den Ausbau der zu diesen

[1]) Vgl. Die Radiotechnik 1928, H. 1, S. 11.

[2]) Vgl. Die Radiotechnik 1928, H. 5, S. 45.

Digitized by Google

notwendigen technischen Einrichtungen zum Gebote. Zur Durchführung der aktuellen Übertragungen wurden in den Werkstätten der Gesellschaft ein übertragbarer Kurzwellensender, zahlreiche Empfangsgeräte für lange, mittlere und kurze Wellen, verschiedene Verstärker und Schalteinrichtungen gebaut. Die Fernempfangsstation in Laxenburg wurde erweitert und in Betrieb genommen. Mit Hilfe dieser Einrichtung wurde unter anderem eine Flugzeugübertragung, eine Übertragung des Empfanges der deutschen Amerikaflieger in New-York und etliche Auslandsübertragungen durchgeführt.

Ferner wurden Bildübertragungsversuche nach den Systemen Thorne-Backer (später System Fulton[1]), Tschörner und Telefunken — Carolus durchgeführt. Zunächst wurden während der Entwicklung des Gerätebaues nach dem System Fulton die einzelnen Typen in kurzen Versuchsreihen erprobt. Nach Fertigstellung der endgültigen Typen setzten mit 1. Dezember v. J. tägliche Sendungen im Ausmaße von drei bis vier Bildern ein, die am Sendeort selbst und nach Lieferung der genügenden Empfängerzahl von den Zwischensendern auch regelmäßig empfangen wurden. Zweck dieser Versuche war in erster Linie die Ermittlung brauchbarer Bildertypen, dann aber auch das Studium atmosphärischer Einflüsse auf die Bildsendung. Ab 1. Oktober 1928 ist — zunächst für die Dauer eines Jahres — ein regelmäßiger täglicher Bildsendedienst eingerichtet worden. Der Nachrichtendienst der Ravag hat im Berichtsjahre seine bewährte Gliederung beibehalten. Es wurden 14 680 Telegramme abgegeben und 12 419 empfangen. Die Anlage in der Burg für den Empfang von Wirtschafts- und Pressenachrichten aus dem Auslande für die amtliche Nachrichtenstelle und die Transradio-Verkehrs-A.G. nahm 9510 Telegramme auf. J.

Literaturberichte.

7835 **Hochfrequenzmeßtechnik**, ihre wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen. Von Dr.-Ing. August Hund. 2., verbesserte und vermehrte Auflage. 526 Seiten mit 287 Textabb. Verlag J. Springer, Berlin, 1928. Preis: M. 39·—.

Die vorliegende Neuauflage ist in Fachkreisen schon mit Spannung erwartet worden, da die vom Jahre 1922 stammende Erstauflage[2]) naturgemäß durch die stürmischen Fortschritte bedeutend überholt war. Da der Verfasser selbst in der Zwischenzeit viel Neues entwickelt hatte, was noch nicht in ausführlicher Darstellung erschienen ist, wird diese hochgespannte Erwartung um so begreiflicher; sie wurde insoferne vollauf befriedigt, als gerade die modernsten Meßmethoden eine sehr ausführliche Darstellung gefunden haben.

Drei praktische Aufgaben waren es hauptsächlich, welche die Hochfrequenzmeßtechnik in der letzten Zeit besonders befruchtet haben. Die Bestimmung der Intensität ausgestrahlter Felder (Strahlungsmessung), ferner die Messung des Verstärkungsgrades insbesonders bei hohen Frequenzen (Verstärkungsmessung) und schließlich die Feststellung des Grades der Aussteuerung einer Trägerwelle (Modulationsmessung).

Für die Lösung derartiger Probleme war eine Weiterentwicklung der Röhrenvoltmeter notwendig und dementsprechend ist der betreffende Abschnitt bedeutend ausgebaut worden.

Hier sei ein kleines Beispiel herausgegriffen (Seite 490), welches zeigt, wie sehr die Fortschritte der Hochfrequenzmeßtechnik mit den praktischen Tagesbedürfnissen des Radioingenieurs verknüpft sind. Um die Reinheit eines gleichgerichteten Stromes zu messen, was unter anderem bei der Prüfung von Netzanschlußgeräten eine wichtige Rolle spielt, genügt wegen ihrer geringen Empfindlichkeit eine oszillographische Aufnahme nicht, dagegen führt ein Röhrenvoltmeter in einfacher Weise zum Ziel. Man kompensiert die Gleichspannung in bekannter Weise mittels einer Hilfsbatterie, eines Spannungsteilers und eines Mikroamperemeters. Nach genauer Abgleichung des Gleichstromes bleibt noch ein Restausschlag am Röhrenvoltmeter und dieser ist der gesuchten Wechselspannungskomponente proportional — sicher ungemein naheliegend, fast selbstverständlich — und doch neu.

Neu aufgenommen wurden ferner ein Kapitel über Siebkettenberechnung. Die Siebkette galt bis vor kurzem als Domäne des Schwachstromingenieurs, darf aber heutzutage vom Radiotechniker nicht mehr vernachlässigt werden.

Über die Verwendung von Piezoquarzen werden wir in verschiedenen Abschnitten unterrichtet. Es ist zu bedauern, daß diese Erscheinungsgruppe nicht eine zusammenhänge Bearbeitung erfahren hat.

Dies führt uns zu der allgemeinen Einteilung des Stoffes: sie ist von der früheren Auflage her beibehalten worden, und scheint nicht sehr glücklich zu sein. An Stelle der Zusammenfassung experimentell verwandter Gebiete, ist eine rein äußerliche Gliederung nach formalistischen Gesichtspunkten durchgeführt. So ist zum Beispiel im Kapitel 6 von Strom-, Spannungs- und Energieverstärkern die Rede, darunter werden sowohl magnetische Verstärker (mit gleichstromgesättigtem Kern arbeitende Transformatoren) verstanden, als auch Elektronenröhren usw. Man kann sich daher nur schwer ein geschlossenes Bild von der Arbeitsweise der Röhren machen. Da das Kapitel „Hochfrequenzgeneratoren" ganz an den Anfang gerückt ist, wird unter anderem die Theorie der Schwingungserzeugung mit Elektronenröhren, das verwickelte Ziehproblem usw. viel früher besprochen, als die einfache Verstärkerwirkung von Röhren, oder der Richardson-Effekt.

Angenehm ist hingegen die Hervorhebung der wichtigeren Formeln in verstärkter Schrift, während die Ableitungen, um den Zusammenhang nicht zu stören, an den Schluß gerückt erscheinen. Allerdings ist nicht alles Hervorgehobene der fetten Lettern würdig gewesen.

Die Neuauflage ist fast doppelt so stark geworden als die alte, 525 statt 326 Seiten. Dies ist bedauerlich, denn ihre großen Vorzüge könnten besser zur Geltung kommen, wenn der Autor den Mut gehabt hätte, Veraltetes, wie etwa die Methoden der gedämpften Schwingungen, einfach wegzulassen. R. Ettenreich.

Neue Preislisten.

Ferranti, Hollinwood, Lancashire (England.) Verzerrungsfreie Transformatoren (Audio Frequency Transformator) Type AF 3, AF 4 und AF 5. — Endverstärkungstransformatoren Type OP 1 und OP 2. — Radiomeßgeräte. — Lautsprecher. — Akkumulatorenladegeräte. — Spulen. — Kondensatoren. — Die Preisliste enthält auch Winke und Schaltungen für guten Rundfunkempfang.

[1]) Vgl. Radiotechnik 1927, S. 32.

[2]) Vgl. die Besprechung E. u. M. 1923, S. 360.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.

Digitized by Google

DIE RADIOTECHNIK

BEIBLATT zu „ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, WIEN"

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „Die Radiotechnik, Wien" gestattet

Heft 12 | **9. Dezember 1928** | **5. Jahrgang**

INHALT: E. Mittelmann: Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1928. S. 105. — Dr. R. Hiecke: Bildübertragung und Fernsehen (Schluß.) S. 107. — LITERATURBERICHTE. S. 112.

Die Radiotechnik auf der Wiener Herbstmesse 1928.

Die diesmalige Ausstellung war aus zwei Gründen bemerkenswert. Zunächst wegen der Qualität des Gebotenen, andererseits wegen der deutlich sichtbaren Einheitlichkeit der Entwicklung. Es wurden weniger schalttechnische Neuerungen gezeigt, als eine weitgehende Anpassung der Geräte an die Forderungen der einfachen Bedienung und der Betriebssicherheit. Dieser Tendenz entsprechend sah man auch sehr viele Netzanschlußgeräte für Gleich- und Wechselstrom für die Entnahme der Anoden- und Gitterspannungen, während die Heizbatterie noch in den meisten Fällen beibehalten und nur die Ladung derselben durch Kleinlader besorgt wird. Der Apparatebau ist vielfach durch das Erscheinen der modernen Schirmgitterröhren entscheidend beeinflußt, besonders die Zwischenfrequenzempfänger verwenden fast durchwegs die neuen Röhren. Der Trichterlautsprecher ist beinahe verschwunden, es dominieren die Konuslautsprecher, besonders solche mit Großflächenmembranen. Einzelne Vertreter der elektrodynamischen Type fielen durch ihre verblüffende naturgetreue Wiedergabe auf. Im allgemeinen ist auf dem Gebiete der Lautsprecherkonstruktionen eine sehr weitgehende Entwicklung zu bemerken, die auch hohen künstlerischen Anforderungen gerecht wird.

Was die Einzelteile anbelangt, so ist hier naturgemäß eine gewisse Stabilisierung eingetreten, die eher auf eine gediegene Qualität als auf Neukonstruktionen Wert legt. Mit Ausnahme der elektrischen Schalldosen, die in verhältnismäßig großer Zahl vertreten waren, zur Übertragung von Schallplattenmusik, wurde auch nichts wesentlich Neues gezeigt. Diese sogenannten Tonabnehmer sind in ihrer prinzipiellen Ausführung fast durchwegs gleich. Die Nadel steht in der Regel mit einem kleinen Anker in Verbindung, so daß durch die Vibrationen der Nadel Spannungen induziert werden, die auf das Gitter des N. F.-Verstärkers einwirken. Die Befestigung der Tonabnehmer am Führungsarm des Grammophonapparates erfolgt in der Regel mittels einer Gummidichtung, um eine Schwingungsübertragung zu verhindern.

Bemerkenswert ist vor allem die Entwicklung in der Röhrenindustrie, die auch den Apparatebau entsprechend beeinflußt. Gekennzeichnet wird diese Entwicklung besonders durch drei Röhrentypen: die Schirmgitterröhren mit einem sehr hohen inneren Widerstand und Verstärkungsfaktor, die Röhren mit direkter oder indirekter Wechselstromheizung aus dem Lichtnetz und schließlich die Hochleistungsröhren mit Bariumkathoden, die eine überaus große Steilheit aufweisen. Während bei den indirekt geheizten Wechselstromröhren der eigentliche Glühfaden mit einem Körper umgeben ist, der die emittierende Schichte trägt, verwenden die direkt geheizten Röhren dicke, kurze Heizdrähte, die zufolge ihrer großen Wärmeträgheit eine gleimäßige Emission ermöglichen.

Zum ersten Male wurde auch der Bildfunk vorgeführt, und zwar der auch von der Ravag verwendete Fultograph. Es ist interessant zu vermerken, daß die Übertragung auf einer Wellenlänge von 3 m erfolgte.

Die Entwicklung der Lautsprecher, sowie der neue Gedanke der Tonabnehmer brachten das Erscheinen einer neuen Apparatetype mit sich, nämlich den Kraftverstärker, das sind N. F.-Verstärker zur Speisung von mehreren Lautsprechern und mit wahlweiser Übertragung von Rundfunk und Schallplattenmusik. Bei den meisten gezeigten Modellen war die Schaltung, soweit keine besonderen Endröhren verwendet wurden, zumeist in Gegentakt mit Widerstandsverstärkung als Vorstufe.

Im Nachstehenden sollen die wichtigsten Aussteller, mit lediglicher Berücksichtigung der Neukonstruktionen besprochen werden.

Siemens & Halske brachte zunächst in Vertretung der Firma Telefunken Röhren der eingangs erwähnten neuen Typen. Die Schirmgitterröhren RES 1204, die als RENS 1204 auch als indirekt geheizte Wechselstromröhre erzeugt wird, hat eine Anoden-Gitterkapazität von bloß 0·007 cm und einen theoretisch möglichen Verstärkungsfaktor von rund 500. Bemerkenswert ist die neue Hochleistungsröhre RE 604, eine Vertreterin der Bariumtype, die bei einer verhältnismäßig geringen Heizleitung eine unverzerrte Wechselstromleistung von 2 Watt abzugeben vermag. Einzelne Röhrentypen mit großer Steilheit (3 mA/V) sind als Doppelröhren ausgeführt, mit zwei getrennten Systemen in einem Glaskolben. Der Protos-Trockengleichrichter ist nach dem Prinzip der Kupferoxyd-Gleichrichter gebaut und wird für die Ladung von 1 bis 3 Akkumulatorenzellen verwendet. Die Gleichrichtersäule besteht aus neun Messingkühlplatten, die gleichzeitig als Stromabnehmer dienen. Zwischen den einzelnen Messingplatten sind die Metallkombinationen eingepreßt. Diese bestehen aus Aluminium- und Kupferplatten, auf den ersteren ist eine Oxydschichte auf chemischem Wege angebracht. Zwei Einzelzellen für je eine Strombelastung von 0·25 A arbeiten in der Graetz'schen Gegenschaltung, so daß eine Vollweggleichrichtung erreicht wird. Die Siemens-Heizanode ist die Kombination eines Netzanschlußgerätes zur Entnahme der Anoden- und Gitterspannungen mit einem Ladegleichrichter, der über einen kleinen Akkumulator als Pufferbatterie an die Heizklemmen des Empfängers geschaltet wird. Von dem vollkommenen Netzanschluß wird bei dem Arcophon-Empfänger Gebrauch gemacht, es ist dies ein Dreiröhren-Empfänger mit eingebautem Wechselstrom-Netzanschlußgerät und Netzheizung der Röhren. Der obere Teil des Empfängers ist als Lautsprecher ausgebildet. Wie alle Telefunken-Empfänger ist auch dieser Empfänger mit Sprechmaschinen-Anschluß für die Übertragung von Schallplattenmusik ausgerüstet. Für die Wiedergabe von Schallplattendarbietungen vor einer größeren Zuhörerschaft, hat die Firma übrigens einen Dreiröhrenverstärker mit Widerstandskopplung und parallel geschalteten Endröhren herausgebracht, zur Abtastung der Schallplatte dient der Siemens-Tonabnehmer. Es wäre noch

Digitized by Google

der beim Südportal der Rotunde aufgestellte Riesenblatthallerˢ zu erwähnen, der durch seine gute Wiedergabe von Sprache und Musik auffiel. Die ziemlich umfangreiche Verstärkerapparatur für den Betrieb des Lautsprechers besteht aus einem 7stufigen Verstärker (Mikrophonverstärker, Hauptverstärker und Leistungsverstärker), einem rotierenden Umformersatz mit drei Generatoren samt zugehöriger Schalttafel für die Stromlieferung, dem Kontrollautsprecher, der Besprechungsteile, bzw. dem Grammophon mit einem Siemens-Tonabnehmer. In der Endverstärkerstufe wird mit einer Anodenspannung von 1500 V gearbeitet und die Sprechleitung des Blatthallers führt 20 bis 80 A. Die gesamte Leistung, welche für den Betrieb der Anlage erforderlich ist, beträgt zirka 1·8 kW.

Über die neuen Röhrentypen A 442 und B 443 der Firma Philips wurde bereits ausführlich berichtet[1]). Auch hier wurden Wechselstromröhren mit direkter und indirekter Netzheizung gezeigt. Der Kurzwellentelephoniesender, den die Firma im Messegelände aufgestellt hatte, veranschaulichte die Verwendung der Philips Amateursenderöhren, die bei verhältnismäßig geringer Anodenspannung auch größere Sendeleistungen ermöglichen. Außer dem bereits bekannten Konuslautsprecher wurde auch ein elektrodynamischer Lautsprecher von überaus klanggetreuer Wiedergabe gezeigt, der auch aus dem Grunde bemerkenswert war, da er entgegen der anderen elektrodynamischen Typen keine Fremderregung benötigen. Das magnetische Feld, in dem sich die Drehspule bewegt, wird durch einen starken permanenten Magneten hervorgerufen. Der Eisenkern besteht aus einer Speziallegierung von besonders hoher Permanenz. Die mit der beweglichen Spule verbundene Konusmembrane ist in der Vorderwand des Lautsprechers befestigt, so daß hiedurch eine große Schallfläche erzielt wird. Um einerseits den Anodengleichstrom vom Lautsprecher fernzuhalten, andererseits den Lautsprecher an die verschiedenen Endröhrentypen anpassen zu können, ist in dem Lautsprechergehäuse ein Eingangstransformator mit eingebaut, der verschiedene Anzapfungen hat. Der Philips-Niederfrequenztransformator hat auch einen Eisenkern aus Spezialeisen mit hoher Permeabilität, der geringe Abmessungen des Transformators ermöglicht. Um einen geringen Gleichstromwiderstand der Primärseite zu erreichen, ist diese mit Silberdraht gewickelt, während für die Sekundärwicklung Widerstandsdraht Verwendung findet. Zur Vervollständigung der Anodenspannungsapparate wird ein Kleinlader erzeugt.

Die Firma Loewe Radio G. m. b. H. (Krischker & Nehoda, Wien) brachte den neuen Loewe-Fernempfänger, der eine Weiterentwicklung der aperiodischen Hochfrequenzverstärkung mit Widerstandsstufen darstellt. Der Apparat enthält drei H. F.-Zweifachröhren[2]) in Kaskadenschaltung, die in ihrer neuen Ausführung kein Raumladegitter mehr besitzen, wodurch auch die mittlere Belastung der Anodenbatterie verringert wird. Den drei Zweifachröhren folgen weitere zwei Dreifachröhren für die Niederfrequenzverstärkung. Die Gleichrichtung wird durch die erste Stufe der ersten Dreifachröhre besorgt. Die Regelung der Lautstärke erfolgt durch Änderung der Heizung der ersten Dreifachröhre. Der Empfänger bringt mit hinreichender Selektivität die meisten europäischen Sender an einer kleinen Rahmenantenne im Lautsprecher. Die einzelnen Stufen, wie auch der ganze Empfänger sind sorgfältig abgeschirmt.

Auch die Österreichische Telephonfabriks A. G., vormals J. Berliner, ist in der Konstruktion von Zwischenfrequenzempfängern zur Verwendung von Schirmgitterröhren übergegangen. Der Berliner-Schirmgitter-Ultradyne, für einen Wellenbereich von 20 bis 2000 m, hat nur fünf Röhren, gegen die übliche Röhrenzahl von 7 bis 8 bei den bisherigen Apparaten der Überlagerungstype. Der von dem Oszillator beeinflußte Anodenkreis der Ultradynstufe arbeitet über einen abgestimmten Filtertransformator auf den Gitterkreis der Schirmgitterröhre, die über einen abgestimmten Sperrkreis den Zwischenfrequenzgleichrichter steuert, Es wird nur eine, transformatorisch gekoppelte Niederfrequenzstufe verwendet, für die eine entsprechende Hochleistungsendröhre gewählt wird. Der Apparat arbeitet mit einer kleinen Rahmen- oder Behelfsantenne mit befriedigender Lautstärke für die Mehrzahl der europäischen Stationen. — Bemerkenswert ist auch der Dreiröhren-Orts- und Fernempfänger „Berliner Type 1000", zumal wegen seines gedrungenen Aufbaues. Der Apparat ist ein Reinartzempfänger mit zwei widerstandsgekoppelten Niederfrequenzstufen. Ein Generalausschalter gestattet die sofortige Einschaltung sämtlicher Röhren. Drei schwenkbare Spulen ermöglichen die Einstellung der größten Empfindlichkeit. Bemerkenswert ist das Gehäuse des als „Volksempfänger" gedachten Empfängers, das aus einer Preßmasse besteht.

Eine durchgehende Abschirmung zeigen die Apparate der Firma Horny in ihrer neuen Ausführung. Auch hier werden Schirmgitterröhren für die Hochfequzstufen verwendet, bzw. in der Zwischenfrequenzstufe der Überlagerungsempfänger. Interessant ist bei diesen Apparaten die Durchführung der vollständigen Trennung der einzelnen Abstimmkreise durch die Abschirmbleche. Die Schirmbleche sind derart ausgebildet, daß die Schirmgitterröhren mit einer Blechhaube überstülpt werden können. Praktisch wirkt sich diese Maßnahme so aus, als wäre das Schirmgitter ein Teil der Abschirmbleche und es wird in dieser Weise eine tatsächlich vollständige Entkopplung der Anoden- und Gitterkreise erreicht. Bemerkenswert ist der Neutrovox A 5 mit zwei Hochfrequenzstufen unter Verwendung von Schirmgitterröhren. Der Apparat hat Einknopfbedienung mit nach Wellenlängen geeichter Skala, der Wellenbereich wird durch Hebelumschaltung gewechselt.

Die Schirmgitterröhre kann auch, wenn die Anoden- und Gitterspannungen entsprechend gewählt werden, als Gleichrichter benützt werden. Die Größe der gleichgerichteten Spannung wird von einem günstigsten Arbeitspunkt der Anoden- und Schirmgitterspannung abhängen. Daß die neue Röhrentype auch als Eingangsrohr in Zwischenfrequenzempfängern benützt werden kann, haben gleich nach Erscheinen der Röhren, manche Versuche bewiesen. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte ist der Sechsröhren-Universalempfänger Radione der Firma Ing. Nikolaus Eltz gebaut. Als Eingangsrohr, erste und zweite Z. F.-Stufe, sowie als Z. F.-Gleichrichter werden Schirmröhren verwendet. Jedes einzelne Rohr ist mit den dazugehörigen Kopplungs- und Abstimmelementen für sich vollkommen abgeschirmt. Die Umschaltung auf verschiedene Wellenbereiche erfolgt mittels eines Gruppenschalters der mit drei eingebauten Spulengruppen einen Wellenbereich von 12 bis 3500 m bestreichen kann.

In origineller Weise ist die Frage der Bestreichung eines gesamten Wellenbereiches von 200 bis 2000 m bei dem Siebenröhren-Schirmgitter-Überlagerungsempfänger der Eumig A. G. gelöst. Es werden zwei Rahmenantennen — eine für den Rundfunkbereich 200 bis 600 m, die andere für Wellen von 600 bis 2000 m — verwendet, deren Wicklungsebenen auf einander senkrecht stehen. der Übergang auf einen anderen Wellenbereich erfolgt durch einfache Umschaltung, ohne Rahmenwechsel. Die Zwischenfrequenzverstärkung erfolgt in zwei Schirmgitterröhren, denen eine Audionstufe in der Hartley-Schaltung mit zwei transformatorisch gekoppelten Niederfrequenzstufen folgt.

Eletrodynamische Lautsprecher mit Fremderregung waren durch die Marken Magnavox und Marconiphon vertreten. Die Erregerwicklung ist entweder für den direkten Gleichstromnetzanschluß vorgesehen oder sie wird aus einem 6 V Akkumulator gespeist. Die Konstruktion ist bei fast allen elektrodynamischen Typen dieselbe. Konusmembrane mit der Drehspule am spitzen Ende und Befestigung der Konusöffnung mittels eines Gummi- oder Lederringes am Gehäuse. Die Er-

[1]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1928, Heft 7 und 10.

[2]) Vgl. „Die Radiotechnik" 1926, Heft 12, S. 110.

Digitized by Google

regerwicklung ist entweder 4 oder 2-polig gewickelt. Überraschend bei allen elektrodynamischen Typen ist die Vollkommenheit der Wiedergabe, die auch bei großen abgegebenen Leistungen gewahrt bleibt.

Netzanschluß und Ladegeräte wurden in solcher Fülle und von fast allen Firmen gezeigt, daß es nicht möglich ist, auf diese näher einzugehen. Die Wechselstromgeräte benützen im allgemeinen die Vollweggleichrichtung, die Spannungsteilung für die verschiedenen Stufen des Empfängers erfolgt über Ocelitstäbe, die einzelnen Abzapfpunkte und der negative Pol sind mit großen Blockkondensatoren überbrückt. Als Spannungsteiler für Netzanschlußgeräte bringt das Radiowerk E. Schrack einen hochbelastbaren Metallwiderstand auf den Markt. Der mit Spindelvorschub gewickelte Widerstandsdraht ist weitgehendst unabhängig von der Belastung. Eine verschiebbare Schelle ermöglicht das Abgreifen verschiedener Spannungen. Der hochohmige Metallwiderstand von Kremenezky ist ähnlich wie die Heizwiderstände auf einen hochwertigen Isolierkörper gewickelt und ist mittels eines drehbaren Schleifkontaktes in 40 Stufen regelbar.

Groß war die Zahl der verschiedenen Siebketten und „Wellenfallen" zur Ausschaltung eines störenden Ortssenders. Im Wesen besteht dieselbe aus der Kombination einer anzapfbaren Spule mit einem verlustarmen Drehkondensator.

E. Mittelmann.

Bildübertragung und Fernsehen.

Von Dr. R. Hiecke, Wien.

(Schluß aus Heft 10, Seite 9 .)

Außerordentliche Fortschritte hat das Fernsehen in den letzten Jahren in Amerika gemacht, so daß man zu der Annahme berechtigt ist, daß dieses Problem endlich gelöst ist.

Am 7. April 1927 überraschten die Bell-Telephone-Laboratorien in New York die amerikanische Welt mit der gelungenen Vorführung der ersten Fernsehapparate. Die Übertragungen wurden sowohl über Draht von Washington, D. C., nach New York als auch drahtlos von der Versuchsanstalt der Bell-Telephone Laboratorien in Whippany, New Jersey, durchgeführt. Die erstgenannte Strecke betrug 400 km, die zweite 35 km. Die von den beiden Sendestationen übermittelten Bilder wurden in New York mit zwei verschiedenen Apparaten aufgenommen. Im ersten Apparate wurde ein kleines Bild von $2 \times 2{\cdot}5$ Zoll Größe erzeugt, das zur Betrachtung durch eine Einzelperson bestimmt war. Die Bildfläche des zweiten Apparates betrug ebensoviel Fuß, wie die erste Zoll und war für den Gebrauch in größeren Versammlungen bestimmt. Parallel mit den Fernsehleitungen liefen Sprechleitungen, so daß der in New York mit seinem Bekannten in Washington oder Whippany ein Telephongespräch Führende diesen auch sehen konnte. Bei der Vorführung des größeren Apparates war an die Sprechleitung ein Lautsprecher angeschlossen, so daß man bei den von Washington oder Whippany aus gesendeten Ansprachen oder Gesangsvorträgen den Redner oder Sänger gleichzeitig sowohl hören als auch sehen konnte. Die Wiedergabe der Person war allerdings im Wesentlichen auf ihr Gesicht beschränkt.

Die damals verwendeten Fernscheinrichtungen wurden nun von den an der Ausarbeitung beteiligten Ingenieuren der Bell-Telephone-Laboratorien in einer Reihe von Aufsätzen[1]), denen die nachstehenden Angaben entnommen wurden, ausführlich beschrieben. Das Prinzip der Apparate ist verhältnismäßig einfach; es waren jedoch so viele und so ernste Schwierigkeiten in den einzelnen Teilen zu besiegen, daß der schließliche Erfolg zweifellos eine bewunderungswürdige Leistung darstellt.

Die Grundlage des Aufbaues des Apparates für Einzelpersonen bilden zwei synchron laufende Scheiben am Sende- und Empfangsorte, von denen jede nach dem deutschen Patente von Nipkow aus dem Jahre 1884 am Umfange 50 in einem Spiralenumgange angeordnete Löcher trägt. Beide Scheiben werden von synchron laufenden Elektromotoren mit 1062 U/min angetrieben. Man könnte sich nun vorstellen, daß die am Sendeorte vor der Scheibe sitzende Person hell beleuchtet und ihr Bild mittels einer photographischen Linse auf den mit den Öffnungen versehenen Scheibenrand geworfen wird. Hinter der Scheibe wäre dann eine zweite Linse angebracht, welche das von einem Bildpunkte durch die augenblicklich hinter ihm vorbeilaufende Öffnung hindurchtretende Licht auf eine Photozelle konzentriert. Durch die nacheinander unter dem Bilde vorbeistreichenden, spiralig angeordneten Öffnungen würde nun das flächenhaft ausgedehnte Bild in eine zeitliche Folge von Lichtimpulsen in der Photozelle und, da der Strom in dieser der Stärke der Lichtimpulse proportional ist, zugleich auch in eine Zeitfolge vom Stromimpulsen zerlegt. Eine solche Anordnung wird bei der gewöhnlichen Übertragung toter Bilder verwendet. Allein die Beleuchtungsstärke, die man einem leblosen Bilde zumuten darf, wäre für das Auge lebender Personen unerträglich. Die Aufnahme bei erträglicher Beleuchtung dagegen würde viel zu schwache Stromimpulse liefern, die sich über das Niveau der zufälligen Störströme in den ersten Verstärkerröhren nicht mehr genügend herausheben. Es wurde daher der umgekehrte in Abb. 5 dargestellte Weg eingeschlagen. An die Stelle der Photozelle wurde die Lichtquelle, eine starke Bogenlampe, und an die Stelle der Beleuchtungslampen eine Anordnung von drei großen Photozellen gesetzt. Die rechts abgebildete Flasche stellt den aufzunehmenden Gegenstand dar. Dieser wird nur durch einen über alle seine Stellen hinhuschenden kleinen Lichtfleck erleuchtet, der wegen der Schnelligkeit seiner Bewegung auf das Auge der aufzunehmenden Person nicht mehr störend wirkt. Sein Licht wird von der Oberfläche des Gegenstandes zerstreut und fällt zum Teile auf die großen Photozellen, die hierauf mit Stromimpulsen reagieren. Die Photozellen weichen im Prinzipe von den bisher verwendeten nicht ab und unterscheiden sich von ihnen nur durch ihre ungewöhnliche Form und Größe. Es sind zylindrische Röhren von 37 cm Länge und 9 cm Durchmesser; die Kathode hat eine lichtempfindliche Fläche von 260 cm² und die Anode besteht aus einem schraubenförmig auf ein zentrales enges Rohr aufgewickelten Drahte. (Abb. 6). Drei solcher Röhren werden in einer Entfernung von etwa 30 bis 40 cm vor dem Gesichte der aufzunehmenden Person an einem quadratischen Rahmen angebracht; eine an der oberen Horizontalseite, die beiden anderen rechts und links an den Vertikalseiten. (Abb. 7). Die Stromimpulse der Photozellen sind zwar von verschiedener Stärke aber alle gleichgerichtet,

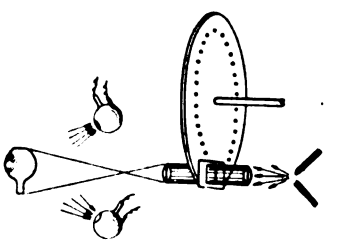


Abb. 5.

[1]) The Bell System Technical Journal, Bd. VI, Nr. 4, Oktober 1927: „Television" von Herbert E. Ives. „The Production and Utilization of Television Signals" von Frank Gray, I. W. Horton und R. C. Mathes. „Synchronisation of Television" von H. M. Stoller und E. R. Morton. „Wire Transmission System for Television" von D. K. Gannett und E. J. Green. „Radio Transmission System for Television" von Edward L. Nelson.

Digitized by Google

sie stellen also in ihrer Gesamtheit einen modulierten Gleichstrom dar. Ihre Zerlegung in Einzelfrequenzen würde daher als Basis eine Gleichstromkomponente liefern, die der Durchschnittshelligkeit des Bildes entspricht. Auf die Übertragung dieser Gleichstromkomponente wurde verzichtet, sie wird auf der Empfangsseite auf geeignete Weise, zum Beispiel durch den Anodenstrom der letzten Verstärkerröhre, wieder hinzugefügt. Die Wechselkomponenten verschiedener Frequenz werden in einer Verstärkeranordnung bis auf mindestens 4 mA in einer Impedanz von 600 Ω, also auf eine Leistung von 0·01 W verstärkt, damit sie sich aus den

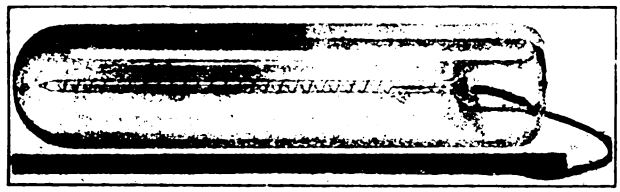


Abb. 6.

auf der Übertragungsleitung unvermeidlich induzierten Störströmen genügend herausheben. Die ursprüngliche Zeichenstärke in den Photozellen kann nach dem Verstärkungsgrade auf 10^{-15} W geschätzt werden, so daß im Gitterkreise der ersten Verstärkerröhre an den Klemmen eines mit der Photozelle in Reihe liegenden Widerstandes von 100 000 Ω nur etwa 10 μV wirksam sind. Die an der Empfangsstelle ankommenden, wieder beträchtlich geschwächten Wechselströme werden neuerlich verstärkt und speisen zuletzt eine Neonglimmlampe mit einer plattenförmigen Elektrode, die sich hinter der zweiten synchron laufenden Lochscheibe befindet. Diese Plattenelektrode ist stets ganz mit Glimmlicht bedeckt, dessen wechselnde Helligkeit der algebraischen Summe aus den verstärkten Signal-

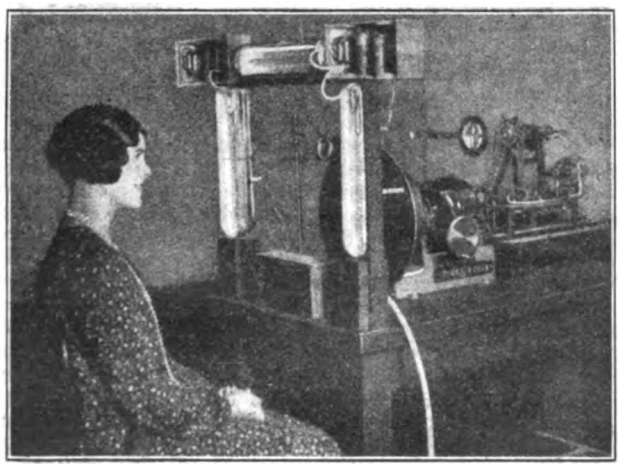


Abb. 7.

strömen und der hier wieder hinzugefügten Gleichstromkomponente entspricht. Die vorüberhuschenden Scheibenöffnungen erscheinen an jeder Stelle in der der augenblicklichen Stärke des Glimmlichtes entsprechenden Helligkeit und liefern, da ihre Stellung wegen des synchronen Laufes genau der Stellung des abtastenden Lichtfleckes am Sendeorte entspricht, ein Bild des abgetasteten Gegenstandes. Diesem Bilde sieht man die Zusammensetzung aus nacheinander durchlaufenen Streifen nicht mehr an, da es in der kurzen Zeit von $^1/_{16}$ sec (genau $^1/_{17}$ sec) entsteht, so daß der Lichteindruck im Auge vom Aufleuchten des ersten Bildpunktes bis zur Vollendung des ganzen Bildes andauert. Eine gleiche Neonglimmlampe ist auch in einem Winkel von 90° gegen die Lichtquelle verschoben hinter der Lochscheibe des Senders angebracht. Sie wird von den Bildzeichen des Senders gespeist und dient dazu, der sendenden Person das gesendete Bild mittels einer Spiegelvorrichtung sichtbar zu machen. Um dieses Bild richtig in seinen Rahmen zu bringen, ist die Lochreihe der Sendescheibe um einen Viertelkreis verlängert.

Bei dem für ein ganzes Auditorium bestimmten Apparate wird ebenfalls eine Neonglimmlampe verwendet. Sie besteht in einer sehr langen Röhre, die in unmittelbar nebeneinanderliegenden Hin- und Hergängen die ganze Bildfläche von 2 × 2·5 Fuß bedeckt und besitzt eine gemeinsame innere, aus einem fortlaufenden Schraubendrahte bestehende, sowie 25 äußere Elektroden, die nebeneinander der Rohrwand anliegen und mit eingeschmolzenen Zuleitungen versehen sind. Diese Zuleitungen führen zu Kontaktstücken, die in vier gegeneinander versetzten Reihen auf der zylindrischen Innenseite eines Ringes angeordnet sind. Über diese Kontaktstücke streicht eine Blattfeder, die an einem synchron mit der Sendescheibe umlaufenden Speichenarme sitzt. Durch den Kontaktarm wird der verstärkte Zeichenstrom jeweils derjenigen Außenelektrode zugeführt, deren Stellung in der Bildfläche der Stellung des abtastenden Lichtfleckes zum Gegenstande am Sendeorte entspricht. Die durchlaufende Neonröhre wurde gewählt, um die Unterschiede im Druck und der Reinheit des Neons bei der Verwendung getrennter Röhren zu vermeiden.

Wegen der gewissermaßen zum Glimmstrom parallel geschalteten Kapazität der langen Neonröhre von etwa 15 μμF je Außenelektrode besteht bei dieser Röhrenform eine beträchtliche Abhängigkeit der Glimmhelligkeit von der Frequenz, die bei der kleinen Neonröhre im Apparate für Einzelpersonen nicht bemerkbar wird. Es mußte daher die prozentuelle Änderung der Frequenz möglichst eingeschränkt werden, was dadurch geschah, daß die verstärkten Bildzeichen einer in einem besonderen Oszillator erzeugten Trägerfrequenz von 500 Kilozykeln durch Modulation überlagert wurden. Die Wirkung auf die Glimmstärke zeigt Abb. 8. Die obere gebrochene Linie ist die Strom-Spannungscharakteristik der Neonröhre; darunter sind die mit dem ursprünglichen Bildzeichen modulierten Schwingungen dargestellt. Die Stärke des Glimmlichtes ist den schraffierten Flächen und damit auch der Zeichenstärke proportional; eine gewisse kaum merkliche Abweichung von der letzteren Beziehung wird durch die Sinusform der Trägerwelle verursacht. Man sieht, daß die Amplitude der unmodulierten Trägerwelle so zu regeln ist, daß nicht nur die Glimmschwelle der Neonröhre überwunden, sondern auch die der nicht übertragenen Gleichstrombasis entsprechende Glimmstärke erzeugt wird. (Ähnliches gilt auch für die kleine Neonlampe für Einzelpersonen, die eine, den obigen beiden Forderungen entsprechende Gleichvorspannung erhalten muß.) Zur Beseitigung des Entladeverzuges erhält jede Rohrwindung der langen Neonröhre an der Eintrittsseite des Bildes eine von der Umrahmung der Bildfläche verdeckte Hilfselektrode, die dauernd von der unmodulierten Trägerwelle gespeist wird.

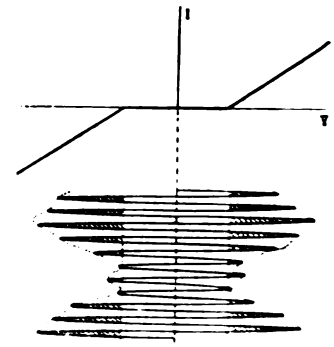


Abb. 8.

So einfach sich diese Beschreibung liest, so waren doch bis zur befriedigenden Lösung der Aufgabe zahlreiche Fragen zu klären und Schwierigkeiten zu besiegen, auf die es sich wohl lohnt näher einzugehen.

Wie schon erwähnt, setzt sich das Bild aus 25 Einzelelementen zusammen. Hierauf wurde man durch die Tatsache geführt, daß sich das menschliche Gesicht durch das Autotypieverfahren mit einem 50 Linien-

Digitized by Google

raster, das ist durch Zerlegung in je 50 Horizontal- und Vertikalstreifen in befriedigender Weise wiedergeben läßt. Es wird dadurch in 2500 Bildpunkte oder Einzelelemente zerlegt. Hieraus ergeben sich auch die Frequenzgrenzen, die von den Apparaten und Leitungen noch nach oben und unten durchgelassen werden müssen, um ein befriedigende Wiedergabe zu erzielen. Denkt man sich eine Öffnung der umlaufenden Lochscheibe — oder den abtastenden Lichtfleck —, eine Grenzlinie zwischen hell und dunkel senkrecht überschreitend, so wird im Bilde schon durch die Ausdehnung der Öffnung in der Bewegungsrichtung die scharfe Grenzlinie etwas verwaschen werden, denn so lange die Grenzlinie innerhalb des Lichtfleckes liegt

Würden nun durch die Apparate und Leitungen nicht nur die Amplituden im ganzen Frequenzbereiche im gleichen Verhältnisse geschwächt, sondern wäre auch das Verhältnis zwischen der Phasenverschiebung β im Bogenmaße und der Kreisfrequenz ω für alle Frequenzen dasselbe, oder mit anderen Worten, wäre $d\beta/d\omega$ im ganzen Frequenzbereiche konstant, so würden nicht nur die Intensitätsverhältnisse aller Impulse dieselben bleiben, sondern es würden gleichzeitig ausgesandte Impulse verschiedener Frequenz, wie zum Beispiel die Fourierkomponenten irgendeiner Zeichenkontur gleichzeitig ankommen, die Kontur also ohne Verzerrung wiedergegeben werden. Dies ist nun nicht strenge möglich und mit Rücksicht auf den

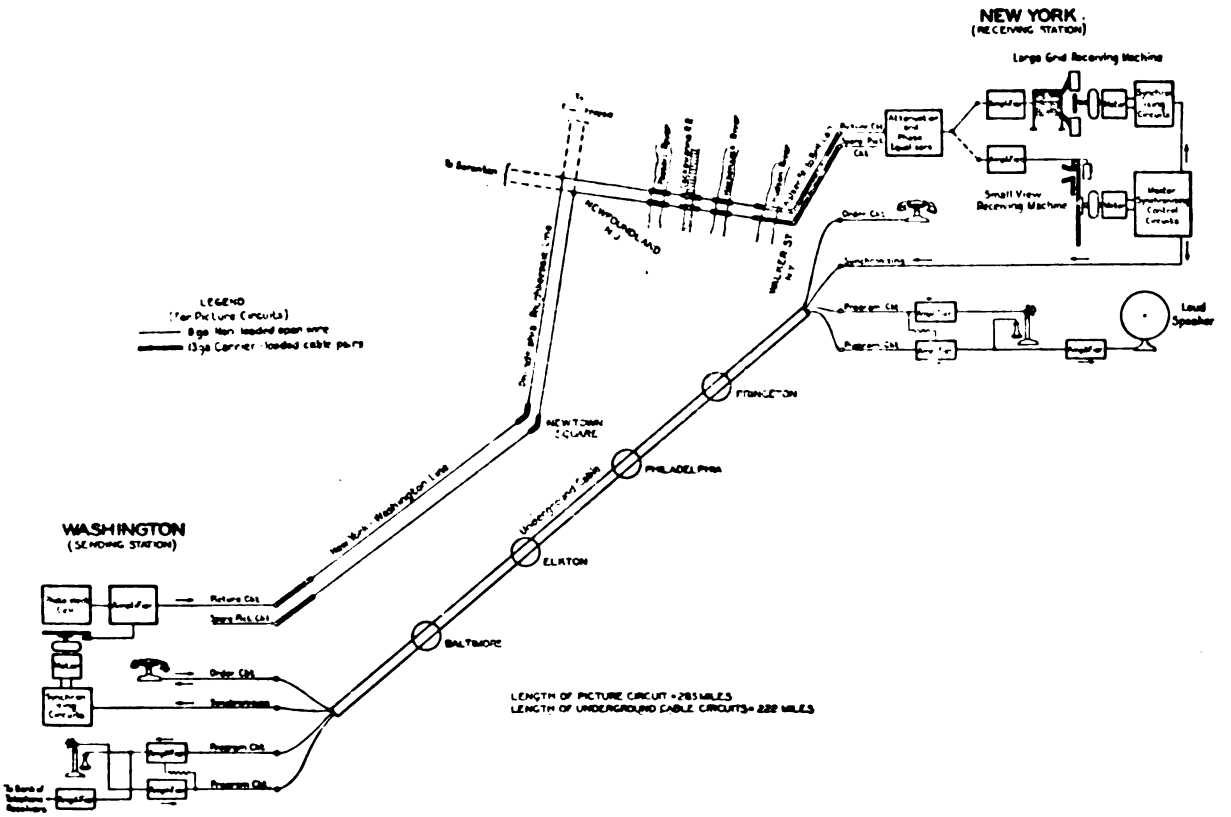


Abb. 9.

wird das zerstreute Licht weder der ganz hellen, noch der ganz dunklen Seite der Grenze, sondern einem Zwischenton entsprechen, der allmählich aus einem in den anderen Grenzwert übergeht. Die höchste noch zu übertragende Frequenz ist nun so zu bemessen, daß diese unvermeidliche Bildverzerrung nicht merklich vergrößert wird. Die mathematische Untersuchung zeigte, daß, wenn die Zeit des Vorüberganges einer Öffnung vor einem bestimmten Punkte des Gegenstandes oder Bildes mit T bezeichnet wird, die Höchstfrequenz f nicht kleiner als $^1/_2T$ sein darf. Da nun das Bild aus 2500 Elementen in $^1/_{16}$ sec durchlaufen wird, ist $T = 1\,40\,000$ und $f = 20\,000$ Per/s. Als maßgebend für die untere Grenze der Frequenz kann beim ruhenden Bilde die Dauer des einmaligen Durchlaufens angesehen werden, das ist $^1/_{16}$ sec, da sich beim nächsten Durchlaufen wieder alles in gleicher Weise wiederholt. Beim bewegten Bilde können zwar noch niedrigere Frequenzen vorkommen, doch zeigte sich, daß ihr Wegfall nicht merklich störend wirkte. Es bestand also die Forderung, ein Wellenband von etwa 10 Per/s bis 20 000 Per/s mit gleicher Phasenverzögerung und gleicher Amplitudenschwächung für alle Frequenzen des ganzen Bereiches durch die Apparate und Leitungen zu übermitteln. Das waren Anforderungen, die jene bei der bisher üblichen Bildübertragung, deren Frequenzband nur 400 Per/s zu beiden Seiten einer Trägerfrequenz umfaßt, weit übersteigen.

Mosaikcharakter des Bildes auch nicht erforderlich. Immerhin mußte gefordert und konnte erreicht werden, daß die Änderung des Amplitudenabfalles innerhalb ± 2 TU (Transmission Units) [12]) und die Änderungen von $d\beta/d\omega$ innerhalb ± 10 bis höchstens 20 μs (Mikrosekunden) blieben. Nur für die Frequenzen unter 400 Per/s wurden wesentlich höhere Abweichungen hinsichtlich $d\beta/d\omega$ zugelassen, die jedoch das Fünfzigfache des obigen Betrages nicht überschreiten durften. Der größere Spielraum ist auf die größere räumliche Ausdehnung und größere Verwaschenheit der niedrigen Frequenzen im Bilde zurückzuführen. Die obigen Grenzen wurden teils auf Grund der Erfahrungen bei der gewöhnlichen Bildübertragung, teils auch auf Grund der Tatsache bestimmt, daß das Zeitintervall zwischen zwei Bildelementen nur 28 μs betrug, also gegenseitige Phasenverschiebungen von dieser Größe sich schon störend bemerkbar gemacht hätten. Die Größe $d\beta/d\omega$ wird auch „Konturverzögerung" („envelope delay") genannt. Es trifft sich glücklich, daß entsprechend ausgerüstete Schwachstromfreileitungen einen für die Zwecke des Fernsehens ausreichenden Frequenzbereich übertragen können.

Zur Anpassung der Ausgangsimpedanz der Apparate in der Sendestelle an die Eingangsimpedanz der Leitung und zur entsprechenden Anpassung in der

[12]) Vgl. E. u. M. 1927, S. 368, 954.

Digitized by Google

Empfangsstelle wurden zwischen die Apparate und die Leitungen Transformatoren eingeschaltet. Die Verwendung von Permalloykernen[13]) ermöglichte die Konstanz ihrer Amplituden-Frequenzcharakteristik innerhalb ± 0·5 TU. Auch die oben festgelegten Grenzen für die Konturverzögerung erscheinen eingehalten. Die Transformatoren waren in kubische Gehäuse eingeschlossen, die beim Transformator der Sendestelle etwa vier Zoll, bei jenem der Empfangsstelle drei Zoll Seitenlänge in jeder Richtung besaßen.

Das Gesamtschema der Apparate und Leitungen für das Fernsehen über Draht ist in Abb. 9 dargestellt. Die Gesamtlänge der mit „Picture Ckt." bezeichneten Fernsehleitung betrug 460 km, wovon 12·8 km in Kabelleitungen, der Rest in Kupferfreileitung von 4·2 mm Durchmesser bestanden. Um den Einfluß der benachbarten Leitungen auf die hohen, beim Fernsehen verwendeten Frequenzen zu vermeiden, wurden die Verdrillungsstellen vermehrt. Die Kabelstrecken waren auf eine der Freileitung entsprechende Impedanz pupinisiert und besaßen eine praktisch ausreichende Durchlässigkeit bis zu 36 000 Per/s. Den Leitungen wurden zunächst dreierlei vorausberechnete Vierpole vorgeschaltet, welche die Ausgleichung der Dämpfung und der Konturverzögerung bei trockenem Wetter bewirken sollten; und zwar ein Dämpfungsausgleicher für niedrige Frequenzen, ein zweiter für hohe Frequenzen und ein Konturverzögerungsausgleicher für hohe Frequenzen. Die Dämpfungsausgleicher bestanden aus Ohmschen Widerständen, Induktanzen und Kapazitäten; die Verzögerungsausgleicher nur aus den letzteren beiden. Zur Ausgleichung der angeführten Größen bei halbfeuchtem, feuchtem und extrafeuchtem Wetter wurden je drei gleiche Stufen Dämpfungs- und Verzögerungsausgleicher bereit gehalten, welche nach Bedarf in passender Anzahl vorgeschaltet wurden, um die durch die verstärkte Ableitung der Leitung verursachten Änderungen zu kompensieren. Die verwendeten Vierpolschaltungen, deren Impedanz bei allen Frequenzen ein reiner ohmscher Widerstand ist, entsprechen dem U. S. A. Patent von O. J. Zobel. Durch eingehende Messungen wurde festgestellt, daß die bezüglich der Frequenzabhängigkeit sowohl der Dämpfung als auch der Konturverzögerung gestellten Bedingungen bei den beiden für die Bildzeichen verwendeten Leitungen ausreichend erfüllt waren.

Außer diesen beiden Leitungen, wovon jeweils nur immer eine verwendet wurde, während die andere als Reserve diente, waren noch vier Kabelleitungen zwischen Washington und New York in Benützung; und zwar eine Synchronisierungsleitung, ferner zwei Programmleitungen für die Übertragung von Vorträgen und Gesang und schließlich noch ein „Order Circuit" zur Verständigung zwischen den die Vorführung leitenden Ingenieuren.

Die Synchronisierung der umlaufenden Scheiben und Arme wurde auf doppeltem Wege bewirkt. Auf der Scheibenwelle saß der Rotor eines 2125-periodigen Synchronmotors von der Bauart mit veränderlicher magnetischer Leitfähigkeit; dieser Rotor war einfach ein entsprecherd breites aus Blechscheiben aufgebautes Zahnrad mit 120 Zähnen. Zwischen je zehn Zähnen des gleich geteilten Stators waren je fünf Zähne zur Unterbringung der Wicklungen ausgelassen und jede der so gebildeten acht Gruppen mit gemeinsamen Erreger- und Wechselstromwicklungen versehen. Der Stator konnte mittels Wurmrad und Schnecke verdreht werden. Die Synchronmaschine in New York diente als Generator, die erzeugte Spannung betrug 17 V; die beiden entsprechenden Maschinen in Washington und Whippany liefen als Motoren, die ihren Strom vom Generator in New York erhielten. Um das Pendeln zu verhindern, wurden in die Leitung zwischen Generator und Motor Kondensatoren eingeschaltet, deren Kapazität mit der Gesamtinduktanz der beiden Maschinen nahezu in Resonanz war. Die Wirkung dieser Kondensatoren beruhte auf der mit der gegenseitigen Phasenverschiebung wechselnden Induktanz beider Maschinen. Gleichzeitig erhöhten die Kondensatoren das Drehmoment im Beharrungszustande durch teilweise Kompensation der inneren Reaktanz der Maschinen. Um entgegengesetzt gleichen Induktanzänderungen beider Maschinen, bei denen der Kondensator wegen der Konstanz der Gesamtinduktivität wirkungslos gewesen wäre, zu begegnen, wurde ferner die New Yorker Maschine mit einer schwereren 36-zölligen Lochscheibe versehen, während die beiden anderen Maschinen nur 15-zöllige Scheiben bekamen. Durch die so erzielte Verschiedenheit der Schwingungsdauer wurde das Auftreten von dauernden Gegentaktschwingungen verhindert. Die Antriebskraft wurde von je einem, mit der Welle der Synchronmaschinen unmittelbar gekuppelten zweipoligen 110 V-Gleichstrommotor geliefert. Zwei um 180° von einander abstehende Punkte der Ankerwicklung dieses Motors waren mit Schleifringen verbunden, von denen ein Wechselstrom von 17·7 Pers abgenommen werden konnte. Die Schleifringe der Gleichstrommotoren waren durch die Synchronisierungsleitung mit den Schleifringen des entsprechenden Motors in der Sendestation verbunden. Da die Fortleitung des 17·7-periodigen Stromes auf den langen Fernsprechleitungen Schwierigkeiten bereitete, wurde mittels eines mechanischen Oszillators ein 760-periodiger Trägerstrom erzeugt und mittels eines ebenfalls mechanisch wirkenden Relais mit der 17·7-periodigen Welle moduliert. Die beiden Synchronisierungsströme von 2125 und 760 Per/s wurden auf einer und derselben Leitung entgegengesetzt der Bildsenderichtung fortgeleitet und in der jeweiligen Sendestelle wieder durch Filter von einander getrennt.

Die Zähnezahl der Synchronmaschinen war mit Rücksicht auf die Forderung gewählt worden, daß die ungeachtet der Synchronisierung durch Belastungsschwankungen mögliche Phasenverschiebung keine größere Bildverschiebung als um den halben Abstand zweier Bildelemente verursachen durfte. Sollte das horizontale Auflösungsvermögen der Bilderzeugung ebenso hoch sein, wie das vertikale, so war auf ein Bildelement in horizontaler Richtung ein Fünfzigstel des Abstandes zweier benachbarter Löcher in der rotierenden Scheibe zu rechnen. Dieser Abstand betrug 7·2 Winkelgrade, also der Abstand zweier Bildelemente 0·144° und die Hälfte davon 0·07°. Der Winkel zwischen der aufgedrückten E.M.K. und der inneren Gegen-E.M.K. eines mit Vollast laufenden Synchronmotors beträgt dagegen 20 elektrische Grade. Dies entspricht bei 120 Polen einer Verschiebung von 1·6° geometrisch, was innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Nun hat aber der 120-polige Motor auch 120 Stellungen, in denen Synchronlauf möglich ist, während nur bei einer einzigen Stellung das Bild richtig in seinem Rahmen erscheint. Bei jeder anderen Stellung würde zum Beispiel oben ein Stück des Bildes fehlen und dafür unten angesetzt erscheinen. Daher wurde die zweipolige Synchronisierung hinzugefügt, die für sich allein jedoch viel zu große Winkelabweichungen zuließe. Es wird nun zuerst mit dem 17·7-periodigen Strome synchronisiert und dann erst zur präzisen Einstellung der 2125-periodige Strom geschlossen. Dessenungeachtet noch mögliche kleine Abweichungen werden durch vorsichtiges Nachstellen des verdrehbaren Stators beseitigt. Abb. 10 zeigt die große Lochscheibe mit ihren Motoren und Abb. 11 das Schaltschema der drei Synchronisierungsstationen in New York, Washington und Whippany.

Bei der drahtlosen Übertragung der Fernsehzeichen zwischen Whippany und New York auf eine Entfernung von 22 Meilen kam natürlich in erster Reihe ebenfalls die Gleichmässigkeit der Übertragung im ganzen Frequenzbereiche in Betracht. Die Bildzeichen und Gesprächswellen wurden auf zwei verschiedenen Antennen von Whippany gesendet und in New York empfangen. Dagegen wurden die Synchronisierungswellen von New York gesendet und in Whippany aufgenommen. Bei der Modulation einer Trägerwelle mit den Bildzeichen treten zwei Seitenbänder im Umfange von je 20 Kilozykeln, also ein Frequenzbereich von 40 Kilozykeln auf. Es mußte daher eine entsprechen-

[13]) Vgl. E. u. M. 1926, S. 49.

Digitized by Google

breite Lücke zwischen den von den näheren, fremden Sendern besetzten Frequenzen gesucht werden. Eine solche fand sich in der Umgebung von 1575 und 1750 Kilozykeln, wovon die erstere als Trägerfrequenz gewählt wurde. Mit Rücksicht auf den weiten Frequenzbereich konnte kein normaler, mit dem verstärkten Photostrom modulierter Rundfunksender verwendet werden; es wurde daher ein Western Electric 5-B Rundfunksender von 5 kW unmodulierter Trägerwellenleistung umgeändert. Die Änderungen betrafen hauptsächlich die Größen verschiedener Spulen und Kondensatoren. Der Sender bestand aus einer 50 W-Oszillatorröhre, zwei

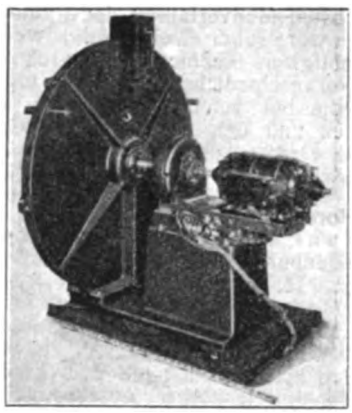


Abb. 10.

Hochfrequenzverstärkerstufen, einem Modulationsverstärker und einem Kraftverstärker. Die beiden letzteren enthielten je zwei parallel geschaltete Röhren. Die von den zwei auch beim Fernsehen über Draht ver-

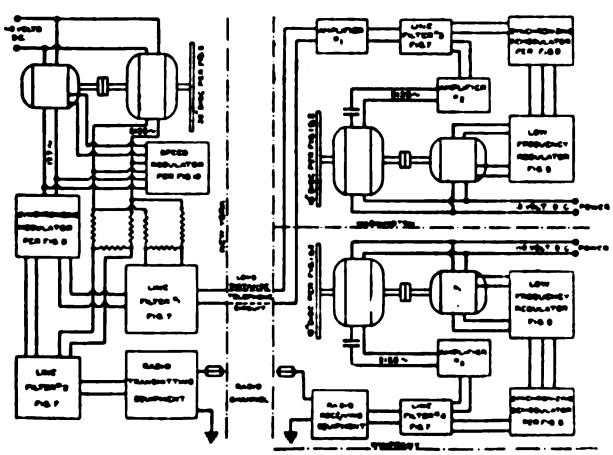


Abb. 11.

wendeten Verstärkern kommenden Bildzeichen wurden drei weiteren Niederfrequenzstufen zugeführt und hierauf dem Anodenstrom der Modulationsröhre überlagert. Der Raum, in welchem sich die Photozellen mit ihren Verstärkern befanden, wurde zu einem vollkommen mit Kupferblech abgeschirmten Studio ausgestaltet. Auch über die Fensteröffnungen wurde Kupferdrahtnetz gespannt.

Der Empfänger in New York war nach dem Transponierungsprinzip gebaut, verwendete jedoch zwei Zwischenfrequenzen, und zwar zuerst eine solche von 5000 Kilozykeln und hierauf eine von 120 Kilozykeln. Zur Erhöhung der Selektivität zwecks besserer Aussiebung von Störwellen legt man oft vor die Überlagerungsanordnung des Empfängers eine oder mehrere, auch als Vorröhren bezeichnete, scharf abgestimmte Hochfrequenzstufen. Dies ließ sich hier wegen der Breite des durchzulasserden Frequenzbandes von 2·6 vH der Trägerfrequenz nicht unmittelbar durchführen, wohl aber nach der Transponierung auf 5000 Kilozykeln, wovon die Seitenbänder nur mehr 0·8 vH betrugen. Die erste Zwischenfrequenz diente also der Beseitigung von störenden Frequenzen, die zweite dem Zwecke der Verstärkung. Auf das dritte Audion folgte dann noch eine Niederfrequenzstufe und der ebenfalls mit Permalloykern versehene Ausgangstransformator. Der Empfänger gab die Zeichen an den beim Empfange über den Draht verwendeten, in Abb. 9 ersichtlichen Verstärker mit 600 Ohm Eingangsimpedanz für die bilderzeugende Neonlampe weiter. Zwischen diesen Verstärker und den vorbeschriebenen Empfänger wurde noch ein Kompensationsvierpol zum Ausgleiche der verhältnismäßig zu starken Dämpfung der Frequenzen zwischen 2000 und 20 000 eingeschaltet, der die niederen Frequenzen gleichmäßig um 13 TU schwächte. Über 2000 Per/s nahm die Schwächung mit steigender Frequenz allmählig ab, so daß schließlich die Wellen von 20 000 Per/s ganz ungeschwächt durchgelassen wurden. Hiedurch wurde erreicht, daß die Amplitudenschwächung im ganzen Frequenzbereiche innerhalb ± 2 TU blieb.

Die Einrichtungen für die Übertragung von Sprache und Musik boten nichts Neues; die hiefür verwendete Sendeantenne lag in 1000 Fuß Entfernung von der Bildzeichenantenne und hatte nur 100 Fuß hohe Gittermaste.

Zur drahtlosen Übertragung der Synchronisierungsströme diente ein Western Electric 6-A Rundfunksender, der auf den Betrieb mit einer Trägerwelle von 185 Kilozykeln umgeändert worden war. Um die Einrichtungen für die Übertragung über Draht beibehalten zu können, wurde diese Trägerwelle einerseits mit dem 2125-periodigen Strom, andererseits mit dem, mit 17·7 Perioden modulierten 760-periodigen Strom moduliert. In Whippany wurden die ursprünglichen Synchronisierungsfrequenzen dann wieder getrennt.

Nachmittags und in den frühen Abendstunden wurde mit der beschriebenen Einrichtung eine tadellose Übertragung erzielt. In den späteren Abendstunden trat jedoch „Fading" ein, das mit merkwürdigen Erscheinungen verbunden war. Es zeigte sich nämlich öfters eine Verdopplung der Bilder durch schwächere negative oder positive Wiederholungen, sogenannte „Geister". Dies wurde schließlich darauf zurückgeführt, daß in diesen Fällen die Übertragung nicht mehr durch die Bodenwelle allein, sondern auch noch auf einem zweiten längeren Wege über eine Reflexionsstelle an der Heavisideschicht erfolgte. Die Höhe dieser Schicht konnte nach dem Betrage der Bildverschiebung in Übereinstimmung mit anderen Berechnungen zu 100 km über der Erdoberfläche geschätzt werden. Vorübergehend wurde auch versucht, Sprache und Bild nach dem „Multiplex Radio-", oder „Hammond-System" von einer einzigen Antenne aus zu senden; der Erfolg war jedoch wegen der geringeren Ausnützbarkeit der Sendeenergie für die Bildzeichen weniger befriedigend.

So ist nun durch das Zusammenwirken vieler Techniker von höchstem Können eine interessante, bisher fast unlösbar scheinende Aufgabe in bewunderungswürdiger Weise gelöst worden. An der Überwindung der zahllosen Schwierigkeiten, die sich anfänglich der Lösung entgegenstellten, waren in ganz hervorragendem Maße auch die Theoretiker beteiligt, die als die eigentlichen Pfadfinder auf dem Gebiete der gleichmäßigen Frequenzübertragung gelten können. Auch ist hervorzuheben, daß an der Auffindung der bei der Lösung verwendeten Hilfsmittel, wie zum Beispiel der Lochscheibe und der Photozelle, auch deutsche Forscherarbeit beteiligt ist. Die Lochscheibe ist, wie schon einmal erwähnt, einer deutschen Patentschrift entnommen; die lichtelektrischen Erscheinungen dagegen gehen schon auf H. Hertz und auf Hallwachs zurück; die besondere Eignung des Kaliums wurde 1896 von Elster und Geitel gefunden.

Es besteht wohl keine Meinungsverschiedenheit darüber, daß von den Konstrukteuren alles, was derzeit an Hilfsmitten zu Gebote stand, versucht wurde, um die möglichste technische Vollkommenheit der Bildwiedergabe zu erreichen. Immerhin dürfte das Korn mit etwa 1·3 mm² je Bildelement doch noch etwas zu grob sein. Ferner dürften einige Zweifel an der richtigen

Digitized by Google

plastischen Bildwirkung nicht unberechtigt sein. Wenn sich das Bild tatsächlich so darstellt, als ob es von den großen Photozellen beleuchtet würde, so müßte diese Art der Beleuchtung, wenn sie zum Beispiel bei einer photographischen Aufnahme verwendet würde, ein zu flaches Bild mit unzureichender Plastik liefern. Darüber kann allerdings nur der Augenschein Aufschluß geben. Jedenfalls wurde erreicht, was gegenwärtig erreicht werden konnte. Den nächsten Fortschritt erblicken die Bell-Telephone Laboratorien in der Zerlegung des Bildes in mehrere gleichzeitig zu übertragende Teile.

Literaturberichte.

373 **Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen.** Von Dr. A. Sacklowsky. Mit einer Einführung von Prof. K. W. Wagner. (II. Band der Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik, herausgegeben von F. Mönch.) VIII. 129 Seiten, 46 Abb. Weidmannsche Buchhandlung Berlin, 1928. Geh. Mk. 4·50, geb. Mk. 6·—.

Man wird diesen zweiten Band der „Einzeldarstellungen" sicher mit Freude begrüßen, schon wegen des überaus reichhaltigen und wertvollen, 474 Originalarbeiten aufweisenden Literaturmaterials. Der Hauptzweck der mit Unterstützung des Heinrich Hertz-Institutes herausgegebenen Arbeit war ja in erster Linie eine Zusammenstellung der in vielen Zeitschriften verstreuten Arbeiten, deren Zahl besonders in letzter Zeit ungeheuer angewachsen ist. Der Verfasser bringt aber auch einen kurzen Überblick über das Gesamtgebiet mit Berücksichtigung der wichtigsten Arbeiten. Zunächst werden die Meßmethoden und Versuchsanordnungen der Feldstärkenmessung beschrieben. Die verschiedenen Empfangsanomalien, die Schwankungen kürzerer und längerer Periodendauer sowie die Bedeutung der verschiedenen meteorologischen Einflüsse sind ziemlich ausführlich behandelt. Die letzten Abschnitte sind den Theorien der Wellenausbreitung gewidmet. Die Darstellung des Gebotenen ist dem Buchumfange gemäß etwas knapp gefaßt, was aber der Klarheit und der Übersichtlichkeit nicht den mindesten Abbruch tut. Der Verfasser hat die an ihn gestellte Aufgabe in verdienstvoller Weise gelöst.

Die Zahl der ständigen, neu erscheinenden Arbeiten über die Wellenausbreitung hat sich auch in der letzten Zeit nicht vermindert, im Gegenteil, das Studium der kurzen Wellen hat mit der Einführung des kommerziellen Verkehrs einen neuen Aufschwung genommen. Es ist zu hoffen, daß bei den Neuauflagen, die dem Buche unbedingt zu wünschen sind, diese gewissenhafte Sammlung der Originalarbeiten fortgeführt wird. Mittelmann.

3733 **Französischer Sprachführer für den Fernsprechweltverkehr.** Von A. Lang. (III. Bd. Einzeldarst. d. elektr. Nachrichtentechnik, herausg. v. F. Moench) (VIII. 120 Seiten) 1928. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin. Preis Mk. 9.—.

Der vorliegende dritte Band der ausgezeichneten Sammlung wird sicherlich einen großen Leserkreis finden. Nicht nur die Fachbeamten in den internationalen Fernsprechämtern, für die ja das Buch in erster Linie bestimmt ist, werden darin einen geeigneten Führer finden, aber auch alle jene, die die französische Fachliteratur verfolgen wollen oder selbst oft internationale Gespräche führen, werden in dem Büchlein mit Nutzen blättern. Im ersten Teile werden 550 Redewendungen in französischer und deutscher Sprache gebracht, die nach verschiedenen Sondergebieten geordnet sind. Ein alphabetisches Wörterverzeichnis, in dem auch die häufigsten vorkommenden Redewendungen der täglichen Verkehrssprache aufgenommen sind, vervollständigt das Buch. Ausstattung und Druck sind sehr gut. Man kann das Buch bestens empfehlen. Mittelmann.

3017 **Meßtechnik für Radioamateure.** Von Eugen Nesper. Bibliothek des Radioamateurs. Bd. 1, mit 120 Seiten und 110 Abb. Verlag von Julius Springer 1928. IV. Auflage. Preis Mk. 4.—.

Gegenüber der ersten Auflage v. J. 1924 weist die vorliegende vierte Auflage eine wesentliche Erweiterung auf, was schon äußerlich in der mehr als doppelt so großen Seitenzahl zum Ausdruck kommt. Das Buch gibt einen guten Überblick über die Grundlagen der wesentlichsten Meßverfahren der Radiotechnik. Für den Amateur wäre aber wohl nötig, wenigstens die praktisch wichtigsten Meßmethoden durch zahlenmäßige Beispiele zu veranschaulichen und durch praktische Angaben über die bei solchen Messungen auftretenden Schwierigkeiten und dgl. zu ergänzen, wie schon gelegentlich der Besprechung der ersten Auflage[1]) hervorgehoben wird. Richtera.

Luftfahrforschung: Bd. I, H. 4. Sonderheft für Funkwesen und Elektrotechnik Verlag R. Oldenburg, München und Berlin, Mai 1928 Preis geh. Mk. 9·75.

Das Sonderheft „Luftfahrforschung" bringt eine Reihe von Arbeiten aus den Laboratorien der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof (DVL), die sich hauptsächlich mit dem Funkwesen, soweit es in der Luftschiffahrt Anwendung findet, beschäftigen. Es werden behandelt: Laboratorien und Forschungsarbeiten der DVL von H. Faßbender Geräuschmessungen in Flugzeugen von H. Faßbender und K. Krüger; die Vorzüge des Kurzwellenverkehrs mit Flugzeugen von H. Faßbender; Zur Anwendung der kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen; Versuche zwischen Berlin und Madrid von K. Krüger und H. Plendl; Leistungs- und Strahlungsmessungen an Flugzeugen und Bordstationen von F. Eisner, H. Faßbender und G. Kurlbaum; Über den Widerstand von Flugzeugantennen und die dadurch verursachte Verringerung der Flugleistung von F. Liebers; Antrieb elektrischer Generatoren durch den Fahrwind von W. Brintzinger.

Die durchaus von bekannten Fachleuten und mit großer Sachkenntnis auf Grund eines reichen Versuchsmaterials behandelten Fragen sind für den Elektrotechniker und ganz besonders für den Funktechniker von hervorragendem Interesse. Obwohl mehrere der erzielten Ergebnisse schon aus früheren Veröffentlichungen bekannt sind, dürfte doch ihre Vereinigung in einem Sonderhefte dem Leser sehr willkommen sein.

Dr. Rich. Hiecke.

3193 **Französisch-Deutsches und Deutsch-Französisches Wörterbuch der elektrischen Nachrichtentechnik.** Von O. Sattelberg. Selbstverlag des Verfassers, Berlin-Tempelhof, 1928, VIII, 188 Seiten. Preis Mk. 9·75.

Nach seinem englich-deutschen[2]) und deutsch-englischen Wörterbuch läßt der Verfasser nun ein ähnliches Wörterbuch in französischer und deutscher Sprache erscheinen, von dem nur der erste Teil, Französisch-Deutsch, vorliegt. Das Wörterbuch enthält einen ziemlich umfangreichen Wörterschatz der elektrischen Nachrichtentechnik, aber auch der allgemeinen Elektrotechnik. Das jeweilige engere Fachgebiet ist bei jedem Wort durch ein besonderes Zeichen gekennzeichnet. Die einzelnen Ausdrücke im Französischen sind der französischen Fachliteratur entnommen, und zwar wurde in erster Linie die lebendige Fachsprache berücksichtigt, nicht ohne auch auf die entsprechenden Vorschläge der CCI Bedacht zu nehmen. — Man kann das Buch jedem, der sich mit der französischen Fachliteratur näher beschäftigen will, bestens empfehlen. Mittelmann.

[1]) Vgl. die Besprechung in „Die Radiotechnik" 1924, S. 176.

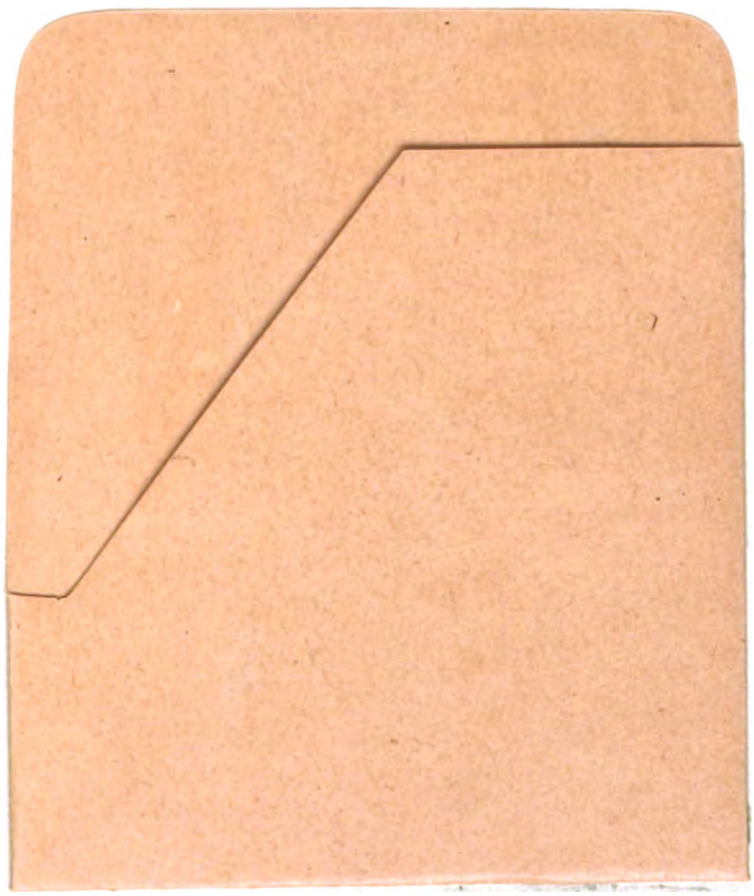
[2]) Vgl. E. u. M. 1925, „Die Radiotechnik", S. 112. 1926, S. 88.

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Verantwortl. Schriftleiter Ing. Alfred Grünhut, sämtl. in Wien, VI Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally (verantwortl. Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 90.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

E und M; Elektrotechn k und Maschinenbau
3 1951 000 878 905 1
Minnesota Library Access Center
Digitized by Google